АКАДЕМИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ

В.Б. Коркин

С.С. Суслова

ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Учебное пособие

Часть 1

Москва

2011

УДК 331.181

Коркин В.Б., Суслова С.С. Поверка и калибровка универсальных средств геометрических измерений: Учеб. пособие. Ч. 1. — М.: АСМС, 2011. — 240 с.

Рассматриваются основные подходы к поверке и калибровке средств геометрических измерений, таких, как: штангенприборы, микрометрические приборы, измерительные головки, нутромеры, концевые и штриховые меры длины, угломеры. Освещается контроль гладких и резьбовых калибров.

Учебное пособие предназначено для слушателей АСМС, повышающих квалификацию по специализации «Поверка и калибровка средств геометрических измерений».

Учебное пособие разработано на кафедре «Механические измерения» доцентом В.Б. Коркиным и старшим преподавателем С.С. Сусловой, рассмотрено на заседании кафедры и рекомендовано для использования в учебном процессе.

© АСМС, 2011

ШТАНГЕНПРИБОРЫ

Штангенприборы предназначены для измерения линейных размеров деталей и для проведения разметочных работ. Особенностью штангенприборов является то, что в качестве отсчетного устройства используется шкала измерительной линейки, называемой штангой, на которой нанесены деления через 1 мм, а отсчитывание долей деления на этой шкале производится с помощью вспомогательной шкалы – нониуса.

К наиболее распространенным штангенприборам относятся штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмасы. Далее будут рассмотрены конструкции этих приборов, их метрологические характеристики и методики поверки.

ШТАНГЕНЦИРКУЛИ И ИХ ПОВЕРКА

Штангенциркули используются для измерения наружных и внутренних размеров, глубины, а также для разметки.

В промышленности применяются в основном штангенциркули с отсчетом по нониусу следующих типов:

ШЦ-I — с двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и с линейкой для измерения глубин (рис. 1);

ШЦ-II — с двусторонним расположением для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки (рис. 2);

ШЦ-III — с односторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров (рис. 3).

Также применяются штангенциркули с круговой шкалой типа ШЦК и штангенциркули с цифровым отсчетным устройством ШЦЦ.

Технические требования, типы, основные параметры и размеры для штангенциркулей установлены в ГОСТ 166–89 «Штангенциркули. Технические условия».

Основные метрологические харатеристики штангенциркулей представлены в табл. 1.

Для штангенциркулей с ценой деления 0,1 мм и верхним пределом измерения до 400 мм установлены два класса точности: 1 и 2.

Штангенциркули поверяются в соответствии с требованиями **ГОСТ 8.113–85** «Штангенциркули. Методика поверки».

Перед поверкой штангенциркули должны быть размагничены, промыты бензином, насухо вытерты и выдержаны на рабочем месте не менее 3 ч. Температура воздуха в помещении, где проводится поверка, должна быть (20 ± 5) °С.

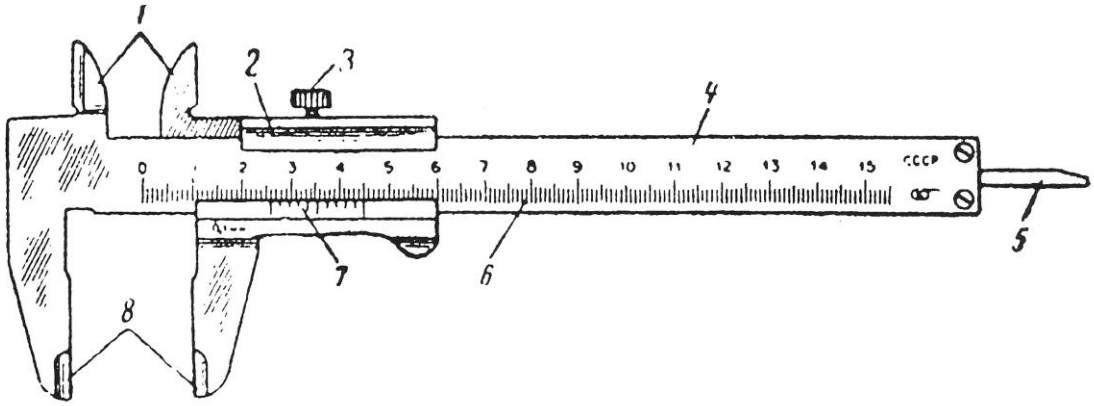


Рис. 1. ШЦ-1:
1 – губки для внутренних измерений; 2 – подвижная рамка;
3 – зажим рамки; 4 – штанга; 5 – линейка для измерения глубины;
6 – шкала штанги; 7 – нониус; 8 – губки для наружных измерений

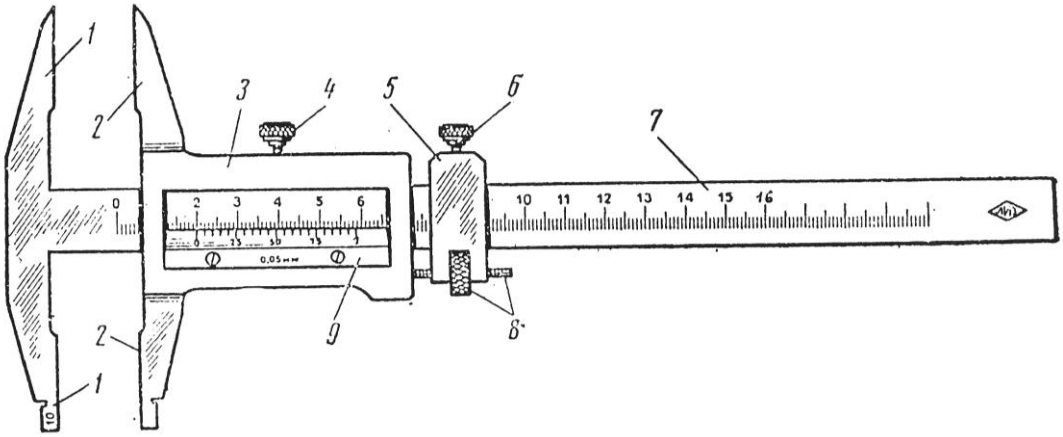


Рис. 2. ШЦ-2:
1 – неподвижные измерительные губки; 2 – подвижные измерительные губки; 3 –рамка; 4 – зажим рамки; 5 – рамка микрометрической подачи;
6 – зажим рамки микрометрической подачи; 7 – штанга;
8 – гайка и винт микрометрической подачи рамки; 9 – нониус

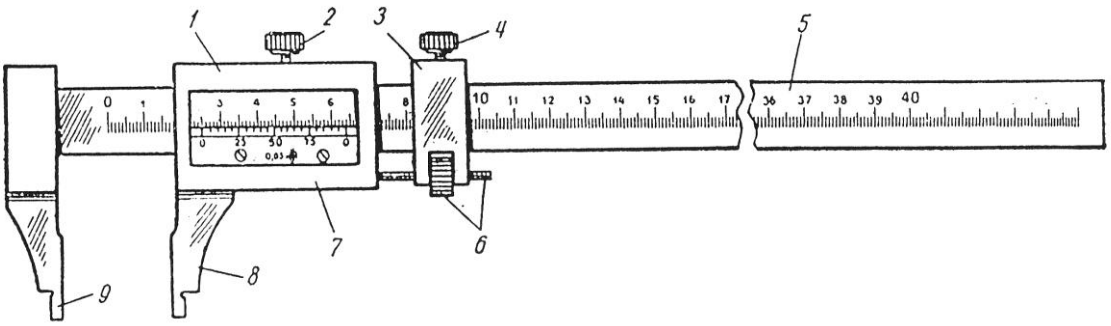


Рис. 3. ШЦ-3:
1 – рамка; 2 – зажим рамки; 3 –рамка микрометрической подачи;
4 – зажим рамки микрометрической подачи; 5 – штанга;
6 – гайка и винт микрометрической подачи; 7 – нониус;
8 – губка рамки; 9 – губка штанги

Таблица 1

Основные технические и метрологические характеристики штангенциркулей

<table>
<tr><th rowspan="2">Наименование характеристики</th><th colspan="7">Диапазон измерения штангенциркулей, мм</th></tr>
<tr><th>от 0–125 до 0–250</th><th>0–300</th><th>0–400</th><th>0–500 до 320–1000</th><th>500–1250</th><th>500–1600</th><th>800–2000</th></tr>
<tr><td>1. Цена деления, мм</td><td colspan="4">0,05; 0,1</td><td colspan="3">0,1</td></tr>
<tr><td>2. Предел допускаемой погрешности ШЦ, мм, с ценой деления:
• 0,05 мм,</td><td colspan="3">±0,05</td><td>±0,10</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>• 0,1 мм:
• 1-го класса точности,</td><td colspan="2">±0,05</td><td colspan="2">±0,10</td><td>±0,15</td><td colspan="2">±0,20</td></tr>
<tr><td>• 2-го класса точности</td><td colspan="2">0,10</td><td colspan="5">—</td></tr>
<tr><td>3. Допуск прямолинейности (плоскостности) измерительных поверхностей, мм</td><td colspan="7">0,01 мм на 100 мм длины большей стороны измерительной поверхности</td></tr>
<tr><td>4. Допуск параллельности плоских измерительных поверхностей, мм:
• цена деления 0,05 мм,
• цена деления 0,1 мм</td><td colspan="7">0,02 мм на 100 мм длины большей стороны измер. пов-ти
0,03 мм на 100 мм длины большей стороны измер. пов-ти</td></tr>
<tr><td>5. Допуск параллельности измерительных поверхностей губок, мкм:
• цилиндрических,
• кромочных (2 к.т.),</td><td colspan="7">10
20</td></tr>
<tr><td>• кромочных (ШЦ-I)</td><td colspan="2">40</td><td colspan="5">—</td></tr>
<tr><td>6. Расстояние между губками для внутренних измерений, мм:
• ШЦ-I,</td><td colspan="2">$10^{+0,07}_{-0,03}$</td><td colspan="5">—</td></tr>
<tr><td>• ШЦ-II и ШЦ-III</td><td colspan="3">≥7</td><td colspan="4">≥10</td></tr>
<tr><td>7. Отклонения размеров губок для внутренних измерений ШЦ-II и ШЦ-III, мм</td><td colspan="7">± 0,03</td></tr>
<tr><td>8. Параметр шероховатости R_a , мкм:
• измерительных поверхностей,
• кромочных губок</td><td colspan="7">0,32
0,63</td></tr>
<tr><td>9. Усилие перемещения рамки, Н</td><td colspan="2">15</td><td colspan="2">20</td><td colspan="3">30</td></tr>
<tr><td>10. Расстояние от верхней кромки нониуса до поверхности штанги, мм:
• цена деления 0,05 мм,
• цена деления 0,1 мм</td><td colspan="7">0,25
0,30</td></tr>
<tr><td>11. Допускаемое уменьшение длины вылета губок:
• для внутренних измерений,
• у ШЦ-I</td><td colspan="7">на ¼ их длины
до 30 мм</td></tr>
<tr><td>12. Допускаемое отклонение температуры от 20 °С при поверке, °С</td><td colspan="7">±5</td></tr>
</table>

При внешнем осмотре нужно проверить соответствие штангенциркуля требованиям ГОСТ 166–89 в части отчетливости и правильности оцифровки штрихов шкал, комплектности, наличие зажимного устройства рамки, микрометрической подачи (у ШЦ-II и ШЦ-III), отсутствие на измерительных поверхностях следов коррозии и дефектов (сколов, царапин, забоин, вмятин, трещин и др.), ухудшающих эксплуатационные свойства и препятствующих отсчету показаний. Не допускается перекос края нониуса к штрихам шкалы штанги.

При опробовании следует проверить:

плавность перемещения рамки вместе с микрометрической подачей по штанге;

возможность продольного регулирования нониуса;

мертвый ход микрометрической пары (для ШЦ-II и ШЦ-III), который не должен превышать: 1/3 оборота для новых штангенциркулей и 1/2 оборота для штангенциркулей, находящихся в эксплуатации;

отсутствие перемещения рамки под действием собственного веса;

возможность зажима рамки в любом положении в пределах диапазона измерений;

отсутствие продольных царапин на шкале штанги при перемещении по ней рамки.

При поверке штангенциркулей должны быть определены следующие метрологические характеристики.

Длина вылета губок определяется с помощью металлической измерительной линейки.

У штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается уменьшение длины губок для внутренних измерений на 1/4 их длины, указанной в ГОСТ 166–89. Длина вылета губок для наружных измерений у ШЦ-I может быть уменьшена до 30 мм.

Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок (и торца штанги ШЦ-I) определяют визуально с помощью лекальной линейки типа ЛД 1-го класса точности по образцу просвета.

Линейку укладывают на ребро измерительной поерхности губки (и торца штанги для ШЦ-I) и визуально сравнивают видимый просвет с образцом просвета. Образец просвета представляет собой плоскую стеклянную пластину ПИ-60 с притертыми к ней концевыми мерами.

Допуск плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей (для поверхностей шириной менее 4 мм) равен 0,01 мм на 100 мм длины большей стороны измерительной поверхности.

При этом для штангенциркулей с ценой деления 0,05 мм и длиной большей измерительной поверхности менее 40 мм допуск плоскостности и прямолинейности равен 4 мкм, а для штангенциркулей с ценой деления 0,1 мм и длиной большей стороны измерительной поверхности менее 70 мм равен 7 мкм.

Допуск прямолинейности торца штанги ШЦ-I и ШЦТ-I равен 0,01 мм. На расстоянии 0,5 мм (у новых 0,2 мм) от краёв измерительной поверхности допускаются завалы.

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок определяют по просвету между этими поверхностями при сдвинутых губках при незатянутой и зажатой рамке. Значение просвета не должно превышать 8 мкм для штангенциркулей с ценой деления 0,05 мм и 12 мкм при цене деления 0,1 мм.

При выпуске из ремонта и в эксплуатации допускается вместо отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок определять погрешность штангенциркуля при измерении концевой меры на минимальном и максимальном расстоянии от штанги.

Размер сдвинутых до соприкосновения губок и отклонение от параллельности образующих измерительных поверхностей губок для внутренних измерений (для ШЦ-II и ШЦ-III) определяют гладким микрометром МК25 2-го класса точности при зажатой рамке в 2 или 3 сечениях по длине губок.

Для штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, размер губок должен быть: не менее 7 мм у штангенциркулей с верхним пределом измерения до 400 мм; не менее 10 мм у штангенциркулей с верхним пределом измерения более 400 мм.

Размер, указанный в маркировке, должен быть равен целому числу десятых долей миллиметра. Допускаемое отклонение размера от указанного в маркировке ±0,03 мм.

Отклонение от параллельности образующих измерительных поверхностей губок принимают равным разности между наибольшим и наименьшим из полученных отсчётов. Допуск параллельности равен 0,010 мм на всей длине.

Допуск параллельности измерительных поверхностей кромочных губок у штангенциркулей 2-го класса составляет 0,02 мм.

Отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений и **расстояние между ними (для ШЦ-I)** определяют гладким микрометром МК25 2-го класса при зажатой рамке. Для этого по концевой мере длиной 10 мм ШЦ-I устанавливают на этот размер и в 2 сечениях по длине губок измеряют расстояние между ними. Разность между полученными результатами принимают за отклонение от параллельности, которое не должно превышать 0,04 мм.

Расстояние между поверхностями губок должно быть: $10^{+0,07}_{-0,02}$ мм у новых штангенциркулей; $10^{+0,07}_{-0,03}$ мм у штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации.

Погрешность при измерении глубины (для ШЦ-I) определяется по двум концевым мерам 4-го разряда длиной 20 мм. Концевые меры устанавливают на плоскую стеклянную пластину ПИ-60 или на поверочную плиту 1 КТ, прижимают торец штанги к измерительным поверхностям концевых мер и опускают линейку для измерения глубины до соприкосновения с поверхностью пластины или плиты и производят отсчет по шкале штангенциркуля. Погрешность при измерении глубины не должна превышать значений допускаемой погрешности штангенциркулей.

Погрешность штангенциркулей определяют по концевым мерам длины 4-го разряда в трёх точках, равномерно расположенных по длине штанги и нониуса. При этом рекомендуется использовать специальный набор концевых мер 22.

Перед определением погрешности необходимо проверить нулевую установку штангенциркуля. Для ШЦ-I и ШЦТ-I смещение нулевого штриха определяют при помощи концевой меры длиной 1,05 мм. Показание штангенциркуля должно быть не более 1,1 мм. Для ШЦ-I и ШЦТ-I 2-го класса точности, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается смещение нулевого штриха нониуса до –0,1 мм.

Усилие сдвигания губок должно обеспечивать "нормальное" скольжение измерительных поверхностей губок по измерительным поверхностям концевых мер длины при отпущенном стопорном винте рамки.

При определении погрешности длинное ребро измерительной поверхности губки должно быть перпендикулярно длинному ребру концевой меры и находиться в середине измерительной поверхности.

В одной из проверяемых точек погрешность определяют при зажатом стопорном винте рамки. Нормальное скольжение концевой меры между губками должно при этом сохраняться.

При поверке штангенциркулей 1-го класса с ценой деления 0,1 мм несовпадение штрихов основной шкалы и шкалы нониуса, соответствующих действительному размеру концевой меры (блока концевых мер), измеряют с помощью микроскопа. Несовпадение штрихов равно погрешности штангенциркуля в проверяемой точке.

При поверке штангенциркулей, выпускаемых **из ремонта**, дополнительно определяют:

шероховатость плоских и цилиндрических измерительных поверхностей ($R_a \leq 0{,}32$ мкм) и **шероховатость** измерительных поверхностей кромочных губок и вспомогательных измерительных поверхностей ($R_a \leq 0{,}63$ мкм). Как правило, при этом используют плоские и выпуклые образцы шероховатости с указанными параметрами. Шероховатость определяют визуально;

расстояние от верхней кромки нониуса до поверхности штанги. Этот параметр можно определить при помощи щупа в трех точках по длине штанги или по параллаксу также в трёх точках шкалы штанги и шкалы нониуса. Совместив один из штрихов нониуса с любым штрихом шкалы штанги, производят отсчет, после чего наклоняют штангенциркуль на 10–15° вдоль длинного ребра штанги. Показания при этом не должны меняться более чем на одно деление нониуса. При определении расстояния от поверхности штанги до верхней кромки нониуса при помощи щупа щуп укладывают на поверхность штанги вдоль нониуса и проверяют, не выступает ли кромка нониуса над поверхностью щупа;

усилие перемещения рамки при помощи циферблатных весов с ценой деления 5 г или при помощи гирь и подвески.

Результаты поверки следует оформлять протоколом, рекомендуемая форма которого приведена в приложениях 1 и 1а.

Приложение 1

ПРОТОКОЛ №_____

поверки штангенциркуля типа **ШЦ-I – ____ № _____**

Пределы измерения _____ мм Цена деления ____ мм t =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
3. Определение метрологических характеристик (МХ)				
3.1. Длина вылета губок, мм	Металлическая измерительная линейка 0–150 мм	$\ell = 35 \div 42$ $\ell_1 \geq 15$		
3.2. Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей, мкм: ➢ губок для наружных измерений ➢ торца штанги	Лекальная линейка ЛД КТ 1, образец просвета из КМД 4-го разряда (КТ 3) и плоской стеклянной пластины ПИ60	ЦД 0,05	ЦД 0,1	
		≤ 4	≤ 7	
		≤ 10		
3.3. Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей, мкм		ЦД 0,05	ЦД 0,1	
		≤ 8	≤ 12	
3.4. Расстояние между губками для внутренних измерений при зажатой рамке, мм	КМД 4-го разряда (КТ 3) длиной 10 мм, микрометр МК 25	$10^{+0,07}_{-0,03}$		
3.5. Отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений при зажатой рамке, мкм		$\Delta_{//} \leq 40$		
3.6. Предел допускаемой погрешности при измерении глубины, мм	Две КМД 20 мм 4-го разряда (КТ 3), плита КТ 1	ЦД 0,05	ЦД 0,1	
		±0,05	±0,10	
3.7. Предел допускаемой погрешности, мм: • ЦД 0,05 • ЦД 0,1	КМД 4-го разряда или КТ 3, набор № 22 или № 1	±0,05		табл.
		КТ 1	КТ 2	
		±0,05	±0,10	
МХ, определяемые после ремонта				
3.8. Шероховатость измерительных поверхностей R_a, мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,32 мкм	≤ 0,32		
3.9. Расстояние от верхней кромки края нониуса до штанги, мм	Щуп 0,25 (0,30) мм	ЦД 0,05	ЦД 0,1	
		≤ 0,25	≤ 0,30	
3.10. Усилие перемещения рамки по штанге, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г	≤ 15		

3.7. Определение погрешности

Контролируемые точки, мм	21,2	71,5	101,6
Показания штангенциркуля, мм			
Погрешность, мм			

Наибольшая погрешность: ____ мм

Заключение по результатам поверки

Штангенциркуль типа ШЦ-I №_____ соответствует требованиям ГОСТ 166–89 для_____ класса точности.

Поверка проведена по ГОСТ 8.113–85.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

Приложение 1а

ПРОТОКОЛ №____

поверки штангенциркуля типа **ШЦ** - ___№_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления ____мм t =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
3. Определение метрологических характеристик (МХ)				
3.1. Длина вылета губок, мм	Металлическая измерительная линейка 0–150 мм	Таблица 1 ГОСТ 166–89		
3.2. Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей, мкм	Лекальная линейка ЛД КТ 1, образец просвета из КМД 4-го разряда (КТ 3) и стеклянной пластины ПИ60	ЦД 0,05	ЦД 0,1	
		≤ 4	≤ 7	
3.3. Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхно-стей, мкм		≤ 8	≤ 12	
3.4. Размер губок для внутренних измерений, мм	Микрометр МК 25	$\ell \geq 7$ $\Delta\ell = \pm 0{,}03$		$\Delta\ell$ =
3.5. Отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений (при зажатой рамке), мм	Микрометр МК 25	≤ 0,01		
3.6. Погрешность штангенциркуля, мм	КМД 4-го разряда (КТ 3), набор № 22 или № 1	Таблица 3 ГОСТ 166–89		табл.
МХ, определяемые после ремонта				
3.7. Шероховатость измерительных поверхностей R_a, мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,32 и 0,63 мкм	≤ 0,32		
3.8. Расстояние от верхней кромки края нониуса до штанги, мм	Щуп 0,25 (0,30) мм	ЦД 0,05	ЦД 0,1	
		≤ 0,25	≤ 0,30	
3.9. Усилие перемещения рамки по штанге, Н: • до 250 мм • свыше 250 до 400 мм • свыше 400 мм	Весы ВНЦ с ЦД 5 г или гири	≤ 15 ≤ 20 ≤ 30		

3.6. Определение погрешности штангенциркуля

Контролируемые точки, мм			
Показания штангенциркуля, мм			
Погрешность, мм			

Наибольшая погрешность: ____ мм

Заключение по результатам поверки

Штангенциркуль типа ШЦ- ___№__ ___ соответствует требованиям ГОСТ 166–89 для_____ класса точности.

Поверка проведена по ГОСТ 8.113–85.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____ _____

(подпись, клеймо)

ШТАНГЕНГЛУБИНОМЕРЫ И ИХ ПОВЕРКА

Штангенглубиномеры предназначены для измерения глубины.

В промышленности используются штангенглубиномеры следующих типов:

ШГ — с отсчетом по нониусу (рис. 4);

ШГК — с круговой шкалой;

ШГЦ — с электронным цифровым отсчетным устройством.

Штангенглубиномеры типа ШГ имеют верхний предел измерений от 160 до 1000 мм и цену деления 0,05 и 0,1 мм.

Требования к штангенглубиномерам установлены в ГОСТ 162–90 «Штангенглубиномеры. Технические условия». Метрологические характеристики штангенглубиномеров приведены в табл. 2.

Таблица 2

Метрические характеристики штангенглубиномеров

<table>
<tr><td rowspan="2">Наименование характеристики</td><td colspan="7">Диапазон измерений, мм</td></tr>
<tr><td>0–160</td><td>0–200</td><td>0–250</td><td>0–300</td><td>0–400</td><td>0–630</td><td>0–1000</td></tr>
<tr><td>1. Цена деления, мм</td><td colspan="7">0,05 и 0,10</td></tr>
<tr><td>2. Допуск плоскостности, мкм:
штанги
основания</td><td colspan="7">
4
6</td></tr>
<tr><td>3. Расстояние от верхней кромки нониуса до поверхности штанги, мм</td><td colspan="7">0,25 (ЦД 0,05 мм)
0,30 (ЦД 0,10 мм)</td></tr>
<tr><td>4. Мертвый ход микрометрической пары микроподачи</td><td colspan="7">1/3 оборота — при выпуске из производства
1/2 оборота — при выпуске из ремонта и в эксплуатации</td></tr>
<tr><td>5. Предел допускаемой погрешности, мм:</td><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td>ЦД 0,05 мм</td><td colspan="5">0,05</td><td>0,10</td><td>0,15</td></tr>
<tr><td>ЦД 0,10 мм</td><td colspan="4">0,05</td><td colspan="2">0,10</td><td>0,15</td></tr>
</table>

Штангенглубиномеры поверяются согласно требованиям МИ 2196–92 ГСИ. «Штангенглубиномеры. Методика поверки».

Температура помещения, где проводят поверку, должна быть (20 ± 10) °С. Изменение температуры рабочего пространства в течение 1 ч не должно превышать 2 °С. Относительная влажность воздуха при температуре 25 °С не более 80 %.

Штангенглубиномеры должны быть промыты бензином, протерты чистой салфеткой и выдержаны на рабочем месте не менее 3 ч.

Все детали штангенглубиномера должны быть размагничены.

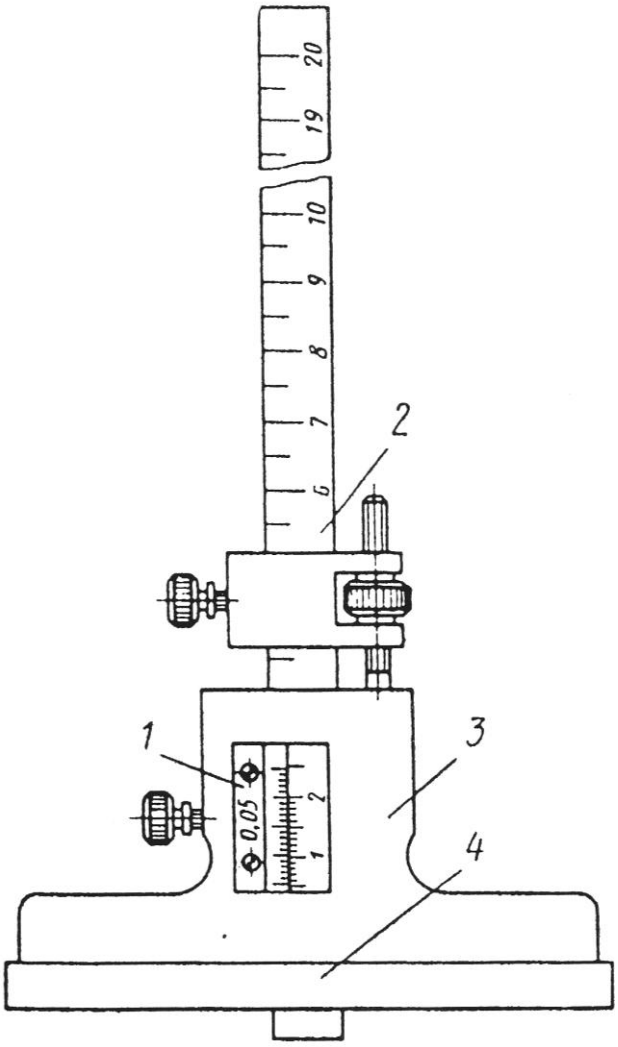


Рис. 4. Внешний вид штангенглубиномера:
1 – нониус; 2 – штанга; 3 – подвижная рамка; 4 – основание

При внешнем осмотре нужно проверить комплектность штангенглубиномера, наличие твердого сплава на измерительных поверхностях, хромового покрытия наружных поверхностей, устройство микрометрической подачи рамки.

При опробовании нужно проверить:

возможность продольного регулирования нониуса;

отсутствие перемещения рамки под действием собственного веса;

плавность перемещения рамки вместе с микроподачей по штанге, мертвый ход микропары, который не должен превышать 1/2 оборота.

При поверке штангенглубиномеров должны быть определены следующие метрологические характеристики.

Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей штанги и рамки определяют лекальной линейкой типа ЛД или ЛТ 1-го класса точности по образцу просвета. Острое ребро линейки прикладывают к контролируемой поверхности параллельно длинному и короткому ребрам, а также по диагоналям. Допуск плоскостности штанги равен 0,004 мм, рамки 0,006 мм.

Погрешность штангенглубиномеров определяют по КМД 4-го разряда точности. Перед определением погрешности штангенглубиномеры устанавливают на нуль, используя плоскую стеклянную пластину для приборов с ценой деления не более 0,02 мм или поверочную плиту 1-го или 2-го класса для приборов с ценой деления 0,05 и 0,1 мм.

Погрешность штангенглубиномеров типа ШГ с ценой деления 0,1 мм определяют в трех точках, с ценой деления 0,05 мм в шести точках, равномерно расположенных в пределах диапазона измерения при закрепленной и незакрепленной рамке при двух положениях концевых мер: на максимальном и минимальном расстоянии от штанги.

При поверке штангенглубиномеров, выпускаемых **из ремонта**, дополнительно проверяют:

расстояние от верхней кромки нониуса до поверхности штанги в трех точках с помощью щупа 0,25 мм при цене деления 0,05 мм и щупом 0,30 мм при цене деления 0,1 мм;

шероховатость измерительных поверхностей штанги и рамки сравнением с образцами шероховатости поверхности при помощи лупы. Параметр R_a для рамки не должен превышать 0,08 мкм, а для штанги 0,16 мкм.

Результаты поверки штангенглубиномера рекомендуется оформлять протоколом, форма которого приведена в приложении 2.

Приложение 2

ПРОТОКОЛ №_____

поверки штангенглубиномера типа **ШГ** - _____№_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления ____мм t =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
3. Определение метрологических характеристик (МХ)				
3.1. Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей, мкм: ➢ штанги ➢ рамки (основания)	Лекальная линейка ЛД КТ 1, КМД КТ 2 и плоская стеклянная пластина ПИ 60	≤ 4 ≤ 6		
3.2. Погрешность, мм	Два набора КМД 4-го разряда (КТ 3) № 22 или № 1, поверочная плита КТ 2	Таблица 2 ГОСТ 162-90		табл.
МХ, определяемые после ремонта				
3.3. Шероховатость измерительных поверхностей R_a, мкм: ➢ штанги ➢ рамки	Образцы шероховатости R_a = 0,08 и 0,16 мкм; лупа ЛП-1-4$^{\times}$	≤ 0,16 ≤ 0,08		
3.4. Расстояние от верхней кромки края нониуса до штанги, мм	Щуп 0,25 (0,30) мм	ЦД 0,05	ЦД 0,1	
		≤ 0,25	≤ 0,30	

3.2.Определение погрешности штангенглубиномера

Контролируемые точки, мм		Показания штангенглубиномера, мм, при положении КМД на расстоянии от штанги				Погрешность, мм
		наибольшем		наименьшем		
ЦД, мм		Состояние рамки				
0,05	0,1	не закреплена	закреплена	не закреплена	закреплена	
1.	1.					
2.	2.					
3.	3.					
4.						
5.						
6.						

Наибольшая погрешность: _____ мм

Заключение по результатам поверки

Штангенглубиномер типа ШГ- _____№_____ соответствует требованиям ГОСТ 162–90.

Поверка проведена по МИ 2196–92.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

ШТАНГЕНРЕЙСМАСЫ И ИХ ПОВЕРКА

Штангенрейсмасы предназначены для измерения и разметки. Наибольшее распространение в народном хозяйстве получили штангенрейсмасы типа ШР с отсчетом по нониусу (рис. 5). Также применяются штангенрейсмасы типов ШРК с круговой шкалой и ШРЦ с цифровым отсчетом.

Требования к штангенрейсмасам установлены в ГОСТ 164–90 «Штангенрейсмасы. Технические условия». Метрологические характеристики штангенрейсмасов представлены в табл. 3.

Согласно этому стандарту диапазон измерений штангенрейсмасов указанных типов ШР составляет от 0–250 мм до 1500–2500 мм.

Цена деления у ШР 0,05 и 0,1 мм.

Таблица 3

Метрологические характеристики штангенрейсмасов

Наименование характеристики	Диапазон измерений, мм					
	0–250	40–400	60–630	100–1000	600–1600	1500–2500
1. Цена деления, мм	0,05		0,05; 0,10		0,10	
2. Допуск прямолинейности измерительных поверхностей ножек, мкм	4					
3. Допускаемое отклонение действительного размера измерительной ножки, мм	±0,02					
4. Допуск параллельности измерительных поверхностей измерительной ножки, мкм	6 (ЦД 0,05 мм) 10 (ЦД 0,10 мм)					
5. Допуск параллельности измерительных поверхностей ножки относительно основания, мкм	10 (ЦД 0,05 мм) 15 (ЦД 0,10 мм)					
6. Расстояние от верхней кромки нониуса до поверхности штанги, мм	0,25					
7. Мертвый ход микрометрической пары микроподачи	1/3 оборота при выпуске из производства 1/2 оборота при выпуске из ремонта и в эксплуатации					
8. Предел допускаемой погрешности, мм						
ЦД 0,05 мм	0,05			0,10	—	—
ЦД 0,10 мм	0,05		0,10		0,15	0,20
9. Параметр шероховатости измерительных поверхностей R_a, мкм: измерительной ножки разметочной ножки и основания	≤ 0,16 (ЦД 0,05 мм); ≤ 0,32 (ЦД 0,10 мм) ≤ 0,32 (ЦД 0,05 мм); ≤ 0,63 (ЦД 0,10 мм)					
10. Ширина ребра верхней измерительной поверхности измерительной ножки, мм	≤ 0,5	≤ 0,2				
11. Условия поверки: • температура, °С • изменение температуры, °С/ч • относительная влажность, %	(20 ± 10) ≤ 2 ≤ 80					

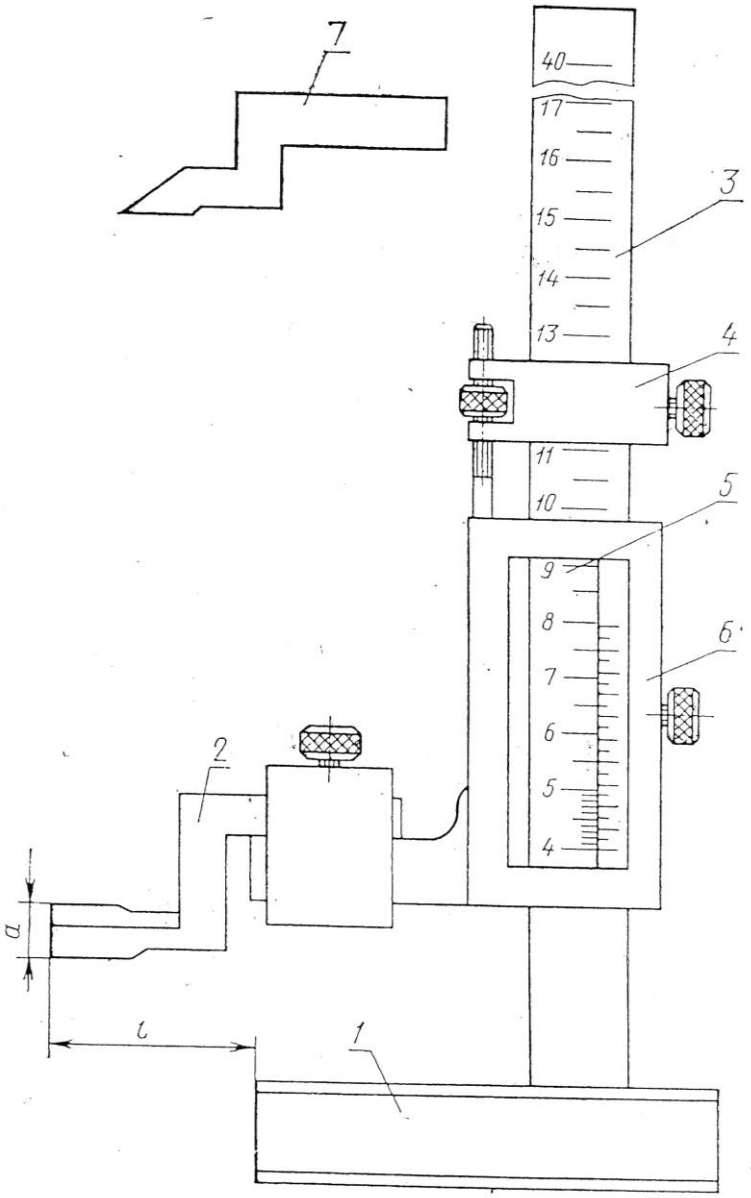


Рис. 5. Внешний вид штангенрейсмаса:
1 – основание; 2 – измерительная ножка; 3 – штанга;
4 – микрометрическая подача; 5 – нониус; 6 – рамка;
7 – разметочная ножка

Поверка штангенрейсмасов проводится в соответствии с требованиями МИ 2190–92 «ГСИ. Штангенрейсмасы. Методика поверки».

Температура помещения, в котором проводится поверка, должна быть (20 ± 10) °С; изменение температуры в течение 1 ч не должно быть более 2 °С; относительная влажность при 25 °С не более 80 %.

Перед поверкой штангенрейсмасы должны быть промыты авиационным бензином, вытерты чистой салфеткой и выдержаны не менее 1 ч на металлической плите, не менее 2 ч без плиты, если верхний предел измерений штангенрейсмаса не более 400 мм, и не менее 4 ч, если верхний предел измерений свыше 400 мм.

При внешнем осмотре нужно проверить комплектность штангенрейсмаса, наличие твердого сплава на измерительной поверхности разметочной ножки, хромового покрытия, устройство микрометрической подачи рамки, устройство зажима рамки.

При опробовании нужно проверить возможность продольного регулирования нониуса, отсутствие перемещения рамки под действием собственного веса, плавность перемещения рамки вместе с микроподачей по штанге, мертвый ход микропары, который не должен превышать 1/2 оборота.

Все детали штангенрейсмасов должны быть размагничены.

При поверке штангенрейсмасов определяют следующие метрологические характеристики.

Отклонение от прямолинейности измерительных поверхностей ножек определяют при помощи лекальной линейки типа ЛД 1-го класса по образцу просвета 4 мкм.

Действительный размер измерительной ножки определяют гладким микрометром МК25 2-го класса. Допускаемое отклонение от маркированного значения размера измерительной ножки: у ШР ±0,02 мм; у ШРК ±0,01 мм; у ШРЦ ±0,005 мм.

После ремонта размер ножки должен быть кратным десятой доли миллиметра.

Отклонение от параллельности поверхностей измерительной ножки определяют рычажным микрометром МР25 в трех сечениях.

Правильность установки нуля определяют по образцу просвета при опускании ножки до поверочной плиты или концевой меры, размер которой равен нижнему пределу измерения штангенрейсмаса.

Отклонение от параллельности измерительной плоскости ножки относительно основания определяют по просвету между соприкасающимися поверхностями при зажатой и незажатой рамке при опускании ножки до поверочной плиты или концевой меры, размер которой равен нижнему пределу измерения штангенрейсмаса.

Погрешность штангенрейсмаса определяют по концевым мерам длины 4-го разряда.

Погрешность ШР с ценой деления 0,1 мм определяется в трех точках, с ценой деления 0,05 мм в шести точках, погрешность ШРК и ШРЦ в семи

точках. Погрешность определяется при закрепленной и незакрепленной рамке для двух положений концевых мер: на максимальном и минимальном расстоянии от штанги. Концевые меры должны быть перпендикулярны измерительной ножке, они должны «нормально» скользить между ножкой и плитой.

У штангенрейсмасов типа ШРК при периодической поверке определяют расстояние между концом стрелки и шкалой. Оно не должно превышать 0,7 мм.

После **ремонта** штангенрейсмасов дополнительно контролируют:

расстояние от края нониуса до поверхности штанги в трех точках с помощью щупа 0,25 мм;

шероховатость измерительных поверхностей измерительной ножки, разметочной ножки и основания. Допускаемые значения параметра R_a для ШР с ценой деления 0,05 мм соответственно равны 0,16, 0,32 и 0,32 мкм. Для ШР с ценой деления 0,10 мм параметр R_a соответственно равен 0,32, 0,32 и 0,63 мкм. Средства контроля — образцы шероховатости;

ширину ребра верхней измерительной поверхности измерительной ножки, которая не должна превышать 0,5 мм для диапазона от 0 до 250 мм и 0,2 мм для других. Средство контроля — измерительная лупа;

ширину стрелки ШРК на инструментальном микроскопе (допускаемые значения от 0,15 до 0,20 мм).

Результаты поверки рекомендуется оформлять протоколом, форма которого приведена в приложении 3.

Приложение 3

ПРОТОКОЛ №_____

поверки штангенрейсмаса типа **ШР** _____№_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления ____мм t =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
3. Определение метрологических характеристик (МХ)				
3.1. Отклонение от прямолинейности измерительных поверхностей ножек, мкм	Линейка ЛД КТ 1, КМД КТ 2 или КТ 3 и ПИ 60	≤ 4		
3.2. Отклонение действительного размера измерительной ножки от намаркированного значения, мм	Микрометр гладкий МК 25	±0,02		Δ =
3.3. Отклонение от параллельности верхней и нижней измерительных поверхностей измерительной ножки, мкм	Микрометр рычажный МР 25	ЦД 0,05	ЦД 0,1	S_1 = S_2 = $\Delta_{//}$ =
		6	10	
3.4. Правильность установки штангенрейсмаса на “нуль”	КМД КТ 2 или КТ 3, поверочная плита КТ 1 (до 1000 мм) и КТ 2 (свыше 1000 мм)			
3.5. Отклонение от параллельности измерительной плоскости ножек относительно основания, мкм	Линейка ЛД КТ 1, КМД КТ 2 или КТ 3, ст. пластина ПИ 60, пов. плита КТ 1 (до 1000 мм) и КТ 2 (свыше 1000 мм)	ЦД 0,05	ЦД 0,1	
		10	15	
3.6. Погрешность штангенрейсмаса, мм	КМД 4-го разряда, поверочная плита КТ 1 (до 1000 мм) и КТ 2 (свыше 1000 мм) или нутромер микрометрический	Таблица 2 ГОСТ 164–90		табл.
МХ, определяемые после ремонта				
3.7. Расстояние от края нониуса до поверхности штанги, мм	Щуп 0,25 мм	≤ 0,25		
3.8. Шероховатость измерительных поверхностей штангенрейсмаса R_a, мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,16, 0,32 и 0,63 мкм; профилометр мод. 296			
3.9. Ширина ребра верхней измерительной поверхности измерительной ножки, мм: ➢ до 250 мм ➢ свыше 250 мм	Измерительная лупа ЛИ-3-3[×] или ЛИ-3-4[×]	≤ 0,5 мм ≤ 0,2 мм		

3.6. Погрешность штангенрейсмаса

Контролируемые точки, мм		Показания штангенрейсмаса, мм, при положении КМД на расстоянии от штанги				Погрешность, мм
		наибольшем		наименьшем		
ЦД, мм		Состояние рамки				
0,05	0,1	не закреплена	закреплена	не закреплена	закреплена	
1.	1.					
2.	2.					
3.	3.					
4.						
5.						
6.						

Наибольшая погрешность: _____ мм

Заключение по результатам поверки

Штангенрейсмас типа ШР- ___№_____ соответствует требованиям ГОСТ 164–90.

Поверка проведена по МИ 2190–92.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Микрометрические приборы, к которым относятся микрометры, микрометрические глубиномеры, рычажные микрометры и рычажные скобы, широко используются в промышленности.

Устройство этих приборов основано на принципе работы винтовой пары, в которой вращательное движение точного микрометрического винта, установленного в неподвижную гайку, преобразуется в его поступательное движение вдоль оси.

МИКРОМЕТРЫ С ЦЕНОЙ ДЕЛЕНИЯ 0,01 ММ И ИХ ПОВЕРКА

Микрометры предназначены для измерения линейных размеров методом непосредственной оценки.

Требования к микрометрам установлены в ГОСТ 6507–90 «Микрометры. Технические условия». Метрологические характеристики микрометров типа МК с пределом измерений до 200 мм представлены в табл. 4, метрологические характеристики микрометров типа МК с пределом измерений свыше 200 мм — в табл. 5, метрологические характеристики микрометров типов МЛ, МТ, МЗ, МГ, МП — в табл. 6.

Согласно ГОСТ 6507–90 выпускаются микрометры ценой деления 0,01 мм следующих типов:

МК – микрометры гладкие для измерения наружных размеров деталей (рис. 6);

МЛ – микрометры листовые для измерения толщины листов (рис. 7);

МТ – микрометры трубные для измерения толщины стенок труб (рис. 8);

МЗ – микрометры зубомерные для измерения зубчатых колес (рис. 9);

МГ – микрометрические головки для измерения перемещения (рис. 10);

МП – микрометры для измерения толщины проволоки (рис. 11).

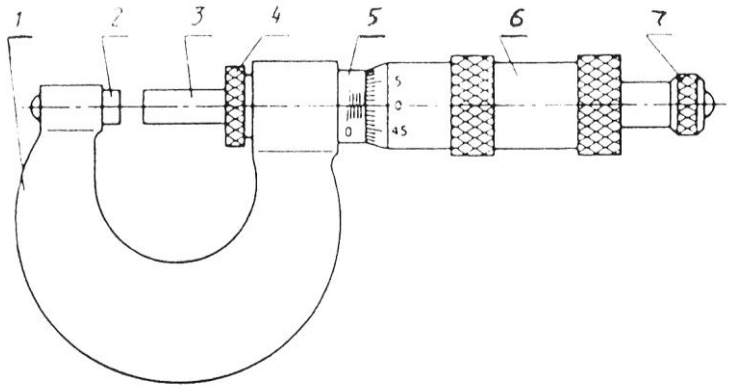


Рис. 6. Тип МК:
1 – скоба; 2 – пятка; 3 – микрометрический винт; 4 – стопор;
5 – стебель; 6 – барабан; 7 – трещотка (фрикцион)

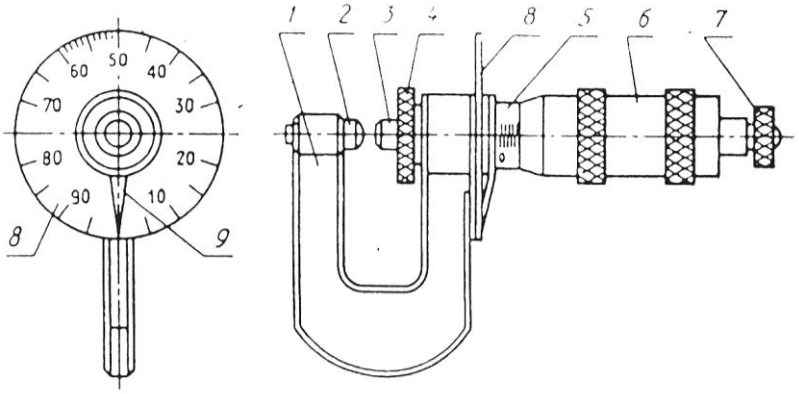


Рис. 7. Тип МЛ:
1 – скоба; 2 – пятка; 3 – микрометрический винт; 4 – стопор;
5 – стебель; 6 – барабан; 7 – трещотка (фрикцион); 8 – циферблат;
9 – стрелка

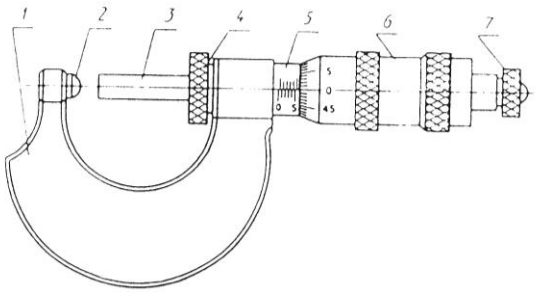


Рис. 8. Тип МТ:
1 – скоба; 2 – пятка; 3 – микрометрический винт; 4 – стопор;
5 – стебель; 6 – барабан; 7 – трещотка (фрикцион)

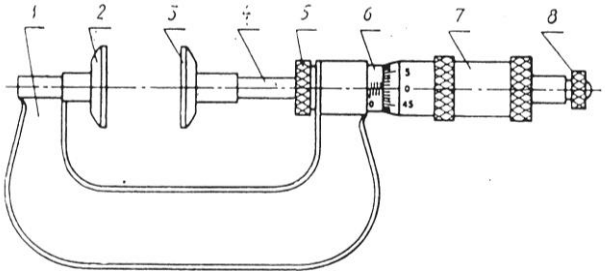


Рис. 9. Тип МЗ:
1 – скоба; 2 – пятка; 3 – измерительная губка; 4 – микрометрический винт; 5 – стопор; 6 – стебель; 7 – барабан; 8 – трещотка (фрикцион)

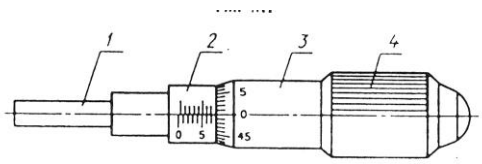


Рис. 10. Тип МГ:
1 – микрометрический винт; 2 – стебель; 3 – барабан;
4 – трещотка (фрикцион)

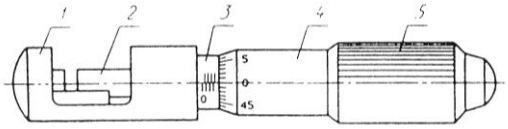


Рис. 11. Тип МП:
1 – корпус; 2 – микрометрический винт; 3 – стебель; 4 – барабан;
5 – трещотка (фрикцион)

Таблица 4

Основные метрологические характеристики микрометров типа МК с верхним пределом измерений до 200 мм

Наименование характеристики		Диапазон измерений, мм							
		0–25	25–50	50–75	75–100	100–125	125–150	150–175	175–200
1. Цена деления, мм		0,01							
2. Допуск плоскостности измерительных поверхностей, мкм	КТ 1	0,6							
	КТ 2	0,9							
4. Допуск параллельности измерительных поверхностей микрометра, мкм	КТ 1	1,5	2	3		3			
	КТ 2	2	2	3		4			
5. Предел допускаемой погрешности, мкм	КТ 1	±2	±2,5			±3			
	КТ 2	±4	±4			±5			
6. Установочная мера: - отклонение длины от номинального размера, мкм,	КТ 1	-	±1,0			±1,2			
	КТ 2	-	±1,5			±2,0			
- допуск плоскопараллельности измерительных поверхностей, мкм			0,5			0,75			1,0
7. Допускаемое отклонение температуры от 20 °С при поверке, °С		±4						±3	
8. Шаг микрометрического винта, мм		0,5							
9. Измерительное перемещение микровинта, мм		25							
10. Шероховатости измерительных поверхностей R_a, мкм		≤ 0,08							
11. Измерительное усилие, Н		5…..10							
12. Расст. от торца барабана до ближ. края нач. штриха шкалы стебля, мм		≤ 0,15 (перекрытие ≤ 0,07 мм)							

Таблица 5

Основные метрологические характеристики микрометров типа МК с верхним пределом измерений свыше 200 мм

Наименование характеристики		Диапазон измерений, мм						
		200–225	225–250	250–275	275–300	300–400	400–500	500–600
1. Цена деления, мм		0,01						
2. Допуск плоскостности измерительных поверхностей, мкм	КТ 1	0,6						
	КТ 2	0,9						
3. Допуск параллельности измерительных поверхностей, мкм	КТ 1	±4		±5			±7	
	КТ 2	±6		±8			±10	±12
4. Предел допускаемой погрешности, мкм	КТ 1	±4				±5		±6
	КТ 2	±6				±8		±10
5. Установочная мера: - допускаемое отклонение размера, мкм	КТ 1	±1,5				±2,0		
	КТ 2	±2,0				±3,5		±4,0
- допуск плоскопараллельности измерительных поверхностей, мкм		1,5				–		
6. Допускаемое отклонение температуры от 20 °С при поверке, °С		±3						±2
7. Шаг микрометрического винта, мм		0,5						
8. Измерительное перемещение микровинта, мм		25						
9. Шероховатости измерительных поверхностей R_a, мкм		≤ 0,08						
10. Измерительное усилие, Н		5…..10						
11. Расст. от торца барабана до ближ. края нач. штриха шкалы стебля, мм		≤ 0,15 (перекрытие ≤ 0,07 мм)						

Таблица 6

Основные метрологические характеристики микрометров типов МЛ, МТ, МЗ, МГ, МП

Наименование характеристики	Верхний предел измерений микрометра, мм								
	МЛ	МТ	МЗ				МГ		МП
	5; 10; 25	25	25	50	75	100	15; 25	50	10
1. Предел допускаемой погрешности, мкм:									
КТ 1	–	±2,0	±4,0				±1,5	–	±2,0
КТ 2	±4,0	±4,0	±5,0				±3,0	±4,0	±4,0
2. Допуск плоскостности измерительных поверхностей, мкм:									
КТ 1	0,6		0,9				0,6		
КТ 2	0,9		0,9				0,9		
3. Допуск параллельности плоских измерительных поверхностей, мкм	–		2,0		3,0		–		

Микрометры поверяются в соответствии с методическими указаниями МИ 782–85.

Перед проведением поверки микрометры и установочные меры должны быть выдержаны в помещении, где проводится поверка, на металлической плите не менее 1 ч или в открытых футлярах не менее 3 ч.

Микрометры и установочные меры при поверке нужно брать за теплоизоляционные накладки, а при их отсутствии – при помощи теплоизолирующей салфетки. Последнее требование относится и концевым мерам длины, используемым в качестве средств поверки.

При **внешнем осмотре** следует проверить комплектность микрометра, внимательно осмотреть измерительные поверхности пятки и микровинта. На них не должно быть забоин, царапин, сколов, вмятин, трещин, острых кромок, следов коррозии. Штрихи шкал должны быть отчетливыми, цифры и маркировка должны быть четкими и легко различимыми.

При **опробовании** проверяют плавность перемещения барабана, надежность стопорного устройства (микровинт не должен вращаться при вращении трещотки при закрепленном стопоре).

Определение метрологических характеристик

Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей микрометра определяется с помощью плоской стеклянной пластины ПИ 60, которую накладывают на измерительные поверхности, добиваясь такого контакта, при котором число интерференционных полос будет наименьшим. Отсчет нужно производить, отступив от края измерительной поверхности на 0,5 мм.

У микрометров, находящихся в эксплуатации, отклонение от плоскостности измерительных поверхностей можно определять при помощи лекальной линейки типа ЛД 1-го класса точности. Просвет между лекальной линейкой и измерительной поверхностью микрометра не допускается.

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометров с верхним пределом измерения до 100 мм определяют

интерференционным методом при помощи четырех стеклянных плоскопараллельных пластин, размеры которых отличаются друг от друга на 1/4 оборота микровинта. Каждую из четырех пластин зажимают между измерительными поверхностями микрометра, используя трещотку (фрикцион), и добиваются такого её положения, при котором наблюдается наименьшая сумма полос на обеих измерительных поверхностях. За отклонение от параллельности принимается наибольшая из сумм интерференционных полос, подсчитанных для каждой пластины.

Одна полоса соответствует отклонению от параллельности, равному 0,3 мкм (половина длины световой волны).

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометров с верхним пределом измерения до 100 мм, находящихся в эксплуатации, и микрометров с верхним пределом измерения более 100 мм определяют по четырем концевым мерам длины или четырем блокам концевых мер, размеры которых отличаются друг от друга на значение, соответствующее 1/4 оборота микрометрического винта.

Концевую меру или блок концевых мер четыре раза устанавливают через 90° одной и той же стороной между измерительными поверхностями на расстоянии от края, равном 1/4 диаметра микровинта.

За отклонение от параллельности измерительных поверхностей принимают наибольшую разность показаний микрометра для каждой меры (блока КМД) при четырех её положениях.

Погрешность микрометров определяется в пяти равномерно расположенных точках шкалы сравнением отсчитываемых до десятых долей деления показаний микрометра с размерами концевых мер длины 4-го разряда или КТ 2. При этом рекомендуется использовать КМД следующих номинальных размеров: 5,12; 10,24; 15,36; 21,50; 25,00 (специальный набор КМД 21).

Для микрометров 2-го класса точности, находящихся в эксплуатации и выпускаемых из ремонта, допускается превышение указанных в ГОСТ 6507–90 значений погрешности не более чем в 2 раза.

Отклонение длины установочной меры от номинального значения определяют сравнением их с КМД 4-го разряда или 1-го класса точности соответствующих размеров на горизонтальном оптиметре или оптико-механической машине с использованием сферических наконечников, добиваясь наименьших показаний прибора при покачивании меры вокруг горизонтальной и вертикальной осей.

Измерения проводят в средней точке измерительной поверхности установочной меры и в четырех равномерно расположенных по окружности точках на расстоянии 0,7–1 мм от края измерительной поверхности. Наибольшее по абсолютному значению отклонение из пяти полученных принимают за отклонение длины установочной меры от номинального значения.

За **отклонение от плоскопараллельности** измерительных поверхностей установочной меры принимают наибольшую по абсолютному значению разность между наибольшим и наименьшим из пяти полученных отсчетов.

При поверке микрометров, выпускаемых **из ремонта**, кроме метрологических характеристик, указанных выше, контролируют также:

шероховатость измерительных поверхностей микрометров и установочных мер путем сравнения их с образцами шероховатости;

расстояние от торца конической части барабана до начального штриха шкалы стебля. После установки микрометра в нулевое положение торец барабана подводят к ближайшему краю начального штриха шкалы. У микрометров с нижним пределом измерений 50 мм и более при этом удаляют установочную меру. У микрометров с нулевым нижним пределом измерения определяют расстояние от торца конической части барабана до любого штриха шкалы стебля. Оно не должно превышать 0,15 мм. У микрометров, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается перекрытие начального штриха не более чем на 0,07 мм;

измерительное усилие и его колебания на двух различных участках шкалы стебля. Для этого используют циферблатные весы с ценой деления 5 г. Микрометр закрепляют в стойке в вертикальном положении. Вращая микровинт до проскальзывания трещотки, определяют значение измерительного усилия по показанию стрелки весов. Допускается определять измерительное усилие с помощью специального динамометра, эскиз которого приведен в приложении 2 МИ 782–85. Колебание измерительного усилия определяют как разность значений измерительного усилия на двух различных участках шкалы стебля. Допускаемые значения измерительного усилия для микрометров типов МЛ, МТ и МЗ от 3 до 7 Н, а для остальных от 5 до 10 Н. Колебание измерительного усилия не должно превышать 2 Н. После ремонта его можно не проверять;

перекос плоской измерительной поверхности микрометрического винта при зажатии стопора. У микрометров с верхним пределом измерений до 100 мм он определяется интерференционным методом с помощью плоскопараллельной стеклянной пластины, которую приводят в контакт при использовании трещотки. Получив наименьшую сумму интерференционных полос на обеих измерительных поверхностях при перемещении пластины при незакрепленном стопоре, нужно зажать стопор и добиться при перемещении пластины также наименьшей суммы полос. Сумма полос не должна измениться больше чем на три полосы.

Для определения этого параметра у микрометров с верхним пределом измерения более 100 мм используют рычажно-зубчатую головку, укрепленную вместо регулируемой пятки. Измерительную головку вводят в контакт с измерительной поверхностью микрометрического микровинта на расстоянии 1 мм от края измерительной поверхности в двух точках, находящихся на взаимно перпендикулярных диаметрах. Установив микрометрическим винтом стрелку головки в нулевое положение при незакрепленном стопоре, зажимают его и наблюдают за изменением показаний головки, которое не должно превышать 1 мкм в каждом из двух положений.

Результаты поверки рекомендуется оформить протоколом по форме приложения 4.

Приложение 4

ПРОТОКОЛ №_____

поверки микрометра типа **МК** _____ № _____

Пределы измерения _____мм t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
3. Определение метрологических характеристик (МХ)				
3.1. Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей, интерф. пол: ➢ пятки ➢ микровинта	Плоская стеклянная пластина ПИ 60 или лекальная линейка типа ЛД КТ 1	КТ 1 ≤ 2	КТ 2 ≤ 3	$n_п$ = $n_м$ =
3.2. Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей, интерф. пол.	Пластины ПМ (до 100 мм), КМД КТ 2 или прибор ППМ-600 (свыше 100 мм)	$n \le 7$		табл.
3.3.Погрешность микрометра, мкм	КМД 4-го разряда или КТ 2 (набор № 21)	Таблица 4 ГОСТ 6507–90		табл.
3.4. Установочные меры (УМ): ➢ отклонение длины от номинальной, мкм ➢ отклонение от параллельности измерительных поверхностей, мкм	КМД 4-го разряда или КТ 1, горизонтальный оптиметр или оптико-механическая машина типа ИЗМ	КТ 1 ±1,0 ≤ 0,5	КТ 2 1,5	
МХ, определяемые после ремонта				
3.5. Шероховатость измерительных поверхностей R_a , мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,08 мкм	$R_a \le 0{,}08$		
3.6. Расстояние от торца конической части барабана до начального штриха шкалы стебля, мм	Визуально	недокр. ≤ 0,15 перекр. ≤ 0,07		
3.7. Измерительное усилие и его колебания, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г и стойка типа С-II или динамометр	F = 5….10 $\Delta F \le 2$		
3.8. Перекос измерительной поверхности микрометрического винта при зажатии стопора, интерф. пол.	Пластины ПМ или измерительная рычажно-зубчатая головка с ЦД 1 мкм	$\Delta n \le 3$		

3.2. Определение отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометра с помощью:

КМД

Размер КМД L_i, мм	Показания микрометра X_i , мм, при положении меры				Разность между показаниями микрометра, мкм, $X_{max} - X_{min}$
	1	2	3	4	
А+5,12					
А+10,24					
А+15,36					
А+21,50					

Допускаемое значение:_____

пластин ПМ

Размер пластины ПМ, мм	Число интерференционных полос на		Сумма интерференционных полос
	подвижной пятке	неподвижной пятке	

Допускаемое значение:_____

3.3. Определение погрешности микрометра

Контролируемые точки, мм	А + 5,12	А + 10,24	А + 15,36	А + 21,50	А + 25,00
Показания микрометра, мм					
Погрешность, мкм					

Наибольшая погрешность: _____ мкм

Заключение по результатам поверки

Микрометр типа МК ___ № _____соответствует требованиям ГОСТ 6507–90 для ___ класса точности.

Поверка проведена по МИ 782–85.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ГЛУБИНОМЕРЫ И ИХ ПОВЕРКА

Микрометрические глубиномеры предназначены для измерения глубины пазов и высоты уступов до 300 мм.

В промышленности используются в основном микрометрические глубиномеры типа ГМ с отсчетом по шкалам стебля и барабана (рис. 12). Применяются также глубиномеры типа ГМЦ с отсчетом по электронному цифровому устройству и шкалам стебля и барабана.

Для глубиномеров с верхним пределом измерения до 150 мм установлены два класса точности: 1-й и 2-й, свыше 150 мм — 2-й класс.

Основные технические и метрологические характеристики микрометрических глубиномеров по ГОСТ 7470–92 представлены в табл. 7.

Таблица 7

Основные технические и метрологические характеристики микрометрических глубиномеров

Наименование характеристики		Диапазон измерений, мм							
		0–25	0–50	0–75	0–100	0–150	0–300		
1.Цена деления, мм		0,01							
2. Длина и ширина основания, мм		100×25							
3. Шаг микрометрического винта, мм		0,5							
4. Измерительное перемещение микровинта, мм		25							
5. Измерительные стержни, мм:									
диаметр		≤ 5							
допускаемое отклонение длины		±0,02							
6. Измерительное усилие, Н		3…..7							
7. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 2							
8. Допуск плоскостности измерительной поверхности основания, мкм	КТ 1	0,9							
	КТ 2	1,8							
9. Параметр шероховатости измерительных поверхностей R_a, мкм:									
- основания		0,2							
- стержней закаленных		0,04							
- стержней твердосплавных		0,08							
10. Расстояние от торца конической кромки барабана до ближайшего края начального штриха шкалы стебля, мм		≤ 0,15 (перекрытие ≤ 0,07 мм)							
11. Установочные меры:		—							
- номинальная длина, мм			25		75	125	175	225	275
- предельные отклонения длины, мкм	КТ 1		±0,50		±0,75	±1,25	--		
	КТ 2		±1,0		±1,5		±2	±2,5	±3
- допуск плоскопараллельности, мкм			0,50		0,75	1,0	1,2	1,6	

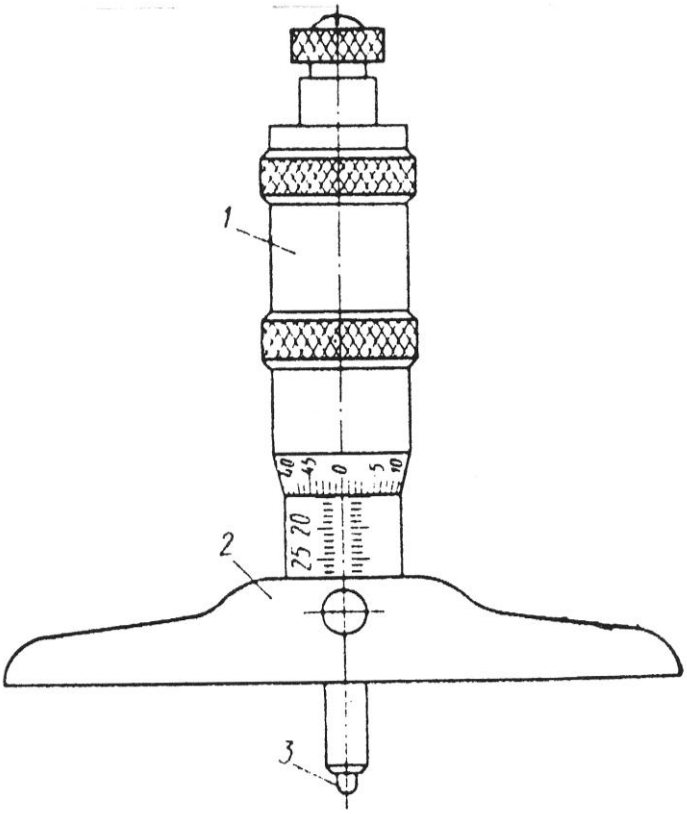


Рис. 12. Внешний вид микрометрического глубиномера:
1 – барабан; 2 – основание; 3 – измерительный стержень

Предел допускаемой погрешности глубиномеров при температуре (20 ± 5) °С и нормируемом измерительном усилии, а также при зажатом или отпущенном стопоре составляет:

Диапазон измерений, мм	Предел допускаемой погрешности, мкм, глубиномеров классов точности	
	КТ 1	КТ 2
0–25	±2	±4
25–50	±3	±4
50–100	±3	±5
100–150	±4	±6
150–200	—	±8
200–250	—	±9
250–300	—	±10

Методику поверки микрометрических глубиномеров регламентирует МИ 2018–89.

Температура помещения, где поверяются глубиномеры, должна быть (20 ± 5) °С. Поверка установочных мер должна проводиться при температуре (20 ± 2) °С.

Глубиномеры следует выдерживать на металлической плите не менее 1 ч или в открытых футлярах не менее 3 ч. Глубиномеры, установочные меры и КМД нужно брать при помощи теплоизолирующей салфетки.

При **внешнем осмотре** необходимо проверить соответствие глубиномеров требованиям ГОСТ 7470–92 в части:

формы измерительных стержней. Измерительные поверхности стержней должны быть сферическими с радиусом 5 мм. По заказу для ГМ КТ 2 могут изготавливаться стержни с плоской измерительной поверхностью с допуском плоскостности, равным 0,6 мкм;

комплектности (в эксплуатации допускается замена УМ на КМД);

наличия твердого сплава на измерительных поверхностях стержней, стопорного устройства микрометрического винта, шкал на стебле и барабане, противокоррозионного покрытия;

отсутствия механических повреждений (вмятины, сколы, коррозия, царапины на измерительных поверхностях).

При **опробовании** необходимо проверить:

плавность перемещения микрометрического винта, отсутствие трения барабана о стебель;

отсутствие вращения застопоренного микрометрического винта;

отсутствие проскальзывания трещотки при вращении свободного микрометрического винта;

легкость и надежность установки сменных измерительных стержней (они не должны выпадать).

Все детали глубиномера должны быть размагничены.

Определение метрологических характеристик

Определение длины сменных измерительных стержней производится гладким микрометром МК 2-го класса точности. Допускается отклонение длины от номинального значения на ±0,02 мм.

Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей основания глубиномера определяют интерференционным методом с помощью плоской стеклянной пластины ПИ 100 2-го класса точности (на 0,5 мм от края допускаются завалы). Допускается в эксплуатации определять этот параметр лекальной линейкой 0 класса по образцу просвета 2 мкм.

Расстояние от торца конической части барабана до ближайшего края начального штриха шкалы стебля должно быть не более 0,1 мм, в эксплуатации не более 0,15 мм. Допускается перекрытие начального штриха шкалы стебля, но не более чем на 0,07 мм. Эти параметры проверяют при установке всех измерительных стержней из комплекта, совместив торец барабана с правым краем начального штриха и произведя отсчет по шкале барабана.

Измерительное усилие F и его колебание ΔF определяют с помощью циферблатных весов с ценой деления 5 г на двух участках шкалы.

Отклонение длины от номинальной и отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей установочных мер определяют на горизонтальном интерферометре с ценой деления 0,1 или 0,2 мкм с использованием сферических измерительных наконечников методом сравнения с эталонной КМД 3-го или 4-го разряда.

После настройки прибора и выдержки мер до момента, когда изменение показаний интерферометра не будет превышать 0,1 мкм за 10 мин, производят измерение в четырех диаметрально расположенных точках на расстоянии 0,7–1 мм от края.

За отклонение длины установочной меры от номинала $\Delta_р$ принимают наибольшее по абсолютному значению отклонение из четырех.

За отклонение от плоскопараллельности измерительных поверхностей установочных мер $\Delta_{пп}$ принимают наибольшую по модулю разность между наибольшим и наименьшим отсчетами в четырех точках.

У установочных мер в эксплуатации и после ремонта номинальный размер может быть уменьшен на 0,01 или на 0,02 мм с указанием на установочной мере действительного размера.

Основная погрешность определяется по КМД 4-го разряда или КТ 2 с любым из измерительных стержней в шести точках при зажатом и отпущенном стопоре. У ГМ КТ 2, находящихся в эксплуатации и выпускаемых из ремонта, допускается превышение указанных значений, но не более чем в 2 раза.

У выпускаемых **из ремонта** глубиномеров дополнительно проверяют **шероховатость** измерительных поверхностей с помощью образцов шероховатости и **расстояние от стебля до измерительной кромки барабана** с помощью щупа толщиной 0,45 мм через четверть оборота.

Результаты поверки рекомендуется оформить протоколом, форма которого приведена в приложении 5.

Приложение 5

ПРОТОКОЛ №_____

поверки глубиномера микрометрического типа **ГМ** _____№ _____

Пределы измерения _____мм *t* = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр 2. Опробование				
3. Определение метрологических характеристик (МХ)				
3.1. Отклонение длины сменных измерительных стержней, мм	Микрометры МК 25	± 0,02		
3.2. Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей основания глубиномера, интерф. пол.	Стеклянная пластина ПИ 100 КТ 2 или линейка ЛД КТ 0, образец просвета 2 мкм из КМД КТ 1 и плоской стеклянной пластины ПИ 60	КТ 1 ≤ 3	КТ 2 ≤ 6	
3.3. Расстояние *a* от торца конической части барабана до ближайшего края начального штриха шкалы стебля, мм	Визуально	*a* ≤ 0,15 перекр. ≤ 0,07		
3.4. Измерительное усилие и его колебание, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г и стойка С-II	*F* = 3…7 Δ*F* ≤ 2		*F* = Δ*F* =
3.5. Установочные меры: ➢ отклонение длины от номинальной, мкм ➢ отклонение от плоскопараллельности измерительных поверхностей, мкм	Интерферометр горизонтальный с ЦД 0,1 и 0,2 мкм, КМД 3-го и 4-го разрядов	Табл. 2 ГОСТ 7470–92		Δ_p = $\Delta_{//}$ =
3.6. Основная погрешность, мкм	Два набора № 21 КМД КТ 2-го или 4-го разряда, поверочная плита КТ 0	Табл. 1 ГОСТ 7470–92		табл.
3.7. Шероховатость измерительных поверхностей R_a, мкм: ➢ основания глубиномера ➢ установочных мер и измерительных стержней	Образцы шероховатости с параметром R_a = 0,2 мкм и R_a = 0,04 мкм	≤ 0,2 ≤ 0,04		
3.8. Расстояние от стебля до измерительной кромки барабана, мм	Щуп 0,45 мм	≤ 0,45		
3.9. Смещение центра сферы измерительных поверхностей сменных стержней от оси стержня, мм	Инструментальный микроскоп	≤ 0,3		

3.6. Определение основной погрешности микрометрического глубиномера

Контролируемые точки , мм		А + 5,12	А + 10,24	А + 15,36	А + 21,50	А + 25,00
Показания микрометрического глубиномера, мм, при состоянии стопора	отпущен					
	зажат					
Погрешность, мкм						

Наибольшая погрешность: _____ мкм

Заключение по результатам поверки

Глубиномер микрометрический типа ГМ _____ № _____ соответствует требованиям ГОСТ 7470–92 для _____ класса точности.

Поверка проведена по МИ 2018–89.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

РЫЧАЖНЫЕ МИКРОМЕТРЫ И ИХ ПОВЕРКА

Рычажные микрометры типа МР и МРП (рис. 13) с отсчетным устройством, встроенным в скобу, предназначены для измерения наружных размеров до 100 мм.

Требования к рычажным микрометрам типа МР установлены в ГОСТ 4381–87 «Микрометры рычажные. Общие технические условия», к рычажным микрометрам типа МРП — в ТУ 2-034-227–87. Основные метрологические характеристики рычажных микрометров представлены в табл. 8.

Таблица 8

Основные метрологические характеристики рычажных микрометров

Наименование характеристики	Диапазон измерений, мм					
	0–25		25–50		50–75	75–100
	МР	МРП	МР	МРП	МР	
1	2	3	4	5	6	
1. Диапазон показаний, ±, мм, не менее	0,14	0,07	0,14	0,07	0,14	
2. Цена деления, мкм	2	1	2	1	2	
3. Допуск плоскостности измерительных поверхностей, мкм	0,6					
4. Допуск параллельности измерительных поверхностей, мкм	0,9				1,2	
5. Предел допускаемой погрешности отсчетного устройства, ± , мкм, на участках шкалы: ±0,03 мм свыше ±0,03 мм	 1,0 2,0	 0,7 1,0	 1,0 2,0	 0,7 1,0	 1,0 2,0	
6. Предел допускаемой погрешности микрометра на участке шкалы ±0,03 мм, ± мкм	3	23	3	2	3	
7. Размах показаний, дел.	0,3					
8. Установочная мера:						
номинальный размер установочных мер, мм;	—		25		50	75
допускаемые отклонения длины, ± мкм;	—		0,5			
допуск параллельности, мкм	—		0,5			
11. Измерительное усилие, Н	6 ± 1					
12. Колебание измерительного усилия, Н, не более	1					
13. Параметр шероховатости измерительных поверхностей R_a, мкм, не более	0,04					
14. Расстояние от торца конической части барабана до ближайшего края начального штриха шкалы стебля, мм, не более	0,1					
15. Изменение показаний по шкале отсчетного устройства при нажиме на измерительные стержни в направлении ⊥ оси с усилием 1 Н, дел., не более	0,5					
16. Расстояние от стебля до измерительной кромки барабана, мм, не более	0,45					
17. Допускаемое отклонение температуры от 20 °С при поверке, °С	±3					
18. Скорость изменения температуры, °С/ч	≤ 0,5					
19. Относительная влажность при 25 °С, %	≤ 80					

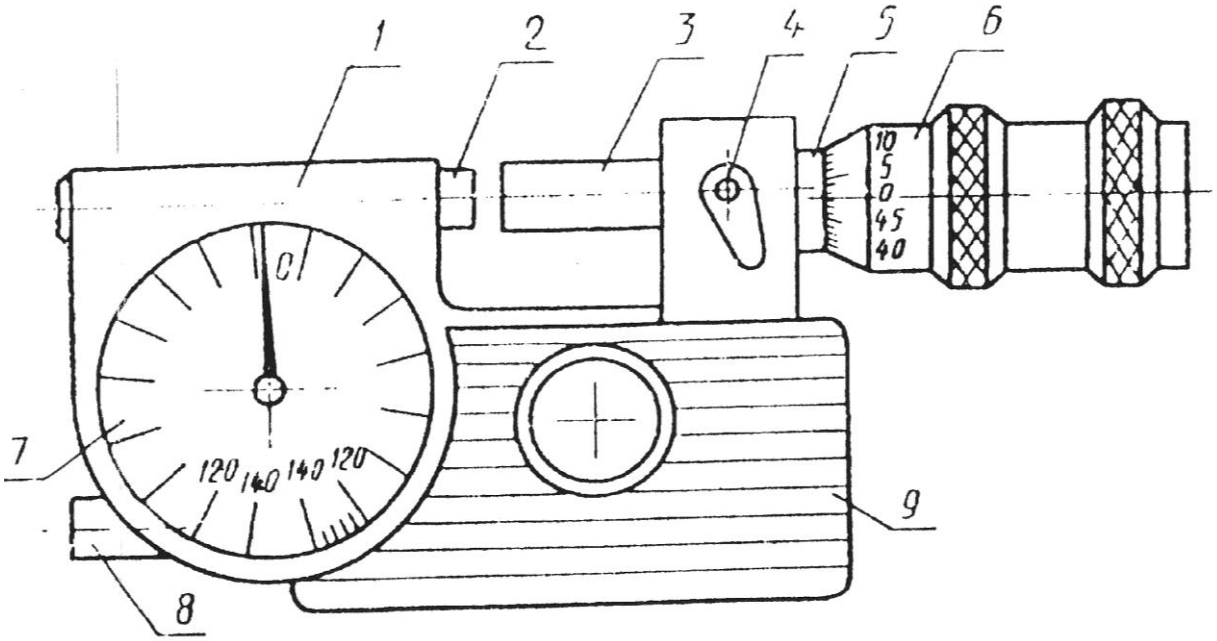


Рис. 13. Внешний вид рычажного микрометра:
1 – скоба; 2 – пятка; 3 – микрометрический винт; 4 – стопор;
5 – стебель; 6 – барабан; 7 – отсчетное устройство; 8 – арретир;
9 – теплоизоляционная накладка

Рычажные микрометры типа МР поверяются по ГОСТ 8.411–81, а МРП — по МИ 2051–90.

Перед поверкой микрометры и установочные меры должны быть выдержаны в помещении, где проводится поверка, на металлической плите не менее 1 ч или в открытых футлярах не менее 3 ч.

Микрометры и установочные меры при поверке нужно брать за теплоизоляционные накладки, а при их отсутствии — при помощи теплоизолирующей салфетки. Последнее требование относится и концевым мерам длины, используемым в качестве средств поверки.

Для поверки установочных мер контактный интерферометр настраивают на цену деления 0,1 мкм или у горизонтального оптиметра заменяют измерительное устройство микрокатором или оптикатором.

При **внешнем осмотре** определяют отсутствие на наружных поверхностях микрометра следов коррозии и механических повреждений. Скоба микрометра и установочные меры длиной 50 мм и более должны иметь теплоизоляционные накладки. Стекло отсчетного устройства должно быть чистым и прозрачным и не должно иметь дефектов, препятствующих отсчету показаний. Кромка конической части барабана должна быть ровной, без зазубрин и прорезов.

При **опробовании** проверяют плавность перемещения пятки микрометра, измерительный механизм должен работать плавно, без скачков и заеданий, стопорное устройство должно надежно закреплять микрометрический винт, конец стрелки отсчетного устройства должен перекрывать короткие штрихи шкалы не менее чем на 0,3 и не более чем на 0,8 их длины.

Определение метрологических характеристик

Определение высоты расположения стрелки над шкалой микрометра производят по изменению показаний при наклоне шкалы.

Микрометр нужно установить на нулевое показание по шкале отсчетного устройства, повернуть его вокруг оси, параллельной стрелке, приблизительно на 45° и зафиксировать изменение показаний, которое не должно превышать 0,5 деления шкалы.

Нулевая установка микрометра проверяется при контакте измерительных поверхностей пятки и микрометрического винта между собой или с установочной мерой (если нижний предел измерения микрометра не равен нулю). Отсчётное устройство следует установить на нулевое показание и совместить нулевой штрих шкалы барабана с продольным штрихом шкалы стебля, который должен быть виден целиком.

Расстояние от торца конической части барабана до начального штриха шкалы стебля определяют по шкале барабана, подводя торец барабана к ближайшему краю начального штриха. При этом у микрометров с нижним пределом измерения, не равным нулю, установочную меру нужно удалить. У микрометров с нижним пределом измерения, равным нулю, определяют расстояние от торца конической части барабана до любого ближайшего (не начального) штриха шкалы стебля.

Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей микрометра и установочных мер определяют с помощью плоской стеклянной пластины ПИ 60 по числу интерференционных полос ($n \leq 2$).

Отклонение длины установочных мер от номинального значения определяют методом сравнения с КМД 3-го разряда на горизонтальном контактном интерферометре или горизонтальном оптиметре с микрокатором или оптикатором.

Одновременно определяется **отклонение от параллельности измерительных поверхностей установочных мер.**

Установочные меры с плоскими измерительными поверхностями измеряют с помощью сферических измерительных наконечников. Установочную и эталонную меры устанавливают на столе прибора так, чтобы измерительные поверхности сравниваемых мер находились приблизительно в одной плоскости, и закрепляют на столе. Меры должны соприкасаться со столом узкой нерабочей поверхностью.

Перемещая стол, устанавливают эталонную меру серединами измерительных поверхностей по линии измерения, добиваясь наименьших показаний прибора при поворотах меры вокруг горизонтальной и вертикальной осей. Прибор устанавливают на нулевое показание, арретируют измерительный наконечник и снимают отсчет $0_н$. Все отсчеты снимают до десятых долей деления шкалы.

Измерительный наконечник отводят арретиром и перемещениями стола вводят между наконечниками установочную меру. Установку её по линии измерения, отсчеты в средней точке *c* и в четырех точках *a, b, d* и *e,* равномерно расположенных по окружности на расстоянии 0,7–1 мм от края измерительной поверхности, затем повторный отсчет $0_к$ по эталонной мере проводят, как было указано выше. Разность отсчетов $0_н$ и $0_к$ не должна превышать 0,1 мкм. Если она больше, измерения повторяют.

Отклонение длины установочной меры от номинального значения определяют следующим образом: вычисляют средний отсчет по эталонной мере $0_{ср}$ по формуле

$$0_{ср} = (0_н + 0_к) / 2.$$

Из отсчетов в точках *a, b, c, d* и *e* с учетом знаков выбирают два (наибольший и наименьший) и вычисляют соответственно две разности ΔL_{max} ΔL_{min} между этими отсчетами и отсчетом $0_{ср}$. За отклонение длины меры от номинальной принимают наибольшее по абсолютному значению ΔL_N , вычисленное по формулам

$$\Delta L_{N1} = \Delta L_э + \Delta L_{max} \quad \text{и} \quad \Delta L_{N2} = \Delta L_э + \Delta L_{min},$$

где $\Delta L_э$ — отклонение срединной длины эталонной КМД от номинального значения.

За отклонение от параллельности измерительных поверхностей установочной меры принимают разность между наибольшим и наименьшим из отсчетов в точках *a, b, c, d* и *e*.

Допускаемые отклонения размера установочных мер равны ±0,5 мкм, а отклонения от параллельности 0,5 мкм. У установочных мер размером 50 и 75 мм, находящихся в эксплуатации, допускаются отклонения длины от номинальных значений ±0,75 мкм и отклонения от параллельности измерительных поверхностей до 0,75 мкм.

Отклонение от параллельности измерительных поверхностей микрометров определяется интерференционным методом по четырем стеклянным пластинам, размеры которых отличаются друг от друга на четверть оборота микрометрического винта. Стеклянную пластину помещают между измерительными поверхностями микрометра (стрелка отсчетного устройства должна находиться над нулевым делением шкалы) и определяют общее число интерференционных полос на обеих поверхностях. У микрометров, находящихся в эксплуатации, допускается определение этого параметра по концевым мерам длины так же, как у гладкого микрометра.

Основная погрешность отсчетного устройства определяется в нескольких отметках шкалы с помощью КМД 3-го разряда у МРП и 4-го разряда у МР при вертикальном и горизонтальном положениях отсчетного устройства.

Основную погрешность отсчетного устройства микрометра типа МР (МРП) с верхним пределом измерения до 25 мм определяют следующим образом: концевую меру размером 1,14 (1,07) мм помещают между измерительными поверхностями. Вращением барабана устанавливают стрелку отсчетного устройства на нулевое деление шкалы и закрепляют микрометрический винт стопором. Затем, удалив концевую меру 1,14 (1,07) мм, на её место помещают меры размерами 1,15; 1,16; 1,17; 1,24 и 1,28 (1,10 и 1,14) мм для поверки отсчетного устройства в точках плюсовой части шкалы и концевые меры размерами 1,13; 1,12; 1,11; 1,04 и 1,0 (1,04 и 1,0) мм для поверки отсчетного устройства в точках минусовой части шкалы. Отсчеты снимают по шкале отсчетного устройства. Разность показаний отсчетного устройства с разностью действительных размеров концевых мер длины равна основной погрешности отсчетного устройства на проверяемом участке шкалы. Можно применять КМД других номинальных размеров, но с разностью размеров, обеспечивающих проверку в точках шкалы: ±0,01; ±0,02; ±0,03; ±0,10; ±0,14 (±0,03; ±0,07) мм. В скобках указаны размеры КМД, используемые при поверке микрометров типа МРП.

Основную погрешность отсчетного устройства микрометров с верхним пределом измерения от 50 до 100 мм определяют так же, но при этом на выступающую часть микрометрического винта надевают приспособление с дополнительной пяткой.

Пример определения основной погрешности
отсчетного устройства рычажного микрометра типа МР

Проверяемая отметка шкалы отсчетного устройства, мм	Размер КМД, мм		Разность действительных значений мер, мкм, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания отсчетного устройства, мкм, X_i	Основная погрешность отсчетного устройства, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
	Номинальное значение	Действительное значение L_i			
0	1,14	L_0 = 1,1403	0,0	0,0	0,0
+0,01	1,15	L_1 = 1,1504	+10,1	X_1 = +9,8	–0,3
+0,02	1,16	L_2 = 1,1602	+19,9	X_2 = +20,4	+0,5
+0,03	1,17	L_3 = 1,1700	+29,7	X_3 = +30,6	**+0,9**
+0,10	1,24	L_4 = 1,2403	+100,0	X_4 = +101,6	+1,6
+0,14	1,28	L_5 = 1,2804	+140,1	X_5 = +142,0	**+1,9**
0	1,14	L_0 = 1,1403	0,0	0,0	0,0
–0,01	1,13	L_6 = 1,1304	–9,9	X_6 = –10,4	+0,5
–0,02	1,12	L_7 = 1,1201	–20,2	X_7 = –19,6	+0,4
–0,03	1,11	L_8 = 1,1102	–30,1	X_8 = –29,6	+0,5
–0,10	1,04	L_9 = 1,0396	–100,7	X_9 = –100,2	+0,5
–0,14	1,00	L_{10} = 1,0003	–140,0	X_{10} = –141,2	–1,2

Основная погрешность отсчетного устройства: на участке ±0,03 мм ±0,9 мкм (допускаемое значение ±1 мкм); на участке ±0,14 мм ±1,9 мкм (допускаемое значение ±2 мкм).

Размах показаний определяют одновременно с определением основной погрешности отсчетного устройства арретированием подвижной пятки при трех положениях стрелки: в середине и двух крайних её отметках не менее 10 раз. После каждого арретирования производят отсчет показаний. Разность между наибольшим и наименьшим показаниями в каждой из трех точек принимают за размах показаний. Он не должен превышать 0,3 деления.

При определении **основной погрешности микрометра** используют концевые меры длины или блоки КМД с номинальными размерами, указанными в таблице, приведенной ниже. Показания следует снимать по шкале отсчетного устройства.

Пример определения основной погрешности МР 25

Проверяемая отметка шкалы отсчетного устройства A_i, мкм		Размер КМД, мм	Показания, устанавливаемые по микрометрической головке, мм	Показания отсчетного устройства X_i, мкм	Погрешность микрометра $X_i - A_i$, мкм
0	0	0	0,0	0,0	0,0
+10	+10,2	5,1202	5,11	+10,7	+0,5
+30	+30,4	10,2404	10,21	+29,4	–1,0
–10	–9,4	15,3606	15,37	–10,2	–0,8
–30	–29,5	21,5005	21,53	–31,7	**–1,2**
0	+0,8	25,0008	25,00	+1,8	+1,0

Основная погрешность микрометра ±1,2 мкм.
Допускаемое значение ±3 мкм.

Погрешность микрометра допускается определять в любых других точках при условии, что поверкой будут равномерно охвачены диапазон измерения микрометрического винта и участок шкалы отсчетного устройства, на котором нормируется погрешность микрометра.

При поверке микрометров, выпускаемых **из ремонта**, дополнительно проверяют:

расстояние от стебля до измерительной кромки барабана с помощью щупа 0,45 мм в четырёх положениях через четверть оборота;

шероховатость измерительных поверхностей микрометров и установочных мер путем сравнения их с образцами шероховатости с параметром R_a = 0,04 мкм;

измерительное усилие и его колебание при помощи циферблатных весов при контакте измерительной поверхности подвижной пятки с шариком, закрепленным на площадке весов. Микрометр закрепляют в стойке при помощи кронштейна, опускают до совмещения стрелки с крайним делением минусовой части шкалы и снимают показание весов. Затем при совмещении стрелки с крайним делением плюсовой части шкалы отсчитывают второе показание весов. Большее из двух показаний весов принимают за измерительное усилие микрометра, а их разность определяет колебание измерительного усилия;

изменение показаний микрометра при нажиме на измерительные стержни микрометрической головки и отсчетного устройства в направлении, перпендикулярном оси стержня. Микрометр устанавливают на показание, близкое к нулевому, и щупом граммометра прикладывают к измерительным стержням около измерительных поверхностей усилие 1 Н последовательно в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Изменение показаний не должно превышать 0,5 деления.

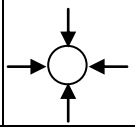
Результаты поверки рекомендуется оформить протоколами, формы которых приведены в приложениях 6 (для МР) и 6а (для МРП).

Приложение 6

ПРОТОКОЛ № ____

поверки микрометра рычажного типа **МР** ___ с ЦД 0,002 мм

Диапазон измерения _____ t = ___ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Высота стрелки над шкалой, мм		≤ 0,5	
3.2. Проверка нулевой установки			
3.3. Расстояние от торца конической части барабана до начального штриха шкалы стебля, мм	Визуально	$a \le 0{,}1$ перекр. ≤ 0,07	
3.4. Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей микрометра и установочных мер (УМ), интерф. пол.	Пластина ПИ 60	$n \le 2$	$n_{пятки}$ = $n_{мв}$ = $n_{1\ ум}$ = $n_{2\ ум}$ =
3.5. Отклонение длины от номинальной и отклонения от параллельности измерительных поверхностей УМ, мкм	КМД 3-го разряда, интерферометр типа ИКПГ или горизонтальный оптиметр, оптикатор типа 01 П или микрокатор типа 01 ИГП, измерительная машина ИЗМ-1	$\Delta L_N = \pm 0{,}5$ $\Delta_{//} = 0{,}5$	табл.
3.6. Отклонение от параллельности измерительных поверхностей микрометра	Пластины ПМ или КМД КТ2 (набор № 21)	Таблица 7 ГОСТ 4381–87	табл.
3.7. Основная погрешность отсчетного устройства (ОУ), мкм ➢ (на участке ±0,03 мм) ➢ (на участке ±0,14 мм)	КМД 4-го разряда (набор № 1), стойка для микрометров	 ±1 ±2	табл.
3.8. Размах показаний, мкм		≤ 0,6	табл.
3.9. Основная погрешность микрометра, мкм	КМД 4-го разряда (набор № 21), стойка для микрометров	±3	табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.10. Измерительное усилие и его колебание, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г, стойка типа С-II, кронштейн	$F = (6 \pm 1)$ $\Delta F \le 1{,}0$	F_- = F_+ = ΔF =
3.11. Расстояние от стебля до верха торца конической части барабана, мм	Щуп 0,45 мм	≤ 0,45	
3.12. Шероховатость измерительных поверхностей микрометров и УМ, мкм 3.13. Изменение показаний микрометра при нажиме на измерительный стержень перпендикулярно его оси, дел.	Образцы шероховатости поверхности R_a = 0,04 мкм Граммометр с ЦД 0,1 Н, диапазоном измерения 0,05–3 Н, погрешностью не более 0,1 Н	$R_a \le 0{,}04$ ≤ 0,5	

3.5. Определение отклонения длины установочных мер (УМ) от номинального значения и отклонения от параллельности измерительных поверхностей

Номинальная длина УМ, мм	мкм									
	$O_н$ $O_к$ $O_{ср}$	C	a	b	d	e	$\Delta L_Э$	ΔL_{N1}	ΔL_{N2}	Наибольшее отклонение
25; 50; 75										

Наибольшее отклонение: ___ мкм: $\Delta L_{N1} = \Delta L_э + x - O_{ср}$;

$\Delta L_{N2} = \Delta L_э + y - O_{ср}$.

Отклонение от параллельности УМ: $\Delta_{//} = (x - y)$ = ____ мкм,

где x — наибольший из пяти отсчетов; y — наименьший из пяти отсчетов с учетом знака.

3.6. Определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей микрометра

Размер пластины ПМ, мм	Число интерференционных полос				Сумма полос
	на подвижной пятке		на микровинте		
	при отпущенном стопоре	при зажатом стопоре	при отпущенном стопоре	при зажатом стопоре	

Наибольшая сумма полос: _____

3.7. Определение основной погрешности ОУ

Отметка шкалы ОУ, мкм	Размер КМД, мм		Разность действительных значений мер, мкм, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания отсчетного устройства, мкм, X_i	Основная погрешность отсчетного устройства, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
	Номинальное значение	Действительное значение L_i			
0	1,14	$L_0 =$	0,0	0,0	0,0
+10	1,15	$L_1 =$		$X_1 =$	
+20	1,16	$L_2 =$		$X_2 =$	
+30	1,17	$L_3 =$		$X_3 =$	
+100	1,24	$L_4 =$		$X_4 =$	
+140	1,28	$L_5 =$		$X_5 =$	
0	1,14	$L_0 =$	0,0	0,0	0,0
–10	1,13	$L_6 =$		$X_6 =$	
–20	1,12	$L_7 =$		$X_7 =$	
–30	1,11	$L_8 =$		$X_8 =$	
–100	1,04	$L_9 =$		$X_9 =$	
–140	1,00	$L_{10} =$		$X_{10} =$	

Основная погрешность ОУ: на участке ±0,03 мм ____мкм
на участке ±0,14 мм ____ мкм

3.8. Определение размаха показаний

Отметка шкалы ОУ, мкм		Отклонение показаний отсчетного устройства, мкм										Размах показаний в точках шкалы, мкм, $\Delta_{max} - \Delta_{min}$,	Размах показаний, мкм
МР новый	МР старый	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
–140	–20												
0	0												

3.9. Определение основной погрешности микрометра

Отметка шкалы ОУ, мкм		Размер КМД, мм		Показания, устанавливаемые по микрометрической головке, мм	Показания микрометра с учетом отсчетного устройства, мкм, X_i	Погрешность микрометра, мкм, $X_i - L_i$
МР новый	МР старый	номинальный	действительный, L_i			
0	0	0		0		
+10	+10	5,12		5,11		
	+20	10,24		10,22		
+30		10,24		10,21		
–10	–10	15,36		15,37		
	–20	21,50		21,52		
–30		21,50		21,53		
0	0	25,00		25,00		

Основная погрешность микрометра: _____

Заключение по результатам поверки

Микрометр типа МР__ №____ соответствует требованиям ГОСТ 4381–87.

Поверка проведена по ГОСТ 8.411–81.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

Приложение 6а

ПРОТОКОЛ № ____

поверки микрометра рычажного типа **МРП** ___ с ЦД 0,001 мм

Диапазон измерения _____ t = ___ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр 2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Высота стрелки над шкалой, мм	Визуально	≤ 0,5	
3.2. Проверка нулевой установки			
3.3. Расстояние a от торца конической части барабана до начального штриха шкалы стебля, мм		$a \le 0{,}1$	
3.4. Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей, интерф. пол.	Пластина ПИ 60	$n \le 2$	$n_{пятки}$ = $n_{мв}$ =
3.5. Отклонение длины от номинальной и отклонение от параллельности измерительных поверхностей УМ, мкм	КМД 3-го разряда, интерферометр типа ИКПГ, оптикатор типа 01 П или микрокатор типа 01 ИГП	$\Delta L_N = \pm 0{,}5$ $\Delta_{//} = 0{,}5$	табл.
3.6. Отклонение от параллельности измерительных поверхностей, интерф. пол.	Пластины ПМ	$n \le 3$ (до 50 мм) $n \le 4$ (св. 50 мм)	табл.
3.7. Погрешность отсчетного устройства, мкм, на участке: ➢ ±30 дел. ➢ более ±30 дел.	КМД 3-го разряда (набор № 1), стойка для микрометров	±0,7 ±1,4	табл.
3.8. Размах показаний, дел.		≤ 0,3	табл.
3.9. Погрешность микрометрической головки, мкм	КМД 4-го разряда (набор № 21). стойка для микрометров	±2	табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.10. Измерительное усилие и его колебание, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г до 10 кг, стойка типа С-II, кронштейн, шарик от 2 до 10 мм	$F = (6 \pm 1)$ $\Delta F \le 1{,}0$	F = ΔF =
3.11. Расстояние от стебля до верха торца конической части барабана, мм	Щуп 0,45 мм	≤ 0,45	
3.12. Шероховатость измерительных поверхностей микрометров и УМ, мкм	Образцы шероховатости поверхности R_a = 0,04 мкм	$R_a \le 0{,}04$	
3.13. Изменение показаний микрометра при нажиме на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр	≤ 0,5	

3.5. Определение отклонения длины установочных мер (УМ) от номинального значения и отклонения от параллельности измерительных поверхностей

Номинальная длина УМ, мм	мкм									
	$O_н$ $O_к$ $O_{ср}$	C	a	b	d	e	$\Delta L_э$	ΔL_{N1}	ΔL_{N2}	Наибольшее отклонение
25; 50; 75										

Наибольшее отклонение: ___ мкм: $\Delta L_{N1} = \Delta L_э + x - O_{ср}$;

$\Delta L_{N2} = \Delta L_э + y - O_{ср}$,

где x — наибольший из пяти отсчетов; y — наименьший из пяти отсчетов с учетом знака.

Отклонение от параллельности УМ: $\Delta_{//} = (x - y)$ = ____ мкм

3.6. Определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей микрометра

Размер пластины ПМ, мм	Число интерференционных полос				Сумма полос
	на подвижной пятке		на микровинте		
	при отпущенном стопоре	при зажатом стопоре	при отпущенном стопоре	при зажатом стопоре	

Наибольшая сумма полос: _____

3.7. Определение погрешности ОУ

Отметка шкалы ОУ, мкм, микрометра		Размер КМД, мм			Разность действительных значений мер, мкм, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания отсчетного устройства, мкм, X_i	Погрешность ОУ, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
		номинальное значение		действительное значение L_i			
до 50 мм	св. 50 мм	до 50 мм	св. 50 мм				
0	0	1,07	1,14	L_0=	0,0	0,0	0,0
+30		1,10					
	+60		1,20				
+70		1,14					
	+140		1,28				
–30		1,04					
	–60		1,08				
-70		1,00					
	–140		1,00				

Погрешность ОУ: на участке ±30 дел. ____мкм

на участке св. ±30 дел. ____ мкм

3.8. Определение размаха показаний

Отметка шкалы ОУ, мкм		Отклонение показаний отсчетного устройства, мкм										Размах показаний в точках шкалы, мкм, $\Delta_{max} - \Delta_{min}$	Размах показаний, мкм
до 50 мм	св. 50 мм	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
–70	–140												
0	0												
+70	+140												

3.9. Определение погрешности микрометрической головки (МГ)

Номинальный размер КМД, мм	Отклонение действительного размера КМД, мкм, ΔL_{Ni}	Показания, устанавливаемые по МГ, мм	Отклонение показаний отсчетного устройства, мкм, X_i	Погрешность МГ, мкм, $X_i - \Delta L_{Ni}$
А + 0		А + 0		
А + 5,12		А + 5,11		
А + 10,24		А + 10,21		
А + 15,36		А + 15,37		
А + 21,50		А + 21,53		
А + 25,00		А + 25,00		

Погрешность микрометрической головки: _____

Заключение по результатам поверки

Микрометр типа МРП__ №____ соответствует требованиям ТУ2-034-227–87.

Поверка проведена по МИ 2051–90.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

РЫЧАЖНЫЕ СКОБЫ И ИХ ПОВЕРКА

Рычажные скобы предназначены для измерения и контроля размеров деталей, сортировки их на группы, а также для определения отклонений формы методом сравнения с мерой.

Типы, основные параметры и требования к рычажным скобам установлены в ГОСТ 11098–75. Согласно этому стандарту изготавливаются скобы трех типов:

СР — скобы рычажные с отсчетным устройством (рис. 14);

СРП — скобы рычажные повышенной точности с отсчетным устройством.

Основные метрологические характеристики рычажных скоб представлены в табл. 9.

Таблица 9

Основные метрологические характеристики рычажных скоб

Наименование характеристики	СРП		СР					
1. Диапазон измерений, мм	0–25	25–50	0–25	25–50	50–75	75–100	100–125	125–150
2. Цена деления, мм	0,001		0,002					
3. Диапазон перемещения переставной пятки, мм	25							
4. Допуск плоскостности измерительных поверхностей, мкм	0,3		0,6					
5. Допуск параллельности измерительных поверхностей при закрепленном стопоре, мкм	0,9		1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
6. Предел допускаемой погрешности, мкм, на участках шкалы: ±30 дел. свыше ±30 дел.	 ±0,7 ±1,4		 ±1,0 ±2,0					
7. Размах показаний, дел.	≤ 1/3							
8. Измерительное усилие, Н	6 ± 1							
9. Колебание измерительного усилия, Н	≤ 1	≤ 1,5						
10. Параметр шероховатости R_a, мкм ➢ измерительных поверхностей ➢ упоров	 0,04 0,32							
11. Отклонение температуры помещения при проведении поверки от 20 °С, °С	±3		±5	±3				±2

Скобы снабжены механизмом отвода подвижной пятки, а скобы с верхним пределом измерения от 50 до 200 мм снабжены упором.

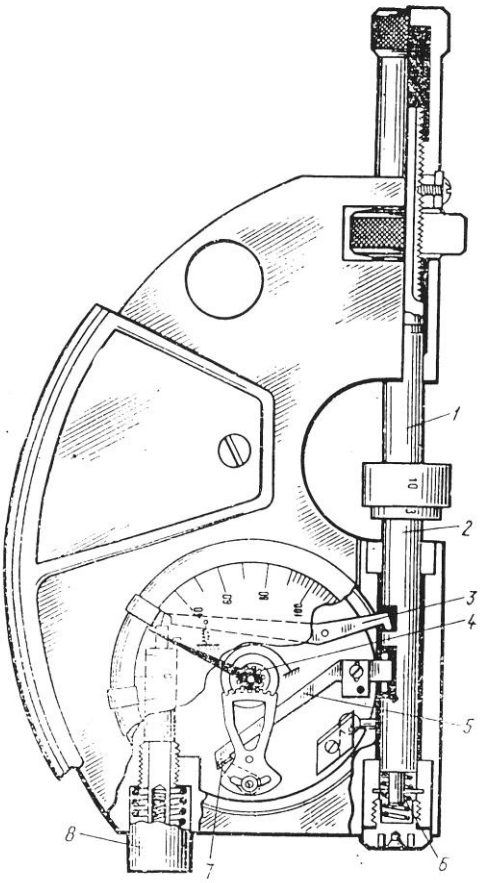


Рис. 14. Внешний вид и конструкция рычажной скобы:
1 – переставная пятка; 2 – подвижная пятка; 3 – рычаг механизма отвода пятки; 4 – стрелка отсчетного устройства; 5 – поворотный рычаг; 6 – упор; 7 – малое плечо рычага; 8 – арретир

Пределы допускаемых погрешностей скоб в любом рабочем положении при (20 ± 3) °С должны соответствовать значениям, указанным в табл. 9.

Методику поверки скоб регламентирует ГОСТ 8.359–79.

Перед проведением поверки скобы нужно промыть авиационным бензином, протереть салфеткой и выдержать на плите не менее 1 ч (без плиты — не менее 3 ч).

При **внешнем осмотре** следует проверить отсутствие на наружных поверхностях скобы дефектов, ухудшающих внешний вид или влияющих на их эксплуатационные свойства.

При **опробовании** нужно проверить выполнение следующих требований:

перемещение подвижной пятки и механизма отсчетного устройства при любом рабочем положении скобы должно быть плавным;

подвижная пятка скобы типа СР не должна поворачиваться при перемещении;

регулируемый упор должен надежно фиксироваться, обеспечивая положение осей пяток в диаметральной плоскости объекта измерений во всем диапазоне измерений скобы;

стопорные винты должны фиксировать отсчетное устройство и переставную пятку в любом положении;

механизм отвода подвижной пятки должен действовать безотказно;

при медленном движении переставной пятки стрелка отсчетного устройства скобы типа СР должна перемещаться плавно;

при изменении направления ее движения стрелка должна свободно возвращаться в исходное положение;

при отводе подвижной пятки стрелка должна выходить за пределы шкалы влево.

Необходимо определить высоту расположения стрелки над шкалой по изменению показаний при наклоне шкалы так же, как и у рычажных микрометров. Оно не должно превышать 0,5 деления.

Определение метрологических характеристик

Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей скоб определяется интерференционным методом при помощи стеклянной пластины ПИ 60. Оно не должно превышать значений, указанных в табл. 9.

Отклонение от параллельности измерительных поверхностей скоб с верхним пределом измерения до 100 мм определяется при закрепленном стопоре при помощи плоскопараллельной стеклянной пластины ПМ или концевых мер длины. Пластину или меру нужно вставить между измерительными поверхностями пяток при показании скобы, равном нулю, и подсчитать сумму интерференционных полос на обеих пятках.

У скобы с плоскими пятками и верхним пределом измерения свыше 100 мм отклонение от параллельности следует определить при помощи КМД 4-го разряда в четырех положениях концевой меры так же, как у гладкого и рычажного микрометров.

Размах показаний скобы типа СР с диапазоном измерения 0–25 мм определяется при контакте подвижной и переставной пяток, а скобы с верхним пределом измерений свыше 25 мм — неоднократным измерением КМД при трех положениях стрелки на шкале: на нулевом и на двух крайних штрихах справа и слева от нуля.

Основная погрешность скобы типа СР в диапазоне измерений ±10 делений определяется с помощью КМД 4-го разряда через 5 делений, а в диапазоне свыше ±10 делений — через 10 делений.

Для определения погрешности скобы СР 25 нужны КМД длиной 1; 1,02; 1,04; 1,06; 1,08; 1,10; 1,12; 1,13;1,14; 1,15; 1,16; 1,18; 1,20; 1,22; 1,24; 1,26; 1,28 (для скобы СРП 25 – 1,00; 1,04; 1,07; 1,10; 1,14) мм. Концевую меру длиной 1,14 (1,07) мм следует поместить между измерительными поверхностями пяток и установить на отсчетном устройстве показание, равное нулю. Переставная пятка закрепляется стопором, после чего подвижную пятку отводят арретиром и удаляют меру 1,14 (1,07) мм, а на ее место устанавливают остальные меры, каждый раз отсчитывая показания. В скобках указаны размеры КМД, используемые при поверке скоб типа СРП.

Можно сократить число концевых мер, используемых для определения погрешности скоб, но в этом случае придется дважды устанавливать скобу на нулевую отметку. Сначала по концевой мере 1 мм скоба устанавливается на нуль и поверяется левая часть шкалы мерами 1,01; 1,02; 1,04; 1,06; 1,08; 1,10; 1,12; 1,14 мм, а затем скоба устанавливается на нуль по концевой мере 1,14 мм и поверяется правая часть шкалы по мерам 1,13; 1,12; 1,10; 1,08; 1,06; 1,04; 1,02; 1 мм.

Пример определения основной погрешности скобы СР 25

Точки шкалы, мкм	Размер КМД, мм		Разность действительных значений мер, мкм, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания скобы, мкм, X_i	Основная погрешность скобы, мкм, $\Delta_i = X_i - L_i$
	номинальное значение	действительное значение L_i			
0	1,14	L_0 = 1,1403	0,0	X_0 = 0,0	0,0
+10	1,15	L_1 = 1,1504	Δ_1 = +10,1	X_1 = +10,0	–0,1
+20	1,16	L_2 = 1,1600	Δ_2 = +19,7	X_2 = +19,8	+0,1
+40	1,18	L_3 = 1,1803	Δ_3 = +40,0	X_3 = +40,4	+0,4
+60	1,20	L_4 = 1,1998	Δ_4 = +59,5	X_4 = +60,0	+0,5
+80	1,22	L_5 = 1,2205	Δ_5 = +80,2	X_5 = +80,8	+0,6
+100	1,24	L_6 = 1,2403	Δ_6 = +100,0	X_6 = +101,4	+1,4
+140	1,28	L_7 = 1,2804	Δ_7 = +140,1	X_7 = +138,4	**–1,7**
0	1,14	L_0 = 1,1403	0,0	X_0 = 0,0	0,0
–10	1,13	L_8 = 1,1304	Δ_8 = –9,9	X_8 = –10,4	–0,5
–20	1,12	L_9 = 1,1202	Δ_9 = –20,1	X_9 = –20,2	–0,1
–40	1,10	L_{10} = 1,1001	Δ_{10} = –40,2	X_{10} = –41,0	**–0,8**
–60	1,08	L_{11} = 1,0805	Δ_{11} = –59,8	X_{11} = –60,8	–1,0
–80	1,06	L_{12} = 1,0601	Δ_{12} = –80,2	X_{12} = –80,0	+0,2
–100	1,04	L_{13} = 1,0396	Δ_{13} = –100,7	X_{13} = –101,6	–0,9
–140	1,00	L_{14} = 1,0003	Δ_{14} = –140,0	X_{14} = –141,6	–1,6

Наибольшая погрешность на участке ±30 делений ±0,8 мкм. Допускаемое значение ±1,0 мкм.
Наибольшая погрешность на участке св. ±30 делений ±1,7 мкм. Допускаемое значение ±2,0 мкм.

Основная погрешность скоб с верхним пределом измерений свыше 25 мм определяется аналогично. При этом на переставную пятку надевают насадку (удлинитель). Если удлинителя нет, то применяются блоки концевых мер. Например, для поверки скобы с диапазоном измерений 25 – 50 мм используют блоки КМД длиной 31,00; 31,02; 31,04; 31,06; 31,08; 31,10; 31,12; 31,13; 31,14; 31,15; 31,16; 31,18; 31,20; 31,22; 31,24; 31,26; 31,28 мм.

При поверке скоб после **ремонта** дополнительно проверяются:

измерительное усилие, его колебание при помощи циферблатных весов с ценой деления 5 г;

шероховатость измерительных поверхностей пяток ($R_a \leq 0{,}040$ мкм) и упоров ($R_a \leq 0{,}32$ мкм) сравнением с образцами шероховатости.

Результаты поверки рекомендуется оформить протоколами по форме приложений 7 (для рычажной скобы типа СР) и 7а (для рычажной скобы типа СРП).

Приложение 7

ПРОТОКОЛ № _____

поверки скобы рычажной типа **СР** ___ с ЦД 0,002 мм

Диапазон измерения _____ мм, t =____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Высота стрелки над шкалой, дел.		≤ 0,5	
3.2. Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей скобы, интерф. пол.	Пластина ПИ 60	$n \le 2$	n_1 = n_2 =
3.3. Отклонение от параллельности измерительных поверхностей скобы	Пластины ПМ I, II, III или IV рядов или КМД 4-го разряда	Таблица 4 ГОСТ 11098–75	
3.4. Погрешность на участке, мкм: ➢ до ±30 делений ➢ свыше ±30 делений	КМД 4-го разряда (набор № 1) и стойка для микрометров	±1 ±2	табл.
3.5. Размах показаний, мкм		≤ 0,6	табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.6. Измерительное усилие и его колебание, Н	Циферблатные весы с ЦД 5 г, стойка типа С-II-28-125×125, кронштейн	F = (6 ± 1) $\Delta F \le 1{,}5$	F_- = F_+ = ΔF =
3.7. Шероховатость измерительных поверхностей пяток и упоров, мкм	Образцы шероховатости поверхности R_a = 0,04 мкм и R_a = 0,32 мкм	≤ 0,04 ≤ 0,32	

3.4. Определение основной погрешности скобы

Отметки шкалы, мкм		Размер КМД, мм		Разность действительных значений мер, мкм, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания скобы, мкм, X_i	Основная погрешность, скобы, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
		номинальное значение	действительное значение L_i			
0	0	1,14	L_0 =	0,0	X_0 = 0,0	0,0
+10	+10	1,15	L_1 =	ΔL_1 =	X_1 =	
+20	+20	1,16	L_2 =	ΔL_2 =	X_2 =	
+40	+40	1,18	L_3 =	ΔL_3 =	X_3 =	
+60	+60	1,20	L_4 =	ΔL_4 =	X_4 =	
+80	+80	1,22	L_5=	ΔL_5=	X_5 =	
—	+100	1,24	L_6 =	ΔL_6 =	X_6 =	
—	+140	1,28	L_7 =	ΔL_7 =	X_7 =	
–10	–10	1,13	L_8 =	ΔL_8 =	X_8 =	
–20	–20	1,12	L_9 =	ΔL_9 =	X_9 =	
–40	–40	1,10	L_{10} =	ΔL_{10} =	X_{10} =	
–60	–60	1,08	L_{11} =	ΔL_{11}=	X_{11} =	
–80	–80	1,06	L_{12}=	ΔL_{12}=	X_{12}=	
—	–100	1,04	L_{13} =	ΔL_{13}=	X_{13}=	
—	–140	1,00	L_{14} =	ΔL_{14}=	X_{14}=	

Наибольшая погрешность: на участке ±30 делений ____

на участке св. ±30 делений ____

3.5. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, дел.	Отклонение показаний скобы, мкм					$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, мкм	Размах показаний скобы, мкм
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5		
–140							
0							
+ 140							

Заключение по результатам поверки

Рычажная скоба типа СР __ №____ соответствует ГОСТ 11098–75. Поверка проведена по ГОСТ 8.359–79.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

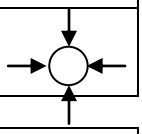
(подпись, клеймо)

Приложение 7а

ПРОТОКОЛ № _____

поверки скобы рычажной типа **СРП** ___ с ЦД 0,001 мм

Диапазон измерения _____ мм t =____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Высота расположения стрелки над шкалой, дел.		≤ 0,5	
3.2. Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей скобы, интерф. пол.	Пластина ПИ 60	$n \le 1$ (до 50 мм) $n \le 2$ (св. 50 мм)	n_1 = n_2 =
3.3. Отклонение от параллельности измерительных поверхностей скобы	Пластины ПМ I, II, III или IV рядов или КМД 4-го разряда (св. 100 мм)		
3.4. Погрешность на участке, мкм: ➢ до ±30 делений ➢ свыше ±30 делений	КМД 3-го разряда (набор № 1), стойка для микрометров	±0,7 ±1,4	табл.
3.5. Размах показаний, мкм		≤ 0,6	табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.6. Измерительное усилие и его колебание, Н	Циферблатные весы с ЦД 5 г до 10 кг, стойка типа С-II-28-125×125, кронштейн	F = (6 ± 1) $\Delta F \le 1{,}5$	F_- = F_+ = ΔF =
3.7. Шероховатость измерительных поверхностей пяток и упоров, мкм	Образцы шероховатости поверхности R_a = 0,04 мкм и R_a = 0,32 мкм		
3.8. Изменение показаний скобы при нажиме на измерительные стержни ⊥ его оси, дел.	Граммометр	≤ 0,5	

3.4. Определение погрешности отсчетного утройства

Отметка шкалы ОУ, мкм, скобы		Размер КМД, мм			Разность действительных значений мер, мкм, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания отсчетного устройства, мкм, X_i	Погрешность ОУ, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
		Номинальное значение		Действительное значение L_i			
до 50 мм	св. 50 мм	до 50 мм	св. 50 мм				
0	0	1,07	1,14	L_0 =	0,0	0,0	0,0
+30		1,10					
	+60		1,20				
+70		1,14					
	+140		1,28				
–30		1,04					
	–60		1,08				
–70		1,00					
	–140		1,00				

Погрешность ОУ: на участке ±30 дел. ____мкм

на участке св. ±30 дел. ____ мкм

3.5. Определение размаха показаний

Отметка шкалы ОУ, мкм		Отклонение показаний отсчетного устройства, мкм										Размах показаний в точках шкалы, мкм, $\Delta_{max} - \Delta_{min}$	Размах показаний, мкм, R
до 50 мм	св. 50 мм	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
–70	–140												
0	0												
+70	+140												

Заключение по результатам поверки

Рычажная скоба типа СРП __ №____ соответствует ГОСТ 11098–75. Поверка проведена по МИ 1919–88.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

Измерительными головками называются съемные отсчетные устройства с измерительным механизмом, преобразующим малые перемещения измерительного наконечника в большие перемещения стрелки относительно штрихов круговой шкалы, по которой отсчитывают значения перемещений наконечника.

Как правило, измерительные головки из-за малого диапазона показаний используются для измерений методом сравнения.

Конструктивно измерительные головки встраиваются в корпус приборов (микрометров и скоб рычажных), а также используются в качестве съемных отсчетных устройств в индикаторных нутромерах, глубиномерах, толщиномерах, индикаторных скоб и микрометров.

По конструкции передаточного механизма измерительные головки делятся на зубчатые, рычажно-зубчатые и пружинные.

ЗУБЧАТЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ ИЧ (ИНДИКАТОРЫ ЧАСОВОГО ТИПА) И ИХ ПОВЕРКА

Индикаторы часового типа (далее — индикаторы) являются наиболее распространенными измерительными головками, в которых малые перемещения измерительного наконечника с помощью зубчатой передачи преобразуются в большие перемещения стрелки. Индикаторы устанавливаются в штативе или стойке и используются в основном для измерения размеров деталей методом сравнения с мерой, а также для определения колебаний размера. Большинство индикаторов имеет диапазон показаний 2, 5 или 10 мм. Индикаторы с диапазоном показаний 25 и 50 мм применяются редко.

Требования к индикаторам с диапазоном показаний до 25 мм установлены в ГОСТ 577–68 «Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия».

Для индикаторов, выпускаемых из производства, установлены два класса точности 0 и 1, а для индикаторов, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, введен дополнительный класс точности 2.

Основные технические и метрологические характеристики индикаторов часового типа представлены в табл. 10.

Поверка индикаторов проводится по МИ 2192–92 «Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Методика поверки».

Индикатор и средства поверки должны быть выдержаны в помещении до достижения ими соответствующей температуры.

Общий вид индикатора представлен на рис. 15.

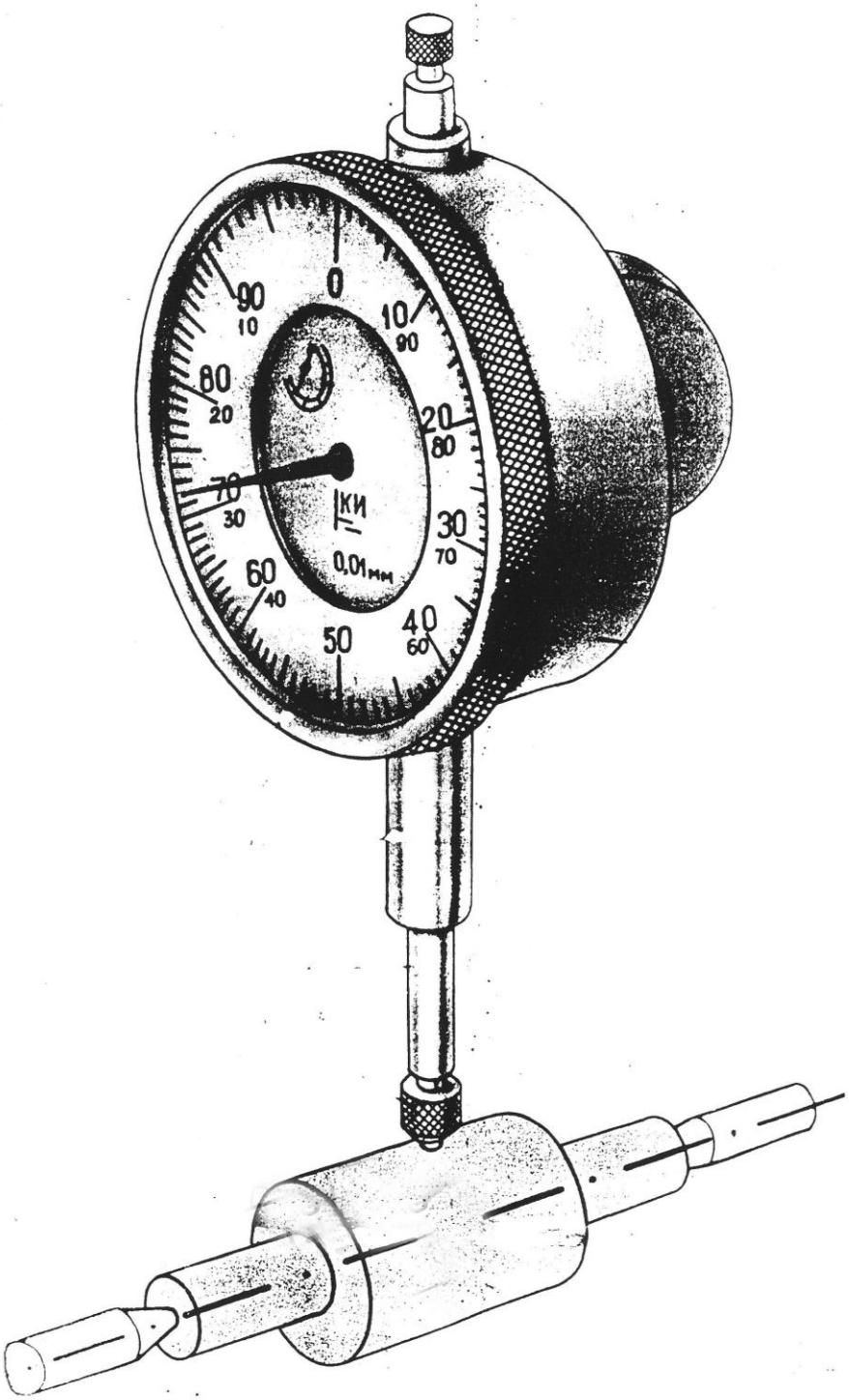


Рис. 15. Внешний вид индикатора часового типа

Таблица 10

Основные технические и метрологические характеристики индикаторов часового типа

Наименование характеристики индикатора	Класс точности	Диапазон показаний, мм			
		0–2	0–5	0–10	0–25
1. Цена деления, мм		0,01			
2. Превышение общего хода измерительного стержня, мм		0,3	0,5	1,0	
3. Наибольшая разность погрешностей, мкм: на всем диапазоне показаний	0	10	12	15	22
	1	12	16	20	30
	2	14	20	25	40
на участке 1 мм	0	8			
	1	10			
	2	12			
4. Размах показаний, мкм	0	3			5
	1				6
	2	4			7
5. Вариация показаний, мкм	0	2			5
	1	3			6
	2	4			7
6. Измерительное усилие при прямом ходе, Н		≤ 1,5			≤ 3,0
7. Колебание измерительного усилия, Н: - при прямом или обратном ходе		0,4	0,6		1,8
- при изменении направления движения измерительного стержня		0,5			1,0
8. Температура воздуха при поверке, °С		20 ± 5			
9. Изменение температуры в течение 1 ч, °С		≤ 2			
10. Относительная влажность при 20 °С, %		≤ 80			

При **внешнем осмотре** проверяют отсутствие на наружных поверхностях индикатора коррозии и механических повреждений, влияющих на эксплуатационные свойства.

При **опробовании** необходимо проверить:

превышение общего хода измерительного стержня верхнего предела измерений;

перекрытие стрелкой коротких штрихов;

отсутствие проворачивания стрелки при резкой остановке;

переход стрелки за ось симметрии индикатора в обоих крайних положениях двойного хода измерительного стержня;

соответствие оцифровки шкалы указателя оборотов прямому ходу измерительного стержня;

отклонение стрелки от направления оси измерительного стержня при установке индикатора по указателю оборотов на любое число полных оборотов;

плавность работы устройства совмещения стрелки с любым делением шкалы и отсутствие самопроизвольного смещения стрелки с установленного положения.

Определение метрологических характеристик

При поверке индикаторов определяют следующие метрологические характеристики.

Измерительное усилие и его колебания определяют при помощи циферблатных весов при контакте измерительного наконечника индикатора, закрепленного в стойке С-II, с площадкой весов. Показания весов снимают в начале, середине и конце диапазона измерений при прямом ходе измерительного стержня. Разность наибольшего и наименьшего показаний весов в граммах, деленная на 100, равна колебанию измерительного усилия при прямом ходе измерительного стержня в ньютонах. Аналогичным образом определяют колебание измерительного усилия при обратном ходе измерительного стержня.

Колебание измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня определяют, отсчитывая показания весов в середине диапазона измерения. Затем перемещают измерительный стержень за эту точку на 1–2 мм, возвращают его в точку отсчета и снимают показание весов. Разность показаний весов в этой точке, деленная на 100, равна колебанию измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня в ньютонах.

Определение измерительного усилия и его колебания индикатора ИЧ 10

Показания индикатора, мм						Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н, при	
Прямой ход			Обратный ход				прямом или обратном ходе	изменении направления движения
0,2	5,0	10,0	10,0	5,0	0,2	0,01 F_{max} = = 0,01×140 = = 1,4	0,01($F_{max} - F_{min}$) = = 0,01(140 – 90) = = 0,5	0,01($F_б - F_м$) = = 0,01(120 – 100) = = 0,2
Показания весов, г								
100	120	140	**140**	100	**90**			

Допускаемые значения:

- измерительного усилия 1,5 Н;
- колебания измерительного усилия 0,6 Н;
- колебания измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня 0,5 Н.

Изменение показаний индикатора при нажиме с усилием 2,5 Н на измерительный наконечник в направлении, перпендикулярном оси стержня, определяют при помощи граммометра. Стержень при этом должен находиться в середине диапазона измерений. Усилие в 2,5 Н прикладывают с четырех сторон по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

Размах показаний индикатора определяют при пятикратном арретировании измерительного наконечника с микрометрической головкой (микрометрический винт при этом должен быть застопорен).

Размах показаний определяют в трёх точках (в начале, середине и конце диапазона измерений) как разность между наибольшим и наименьшим показаниями.

Вариацию показаний индикатора определяют в трёх равномерно расположенных точках диапазона измерений следующим образом: измери-

тельный стержень индикатора перемещают вращением микрометрического винта эталона до точного совмещения стрелки со штрихом шкалы индикатора, отсчитывают показание эталона, после чего перемещают измерительный стержень в том же направлении на 0,05 мм. Затем, изменив направление перемещения, возвращают его в прежнее положение и отсчитывают показание эталона. В каждой из трёх точек измерения повторяют по три раза и вычисляют разность показаний при каждом измерении. За вариацию показаний индикатора принимают наибольшую из девяти разностей.

Определение вариации показаний индикатора ИЧ 10 КТ1

Отметка шкалы индикатора, мм	Разность показаний эталона при прямом и обратном ходе измерительного стержня, мкм	Вариация показаний, мкм
0,2	1	1
	1	
	1	
5,0	2	2
	1	
	1	
9,8	2	***3***
	3	
	2	

Наибольшее значение вариации показаний: 3 мкм Допускаемое значение: 3 мкм

Наибольшую разность погрешностей на всем диапазоне измерений и на любом участке в 1 мм определяют при прямом или обратном ходе измерительного стержня через каждые 0,2 мм (у ИЧ 25 — через 0,5 мм).

Наибольшая разность погрешностей на всем диапазоне равна разности наибольшего и наименьшего показаний эталона или отклонений индикатора на всем диапазоне измерений.

Наибольшую из полученных разностей погрешностей на участках в 1 мм принимают за наибольшую разность погрешностей на любом участке в 1 мм.

Определение наибольших разностей погрешностей индикатора ИЧ 10 КТ1

Оборот стрелки	Погрешность индикатора, мкм, на отметках шкалы						Наибольшая разность погрешностей, мкм, на участке шкалы:		
	0	20	40	60	80	0	1 мм	на любом в 1 мм	на всем диапазоне
0–1	0	–2	–3	–4	–5	–4	5	10	14
1–2	–4	–3	–2	0	–2	–2	4		
2–3	–2	0	+2	+4	+6	+4	8		
3–4	+4	+2	0	+1	+2	+3	4		
4–5	+3	+4	+5	+4	+2	0	5		
5–6	0	–3	–5	***–7***	–4	–1	7		
6–7	–1	+1	+3	+5	+3	+1	6		
7–8	+1	–1	–2	–1	+1	+3	5		
8–9	+3	+2	+1	0	–2	–3	6		
9–10	***–3***	–1	+1	+3	+5	***+7***	**10**		

Допускаемые значения разностей погрешностей:

- на всём диапазоне измерения 20 мкм;
- на любом участке в 1 мм 10 мкм.

При поверке индикаторов после **ремонта** также определяют:

шероховатость наружной поверхности гильзы ($R_a \leq 0{,}63$ мкм) и рабочей поверхности измерительного наконечника ($R_a \leq 0{,}1$ мкм) сравнением с образцами шероховатости или деталями-образцами;

присоединительный размер гильзы и отклонение от цилиндричности с помощью калибра-скобы или рычажного микрометра в четырёх сечениях: двух по длине гильзы и двух взаимно перпендикулярных по окружности гильзы. Разность между наибольшим и наименьшим диаметрами принимают за отклонение от цилиндричности гильзы;

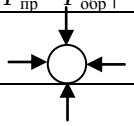
расстояние между концом стрелки и циферблатом по параллаксу стрелки относительно штриха шкалы при повороте индикатора на 45° вокруг оси, параллельной стрелке (изменение показаний индикатора при этом не должно превышать 0,7 мм).

Результаты поверки индикаторов рекомендуется оформить протоколом по форме, приведенной в приложении 8 (для ИЧ 2, ИЧ 5 и ИЧ 10) и протоколом по форме, приведенной в приложении 8а (для ИЧ 25).

Приложение 8

ПРОТОКОЛ №_____

поверки индикатора типа **ИЧ** ___ №_____ с ЦД 0,01 мм. t = _____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Высота стрелки над шкалой, мм	Визуально	≤ 0,7	
2.2. Общий ход измерительного стержня, мм		≥ 11	
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Измерительное усилие, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г, стойка типа С-II	≤ 1,5	F_{max} =
3.2. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,6	$\lvert F_{max} - F_{min} \rvert$ =
3.3. Колебание измерительного усилия при изменении направления движения стержня, Н		≤ 0,5	$\lvert F_{пр} - F_{обр} \rvert$ =
3.4. Изменение показаний индикатора при нажиме на измерительный стержень, дел.	Граммометр	≤ 0,5	
3.5. Наибольшие разности погрешностей, мкм: • на участке в 1 мм • на всем диапазоне измерений	Приспособление с микрометрической головкой или прибор ППИ-4	табл. 10 настоящего пособия	 табл.
3.6. Размах показаний, мкм			табл.
3.7. Вариация показаний, мкм			табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.8. Присоединительный диаметр гильзы и отклонение ее от цилиндричности, мкм	Рычажный микрометр типа МР 25	D = 8h7 $\Delta_ц$ ≤ 8	
3.9. Шероховатость рабочей поверхности измерительного наконечника и наружной поверхности гильзы, мкм	Образцы шероховатости с параметром R_a = 0,63 и 0,1 мкм	≤ 0,63 ≤ 0,1	

3.5. Определение наибольших разностей погрешностей

Оборот стрелки	Погрешность индикатора, мкм, на отметках шкалы						Наибольшая разность погрешностей, мкм, на участке шкалы		
	0	20	40	60	80	0	в 1 мм	на любом в 1 мм	на всем диапазоне
0–1									
1–2									
2–3									
3–4									
4–5									
5–6									
6–7									
7–8									
8–9									
9–10									

3.6. Определение размаха показаний

Отметка шкалы индикатора, мм	Отклонение показаний, мкм					$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, мкм	Размах показаний, мкм
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5		
0,2							
1,0							
2,0							

3.7.Определение вариации показаний индикатора

Отметка шкалы индикатора, мм	Показания эталона, мкм		Разность показаний, мкм	Вариация показаний, мкм
	Прямой ход	Обратный ход		
0,2				
5,0				
10,0				

Заключение по результатам поверки

Индикатор типа ИЧ 10 № _____соответствует требованиям ГОСТ 577–68 для ____ класса точности.

Поверка проведена по МИ 2192–92.

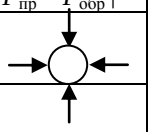
Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

Приложение 8а

ПРОТОКОЛ №_____

поверки индикатора типа **ИЧ 25** №_____ с ЦД 0,01 мм t = _____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения			Результаты измерений
1. Внешний осмотр					
2. Опробование					
2.1. Высота стрелки над шкалой, мм	Визуально	≤ 0,7			
2.2. Общий ход измерительного стержня, мм		≥ 26			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)					
3.1. Измерительное усилие, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г, стойка типа С-II	≤ 3,0			F_{max} =
3.2. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 1,8			$\lvert F_{max} - F_{min} \rvert$ =
3.3. Колебание измерительного усилия при изменении направления движения стержня, Н		≤ 1,0			$\lvert F_{пр} - F_{обр} \rvert$ =
3.4. Изменение показаний индикатора при нажиме на измерительный стержень, дел.	Граммометр	≤ 0,5			
3.5. Наибольшие разности погрешностей, мкм: • на участке в 1 мм • на всем диапазоне измерений	Приспособление с микрометрической головкой или прибор ППИ-4	КТ 0	КТ1	КТ 2	
		8 22	10 30	12 40	
3.6. Размах показаний, мкм		5	6	7	
3.7. Вариация показаний, мкм		5	6	7	
МХ, определяемые после ремонта					
3.6. Присоединительный диаметр гильзы и отклонение ее от цилиндричности, мкм	Рычажный микрометр типа МР 25	D = 8h7 $\Delta_ц \le 8$			
3.7. Шероховатость рабочей поверхности измерительного наконечника и наружной поверхности гильзы, мкм	Образцы шероховатости с параметром R_a = 0,63 и 0,1 мкм	≤ 0,63 ≤ 0,1			
3.8. Ширина стрелки, штрихов шкалы и длины деления шкалы, мм	Микроскоп инструментальный				
3.9. Расстояние между концом стрелки и циферблатом, мм	Визуально	≤ 0,7			

3.1. – 3.3. Определение измерительного усилия и его колебания

Показания индикатора, мм						Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н, при	
Прямой ход			Обратный ход				прямом или обратном ходе	изменении направления движения
						0,01 F_{max} =	0,01 ($F_{max} - F_{min}$) =	0,01 $\lvert F_{пр} - F_{обр} \rvert$ =
Показания весов, г								

Допускаемые значения:

- измерительного усилия _____ Н
- колебания измерительного усилия _____ Н
- колебания измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня ____Н

3.6. Определение размаха показаний

Отметка шкалы индикатора, мм	Отклонение показаний, мкм					Δ_{max} — Δ_{min}, мкм	Размах показаний, мкм
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5		
0,2							
12,5							
25,0							

Наибольшее значение размаха показаний: ____ мкм

Допускаемое значение:_____ мкм

3.6. Определение наибольших разностей погрешностей

Оборот стрелки	Погрешность индикатора, мкм, на отметках шкалы			Наибольшая разность погрешностей, мкм, на участке шкалы		
	0	0,5 мм	0	в 1 мм	на любом в 1 мм	на всем диапазоне
0–1						
1–2						
2–3						
3–4						
4–5						
5–6						
6–7						
7–8						
8–9						
9–10						
10–11						
11–12						
12–13						
13–14						
14–15						
15–16						
16–17						
17–18						
18–19						
19–20						
20–21						
21–22						
22–23						
23–24						
24–25						

Допускаемые значения разностей погрешностей:

- на всём диапазоне измерения _____ мкм
- на любом участке в 1 мм _____ мкм

3.7. Определение вариации показаний индикатора

Отметка шкалы индикатора, мм	Показания эталона, мкм		Разность показаний, мкм	Вариация показаний, мкм
	Прямой ход	Обратный ход		
0,2				
12,5				
25,0				

Наибольшее значение вариации показаний: ____ мкм

Допускаемое значение: ____ мкм

Заключение по результатам поверки

Индикатор типа ИЧ 25 № __соответствует требованиям ГОСТ 577–68 для ___ КТ. Поверка проведена по МИ 2192–92.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

РЫЧАЖНО-ЗУБЧАТЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ ИГ И ИХ ПОВЕРКА

Рычажно-зубчатые головки предназначены для измерений методом сравнения с мерой. Общий вид измерительной головки типа ИГ представлен на рис. 16.

Измерительные головки выпускаются в соответствии с ГОСТ 18833–73 «Головки измерительные рычажно-зубчатые. Технические требования».

Согласно данному стандарту головки ИГ выпускаются следующих типов:

с пределом измерений ±50 мкм и ценой деления 1 мкм – 1 ИГ;

с пределом измерений ±100 мкм и ценой деления 2 мкм – 2 ИГ.

Технические и метрологические характеристики измерительных рычажно-зубчатых головок типа ИГ представлены в табл. 11.

Таблица 11

Технические и метрологические характеристики головок ИГ

Наименование характеристики	Тип	
	1 ИГ	2 ИГ
1. Цена деления, мкм	1	2
2. Диапазон показаний, мкм	±50	±100
3. Измерительное усилие, сН	150	150
4. Колебание измерительного усилия в пределах всей шкалы, сН, не более	40	40
5. Посадочный диаметр, мм	8 h7	8 h7
6. Погрешность, мкм: - на участке ±30 дел. - на всем диапазоне	 ±0,4 ±0,7	 ±0,8 ±1,2
7. Размах показаний, дел.	0,3	
8. Вариация показаний, дел.	0,5	0,8
9. Изменение показаний при нажиме на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	0,5	0,5
10. Общий ход измерительного стержня, мм, не менее	2	2
11. Температура воздуха при поверке, °С	20 ± 4	
12. Изменение температуры в течение 0,5 ч, °С /ч	≤ 0,5	

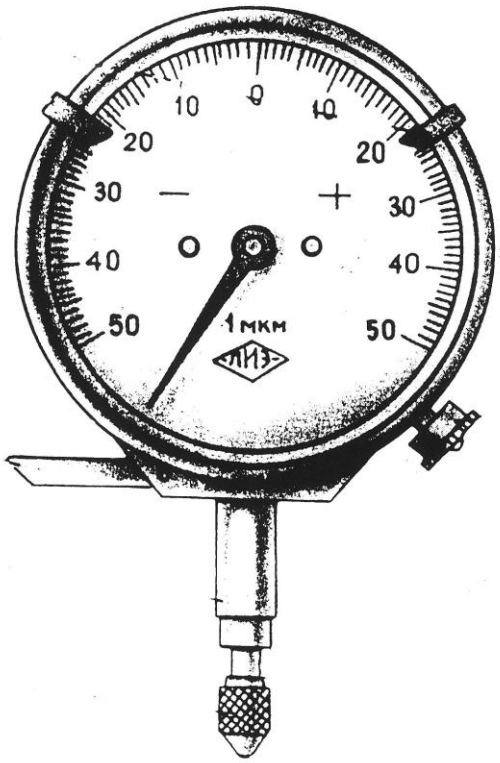


Рис. 16. Внешний вид измерительной головки типа ИГ

Измерительные головки типа ИГ поверяются в соответствии с МИ 2195–92.

Перед поверкой головки и концевые меры нужно выдержать в помещении, где проводится поверка, не менее 2 ч.

При **внешнем осмотре** следует проверить комплектность, наличие передвижных указателей пределов поля допуска, устройства совмещения стрелки с нулевым делением шкалы, расположение стрелки, которая должна находиться вне шкалы от последнего оцифрованного штриха.

При **опробовании** нужно проверить:

плавность перемещения указателей пределов поля допуска и отсутствие их смещения в процессе работы;

возможность поворота стрелки головки механизмом установки на нуль в пределах регулирования;

перекрытие стрелкой коротких штрихов шкалы не менее чем на 0,3 и не более чем на 0,8 мм.

Расстояние стрелки от плоскости шкалы определяется по параллаксу относительно штрихов шкалы. Головку нужно закрепить в стойке и стрелку совместить с нулевой отметкой. Затем, поворачивая головку относительно оси стрелки на 45 ° влево и вправо, следует произвести отсчет. Разность положений стрелки при двух отсчетах не должна превышать 0,5 деления.

Общий ход измерительного стержня определяется следующим образом. Установив 1 ИГ на показание +0,05 мм, а 2 ИГ на показание +0,1 мм, нужно отвести арретиром измерительный наконечник головки и поместить концевую меру размером 2 мм между измерительным наконечником и рабочей поверхностью столика стойки. Мера должна между ними проходить.

Шероховатость измерительной поверхности наконечника при выпуске из производства определяется визуально сравнением с деталями-образцами с параметром R_a = 0,63 мкм. После ремонта и при периодической поверке на измерительных поверхностях наконечников достаточно проверить отсутствие сколов, царапин и заметного на глаз износа.

Определение метрологических характеристик

Изменение показаний головки при нажиме на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном его оси, с усилием в 1 Н определяется при помощи граммометра. Для этого головку нужно закрепить в стойке, привести в контакт с концевой мерой наконечник головки, совместить стрелку с нулевой отметкой шкалы и нажать рычагом граммометра на наконечник головки в четырех взаимно перпендикулярных направлениях. Изменение показаний головки не должно превышать 0,5 деления.

Погрешность головок при периодической поверке определяют в вертикальном положении, а при первичной поверке в вертикальном и горизонтальном положениях.

Погрешность головок в вертикальном и горизонтальном положении определяют на отметках шкалы, расположенных через 10 делений на уча-

стках шкалы ±30 делений и на 50-м делении на участках шкалы свыше ±30 делений. Для этого может применяться прибор типа ППГ-2А. Погрешность головок можно определять также по концевым мерам длины (КМД) в вертикальном положении, используя стойку С-I, а в горизонтальном положении горизонтальный оптиметр.

При определении погрешности по КМД на указанных участках шкалы для головок 1 ИГ рекомендуется использовать КМД 3-го разряда 1,00; 1,01; 1,02; 1,03; 1,04; 1,05 мм, а для головок 2ИГ КМД 4-го разряда 1,00; 1,02; 1,04; 1,06; 1,08; 1,10 мм.

Головку ИГ необходимо закрепить с помощью специальной державки в стойку С-I, затем на столик со сферической выступающей пяткой поместить концевую меру длиной 1,05 мм (для 1 ИГ) или 1,10 мм (для 2 ИГ), по которой установить головку на ноль. Затем нужно последовательно заменить меру 1,05 или 1,10 мм мерами 1,04; 1,03; 1,02; 1,00 или 1,08; 1,06 1,04; 1,02; 1,00 мм, проверяя левую часть шкалы. Далее, не снимая меры 1,00 мм, следует установить по ней головку на ноль, после чего заменить ее на концевые меры 1,01; 1,02; 1,03; 1,05 мм (для 1 ИГ) или 1,02; 1,04; 1,06 и 1,10 мм (для 2 ИГ), проверяя правую часть шкалы.

Погрешность на проверяемых отметках шкалы следует определить, вычитая из полученных показаний головки разность действительных значений КМД.

ПРИМЕР
определения погрешности 2 ИГ

Отметки шкалы, мкм	Размеры КМД, мм		Разность действительных размеров КМД, мкм, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания головки, мкм, X_i	Погрешность на проверяемых отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
	номинальные	действительные L_i			
0	1,10	$L_0 = 1{,}1003$	$\Delta L_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
–20	1,08	$L_1 = 1{,}0802$	$\Delta L_1 = -21{,}1$	$X_1 = -20{,}6$	$\Delta_1 = -0{,}5$
–40	1,06	$L_2 = 1{,}0601$	$\Delta L_2 = -40{,}2$	$X_2 = -41{,}0$	$\Delta_2 =$ **–0,8**
–60	1,04	$L_3 = 1{,}0404$	$\Delta L_3 = -59{,}9$	$X_3 = -60{,}6$	$\Delta_3 = -0{,}7$
–100	1,00	$L_4 = 0{,}9998$	$\Delta L_4 = -100{,}5$	$X_4 = -101{,}4$	$\Delta_4 =$ **–0,9**
+20	1,12	$L_5 = 1{,}1204$	$\Delta L_5 = +20{,}1$	$X_5 = +20{,}4$	$\Delta_5 = +0{,}3$
+40	1,14	$L_6 = 1{,}1403$	$\Delta L_6 = +40{,}0$	$X_6 = +40{,}4$	$\Delta_6 = +0{,}4$
+60	1,16	$L_7 = 1{,}1604$	$\Delta L_7 = +60{,}1$	$X_7 = +60{,}6$	$\Delta_7 = +0{,}5$
+100	1,20	$L_8 = 1{,}2003$	$\Delta L_8 = +100{,}0$	$X_8 = +100{,}6$	$\Delta_8 = +0{,}6$

Наибольшая погрешность на участке ±30 делений: –0,8 мкм Допускаемое значение: ±0,8 мкм
на участке свыше ±30 делений: –0,9 мкм Допускаемое значение: ±1,2 мкм

Размах показаний нужно определять в вертикальном и горизонтальном положениях головки при трех положениях стрелки: нулевом и двух близких к крайним отметкам шкалы, арретируя 10 раз измерительный наконечник. Разность между наибольшим и наименьшим показаниями головки равна размаху показаний в данной точке диапазона измерений.

Вариация показаний определяется на отметках шкалы:

минус 40; 0; плюс 40 мкм – для 1 ИГ;
минус 80; 0; плюс 80 мкм – для 2 ИГ.

Вариация показаний определяется на приборах типа ППГ-2А. Стрелку головки ИГ нужно подвести лимбом к одной из проверяемых точек шкалы головки и снять отсчет X_i по прибору. Затем стрелку головки переводят за проверяемую точку на пять делений, после чего лимбом нужно возвратить ее в проверяемую точку, снять второй отсчет Z_i и найти разность $Y_i = X_i - Z_i$. Эта операция в каждой точке повторяется трижды. За вариацию показаний принимают среднюю разность отсчетов.

После **ремонта** головок дополнительно проверяется: **измерительное усилие и его колебание** при помощи циферблатных весов или граммометра. Для этого головку устанавливают в стойку С-III и, перемещая кронштейн стойки с головкой или нагружая площадку весов (при неподвижной головке), отсчитывают наибольшее и наименьшее показания весов или граммометра при перемещении измерительного стержня головки от –50 до +50 деления шкалы (прямой ход) и в обратном направлении (обратный ход).

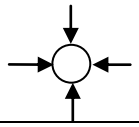
За колебание измерительного усилия в пределах всей шкалы при прямом и обратном ходе измерительного стержня принимается разность между наибольшим и наименьшим значениями показаний весов или граммометра.

Результаты поверки головок 1 ИГ и 2 ИГ рекомендуется оформить протоколом по форме, приведенной в приложениях 9 (для головки 1 ИГ) и 9а (для головки 2 ИГ).

Приложение 9

ПРОТОКОЛ №_____

поверки измерительной головки типа **1 ИГ** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Определение расстояния между концом стрелки и циферблатом, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Общий ход измерительного стержня, мм	КМД длиной 2 мм КТ 5 и стойка С-III или прибор типа ППГ-2А	≥ 2,05	
2.3. Проверка измерительного наконечника	Визуально		
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Погрешность, мкм, на участке: ➢ до ±30 мкм ➢ свыше ±30 мкм	КМД 3-го разряда, стойка С-III, горизонтальный оптиметр или прибор типа ППГ-2А	±0,40 ±0,70	табл.
3.2. Размах показаний, мкм		≤ 0,2	табл.
3.3. Вариация показаний, мкм	Прибор типа ППГ-2А	≤ 0,5	табл.
3.4. Изменение показаний головки при нажиме на измерительный стержень перпендикулярно его оси, дел.	Граммометр	≤ 0,5	
МХ, определяемые после ремонта			
3.5. Измерительное усилие и его колебание, сН	Циферблатные весы с ЦД 5 г и стойка типа С-III или граммометр	$F \le 150$ $\Delta F \le 40$	

3.1. Определение погрешности

Отметки шкалы, мкм	Размеры КМД, мм		Разность действительных размеров КМД, мкм, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания головки, мкм, X_i	Погрешность головки, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
	номинальный	действительный L_i			
0	1,05		0	0	0
–10	1,04				
–20	1,03				
–30	1,02				
–50	1,00				
+10	1,06				
+20	1,07				
+30	1,08				
+50	1,10				

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний головки, мкм										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, мкм	Размах показаний, мкм
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
–40												
0												
+40												

3.3. Определение вариации показаний на приборе типа ППГ-2А

Отметка шкалы головки, мкм	№ отсчета	Показания лимба ППГ-2А, мкм		Разность показаний, мкм, $y_i = \lvert x_i - z_i \rvert$	Вариация показаний, мкм
		Прямой ход, x_i	Обратный ход, z_i		
–40	1			y_1	$V_1 = \frac{\Sigma y_i}{3} =$
	2			y_2	
	3			y_3	
0	1			y_1	$V_2 = \frac{\Sigma y_i}{3} =$
	2			y_2	
	3			y_3	
+40	1			y_1	$V_3 = \frac{\Sigma y_i}{3} =$
	2			y_2	
	3			y_3	

Заключение по результатам поверки

Измерительная головка типа 1 ИГ № _____ соответствует требованиям ГОСТ 18833–73.

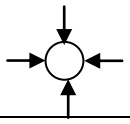
Поверка проведена по МИ 2195–92.

Поверитель_____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 9а

ПРОТОКОЛ №_____

поверки измерительной головки типа **2 ИГ** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Общий ход измерительного стержня, мм	КМД длиной 2 мм КТ 5, стойка С-III или прибор типа ППГ-2А	≥ 2,1	
2.3. Проверка измерительного наконечника	Визуально		
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Погрешность, мкм, на участке: ➢ до ±30 делений ➢ свыше ±30 делений	КМД 4-го разряда, стойка С-III, горизонтальный оптиметр или прибор типа ППГ-2А	±0,80 ±1,20	табл.
3.2. Размах показаний, мкм		≤ 0,3	табл.
3.3. Вариация показаний, мкм	Прибор типа ППГ-2А	≤ 0,8	табл.
3.4. Изменение показаний головки при нажиме (F = 1 Н) на измерительный стержень перпендикулярно его оси, дел.	Граммометр	≤ 0,5	
МХ, определяемые после ремонта			
3.5. Измерительное усилие и его колебание, сН	Циферблатные весы с ЦД 5 г, стойка типа С-III или граммометр	$F \le 150$ $\Delta F \le 40$	

3.1. Определение погрешности

Отметки шкалы, мкм	Размеры КМД, мм		Разность действительных размеров КМД, мкм, $\Delta L_i = L_i - L_0$	Показания головки, мкм, X_i	Погрешность на отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta L_i$
	номинальный	действительный L_i			
0	1,10		0	0	0
–20	1,08				
–40	1,06				
–60	1,04				
–100	1,00				
+20	1,12				
+40	1,14				
+60	1,16				
+100	1,20				

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний головки, мкм										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, мкм	Размах показаний, мкм
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
–80												
0												
+80												

3.3. Определение вариации показаний

Отметки шкалы, мкм	№ отсчета	Показания лимба ППГ-2А, мкм		Разность показаний, мкм, $y_i = \lvert x_i - z_i \rvert$	Вариация показаний, мкм
		Прямой ход, x_i	Обратный ход, z_i		
–80	1			y_1	$V_1 = \frac{\Sigma y_i}{3} =$
	2			y_2	
	3			y_3	
0	1			y_1	$V_2 = \frac{\Sigma y_i}{3} =$
	2			y_2	
	3			y_3	
+80	1			y_1	$V_3 = \frac{\Sigma y_i}{3} =$
	2			y_2	
	3			y_3	

Заключение по результатам поверки

Измерительная головка типа 2 ИГ № _____ соответствует требованиям ГОСТ 18833–73.

Поверка проведена по МИ 2195–92.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

РЫЧАЖНО-ЗУБЧАТЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ МИГ И ИХ ПОВЕРКА

Многооборотные головки типа МИГ предназначены для измерений методом сравнения с мерой. Общий вид измерительной головки типа МИГ представлен на рис. 17.

Многооборотные головки выпускаются в соответствии с ГОСТ 9696–82 «Индикаторы многооборотные с ценой деления 1 и 2 мкм. Технические условия».

Технические и метрологические характеристики рычажно-зубчатых головок типа МИГ представлены в табл. 12.

Значения наибольшей разности погрешностей, размаха и вариации показаний, указанные в таблице, приведены для вертикального рабочего положения индикаторов. При повороте индикатора до 90° от вертикального положения допускается увеличение основной погрешности на 1 мкм.

Таблица 12

Технические и метрологические характеристики головок МИГ

Наименование характеристики	Тип			
	1 МИГ		2 МИГ	
1. Цена деления, мкм	1		2	
2. Диапазон показаний, мм	0–1		0–2	
3. Измерительное усилие, сН, не более	200		200	
4. Колебание измерительного усилия в пределах всей шкалы, сН, не более	50		70	
5. Посадочный диаметр, мм	8 h7		8 h7	
6. Наибольшая разность погрешностей, мкм:	КТ 0	КТ 1	КТ 0	КТ 1
- на участке 200 делений	1,5	2,0	3,0	4,0
- на всем диапазоне показаний	2,0	2,5	4,0	5,0
7. Размах показаний, мкм	0,5	0,7	1,0	1,4
8. Вариация показаний, мкм	1,0	1,5	2,0	3,0
9. Изменение показаний при нажиме на измерительный стержень ⊥ его оси, мкм	≤ 0,5		1,0	
10. Общий ход измерительного стержня, мм	≥ 2,5		≥ 3,5	
11. Температура воздуха при поверке, °С	20 ± 3			
12. Относительная влажность при 20 °С, %	58 ± 20			

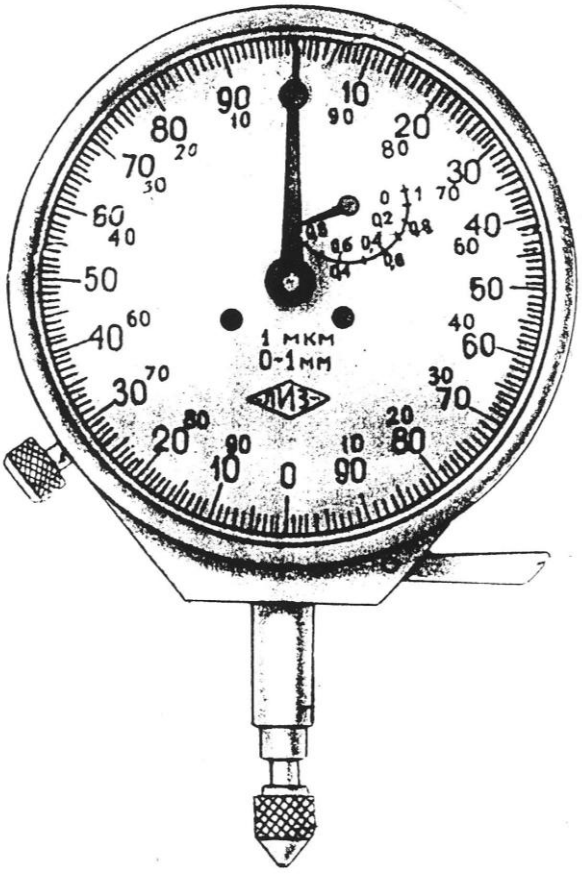


Рис. 17. Внешний вид измерительной головки типа МИГ

Многооборотные головки поверяются в соответствии с МИ 1876–88 «Индикаторы многооборотные с ценой деления 1 и 2 мкм. Методика поверки» следующим образом.

При **внешнем осмотре** нужно проверить комплектность индикатора, расположение стрелки (она должна находиться слева от оси симметрии на расстоянии не менее 20 делений), прозрачность стекла, закрывающего шкалу, четкость штрихов, правильность оцифровки, наличие защитного покрытия.

При **опробовании** следует проверить:

плавность перемещения стрелки индикатора, высоту расположения стрелки над шкалой, перекрытие стрелкой коротких штрихов шкалы не менее чем на 0,3 и не более чем на 0,8 мм, передвижение стрелки по всей шкале и предел регулирования нулевой установки.

Расстояние между концом стрелки и циферблатом определяется по изменению показаний при повороте индикатора. Стрелку совмещают с отметкой шкалы, соответствующей нерабочему положению индикатора; затем индикатор поворачивают вокруг стрелки на 45° и наблюдают изменение показаний. Оно не должно превышать 0,5 длины деления.

Шероховатость измерительной поверхности наконечника при выпуске из производства определяется визуально сравнением с деталями-образцами с параметром R_a = 0,63 мкм. После ремонта и при периодической поверке на измерительных поверхностях наконечников достаточно проверить отсутствие сколов, царапин и заметного на глаз износа.

Определение метрологических характеристик

Изменение показаний индикатора при нажиме на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном его оси, с усилием в 1 Н определяется при помощи граммометра. Для этого индикатор нужно закрепить в стойке С-II, привести в контакт с концевой мерой наконечник головки, совместить стрелку с нулевой отметкой шкалы и нажать рычагом граммометра на наконечник головки в четырех взаимно перпендикулярных направлениях. Изменение показаний головки не должно превышать 0,5 деления.

Наибольшую разность погрешностей индикатора определяют в вертикальном положении (наконечником вниз) на всем диапазоне измерения через 100 делений и в пределах 200 делений на любом участке на отметках шкалы, расположенных через 20 делений.

Наибольшую разность погрешностей индикатора 2 МИГ на участке в 1 мм определяют путем обработки результатов поверки на всем диапазоне измерения на участках от 0 до 1 мм, от 0,4 до 1,4 мм и от 1 до 2 мм.

Для определения наибольшей разности погрешностей используют прибор типа ППГ-2А или КМД 4-го разряда и стойку С-II для вертикального расположения головки и горизонтальный оптиметр для горизонтального.

К столику нужно притереть КМД размером 5–10 мм, а эталонные меры установить поперек на притертую к столу меру.

При использовании горизонтального оптиметра взамен измерительного устройства вставляют приспособление для закрепления индикатора, в которое вставляют и закрепляют поверяемый индикатор. На пиноль оптиметра надевают плоский наконечник.

По наименьшей концевой мере длины стрелку индикатора нужно установить на нулевую отметку шкалы. Затем, сняв меру, последовательно устанавливают на ее место остальные меры. Каждую меру следует проверить три раза, предварительно арретируя измерительный стержень.

Разность между средним значением из трех отсчетов и действительным размером меры принимают за показания индикатора в данной отметке шкалы.

ПРИМЕР
определения наибольших разностей погрешностей (НРП)
индикатора 1 МИГ КТ1

Отметки шкалы, мм	Номинальная длина КМД, мм, L_i	Отклонение от номинальной длины КМД, мкм, ΔL_i	Отклонение показаний индикатора, мкм, X_i	Отклонение показаний индикатора с поправкой на отклонение КМД, мкм, $X_i - \Delta L_i$	Наибольшая разность погрешностей, мкм, на участке 200 делений			Наибольшая разность погрешностей, мкм, на всем диапазоне измерений
0	1,0	+0,2	0,0	–0,2				
0,1	1,1	+0,1	+1,2	+1,1	1,4			
0,2	1,2	+0,3	+1,5	**+1,2**		1,4		
0,3	1,3	–0,2	–0,5	–0,3			**1,9**	
0,4	1,4	+0,2	–0,5	**–0,7**	0,5			
0,5	1,5	+0,3	–0,5	**–0,8**		1,0		**2,4**
0,6	1,6	–0,4	–0,2	+0,2			1,8	
0,7	1,7	–0,2	+0,8	+1,0	0,8			
0,8	1,8	+0,3	+0,7	+0,4		1,2		
0,9	1,9	–0,4	+1,2	**+1,6**			1,2	
1,0	2,0	+0,2	+1,5	+1,3				
0,2	1,2	–0,2	+0,1	+0,3				
0,22	1,22	+0,2	+0,3	+0,1				
0,24	1,24	+0,3	+0,6	+0,3				
0,26	1,26	–0,4	+0,7	+1,1		**2,0**		
0,28	1,28	–0,3	+1,1	**+1,4**				–
0,30	1,30	–0,1	–0,5	–0,4				
0,32	1,32	+0,3	+0,8	+0,5				
0,34	1,34	+0,1	–0,2	–0,3				
0,36	1,36	+0,2	+0,5	+0,3				
0,38	1,38	0	–0,6	**–0,6**				
0,40	1,40	–0,2	+1,0	+1,2				

НРП на всем диапазоне измерений: 2,4 мкм Допускаемое значение: 2,5 мкм
НРП на участке 200 делений: 2,0 мкм Допускаемое значение: 2,0 мкм

Размах показаний определяют в начале, середине и конце диапазона измерений индикатора (наконечником вниз).

Индикатор нужно закрепить на приборе ППГ-2А или в стойке С-II. Наконечник индикатора устанавливают на измерительную поверхность прибора ППГ-2А или на концевую меру и, арретируя по 10 раз измерительный наконечник на измерительную поверхность прибора ППГ-2А или на концевую меру, снимают показания.

Разность между наибольшим и наименьшим показаниями индикатора равна размаху показаний в данной точке диапазона измерений.

ПРИМЕР

определения наибольших разностей погрешностей индикатора 2 МИГ КТ1

Отметки шкалы, мм	Номинальная длина КМД, мм, L_i	Отклонение от номинальной длины КМД, мкм, ΔL_i	Отклонение показаний индикатора, мкм, X_i	Отклонение показаний индикатора с поправкой на отклонение КМД, мкм, $X_i - \Delta L_i$	Наибольшая разность погрешностей, мкм, на участке 200 делений			Наибольшая разность погрешностей, мкм, на всем диапазоне измерений
0	1,0	+0,1	0,0	–0,1	1,9			3,6
0,2	1,2	–0,2	–0,4	–0,2		2,2		
0,4	1,4	+0,4	–1,6	**–2,0**			**2,9**	
0,6	1,6	+0,3	+0,5	+0,2	2,2			
0,8	1,8	+0,3	+1,2	**+0,9**		2,4		
1,0	2,0	–0,4	–1,7	–1,3			1,4	
1,2	2,2	+0,4	–1,1	**–1,5**	2,4			
1,4	2,4	+0,3	+0,2	–0,1		1,7		
1,6	2,6	–0,1	+0,8	+0,9			0,8	
1,8	2,8	–0,3	+1,3	**+1,6**				
2,0	3,0	+0,4	+1,2	+0,8				
0,4	1,00	+0,1	0,0	–0,1	**3,5**			**–**
0,44	1,04	+0,2	–0,8	–1,0				
0,48	1,08	0,3	–1,4	–1,7				
0,52	1,12	–0,4	–1,4	–1,0				
0,56	1,16	+0,4	–0,8	–1,2				
0,60	1,20	–0,2	–0,4	–0,2				
0,64	1,24	+0,3	–0,6	–0,9				
0,68	1,28	–0,3	+0,7	+1,0				
0,72	1,32	–0,2	+1,3	**+1,5**				
0,76	1,36	+0,4	+1,5	+1,1				
0,80	1,40	+0,4	–1,6	**– 2,0**				

Наибольшая разность погрешностей:

- на всем диапазоне измерений 3,6 мкм Допускаемое значение: 5 мкм
- на участке 200 делений 3,5 мкм Допускаемое значение: 3 мкм
- на участке 1 мм 3,1 мкм Допускаемое значение: 4 мкм

Вариацию показаний индикатора определяют на приборе ППГ-2А в трех равномерно расположенных точках диапазона измерений.

В каждой отметке шкалы стрелку индикатора следует перевести вправо от проверяемой отметки на 20 делений, затем вернуть на проверяемую отметку и снять отсчет. После этого стрелку нужно перевести влево от проверяемой отметки на 20 делений, возвратить ее на проверяемую отметку и снять второй отсчет. Разность показаний прибора определяет вариа-

цию показаний. Проверку следует повторить 5 раз. Средняя разность полученных отсчетов определяет вариацию показаний в проверяемой точке.

После **ремонта** также проверяют:

общий ход измерительного стержня. Для этого индикатор устанавливают на стойке С-III на верхний предел диапазона измерений и закрепляют; затем между наконечником индикатора и столиком вводят КМД длиной 1,5 мм, которая должна между ними проходить;

измерительное усилие и его колебание. Индикатор закрепляют в стойке С-II, измерительный наконечник вводят в контакт с площадкой весов, перемещая кронштейн стойки или нагружая площадку весов, и определяют измерительное усилие в начале и конце шкалы индикатора. Разность между двумя отсчетами — колебание измерительного усилия.

Результаты поверки 1 МИГ и 2 МИГ рекомендуется оформить протоколом по форме, приведенной в приложениях 10 (для головки 1 МИГ) и 10а (для головки 2 МИГ).

Приложение 10

ПРОТОКОЛ №_____

поверки индикатора типа **1 МИГ** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты измерений
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
2.1. Определение расстояния между концом стрелки и циферблатом, дел.	Визуально	≤ 0,5		
2.2. Проверка измерит. наконечника				
2.3. Общий ход измерительного стержня, мм	КМД длиной 1,5 мм КТ 3, стойка С-III	≥ 2,5		
3. Определение метрологических характеристик				
3.1 Наибольшая разность погрешностей, мкм, на участке: ➢ 200 делений ➢ на всем диапазоне измерений	КМД 4-го разряда, КМД 5 – 10 мм КТ3, стойка С-II, горизонтальный оптиметр или прибор ППГ-2А	КТ 0 1,5 2	КТ 1 2 2,5	табл.
3.2. Размах показаний, мкм		≤ 0,5		табл.
3.3. Вариация показаний, мкм	Прибор ППГ-2А	≤ 1,0		табл.
3.4. Изменение показаний головки при нажиме на измерительный стержень перпендикулярно его оси, дел.	Граммометр	≤ 0,5		
МХ, определяемые после ремонта				
3.5. Измерительное усилие и его колебание, Н	Весы ВНЦ с ЦД 2 г и стойка типа С-II	$F \le 2{,}0$ $\Delta F \le 0{,}50$		F = ΔF =

3.1. Определение наибольших разностей погрешностей

Отметки шкалы, мм	Номинальная длина КМД, мм, L_i	Отклонение от номинальной длины КМД, мкм, ΔL_i	Отклонение показаний индикатора, мкм, X_i	Отклонение показаний индикатора с поправкой на отклонение КМД, мкм, $X_i - \Delta L_i$	Наибольшая разность погрешностей, мкм			
					на участке 200 делений			на всем диапазоне показаний
0	1,0							$\Delta_{1\ мм}$ =
0,1	1,1							
0,2	1,2							
0,3	1,3							
0,4	1,4							
0,5	1,5							
0,6	1,6							
0,7	1,7							
0,8	1,8							
0,9	1,9							
1,0	2,0							
	1,2				$\Delta_{0,2\ мм}$ =			
	1,22							
	1,24							
	1,26							
	1,28							
	1,30							
	1,32							
	1,34							
	1,36							
	1,38							
	1,40							

Наибольшая разность погрешностей:

- ➢ на всем диапазоне измерений ____ мкм Допускаемое значение: ____ мкм
- ➢ на участке 200 делений ____ мкм Допускаемое значение: ____ мкм

3.2.Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мм	Отклонение показаний индикатора, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
0,1												
0,5												
0,9												

Допускаемое значение размаха показаний: 0,5 дел.

3.3. Определение вариации показаний на ППГ-2А

Отметки шкалы, мм	№ отсчета	Показания лимба ППГ, мкм		Разность показаний, мкм, $y_i = \lvert x_i - z_i \rvert$	Вариация показаний, мкм	
		Прямой ход, x_i	Обратный ход, z_i		в проверяемой точке	на всем диапазоне
0,1	1			y_1	$V_1 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	$V_{max} =$
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
0,5	1			y_1	$V_2 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
0,9	1			y_1	$V_3 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		

Наибольшее значение вариации показаний: ____ мкм
Допускаемое значение: 1,0 мкм

3.5. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход	Обратный ход	Измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
от 0 до 1 мм	от 1 мм до 0	$F_{max} =$	$(F_{max} - F_{min}) =$
Показания весов (граммометра), г			
$F_{max} = F_{min} =$			

Допускаемые значения:
- измерительного усилия 2 Н
- колебания измерительного усилия 0,5 Н

Заключение по результатам поверки

Индикатор типа 1 МИГ № ____ соответствует требованиям ГОСТ 9696–82 для КТ ___

Поверка проведена по МИ 1876–88.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 10а

ПРОТОКОЛ №_____

поверки индикатора типа **2 МИГ** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты измерений
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5		
2.2. Проверка измерительного наконечника				
2.3. Общий ход измерительного стержня, мм	КМД длиной 1,5 мм КТ 3 и стойка С-III	≥ 3,5		
3. Определение метрологических характеристик (МХ)				
3.1 Наибольшая разность погрешностей на участке, мкм: ➢ 200 делений ➢ на всем диапазоне измерений ➢ на участке 1 мм	КМД 4-го разряда, КМД 5-10 мм КТ 3, стойка С-II, горизонтальный оптиметр или прибор типа ППГ-2А	КТ 0	КТ 1	табл.
		3		
		4 3	5 4	
3.2. Размах показаний, дел.		≤ 0,5		табл.
3.3. Вариация показаний, мкм	Прибор типа ППГ-2А	≤ 2,0		табл.
3.4. Изменение показаний головки при нажиме на измерительный стержень (F = 1 Н) перпендикулярно его оси, дел.	Граммометр	≤ 0,5		
МХ, определяемые после ремонта				
3.5. Измерительное усилие и его колебание, Н	Циферблатные настольные весы с ЦД 2 г и стойка типа С-II	$F \le 2{,}0$ $\Delta F \le 0{,}70$		F = ΔF =

3.1. Определение наибольших разностей погрешностей

Отметки шкалы, мм	Номинальная длина КМД, мм, L_i	Отклонение от номинальной длины КМД, мкм, ΔL_i	Отклонение показаний индикатора, мкм, X_i	Отклонение показаний индикатора с поправкой на отклонение КМД, мкм, $X_i - \Delta L_i$	Наибольшая разность погрешностей, мкм, на участке 200 делений			всем диапазоне показаний
0	1,0							$\Delta_{2\ мм}$ =
0,2	1,2							
0,4	1,4							
0,6	1,6							
0,8	1,8							
1,0	2,0							
1,2	2,2							
1,4	2,4							
1,6	2,6							
1,8	2,8							
2,0	3,0							
	1,00				$\Delta_{0,4\ мм}$ =			
	1,04							
	1,08							
	1,12							
	1,16							
	1,20							
	1,24							
	1,28							
	1,32							
	1,36							
	1,40							

Наибольшая разность погрешностей:

на всем диапазоне измерений ___ мкм Допускаемое значение: ____ мкм

на участке 200 делений ___мкм Допускаемое значение: ____ мкм

на участке в 1 мм ___мкм Допускаемое значение: ____ мкм

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мм	Отклонение показаний индикатора, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
0,2												
1,0												
1,8												

Допускаемое значение размаха показаний: 0,5 дел.

3.3. Определение вариации показаний на ППГ-2А

Отметки шкалы, мм	№ отсчета	Показания лимба ППГ-2А, мкм		Разность показаний, мкм, $y_i = \lvert x_i - z_i \rvert$	Вариация показаний, мкм	
		Прямой ход, x_i	Обратный ход, z_i		в проверяемой точке	на всем диапазоне
0,2	1			y_1	$V_1 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	$V_{max} =$
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
1,0	1			y_1	$V_2 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
1,8	1			y_1	$V_3 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		

Наибольшее значение вариации показаний: ____ мкм
Допускаемое значение: 2,0 мкм

3.5. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход	Обратный ход	Измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
от 0 до 2 мм	от 2 мм до 0	$F_{max} =$	$(F_{max} - F_{min}) =$
Показания весов (граммометра), г			
$F_{max} = F_{min} =$			

Допускаемые значения:
- измерительного усилия 2 Н
- колебания измерительного усилия 0,7 Н

Заключение по результатам поверки

Индикатор типа 2 МИГ № ____ соответствует требованиям ГОСТ 9696–82 для КТ ___

Поверка проведена по МИ 1876–88.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

РЫЧАЖНО-ЗУБЧАТЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ ТИПА ИРБ И ИХ ПОВЕРКА

Рычажно-зубчатые индикаторы с изменяемым положением измерительного рычага относительно корпуса выпускаются двух типов:

ИРБ – боковые со шкалами, параллельными оси измерительного рычага в среднем положении (рис. 18);

ИРТ – торцевые со шкалами, перпендикулярными оси измерительного рычага в среднем положении и плоскости его поворота.

Данный тип головок предназначен для измерения размеров в труднодоступных местах, а также для определения отклонений формы и расположения поверхностей (радиальное и торцевое биение, отклонение от круглости, отклонение от прямолинейности, параллельности и перпендикулярности поверхности).

Основные технические и метрологические характеристики индикаторов, установленные в ГОСТ 5584–75, представлены в табл. 13.

Таблица 13

Основные технические и метрологические характеристики индикаторов

Наименование характеристики индикатора	Допускаемые значения
1. Цена деления, мм	0,01
2. Диапазон показаний, мм, не менее	0,80
3. Превышение общего хода измерительного рычага, мм	0,2
4. Наибольшая разность погрешностей, мкм: на любом участке шкалы в пределах 0,1 мм на любом участке шкалы более 0,1 мм	 7 (4) 15 (10)
5. Размах показаний, мкм	3
6. Измерительное усилие, Н	0,1–0,4
7. Усилие поворота измерительного рычага, Н	2,5–7,0
8. Температура воздуха при поверке, °С	20 ± 3
9. Изменение температуры в течение часа, °С	≤ 0,5
10. Относительная влажность при 20 °С, %	60 ± 20

Примечание. В скобках указаны значения характеристик индикаторов, выпускаемых из производства.

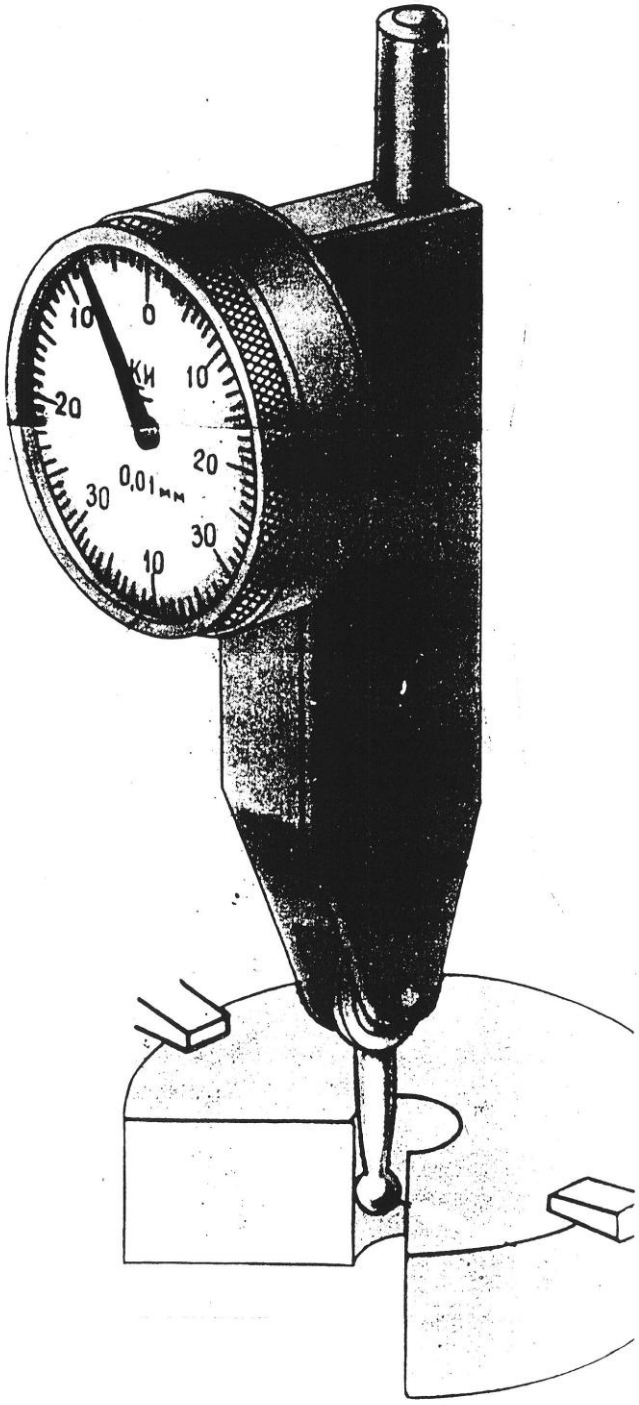


Рис. 18. Внешний вид измерительной головки типа ИРБ

Поверка индикаторов проводится в соответствии с МИ 1928–88.

Индикатор и средства поверки должны быть выдержаны в помещении не менее 3 ч.

При **внешнем осмотре** проверяют наличие державки, переходной втулки, паспорта, а также внешний вид.

При **опробовании** нужно проверить плавность хода измерительного рычага и стрелки, возможность поворота измерительного рычага в пределах ±90°, переключение направления хода измерительного рычага, перекрытие стрелкой коротких штрихов, высоту расположения стрелки над шкалой (≤0,5 мм).

Определение метрологических характеристик

При периодической поверке индикаторов определяют следующие метрологические характеристики.

Измерительное усилие и усилие поворота измерительного рычага**.** Индикатор закрепляют в стойке С-II, измерительный наконечник вводят в контакт с площадкой весов, перемещая кронштейн стойки или нагружая площадку весов, и определяют измерительное усилие в диапазоне рабочего хода измерительного рычага, усилие поворота измерительного рычага в момент его поворота вокруг оси.

Погрешность индикатора. Погрешность определяется на всем диапазоне показаний и на участке в 0,1 мм в горизонтальном и вертикальном положениях индикатора.

Погрешность индикатора на всем диапазоне показаний в горизонтальном положении определяется при двух положениях измерительного рычага (при обоих положениях переключателя хода), направленного под углом 90° к оси индикатора при прямом и обратном ходе. Погрешность индикатора на всем диапазоне показаний в вертикальном положении определяется при положении измерительного рычага вдоль оси индикатора (при обоих положениях переключателя хода) при прямом и обратном ходе.

Погрешность индикатора типа ИРТ определяется в горизонтальном и вертикальном положениях индикатора при любом положении измерительного рычага.

Погрешность индикаторов определяют на приспособлении с микрометрической головкой, а также на универсальном измерительном микроскопе или на двухкоординатном приборе ДИП.

При определении погрешности на приспособлении с микрометрической головкой индикатор и микрометр устанавливают в исходное (нулевое) положение в сторону прямого хода измерительного рычага. Направление линии измерения должно быть перпендикулярно оси измерительного рычага в его среднем положении на данном участке измерения.

Микрометрический винт перемещают в том же направлении через интервалы, равные 0,1 мм, при поверке всего диапазона показаний. Дойдя до последней точки проверяемого участка, изменяют направление перемеще-

ния микрометрического винта и повторяют поверку в обратном порядке. При этом конечный отсчет при прямом ходе служит начальным отсчетом обратного хода.

При проверке участка индикатора в 0,1 мм микрометрический винт перемещают через 0,02 мм.

Проверяемый участок хода измерительного рычага, равный 0,1 мм, выбирают на основании результатов поверки индикатора на всем диапазоне показаний. Участок должен содержать наибольшую алгебраическую разность отклонений на соседних проверяемых отметках шкалы индикатора.

Погрешность индикатора в заданном диапазоне показаний определяется как сумма наибольших абсолютных значений положительных и отрицательных отклонений в любых двух отметках проверяемого участка шкалы при прямом и обратном ходе измерительного рычага.

Размах показаний определяют в одном из положений переключателя хода измерительного рычага индикатора, закрепленного в стойке, оснащенной ребристым столиком, при перпендикулярном положении измерительного рычага к продольной оси индикатора. Между поверхностью столика и рабочей поверхностью измерительного рычага при безотрывном контакте со столиком продвигают концевую меру размером 8–10 мм. Расстояние от нижней точки рабочей поверхности измерительного рычага до плоскости столика должно быть таким, чтобы при перемещении концевой меры измерительный рычаг приподнимался, касаясь поверхности меры, и можно было бы провести отсчет по шкале индикатора. Данное перемещение проводят не менее пяти раз вдоль и пяти раз поперек измерительного рычага.

Размах показаний определяют наибольшей разностью отсчетов, полученных при всех перемещениях меры.

Определение размаха показаний индикатора типа ИРБ

Отсчеты по шкале индикатора, мкм, при перемещении концевой меры										Размах показаний, мкм, $R = X_{max} - X_{min}$
вдоль измерительного рычага				поперек измерительного рычага						
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	
0	0	+1	0	–1	0	–1	–2	–1	0	3

Допускаемое значение: 3 мкм

После ремонта проверяют **шероховатость** измерительной поверхности рычага сравнением с образцами шероховатости или деталями-образцами с параметром шероховатости R_a = 0,08 мкм.

Результаты поверки рекомендуется оформить протоколом по форме, приведенной в приложении 11.

Приложение 11

ПРОТОКОЛ №_____

поверки индикатора типа **ИРБ** №_____ t = ___ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты измерений
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5		
3. Определение метрологических характеристик				
3.1. Измерительное усилие, сН	Весы с ЦД 2 г, стойка С-II	10–40		
3.2. Усилие поворота измерительного рычага, Н		2,5–7,0		
3.3. Наибольшая разность погрешностей, мкм: ➢ на всем диапазоне показаний ➢ на любом участке в 0,1 мм	Приспособление с микрометрической головкой	Экспл. 15 7	Вып. 10 4	табл.
3.4. Размах показаний, мкм	КМД дл. 8–10 мм КТ 2, стойка С-II	≤ 3		табл.
МХ, определяемые после ремонта				
3.5. Шероховатость измерительной поверхности рычага, мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,08	≤ 0,08		

3.3. Определение наибольшей разности погрешностей индикатора на всем диапазоне измерений

Отметка шкалы, мкм	*Горизонтальное положение индикатора*				*Вертикальное положение индикатора*			
	Положение измерительного рычага относительно оси:							
	+90°		–90°		0°			
	Положение переключателя хода							
	1		2		1		2	
	Погрешность индикатора, мкм, при							
	прямом ходе	обратном ходе	прямом ходе	обратном ходе	прямом ходе	обратном ходе	прямом ходе	обратном ходе
0								
10								
20								
30								
40								
30								
20								
10								
0								

Наибольшая разность погрешностей индикатора: _____мкм

Определение наибольшей разности погрешностей индикатора на любом участке в 0,1 мм

Отметки шкалы, мкм	*Горизонтальное или вертикальное положение индикатора*	
	Погрешность индикатора, мкм, при	
	прямом ходе	обратном ходе

Наибольшая разность погрешностей на участке в 0,1 мм: ____мкм

3.4. Определение размаха показаний

Отсчеты по шкале индикатора, мкм, при перемещении концевой меры										Размах показаний, мкм, $R = X_{max} - X_{min}$
вдоль измерительного рычага					поперек измерительного рычага					
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	

Заключение по результатам поверки

Индикатор типа ИРБ № _____соответствует требованиям ГОСТ 5584–75.

Поверка проведена по МИ 1928–88.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

ПРУЖИННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ И ИХ ПОВЕРКА

Пружинные измерительные головки предназначены для измерения линейных размеров деталей методом сравнения с мерой, отклонений формы и расположения поверхностей, радиального и торцового биения, а также для поверки концевых мер длины.

Отличительной особенностью пружинных головок является использование в их конструкции передаточного механизма в виде скрученной от средней части ленточной пружины, к середине которой прикреплен указатель в виде стрелки или световой метки (рис. 19). Для обеспечения высокого крутящего момента ленточная пружина изготавливается из бериллиевой бронзы, обладающей упругими свойствами, сечением от 4х80 до 8х120 мм в зависимости от цены деления (от 0,1 до 1 мкм). Отсутствие в передаточном механизме пружинных головок пар трения обеспечивает высокую точность (до 0,06 мкм) и высокую надежность (до 2,5 миллионов условных измерений).

В настоящее время предприятием «Измерон» (г. Санкт-Петербург) выпускаются измерительные пружинные головки следующих видов:

- микрокаторы (ИГП) с ценой деления 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 и 2 мкм (рис. 20, 21);
- оптикаторы (П) с ценой деления 0,1; 0,2; 0,5 мкм (рис. 22, 23);
- микаторы (ИПМ) с ценой деления 0,2; 0,5; 1,0 и 2 мкм (рис. 24, 25).

Требования к пружинным головкам установлены в ГОСТ 28798–90 «Головки измерительные пружинные. Общие технические условия».

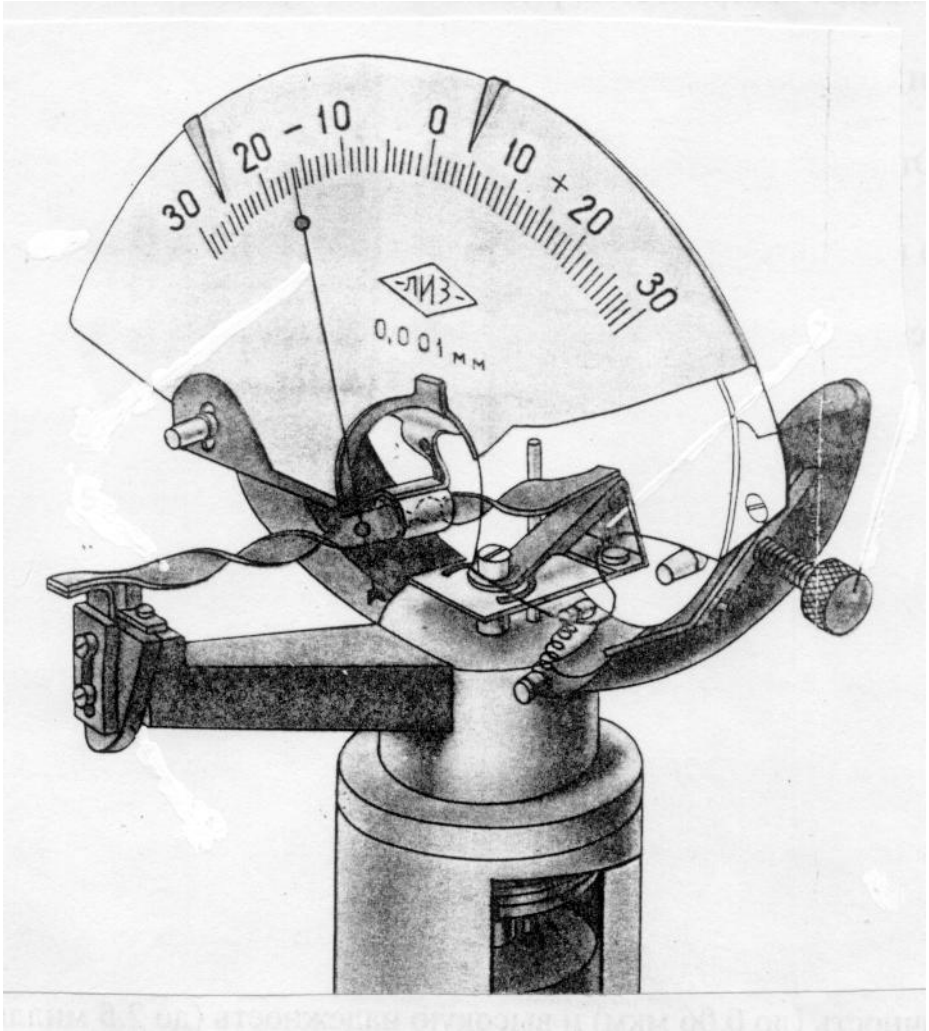


Рис. 19. Устройство пружинного механизма

МИКРОКАТОРЫ И ИХ ПОВЕРКА

Микрокаторы применяются для высокоточных измерений, а также для поверки КМД 4-го разряда, поверочных линеек, гладких и резьбовых калибров. В качестве указателя в микрокаторах 1 ИГП и 2 ИГП используется стеклянная стрелка в виде цилиндрической трубки диаметром 60 мкм, а в микрокаторах 01 ИГП, 02 ИГП и 05 ИГП конусообразная стеклянная стрелка диаметром 30 мкм в области шкалы (рис. 20). Устройство микрокатора показано на рис. 21.

Измерительный стержень 14 прибора подвешен на плоских пружинах 8 и 16. Пружина 16 выполнена в виде круглой мембраны с кольцевым вырезом для уменьшения жесткости. По периферии мембрана зажата резьбовой втулкой 17, а в середине — между измерительными стержнями 14 и 19.

Перемещение измерительного стержня передается скрученной пружиной ленте 3 через рычаг-угольник 7. К середине ленты шеллаком приклеена стрелка 5, выполненная из конической стеклянной трубки диаметром 60–80 мкм.

На конце стрелки приклеен окрашенный указатель из алюминиевой фольги. С противоположного конца стрелки имеется противовес.

Передний конец ленты 3 припаян к плоской пружине 2, образующей консольную балку с заделанным концом. Винт 1 позволяет регулировать натяжение ленты.

Шкала 7 выполнена регулируемой в пределах ±5 делений для установки головки на нуль винтом 20.

С задней стороны корпуса расположены рычажки 9 перемещения указателей поля допуска измеряемой детали.

Измерительное усилие создается пружиной 12, опирающейся нижним концом на кольцо 13, закрепляемое винтом в нужном положении на измерительном стержне. Верхним концом пружина 12 упирается в дно втулки 11. Измерительное усилие регулируется перемещением втулки 11 с помощью стержня 10 при снятой задней крышке корпуса.

Головку устанавливают в стойке С-I или С-II за трубку 15 диаметром 28 мм. Винт 18 служит для закрепления измерительного стержня с целью предотвращения повреждения измерительного механизма при транспортировке в футляре.

Плавное перемещение стрелки и исключение ее вибрации обеспечиваются демпфером 4 в виде короткой трубки, охватывающей ленту 3 около стрелки. Демпфер заливается вязкой жидкостью для обеспечения времени успокоения стрелки не более 1 с.

Основные метрологические характеристики микрокаторов типа ИГП, установленные в ГОСТ 28798–90, приведены в табл. 14.

Таблица 14

Основные метрологические характеристики микаторов типа ИГП

Наименование характеристики	Модель микрокатора				
	01 ИГП	02 ИГП	05 ИГП	1 ИГП	2 ИГП
1. Пределы измерения, мкм	±4	±6	±15	±30	±60
2. Цена деления, мкм	0,1	0,2	0,5	1	2
3. Проверяемые и дополнительные (указанные в скобках) отметки шкалы, мкм	+4 +2 0 –2 –4	+6 +4 0 –4 –6	+15(+5) +10 0 –10 –15(–5)	+30 +20 +10 0 –10 –20 –30	+60 +40 +20 0 –20 –40 –60
4. Разряд эталонных КМД	2	2	3	3	4
5. Число пар КМД	4	3	4	3	3
6. Предел допускаемой погрешности, мкм	±0,08	±0,10	±0,15	±0,30	±0,60
7. Размах показаний, дел.	1/3		1/4		
8. Изменение показаний при нажиме на измерительный стержень ⊥ его оси, дел., с усилием: • 0,5 Н • 1,0 Н	1 –	1/2 –	1/2 –	1/2 –	– 1/3
9. Измерительное усилие, Н, не более	1,5			2,0	
10. Колебание измерительного усилия, Н, не более	0,2		0,3		0,5
11. Присоединительный диаметр гильзы, мм	∅ 28				
12. Условия поверки: - температура воздуха, °С - скорость измерения температуры за 0,5 ч, °С, не более - относительная влажность, % - атмосферное давление, кПа	20 ± 4 0,5 60 ± 20 101,3 ± 4				

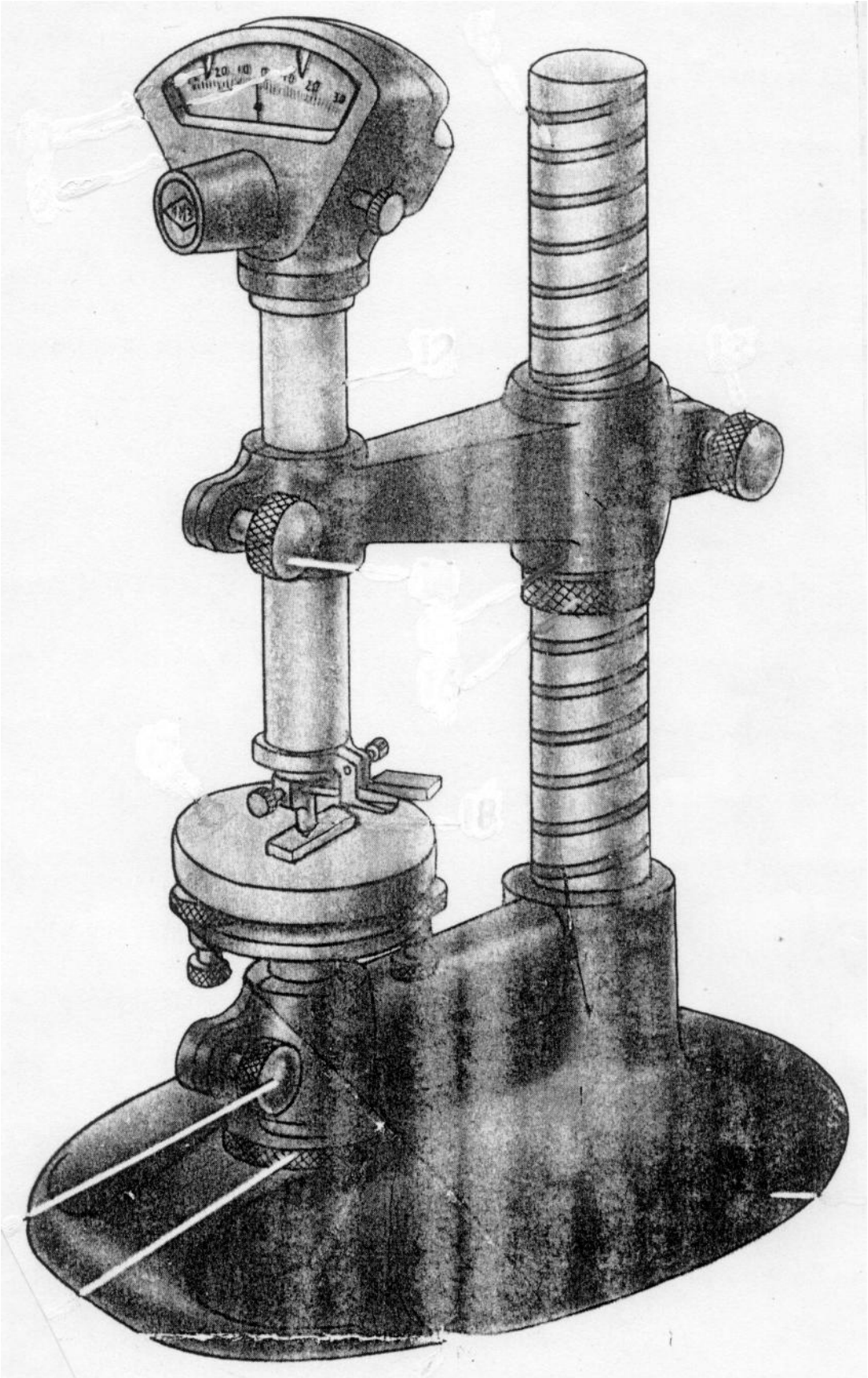


Рис. 20. Внешний вид микрокатора

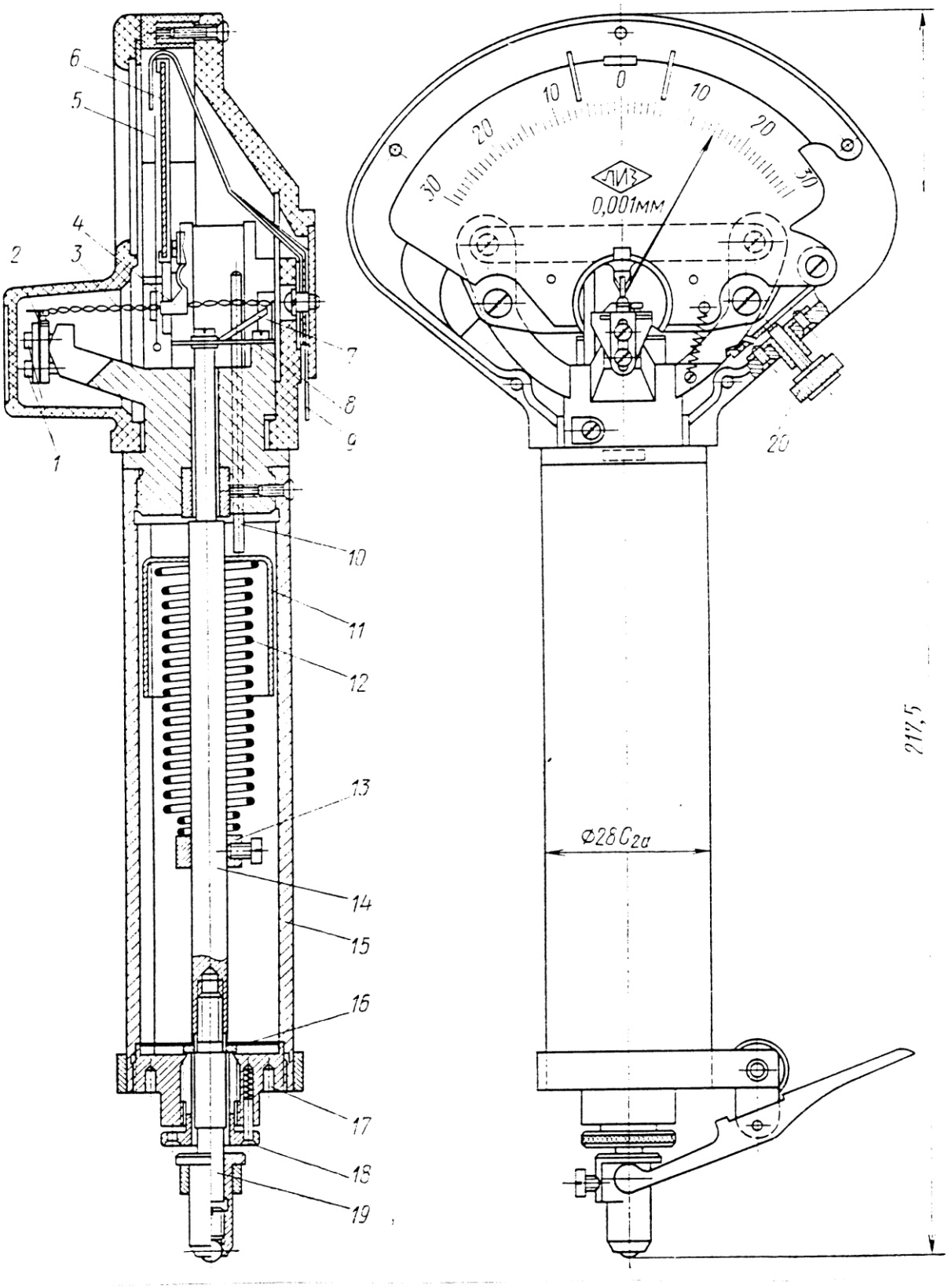


Рис. 21. Конструкция микрокатора

Поверка микрокаторов типа ИГП проводится по МИ 1813–87.

Внешние части микрокаторов и концевые меры должны быть промыты авиационным бензином, протерты сухой чистой салфеткой и выдержаны на рабочем месте не менее 3 ч.

Указанные работы должны проводиться в помещении с вытяжной вентиляцией или с вытяжным шкафом.

При **внешнем осмотре** нужно проверить комплектность (наличие наконечника, арретира, передвижных указателей поля допуска, паспорта), отсутствие дефектов на стекле и на наружных поверхностях головок, препятствующих отсчету показаний.

При **опробовании** следует проверить плавность перемещения стрелки по всей шкале, высоту ее расположения над шкалой и пределы регулирования нулевой установки.

При проведении периодической поверки микрокаторов определяются **погрешность и размах показаний** микрокаторов.

У микрокаторов с ценой деления 0,1; 0,2; 0,5 и 1 мкм погрешность должна проверяться в вертикальном положении наконечником вниз, а с ценой деления 2 мкм – в вертикальном и в горизонтальном положениях.

Для определения погрешности по эталонным КМД парным методом микрокатор с ценой деления 0,1; 0,2; 0,5 мкм закрепляют в стойку С-I, а с ценой деления 1 и 2 мкм – в стойку С-II. На ребристый столик с выступающей сферической вставкой следует поместить приспособление для установки и передвижения одной пары КМД. Концевые меры, из которых составляют пары, должны иметь разность размеров, равную значению проверяемой отметки.

При поверке микрокаторов с ценой деления 0,5 мкм на отметке ±15 мкм используют дополнительные отметки ±5 мкм и составляют пары мер с разностью размеров в 10 мкм.

Пары составляют так, чтобы вторая концевая мера являлась первой для следующей пары.

Под измерительный наконечник микрокатора подводят первую концевую меру и устанавливают стрелку головки на нулевую отметку (или на дополнительную отметку шкалы). После трехкратного арретирования среднее значение из трех отсчетов принимают за исходный отсчет при измерении первой концевой меры. После этого таким же образом проводят отсчет по второй мере. Далее повторяют измерение последующих пар КМД, каждый раз устанавливая стрелку головки на начальное деление по второй мере длины предыдущей пары и снимая отсчет по второй мере своей пары.

Результаты измерений заносят в протокол и вычисляют погрешность головки

$$\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1},$$

где Δ_i – погрешность головки на проверяемой отметке шкалы, мкм;

L_n и L_1 – действительные размеры (по свидетельству) крайних эталонных концевых мер длины, мм;

r_i – разность показаний головки для каждой пары мер, мкм;

n – число эталонных мер.

Размах показаний определяется на нулевой и двух числовых отметках шкалы одновременно с определением погрешности десятикратным арретированием.

После ремонта микрокаторов дополнительно проверяются:

- измерительный наконечник на наличие дефектов на его измерительных поверхностях;
- измерительное усилие и его колебание;
- изменение показаний головки при нажиме на измерительный стержень перпендикулярно его оси.

ПРИМЕР

определения погрешности микрокатора типа 02 ИГП

с пределами измерения ±6 мкм парным методом

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)1000}{n-1}$
0	+4	1	$(L_1 - L_2)$0,996 – 1,000	+0,01	+4,03	r_1 = +4,02	$\Delta_{+4} = \frac{12{,}10 - 11{,}94}{3} = +0{,}05$
		2	$(L_2 - L_3)$1,000 – 1,004	–0,01	+4,00	r_2 = +4,01	
		3	$(L_3 - L_4)$1,004 – 1,008	–0,02	+4,05	r_3 = +4,07	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ = (1,00774 – 0,9958) · 1000 = +11,94						Σr_{+4} = +12,10	
0	4	1	$(L_1 - L_2)$1,008 – 1,004	+0,02	–4,05	r_1 = –4,07	$\Delta_{-4} = \frac{-12{,}10 + 11{,}94}{3} = -0{,}05$
		2	$(L_2 - L_3)$1,004 – 1,000	+0,01	–4,00	r_2 = –4,00	
		3	$(L_3 - L_4)$1,000 – 0,996	–0,01	–4,03	r_3 = –4,02	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ = (0,99580 – 1,00774) · 1000 = –11,94						Σr_{-4} = –12,10	
0	+6	1	$(L_1 - L_2)$0,990 – 0,996	+0,01	+6,02	r_1 = +6,01	$\Delta_{+6} = \frac{+18{,}12 - 17{,}84}{3} = +0{,}09$
		2	$(L_2 - L_3)$0,996 – 1,002	–0,01	+6,03	r_2 = +6,04	
		3	$(L_3 - L_4)$1,002 – 1,008	–0,03	+6,04	r_3 = +6,07	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ = (1,00774 – 0,98990) · 1000 = +17,84						Σr_{+6} = +18,12	
0	–6	1	$(L_1 - L_2)$1,008 – 1,002	–0,02	–6,04	r_1 = –6,02	$\Delta_{-6} = \frac{-18{,}10 + 17{,}84}{3} = -0{,}09$
		2	$(L_2 - L_3)$1,002 – 0,996	+0,01	–6,02	r_2 = –6,03	
		3	$(L_3 - L_4)$0,996 – 0,990	+0,01	–6,04	r_3 = –6,05	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ = (0,98990 – 1,00774) · 1000 = –17,84						Σr_{-6}= –18,10	

Погрешность микрокатора: ±0,09 мкм.

Допускаемое значение: ±0,10 мкм.

Результаты поверки микрокаторов оформляются по форме приложений 12 (для 01 ИГП), 12а (для 02 ИГП), 12б (для 05 ИГП), 12в (для 1 ИГП) и 12г (для 2 ИГП).

Приложение 12

ПРОТОКОЛ №_____

первичной (**после ремонта**) поверки микрокатора типа **01 ИГП** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование	Стойка С-I или С-II		
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 2-го разряда набор № 25, стойка С-I	±0,08	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/3	табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.3. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г до 1 кг, стойка С-II	≤ 1,5	табл.
3.4. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,2	табл.
3.5. Изменение показаний микрокатора при нажатии на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, КМД длиной 8–10 мм КТЗ	1	

3.1. Определение погрешности 01 ИГП

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+2	1	$(L_1 - L_2)$ 0,990 – 0,992			r_1 =	Δ_{+2} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 0,992 – 0,994			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 0,994 – 0,996			r_3 =	
		4	$(L_4 - L_5)$ 0,996 – 0,998			r_4 =	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+2} =	
0	–2	1	$(L_1 - L_2)$ 0,998 – 0,996			r_1 =	Δ_{-2} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 0,996 – 0,994			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 0,994 – 0,992			r_3 =	
		4	$(L_4 - L_5)$ 0,992 – 0,990			r_4 =	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-2} =	
0	+4	1	$(L_1 - L_2)$ 0,990 – 0,994			r_1 =	Δ_{+4} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 0,994 – 0,998			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 0,998 – 1,002			r_3 =	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,002 – 1,006			r_4 =	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+4} =	
0	–4	1	$(L_1 - L_2)$ 1,006 – 1,002			r_1 =	Δ_{-4} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,002 – 0,998			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 0,998 – 0,994			r_3 =	
		4	$(L_4 - L_5)$ 0,994 – 0,990			r_4 =	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-4} =	

Погрешность микрокатора: ____ мкм.
Допускаемое значение: ±0,08 мкм.

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний головки, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+4												
0												
–4												

Допускаемое значение размаха показаний:: 1/3 дел.

3.3. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход от –4 до +4 мкм	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
Показания весов, г		
$F_{max} = F_{min} =$	$F_{max} =$	$(F_{max} - F_{min}) =$

Допускаемые значения:

- измерительного усилия 1,5 Н;
- колебания измерительного усилия 0,2 Н.

Заключение по результатам поверки

Микрокатор типа 01 ИГП № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90. Поверка проведена по МИ 1813–87.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 12а

ПРОТОКОЛ №_____

первичной (**после ремонта**) поверки микрокатора типа **02 ИГП** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 2-го разряда (набор № 26), стойка С-I	±0,10	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/3	тбл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.3. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г до 1 кг, стойка С-II	≤ 1,5	табл.
3.4. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,2	табл.
3.5. Изменение показаний микрокатора при нажатии на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, КМД длиной 8–10 мм КТ 3	1/2	

3.1. Определение погрешности 02 ИГП

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка. шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+4	1	$(L_1 - L_2)$ 0,996 – 1,000			r_1 =	Δ_{+4} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,000 – 1,004			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,004 – 1,008			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+4} =	
0	–4	1	$(L_1 - L_2)$ 1,008 – 1,004			r_1 =	Δ_{-4} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,004 – 1,000			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,000 – 0,996			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-4} =	
0	+6	1	$(L_1 - L_2)$ 0,990 – 0,996			r_1 =	Δ_{+6} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 0,996 – 1,002			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,002 – 1,008			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+6} =	
0	–6	1	$(L_1 - L_2)$ 1,008 – 1,002			r_1 =	Δ_{-6} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,002 – 0,996			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 0,996 – 0,990			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-6} =	

Погрешность микрокатора: ____ мкм.
Допускаемое значение: ±0,10 мкм.

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний головки, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+6												
0												
–6												

Допускаемое значение размаха показаний:: 1/3 дел.

3.3. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход от –6 до +6 мкм	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
Показания весов, г		
$F_{max} = F_{min} =$	$F_{max} =$	$(F_{max} - F_{min}) =$

Допускаемые значения:
- измерительного усилия 1,5 Н;
- колебания измерительного усилия 0,2 Н.

Заключение по результатам поверки

Микрокатор типа 02 ИГП № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90. Поверка проведена по МИ 1813–87.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 12б

ПРОТОКОЛ №_____

первичной (**после ремонта**) поверки микрокатора типа **05 ИГП** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 3-го разряда (набор № 27), стойка С-I	±0,15	таюл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/3	табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.3. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г до 1 кг, стойка С-II	≤ 1,5	табл.
3.4. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,3	табл.
3.5. Изменение показаний микрокатора при нажатии на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, КМД длиной 8–10 мм КТ 3	1/2	

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний головки, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+15												
0												
–15												

Допускаемое значение размаха показаний:: 1/4 дел.

3.3. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход от –15 до +15 мкм	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
Показания весов, г		
$F_{max} = F_{min} =$	$F_{max} =$	$(F_{max} - F_{min}) =$

Допускаемые значения:

- измерительного усилия 1,5 Н;
- колебания измерительного усилия 0,3 Н.

3.1. Определение погрешности 05 ИГП

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+10	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,010			$r_1 =$	$\Delta_{+10} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,010 – 1,020			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,030			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,030 – 1,040			$r_4 =$	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{+10} =$	
0	–10	1	$(L_1 - L_2)$ 1,040 – 1,030			$r_1 =$	$\Delta_{-10} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,030 – 1,020			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,010			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,010 – 1,000			$r_4 =$	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{-10} =$	
0	+5	1	$(L_1 - L_2)$ 0,990 – 0,995			$r_1 =$	$\Delta_{+5} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 0,995 – 1,000			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,000 – 1,005			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,005 – 1,010			$r_4 =$	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{+4} =$	
0	–5	1	$(L_1 - L_2)$ 1,006 – 1,002			$r_1 =$	$\Delta_{-5} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,002 – 0,998			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 0,998 – 0,994			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 0,994 – 0,990			$r_4 =$	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{-5} =$	
+5	+15	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,010			$r_1 =$	$\Delta_{+15} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,010 – 1,020			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,030			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,030 – 1,040			$r_4 =$	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{+15} =$	
–5	–15	1	$(L_1 - L_2)$ 1,040 – 1,030			$r_1 =$	$\Delta_{-15} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,030 – 1,020			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,010			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,010 – 1,000			$r_4 =$	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{-15} =$	

Погрешность микрокатора: ____ мкм.
Допускаемое значение: ±0,15 мкм.

Заключение по результатам поверки

Микрокатор типа 05 ИГП № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90.
Поверка проведена по МИ 1813–87.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 12в

ПРОТОКОЛ №_____

первичной (**после ремонта**) поверки микрокатора типа **1 ИГП** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 3-го разряда, набор № 27, стойка С-I	±0,30	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/4	табл.
МХ, опреелямые после ремонта			
3.3. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г до 1 кг, стойка С-II	≤ 2,0	табл.
3.4. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,3	табл.
3.5. Изменение показаний микрокатора при нажатии на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, КМД длиной 8–10 мм КТ 3	1/2	

3.1. Определение погрешности 1 ИГП

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка. шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+10	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,010			r_1 =	Δ_{+10} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,010 – 1,020			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,030			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+10} =	
0	–10	1	$(L_2 - L_3)$ 1,030 – 1,020			r_1 =	Δ_{-10} =
		2	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,010			r_2 =	
		3	$(L_4 - L_5)$ 1,010 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-10} =	
0	+20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,020			r_1 =	Δ_{+20} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,020 – 1,040			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,040 – 1,060			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+20} =	
0	–20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,060 – 1,040			r_1 =	Δ_{-20} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,040 – 1,020			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-20} =	
0	+30	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,030			r_1 =	Δ_{+30} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,030 – 1,060			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,060 – 1,090			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+30} =	
0	–30	1	$(L_1 - L_2)$ 1,090 – 1,060			r_1 =	Δ_{-30} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,060 – 1,030			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,030 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-30} =	

Погрешность микрокатора: ____ мкм.

Допускаемое значение: ±0,30 мкм.

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний микрокатора, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+30												
0												
–30												

Допускаемое значение размаха показаний: 1/4 дел.

3.3. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход от –30 до +30 мкм	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
Показания весов, г		
F_{max} = F_{min} =	F_{max} =	($F_{max} - F_{min}$) =

Допускаемые значения:
- измерительного усилия 2,0 Н;
- колебания измерительного усилия 0,3 Н.

Заключение по результатам поверки

Микрокатор типа 1 ИГП № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90. Поверка проведена по МИ 1813–87.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 12г

ПРОТОКОЛ №_____

первичной (**после ремонта**) поверки микрокатора типа **2 ИГП** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 4-го разряда, набор № 27, стойка С-I	±0,60	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/4	табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.3. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г до 1 кг, стойка С-II	≤ 2,0	табл.
3.4. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,5	табл.
3.5. Изменение показаний микрокатора при нажатии на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, КМД длиной 8–10 мм КТ 3	1/3	

3.1. Определение погрешности 2 ИГП

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,020			r_1 =	Δ_{+20} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,020 – 1,040			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,040 – 1,060			r_3 =	
			$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =			Σr_{+20} =	
0	–20	1	$(L_1 - L_2)$1,060 – 1,040			r_1 =	Δ_{-20} =
		2	$(L_2 - L_3)$1,040 – 1,020			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$1,020 – 1,000			r_3 =	
			$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =			Σr_{-20} =	
0	+40	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,040			r_1 =	Δ_{+40} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,040 – 1,080			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,080 – 1,120			r_3 =	
			$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =			Σr_{+40} =	
0	–40	1	$(L_1 - L_2)$1,120 – 1,080			r_1 =	Δ_{-40} =
		2	$(L_2 - L_3)$1,080 – 1,040			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$1,040 – 1,000			r_3 =	
			$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =			Σr_{-40} =	
0	+60	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,060			r_1 =	Δ_{+60} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,060 – 1,120			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,120 – 1,180			r_3 =	
			$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =			Σr_{+60} =	
0	–60	1	$(L_1 - L_2)$1,180 – 1,120			r_1 =	Δ_{-60} =
		2	$(L_2 - L_3)$1,120 – 1,060			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$1,060 – 1,000			r_3 =	
			$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =			Σr_{-60} =	

Погрешность микрокатора: ____ мкм.

Допускаемое значение: ±0,60 мкм.

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний микрокатора, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+60												
0												
–60												

Допускаемое значение размаха показаний: 1/4 дел.

3.3. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход от –60 до +60 мкм	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
Показания весов, г		
F_{max} = F_{min} =	F_{max} =	($F_{max} - F_{min}$) =

Допускаемые значения:
- измерительного усилия 2,0 Н;
- колебания измерительного усилия 0,5 Н.

Заключение по результатам поверки

Микрокатор типа 2 ИГП № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90.
Поверка проведена по МИ 1813–87.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

ОПТИКАТОРЫ И ИХ ПОВЕРКА

Оптикаторы являются наиболее точными измерительными головками и используются для измерений в производстве подшипников, а также для поверки КМД 3-го и 4-го разрядов, щупов и гладких калибров.

В качестве указателя отсчетного устройства в оптикаторах используется световая метка с черной полосой.

Внешний вид оптикатора представлен на рис. 22.

Пружинные механизмы оптикатора и микрокатора аналогичны, но вместо стрелки в середине пружинной ленты 1 у оптикатора (см. рис. 23) закреплено стеклянное зеркало 2 с размерами 1,5х1,5х0,1 мм с наружным зеркальным покрытием. Отклонение от плоскостности зеркала — не более 0,3 мкм.

На задней крышке 3 сверху закреплен осветитель 4 с источником света 5, конденсором 6, диафрагмой 7 и объективом 8. Положение лампы 5 в осветителе юстируется с помощью трех винтов в корпусе патрона.

Щель диафрагмы имеет прямоугольную форму с нитью, натянутой посередине щели. Освещенное лампой 5 с конденсором 6 изображение щели диафрагмы 7 передается объективом 8 на зеркало 2 и отражается на шкалу 9, выполненную в виде внутреннего конуса. Спроектированная на шкалу световая метка с черной линией посередине является указателем размера.

Перемещение измерительного стержня вызывает поворот зеркала 2 и смещение световой метки по шкале 9.

Точная установка оптикатора на размер производится поворотом шкалы 9 с помощью винта настройки 10. Указатели поля допуска выполнены в виде красной и зеленой прозрачных шторок на пути светового луча, окрашивающих изображение световой метки в соответствующие цвета. Перемещение шторок производится поворотом кнопок 11 на передней панели оптикатора.

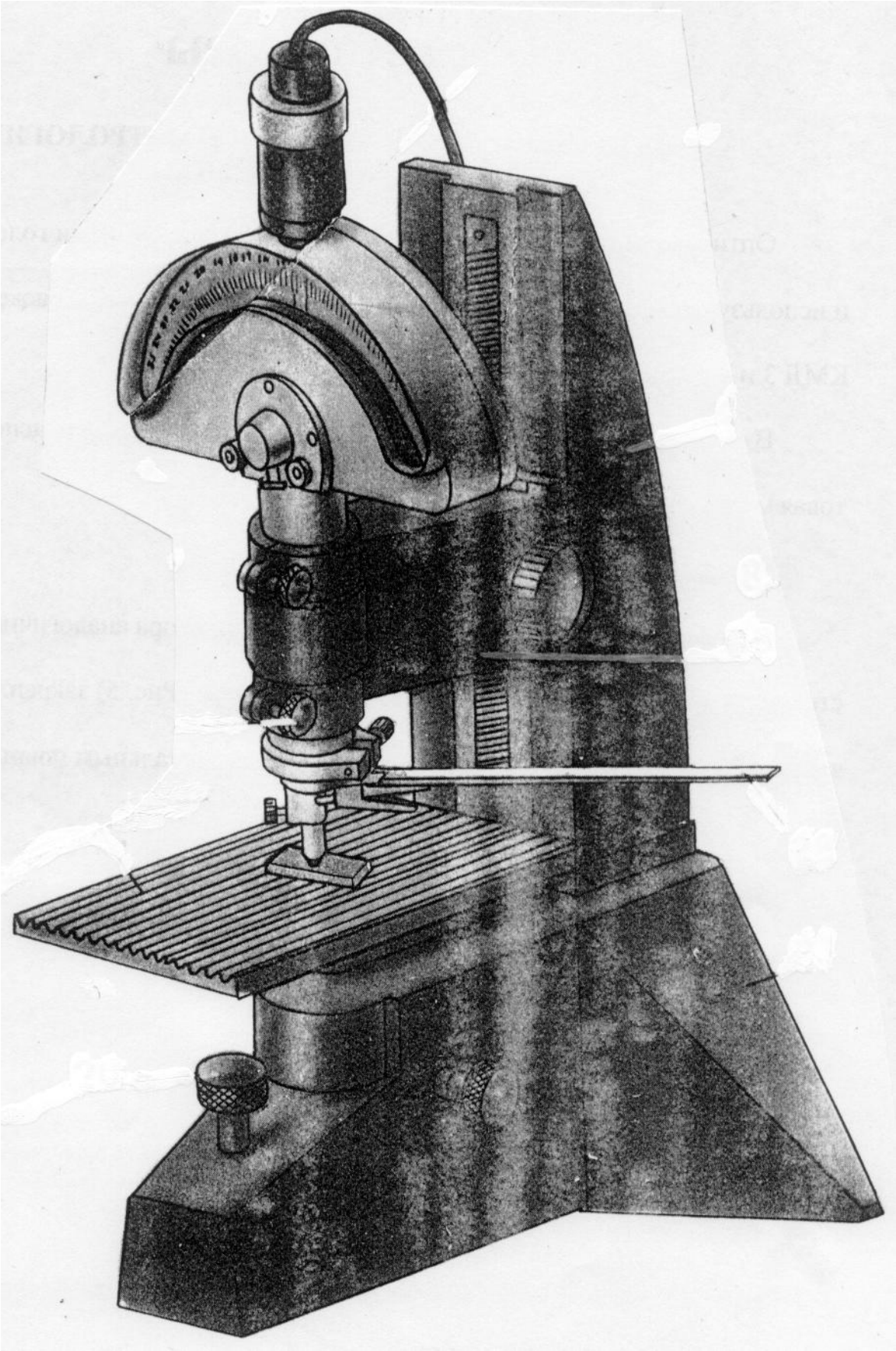


Рис. 22. Внешний вид оптикатора

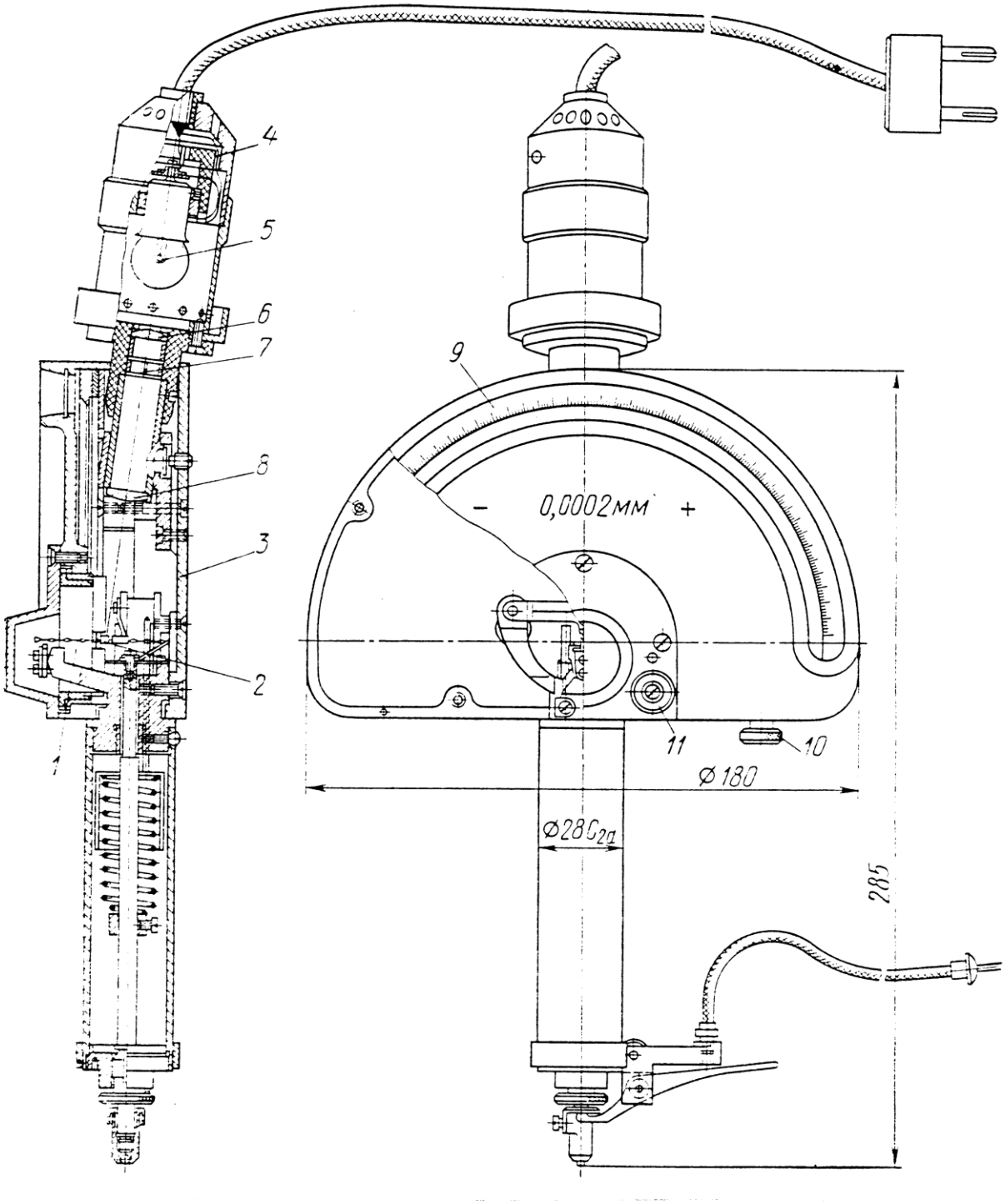


Рис. 23. Конструкция оптикатора

Основные метрологические характеристики оптикаторов типа П, установленные в ГОСТ 28798–90, приведены в табл. 15.

Таблица 15

Основные метрологические характеристики оптикаторов типа П

Наименование характеристики	Модель оптикатора		
	01 П	02 П	05 П
1. Пределы измерения, мкм	±12	±25	±50
2. Цена деления, мкм	0,1	0,2	0,5
3. Проверяемые и дополнительные (указанные в скобках) отметки шкалы, мкм	+12(+2) +5 0 –5 –12(–2)	+25(+5) +10 0 –10 –25(–5)	+50 +20 0 +20 +50
4. Разряд эталонных КМД	2	2	3
5. Число пар КМД	6	3	4
6. Предел допускаемой погрешности, мкм	±0,06	±0,10	±0,15
7. Размах показаний, дел.	1/3		
8. Изменение показаний при нажиме на измерительный стержень ⊥ его оси, дел., с усилием 0,3 Н	1/2	1/2	1/2
9. Измерительное усилие, Н	≤ 1,5		
10. Колебание измерительного усилия, Н	≤ 0,3		≤ 0,5
11. Присоединительный диаметр гильзы, мм	∅ 28		
12. Условия поверки: – температура воздуха, °С – скорость измерения температуры за 0,5 ч, °С, не более – относительная влажность, % – атмосферное давление, кПа	 20 ± 3 ≤0,5 60 ± 20 101,3 ± 4		

Поверка оптикаторов типа П проводится по МИ 1863–88.

Внешние части оптикатора и концевые меры должны быть промыты авиационным бензином, протерты сухой чистой салфеткой и выдержаны на рабочем месте не менее 3 ч.

Указанные работы должны проводиться в помещении с вытяжной вентиляцией или с вытяжным шкафом.

При **внешнем осмотре** нужно проверить комплектность оптикатора (наличие наконечника, арретира, понижающего трансформатора для напряжения 220/8 В, запасной электролампы, передвижных указателей поля допуска, паспорта), отсутствие дефектов на стекле и на наружных поверхностях, препятствующих отсчету показаний, четкость светового пятна и указателя.

При **опробовании** проверяются плавность перемещения измерительного стержня, пределы регулирования нулевой установки, плавность перемещения указателя поля допуска.

При проведении поверки оптикатора определяются:

- наличие дефектов на поверхностях измерительного наконечника;
- измерительное усилие и его колебание;
- изменение показаний головки при нажиме на измерительный стержень перпендикулярно его оси;
- погрешность и размах показаний.

Определение метрологических характеристик

Погрешность оптикатора должна определяться в вертикальном положении наконечником вниз.

Для определения погрешности по эталонным КМД парным методом оптикатор закрепляют в стойку С-I. На ребристый столик с выступающей сферической вставкой следует поместить приспособление для установки и передвижения одной пары КМД. Концевые меры, из которых составляют пары, должны иметь разность размеров, равную значению проверяемой отметки.

При поверке оптикаторов с ценой деления 0,1 мкм на отметках ±12 мкм используют дополнительные отметки ±2 мкм и составляют пары мер с разностью размеров в 10 мкм.

При поверке оптикаторов с ценой деления 0,2 мкм на отметках ±25 мкм используют дополнительные отметки ±5 мкм и составляют пары мер с разностью размеров в 20 мкм.

Пары составляют так, чтобы вторая концевая мера являлась первой для следующей пары.

Под измерительный наконечник оптикатора подводят первую концевую меру и устанавливают стрелку головки на нулевую отметку (или на дополнительную отметку шкалы). После трехкратного арретирования среднее значение из трех отсчетов принимают за исходный отсчет при измерении первой концевой меры. После этого таким же образом проводят отсчет по второй мере. Далее повторяют измерение последующих пар КМД, каждый раз устанавливая стрелку головки на начальное деление по второй мере длины предыдущей пары и снимая отсчет по второй мере своей пары. Результаты измерений заносят в протокол и вычисляют погрешность по формуле

$$\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1},$$

где Δ_i – погрешность головки на проверяемой отметке шкалы, мкм;

L_n и L_1 – действительные размеры (по свидетельству) крайних эталонных концевых мер длины, мм;

r_i – разность показаний головки для каждой пары мер, мкм;

n – число эталонных мер.

Размах показаний определяется на нулевой и двух крайних числовых отметках шкалы одновременно с определением погрешности десятикратным арретированием.

Результаты поверки оформляются протоколами, формы которых приведены в приложениях 12д (для оптикатора с ц.д. 0,1 мкм), 12е (для оптикатора с ц.д. 0,2 мкм), 12ж (для оптикатора с ц.д. 0,5 мкм).

ПРИМЕР
определения погрешности оптикатора типа 05 П
с пределами измерения ±0,050 мм парным методом

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+20	1	$(L_1 - L_2)$1,00 – 1,02	+0,02	+20,15	r_1 = +20,13	$\Delta_{+20} = \frac{80,20 - 80,06}{4} = +0,04$
		2	$(L_2 - L_3)$1,02 – 1,04	+0,03	+19,95	r_2 = +19,92	
		3	$(L_3 - L_4)$1,04 – 1,06	–0,02	+20,12	r_3 = +20,14	
		4	$(L_4 - L_5)$1,06 – 1,08	–0,03	+19,98	r_4 = 20,01	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ = (1,08016 – 1,0001) · 1000 = +80,06						Σr_{+20} = +80,20	
0	–20	1	$(L_1 - L_2)$1,08 – 1,06	0	–20,02	r_1 = –20,02	$\Delta_{-2} = \frac{-80,02 + 80,06}{4} = +0,01$
		2	$(L_2 - L_3)$1,06 – 1,04	+0,02	–20,04	r_2 = –20,06	
		3	$(L_3 - L_4)$1,04 – 1,02	–0,03	–19,97	r_3 = –19,94	
		4	$(L_4 - L_5)$1,02 – 1,00	+0,02	–19,98	r_4 = –20,00	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ = (1,0001 – 1,08016) · 1000 = –80,06						Σr_{-20} = –80,02	
0	+50	1	$(L_1 - L_2)$1,00 – 1,05	0	+50,08	r_1 = +50,08	$\Delta_{+50} = \frac{+200,50 - 200,10}{4} = +0,1$
		2	$(L_2 - L_3)$1,05 – 1,10	–0,03	+50,09	r_2 = +50,12	
		3	$(L_3 - L_4)$1,10 – 1,15	–0,02	+50,12	r_3 = +50,14	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,15 – 1,20	–0,02	+50,14	r_4 = +50,16	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ = (1,2002 – 1,0001) · 1000 = +200,10						Σr_{+50} = +200,50	
0	–50	1	$(L_1 - L_2)$1,20 – 1,15	0	–50,09	r_1 = –50,09	$\Delta_{-50} = \frac{-200,39 + 200,10}{4} = -0,07$
		2	$(L_2 - L_3)$1,15 – 1,10	+0,02	–50,10	r_2 = –50,12	
		3	$(L_3 - L_4)$1,10 – 1,05	+0,03	–50,05	r_3 = –50,08	
		4	$(L_4 - L_5)$1,05 – 1,00	+0,02	–50,08	r_4 = –50,10	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ = (1,0001 – 1,2002) · 1000 = –200,10						Σr_{-50} = –200,39	

Погрешность оптикатора: ±0,10 мкм.
Допускаемое значение: ±0,15 мкм.

Приложение 12д

ПРОТОКОЛ №_____

поверки оптикатора типа **01 П** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ˣ		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 2-го разряда, набор № 25, стойка С-I	±0,06	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/3	табл.
3.3. Изменение показаний оптикатора при нажиме на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, КМД 1,5–3 мм КТ 3	1/2	
3.4. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г, стойка С-II	≤ 1,5	табл.
3.5. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,3	табл.

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний оптикатора, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+12												
0												
–12												

Допускаемое значение размаха показаний: 1/3 дел.

3.4. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход от –12 до +12 мкм	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
Показания весов, г		
F_{max} = F_{min} =	F_{max} =	($F_{max} - F_{min}$) =

Допускаемые значения:
- измерительного усилия 1,5 Н;
- колебания измерительного усилия 0,3 Н.

Заключение по результатам поверки

Оптикатор типа 01 П № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90.
Поверка проведена по МИ 1863–88.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

3.1. Определение погрешности 01 П

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+5	1	$(L_1 - L_2)$ 0,990 –0,995			$r_1 =$	$\Delta_{+5} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 0,995 – 1,000			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,000 – 1,005			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,005 – 1,010			$r_4 =$	
		5	$(L_5 - L_6)$ 1,010 – 1,015			$r_5 =$	
		6	$(L_6 - L_7)$ 1,015 – 1,020			$r_6 =$	
			$(L_7 - L_1) \cdot 1000 =$			$\Sigma r_{+5} =$	
0	–5	1	$(L_1 - L_2)$ 1,020 – 1,015			$r_1 =$	$\Delta_{-5} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,015 – 1,010			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,010 – 1,005			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,005 – 1,000			$r_4 =$	
		5	$(L_5 - L_6)$ 1,000 – 0,995			$r_5 =$	
		6	$(L_6 - L_7)$ 0,995 – 0,990			$r_6 =$	
			$(L_7 - L_1) \cdot 1000 =$			$\Sigma r_{-5} =$	
+2	+12	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,010			$r_1 =$	$\Delta_{+12} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,010 – 1,020			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,030			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,030 – 1,040			$r_4 =$	
		5	$(L_5 - L_6)$ 1,040 – 1,050			$r_5 =$	
		6	$(L_6 - L_7)$ 1,050 – 1,060			$r_6 =$	
			$(L_7 - L_1) \cdot 1000 =$			$\Sigma r_{+12} =$	
-2	–12	1	$(L_1 - L_2)$ 1,060 – 1,050			$r_1 =$	$\Delta_{-12} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,050 – 1,040			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,040 – 1,030			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,030 – 1,020			$r_4 =$	
		5	$(L_5 - L_6)$ 1,020 – 1,010			$r_5 =$	
		6	$(L_6 - L_7)$ 1,010 – 1,000			$r_6 =$	
			$(L_7 - L_1) \cdot 1000 =$			$\Sigma r_{-12} =$	
0	+2	1	$(L_1 - L_2)$ 0,992 – 0,994			$r_1 =$	$\Delta_{+2} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 0,994 – 0,996			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 0,996 – 0,998			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 0,998 – 1,000			$r_4 =$	
		5	$(L_5 - L_6)$ 1,000 – 1,002			$r_5 =$	
		6	$(L_6 - L_7)$ 1,002 – 1,004			$r_6 =$	
			$(L_7 - L_1) \cdot 1000 =$			$\Sigma r_{+2} =$	
0	–2	1	$(L_1 - L_2)$ 1,004 – 1,002			$r_1 =$	$\Delta_{-2} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,002 – 1,000			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,000 – 0,998			$r_3 =$	
		4	$(L_4 - L_5)$ 0,998 – 0,996			$r_4 =$	
		5	$(L_5 - L_6)$ 0,996 – 0,994			$r_5 =$	
		6	$(L_6 - L_7)$ 0,994 – 0,992			$r_6 =$	
			$(L_7 - L_1) \cdot 1000 =$			$\Sigma r_{-2} =$	

Погрешность оптикатора: ____ мкм. Допускаемое значение: ±0,06 мкм.

Приложение 12е

ПРОТОКОЛ №_____ 02 П

поверки оптикатора типа **02 П** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 2-го разряда, набор № 26, стойка С-I	±0,10	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/3	табл.
3.3. Изменение показаний оптикатора при нажиме на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, КМД 1,5–3 мм КТ 3	1/2	
3.4. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г, стойка С-II	≤ 1,5	табл.
3.5. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,3	табл.

3.1. Определение погрешности 02 П

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+10	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,010			r_1 =	Δ_{+10} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,010 – 1,020			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,030			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+10} =	
0	–10	1	$(L_2 - L_3)$ 1,030 – 1,020			r_1 =	Δ_{-10} =
		2	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,010			r_2 =	
		3	$(L_4 - L_5)$ 1,010 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-10} =	
+5	+25	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,020			r_1 =	Δ_{+25} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,020 – 1,040			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,040 – 1,060			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+25} =	
–-5	–25	1	$(L_1 - L_2)$ 1,060 – 1,040			r_1 =	Δ_{-25} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,040 – 1,020			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-25} =	
0	+5	1	$(L_1 - L_2)$ 0,995 – 1,000			r_1 =	Δ_{+5} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,000 – 1,005			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,005 – 1,010			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+5} =	
0	–5	1	$(L_2 - L_3)$ 1,010 – 1,005			r_1 =	Δ_{-5} =
		2	$(L_3 - L_4)$ 1,005 – 1,000			r_2 =	
		3	$(L_4 - L_5)$ 1,000 – 0,995			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-5} =	

Погрешность оптикатора: ____ мкм. Допускаемое значение: ±0,10 мкм.

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний оптикатора, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+25												
0												
–25												

Допускаемое значение размаха показаний: 1/3 дел.

3.4. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход от –25 до +25 мкм	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
Показания весов, г		
F_{max} = F_{min} =	F_{max} =	($F_{max} - F_{min}$) =

Допускаемые значения:
- измерительного усилия 1,5 Н;
- колебания измерительного усилия 0,3 Н.

Заключение по результатам поверки

Оптикатор типа 02 П № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90.
Поверка проведена по МИ 1863–88.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 12ж

ПРОТОКОЛ №_____

поверки оптикатора типа **05 П** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 0,5	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 3-го разряда, набор № 27, стойка С-I	±0,15	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/3	табл.
3.3. Изменение показаний оптикатора при нажиме на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, КМД 1,5–3 мм КТ 3	1/2	
3.4. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г, стойка С-II	≤ 1,5	табл.
3.5. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,5	табл.

3.1. Определение погрешности 05 П

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отмет-ка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,00 – 1,02			r_1 =	Δ_{+20} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,02 – 1,04			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,04 – 1,06			r_3 =	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,06 – 1,08			r_4 =	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+20} =	
0	–20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,08 – 1,06			r_1 =	Δ_{-20} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,06 – 1,04			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,04 – 1,02			r_3 =	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,02 – 1,00			r_4 =	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-20} =	
0	+50	1	$(L_1 - L_2)$ 1,00 – 1,05			r_1 =	Δ_{+50} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,05 – 1,10			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,10 – 1,15			r_3 =	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,15 – 1,20			r_4 =	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+50} =	
0	–50	1	$(L_1 - L_2)$ 1,20 – 1,15			r_1 =	Δ_{-50} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,15 – 1,10			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,10 – 1,05			r_3 =	
		4	$(L_4 - L_5)$ 1,05 – 1,00			r_4 =	
$(L_5 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-50} =	

Погрешность оптикатора: ____ мкм. Допускаемое значение: ±0,15 мкм.

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний оптикатора, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+50												
0												
–50												

Допускаемое значение размаха показаний: 1/3 дел.

3.4. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход от –50 до +50 мкм	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
Показания весов, г		
F_{max} = F_{min} =	F_{max} =	($F_{max} - F_{min}$) =

Допускаемые значения:
- измерительного усилия 1,5 Н;
- колебания измерительного усилия 0,5 Н.

Заключение по результатам поверки

Оптикатор типа 05 П № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90.
Поверка проведена по МИ 1863–88.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

МИКАТОРЫ И ИХ ПОВЕРКА

Микаторы типа ИПМ (рис. 24) – измерительные пружинные малогабаритные головки, имеющие посадочный диаметр 8 мм и шариковые направляющие для измерительного стержня. Все микаторы имеют шкалу ±50 делений.

Микаторы используются в стойках типа С-III и С-IV для поверки гладких и резьбовых калибров.

На рис. 25 показано устройство микатора типа ИПМ.

Измерительный стержень 7 перемещается на шариковых направляющих 8 и имеет свободный ход, защищающий ленту 3 от ударов.

Передний конец ленты 3 имеет крепление 5 с регулировкой натяжения и передаточного отношения, как у микрокатора. Задний конец ленты прикреплен к рычагу 9, подвешенному на плоской пружине. Положение упорного винта 10 при сборке регулируется так, чтобы стрелка 1 при крайнем нижнем положении измерительного стержня выходила за последнее левое деление шкалы, но оставалась в поле зрения. Верхнее положение рычага 9 ограничивается регулируемым эксцентриком, который устанавливается так, чтобы стрелка выходила за крайнее правое деление шкалы, но оставалась в поле зрения.

Для уменьшения времени успокоения стрелки используется демпфер 2.

Точная установка микатора на размер производится за счет деформации кронштейна 4 при повороте винта 6. Головка имеет переставные указатели поля допуска 11.

Основные метрологические характеристики микаторов, установленные в ГОСТ 28798–90, приведены в табл. 16.

Таблица 16

Основные метрологические характеристики микаторов

Наименование характеристики	Модель микатора			
	02 ИПМ	05 ИПМ	1 ИПМ	2 ИПМ
1. Пределы измерения, мкм	±10	±25	±50	±100
2. Цена деления, мкм	0,2	0,5	1	2
3. Проверяемые и дополнительные (указанные в скобках) отметки шкалы, мкм	+10 +6(+4) +4 0 –4 –6(–4) –10	+25(+20) +15(+10) +10 0 –10 –15(–10) –25(–20)	+50 +30 +20 +10 0 –10 –20 –30 –50	+100 +60 +40 +20 0 –20 –40 –60 –100
4. Разряд эталонных КМД	2	2	3	4
5. Число пар КМД	4/2*	3/2*	3	3/2*
6. Предел допускаемой погрешности, мкм	±0,15	±0,25	±0,50	±0,10
7. Размах показаний, дел.	1/2	1/4		
8. Вариация показаний, дел.	1/3			
9. Изменение показаний при нажиме на измерительный стержень ⊥ его оси, дел., с усилием: • 0,3 Н • 0,5 Н	 1 –	 – 1/2	 – 1/3	 – 1/3
10. Измерительное усилие, Н	≤ 1,0	≤ 1,5		
11. Колебание измерительного усилия, Н	≤ 0,25	≤ 0,3		
12. Присоединительный диаметр гильзы, мм	8			
13. Условия поверки: – температура воздуха, °С	20 ± 3			
– скорость измерения температуры за 0,5 ч, °С, не более	≤0,2	≤0,5		
– атмосферное давление, кПа	101,3 ± 4			

* В знаменателе указано число пар КМД в крайних точках шкалы.

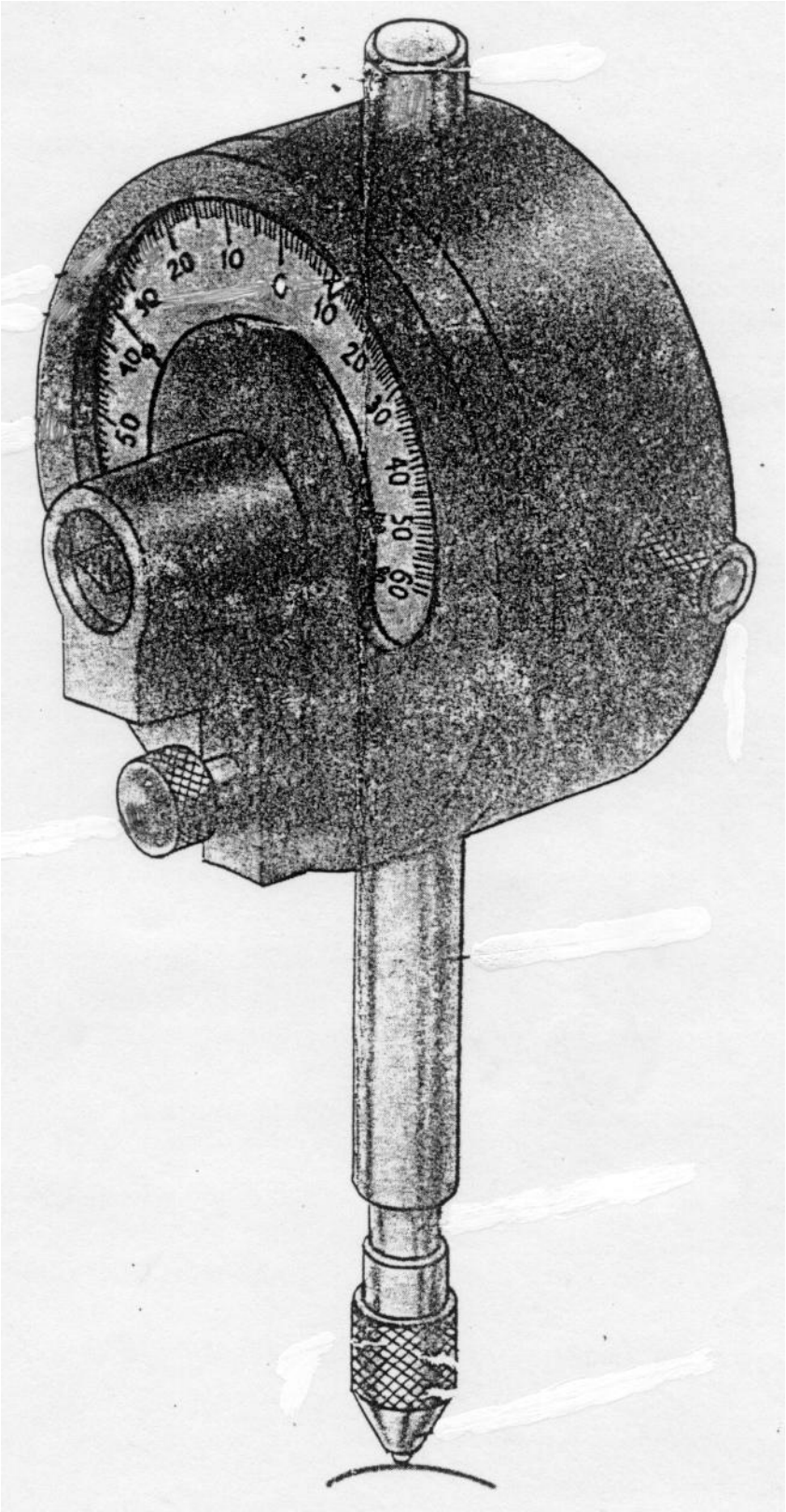


Рис. 24. Внешний вид микатора

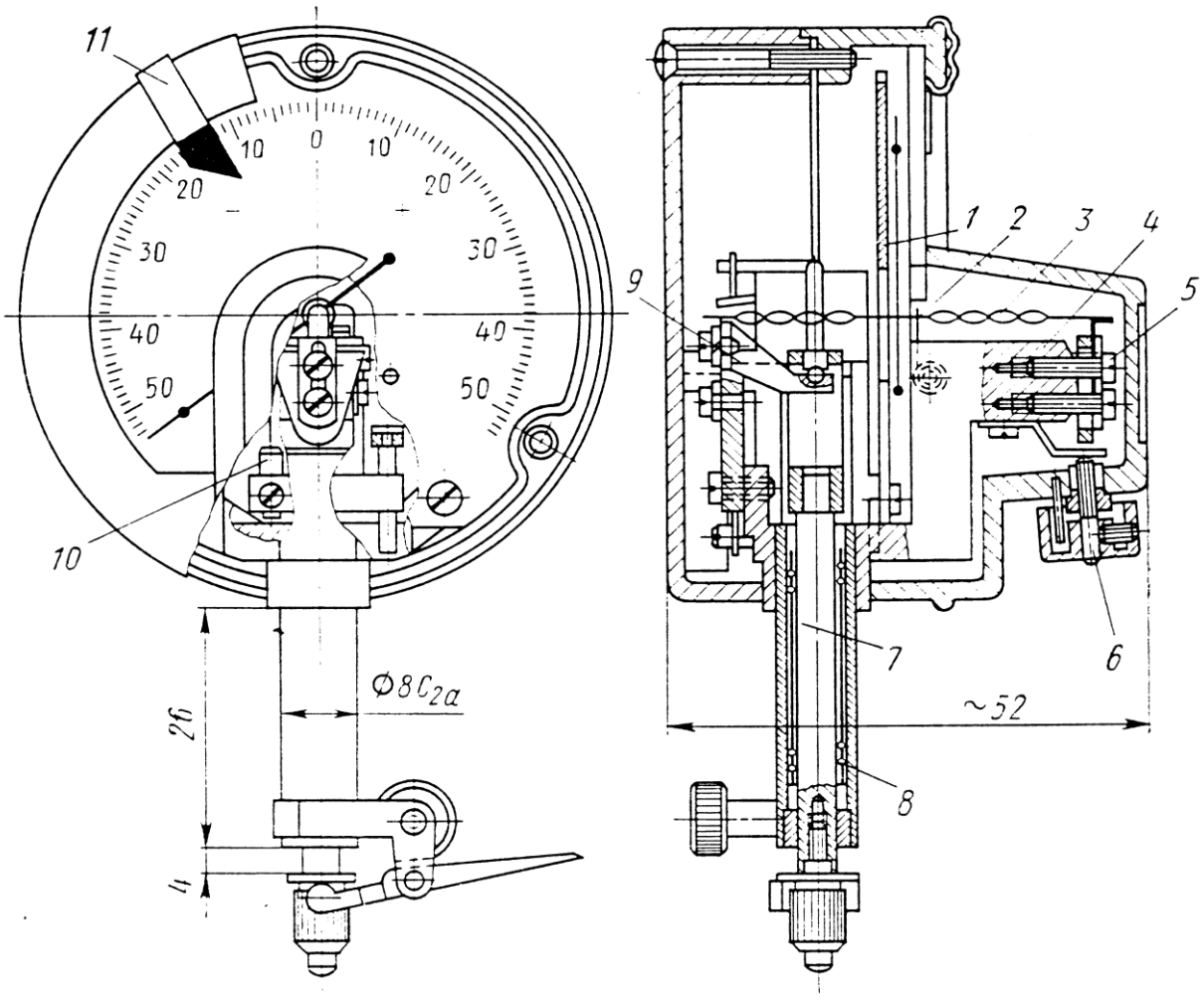


Рис. 25. Конструкция микатора

Поверка микаторов типа ИПМ проводится по МИ 1790–87.

Внешние части микаторов и концевые меры должны быть промыты авиационным бензином, протерты сухой чистой салфеткой и выдержаны на рабочем месте не менее 3 ч.

Указанные работы должны проводиться в помещении с вытяжной вентиляцией или с вытяжным шкафом. При этом нельзя пользоваться открытым огнем и электробытовыми приборами.

При **внешнем осмотре** нужно проверить комплектность микаторов (наличие наконечника, арретира, передвижных указателей поля допуска, паспорта), отсутствие дефектов на стекле и на наружных поверхностях, препятствующих отсчету показаний.

При **опробовании** нужно проверить плавность перемещения стрелки по всей шкале, высоту ее расположения над шкалой по параллаксу (не более 1 деления) и пределы регулирования нулевой установки.

Определение метрологических характеристик

При поверке микаторов определяются погрешность, размах и вариация показаний, изменение показаний головки при нажиме на измерительный стержень перпендикулярно его оси, проверяется измерительный наконечник на наличие дефектов на его измерительных поверхностях.

У микаторов с ценой деления 0,2 мкм погрешность должна определяться в вертикальном положении наконечником вниз, а с ценой деления 0,5; 1 и 2 мкм – в вертикальном положении наконечником вниз и в горизонтальном положении шкалой вверх.

Для определения **погрешности** микаторов с ценой деления 0,2 и 0,5 мкм используются КМД 2-го разряда, а с ценой деления 1 и 2 мкм – КМД соответственно 3-го и 4-го разряда. Для определения погрешности микаторов с ценой деления 0,2 и 0,5 мкм может быть использован также интерферометр ИДГ-1.

Для определения погрешности по эталонным КМД парным методом микатор с ценой деления 0,2 и 0,5 мкм закрепляют в стойку С-I, а с ценой деления 1 и 2 мкм – в стойку С-II. На ребристый столик с выступающей сферической вставкой следует поместить приспособление для установки и передвижения одной пары концевых мер длины. Концевые меры, из которых составляют пары, должны иметь разность размеров, равную значению проверяемой отметки.

При поверке микаторов с ценой деления 0,2 мкм на отметках ±6 мкм используют дополнительные отметки ±4 мкм и составляют пары мер с разностью размеров в 2 мкм.

При поверке микаторов с ценой деления 0,5 мкм на отметках ±15 и ±25 мкм используют отметки ±10 мкм и дополнительно проверенные отметки ±20 мкм и составляют пары мер с разностью размеров в 5 мкм.

Пары составляют так, чтобы вторая концевая мера являлась первой для следующей пары.

Под измерительный наконечник микатора подводят первую концевую меру и устанавливают стрелку головки на нулевую отметку (или на дополнительную отметку шкалы). После трехкратного арретирования среднее значение из трех отсчетов принимают за исходный отсчет при измерении первой концевой меры. После этого таким же образом проводят отсчет по второй мере. Далее повторяют измерение последующих пар концевых мер длины, каждый раз устанавливая стрелку головки на начальное деление по второй мере длины предыдущей пары и снимая отсчет по второй мере своей пары.

Результаты измерений заносят в протокол и вычисляют погрешность по формуле

$$\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1) \cdot 1000}{n-1},$$

где Δ_i – погрешность микатора на проверяемой отметке шкалы, мкм;

L_n и L_1 – действительные размеры (по свидетельству) крайних эталонных концевых мер длины, мм;

r_i – разность показаний микатора для каждой пары мер, мкм;

n – число эталонных мер.

Так же определяют погрешность микатора в горизонтальном положении, устанавливая те же меры между измерительными наконечниками микатора и пиноли установки.

Размах показаний определяется десятикратным арретированием на нулевой и двух крайних числовых отметках шкалы в тех же положениях микатора, что и при определении погрешности.

Вариацию показаний определяют на нулевой и двух отметках шкалы, отстоящих от концов шкалы на 10 делений в тех же положениях микатора, что и при определении погрешности.

Для определения вариации показаний микатора используют интерферометр ИДГ или установки, рекомендуемые МИ 1790–87.

После ремонта микаторов проверяются измерительное усилие и его колебание, а также общий ход измерительного стержня.

Измерительное усилие и его колебание определяются при помощи весов для статического взвешивания так же, как и у всех измерительных головок.

Общий ход измерительного стержня микаторов проверяют, используя КМД. Микатор закрепляют в стойке С-II, устанавливают стрелку на начальное показание шкалы, поднимают арретиром измерительный стержень и определяют возможность введения меры длиной 0,5 мм (02 ИПМ) и 2,5 мм (05 ИПМ, 1 ИПМ и 2 ИПМ). Меры должны свободно проходить между наконечником микатора и столиком стойки.

Результаты поверки оформляются протоколами, формы которых приведены в приложениях 12з (для микатора с ц.д. 0,2 мкм), 12и (для микаторов с ц.д. 0,5 мкм), 12к (для микаторов с ц.д. 1 мкм) и 12л (для микаторов с ц.д. 2 мкм).

Приложение 12з

ПРОТОКОЛ №_____

поверки микатора типа **02 ИПМ** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование	Стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8		
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 1,0	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 2-го разряда (набор № 25), стойка С-I, интерферометр ИДГ-1	±0,15	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/3	табл.
3.3. Вариация показаний, дел.	Оптикатор 01 П, ИДГ-1	1/3	табл.
3.4. Изменение показаний микатора при нажатии на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8	1	
МХ определяемые после ремонта			
3.5. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г до 2 кг, стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8	≤ 1,0	табл.
3.6. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,25	табл.
3.7.Общий ход измерительного стержня, мм	Стойка С-II, КМД КТ 3 длиной 0,5 мм, кронштейн с ∅ 8Н8	≤ 0,5	

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний головки, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+10												
0												
–10												

Допускаемое значение размаха показаний: 1/2 дел.

3.3. Определение вариации показаний

Отметки шкалы, мкм	№ отсчета	Показания эталона, дел.		Разность показаний, мкм, $y_i = x_i - z_i$	Вариация показаний, мкм	
		Прямой ход x_i	Обратный ход z_i		в проверяемой точке	на всем диапазоне
+8	1			y_1	$V_I = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	V_{max} =
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
0	1			y_1	$V_2 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
–8	1			y_1	$V_3 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		

Наибольшее значение вариации показаний: ____ дел. Допускаемое значение вариации показаний: 1/3 дел.

3.5. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход	Обратный ход	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
от –10 до +10 дел.	от +10 до –10 дел.	F_{max} =	($F_{max} - F_{min}$) =
Показания весов, г			
F_{max} =	F_{min} =		

Допускаемые значения: измерительного усилия 1,0 Н; колебания измерительного усилия 0,25 Н.

3.1. Определение погрешности 02 ИПМ

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n - 1}$
0	+4	1	($L_1 - L_2$) 0,992 – 0,996			r_1 =	Δ_{+4} =
		2	($L_2 - L_3$) 0,996 – 1,000			r_2 =	
		3	($L_3 - L_4$) 1,000 – 1,004			r_3 =	
		4	($L_4 - L_5$) 1,004 – 1,008			r_4 =	
($L_5 - L_1$) · 1000 =						Σr_{+4} =	
0	–4	1	($L_1 - L_2$) 1,008 – 1,004			r_1 =	Δ_{-4} =
		2	($L_2 - L_3$) 1,004 – 1,000			r_2 =	
		3	($L_3 - L_4$) 1,000 – 0,996			r_3 =	
		4	($L_4 - L_5$) 0,996 – 0,992			r_4 =	
($L_5 - L_1$) · 1000 =						Σr_{-4} =	
+4	+6	1	($L_1 - L_2$) 1,000 – 1,002			r_1 =	Δ_{+6} =
		2	($L_2 - L_3$) 1,002 – 1,004			r_2 =	
		3	($L_3 - L_4$) 1,004 – 1,006			r_3 =	
		4	($L_4 - L_5$) 1,006 – 1,008			r_4 =	
($L_5 - L_1$) · 1000 =						Σr_{+6} =	
–4	–6	1	($L_1 - L_2$) 1,008 – 1,006			r_1 =	Δ_{-6} =
		2	($L_2 - L_3$) 1,006 – 1,004			r_2 =	
		3	($L_3 - L_4$) 1,004 – 1,002			r_3 =	
		4	($L_4 - L_5$) 1,002 – 1,000			r_4 =	
($L_5 - L_1$) · 1000 =						Σr_{-6} =	
0	+10	1	($L_1 - L_2$) 1,00 – 1,01			r_1 =	Δ_{+10} =
		2	($L_2 - L_3$) 1,01 – 1,02			r_2 =	
($L_3 - L_1$) · 1000 =						Σr_{+10}=	
0	–10	1	($L_1 - L_2$) 1,02 – 1,01			r_1 =	Δ_{-10} =
		2	($L_2 - L_3$) 1,01 – 1,00			r_2 =	
($L_3 - L_1$) · 1000 =						Σr_{-10} =	

Погрешность микатора: ____ мкм.
Допускаемое значение: ±0,15 мкм.

Заключение по результатам поверки

Микатор типа 02 ИПМ № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90.
Поверка проведена по МИ 17903–87.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 12и

ПРОТОКОЛ №_____

поверки микатора типа **05 ИПМ** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование	Стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8		
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤ 1,0	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 2-го разряда (набор № 25), стойка С-I, интерферометр ИДГ-1	±0,25	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/4	табл.
3.3. Вариация показаний, дел.	оптикатор 01 П, ИДГ-1	1/3	табл.
3.4. Изменение показаний микатора при нажатии на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8	1/2	
МХ, определяемые после ремонта			
3.5. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г до 2 кг, стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8	≤ 1,5	табл.
3.6. Колебание измерительного усилия, Н		≤ 0,3	табл.
3.7.Общий ход измерительного стержня, мм	Стойка С-II, КМД КТЗ длиной 2,5 мм, кронштейн с ∅ 8Н8	≤ 2,5	

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний головки, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+25												
0												
–25												

Допускаемое значение размаха показаний: 1/4 дел.

3.3. Определение вариации показаний

Отметки шкалы, мкм	№ отсчета	Показания эталона, дел.		Разность показаний, мкм $y_i = x_i - z_i$	Вариация показаний, мкм	
		Прямой ход x_i	Обратный ход z_i		в проверяемой точке	на всем диапазоне
+ 20	1			y_1	$V_1 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	V_{max} =
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
0	1			y_1	$V_2 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
–20	1			y_1	$V_3 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		

Наибольшее значение вариации показаний: ___ дел. Допускаемое значение вариации показаний: 1/3 дел.

3.5. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход	Обратный ход	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
от –25 до +25 мкм	от +25 до –25 мкм	F_{max} =	($F_{max} - F_{min}$) =
Показания весов, г			
F_{max} =	F_{min} =		

Допускаемые значения: измерительного усилия 1,5 Н; колебания измерительного усилия 0,3 Н.

3.1. Определение погрешности 05 ИПМ

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n - 1}$
0	+10	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,010			r_1 =	Δ_{+10} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,010 – 1,020			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,030			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+10} =	
0	–10	1	$(L_1 - L_2)$ 1,030 – 1,020			r_1 =	Δ_{-10} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,020 – 1,010			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,010 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-10} =	
+10	+15	1	$(L_1 - L_2)$ 0,990 – 0,995			r_1 =	Δ_{+15} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 0,995 – 1,000			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,000 – 1,005			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+15} =	
–10	–15	1	$(L_1 - L_2)$ 1,005 – 1,000			r_1 =	Δ_{-15} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,000 – 0,995			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 0,995 – 0,990			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-15} =	
0	+20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,00 – 1,02			r_1 =	Δ_{+20} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,02 – 1,04			r_2 =	
$(L_3 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+20} =	
0	–20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,04 – 1,02			r_1 =	Δ_{-20} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,02 – 1,00			r_2 =	
$(L_3 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-20} =	
+20	+25	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,005			r_1 =	Δ_{+25} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,005 – 1,010			r_2 =	
$(L_3 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+25} =	
–20	–25	1	$(L_1 - L_2)$ 1,010 – 1,005			r_1 =	Δ_{-25} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,005 – 1,000			r_2 =	
$(L_3 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-25} =	

Погрешность микатора: ____ мкм.
Допускаемое значение: ±0,25 мкм.

Заключение по результатам поверки

Микатор типа 05 ИПМ № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90.
Поверка проведена по МИ 17903–87.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 12к

ПРОТОКОЛ №_____

поверки микатора типа **1 ИПМ** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование	Стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8		
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤1,0	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ˣ		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 3-го разряда (набор № 25), стойка С-I, интерферометр ИДГ-1	±0,50	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/4	табл.
3.3. Вариация показаний, дел.	Оптикатор 05 П	1/3	табл.
3.4. Изменение показаний микатора при нажатии на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8	1/3	
МХ, определяемые после ремонта			
3.5. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г до 2 кг, стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8	≤1,5	табл.
3.6. Колебание измерительного усилия, Н		≤0,3	табл.
3.7.Общий ход измерительного стержня, мм	Стойка С-II, КМД КТ 3 длиной 2,5 мм, кронштейн с ∅ 8Н8	≤2,5	

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний головки, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+50												
0												
–50												

Допускаемое значение размаха показаний: 1/4 дел.

3.3. Определение вариации показаний

Отметки шкалы, мкм	№ отсчета	Показания эталона, дел.		Разность показаний, мкм, $y_i = x_i - z_i$	Вариация показаний, мкм	
		Прямой ход x_i	Обратный ход z_i		в проверяемой точке	на всем диапазоне
+40	1			y_1	$V_1 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	$V_{max} =$
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
0	1			y_1	$V_2 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
–40	1			y_1	$V_3 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		

Наибольшее значение вариации показаний: ___ дел. Допускаемое значение вариации показаний: 1/3 дел.

3.5. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход	Обратный ход	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
от –50 до +50 мкм	от +50 до –50 мкм	F_{max} =	$(F_{max} - F_{min})$ =
Показания весов, г			
F_{max} =	F_{min} =		

Допускаемые значения: измерительного усилия 1,5 Н; колебания измерительного усилия 0,3 Н.

3.1. Определение погрешности 1 ИПМ

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n - 1}$
0	+10	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,010			r_1 =	Δ_{+10} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,010 – 1,020			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,030			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+10} =	
0	–10	1	$(L_2 - L_3)$ 1,030 – 1,020			r_1 =	Δ_{-10} =
		2	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,010			r_2 =	
		3	$(L_4 - L_5)$ 1,010 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-10} =	
0	+20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,020			r_1 =	Δ_{+20} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,020 – 1,040			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,040 – 1,060			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+20} =	
0	–20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,060 – 1,040			r_1 =	Δ_{-20} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,040 – 1,020			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-20} =	
0	+30	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,030			r_1 =	Δ_{+30} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,030 – 1,060			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,060 – 1,090			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+30} =	
0	–30	1	$(L_1 - L_2)$ 1,090 – 1,060			r_1 =	Δ_{-30} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,060 – 1,030			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,030 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-30} =	
0	+50	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,030			r_1 =	Δ_{+50} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,030 – 1,060			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,060 – 1,090			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{+50} =	
0	–50	1	$(L_1 - L_2)$ 1,090 – 1,060			r_1 =	Δ_{-50} =
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,060 – 1,030			r_2 =	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,030 – 1,000			r_3 =	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000$ =						Σr_{-50} =	

Погрешность микатора: ____ мкм.
Допускаемое значение: ±0,50 мкм.

Заключение по результатам поверки

Микатор типа 1 ИПМ № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90.
Поверка проведена по МИ 17903–87.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 12л

ПРОТОКОЛ №_____

поверки микатора типа **2 ИПМ** ____№_____ t = _____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр			
2. Опробование	Стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8		
2.1. Высота стрелки над шкалой, дел.	Визуально	≤1,0	
2.2. Проверка измерительного наконечника	Лупа 2,5 ×		
3. Определение метрологических характеристик			
3.1. Погрешность, мкм	КМД 3-го разряда (набор № 25), стойка С-I, интерферометр ИДГ-1	±1,0	табл.
3.2. Размах показаний, дел.		1/4	табл.
3.3. Вариация показаний, дел.	Оптикатор 05 П	1/3	табл.
3.4. Изменение показаний микатора при нажатии на измерительный стержень ⊥ его оси, дел.	Граммометр, стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8	1/3	
МХ, определяемые после ремонта			
3.5. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 2 г до 2 кг, стойка С-II, кронштейн с ∅ 8Н8	≤1,5	табл.
3.6. Колебание измерительного усилия, Н		≤0,3	табл.
3.7.Общий ход измерительного стержня, мм	Стойка С-II, КМД КТ 3 длиной 2,5 мм, кронштейн с ∅ 8Н8	≤2,5	

3.2. Определение размаха показаний

Отметки шкалы, мкм	Отклонение показаний головки, дел.										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, дел.	Размах показаний, дел.
	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		
+100												
0												
–100												

Допускаемое значение размаха показаний: 1/4 дел.

3.3. Определение вариации показаний

Отметки шкалы, мкм	№ отсчета	Показания эталона, дел.		Разность показаний, мкм, $y_i = x_i - z_i$	Вариация показаний, мкм	
		Прямой ход x_i	Обратный ход z_i		в проверяемой точке	на всем диапазоне
+80	1			y_1	$V_I = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	V_{max} =
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
0	1			y_1	$V_2 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		
–80	1			y_1	$V_3 = \frac{\Sigma y_i}{5} =$	
	2			y_2		
	3			y_3		
	4			y_4		
	5			y_5		

Наибольшее значение вариации показаний: ___ дел. Допускаемое значение вариации показаний: 1/3 дел.

3.5. Определение измерительного усилия и его колебания

Прямой ход	Обратный ход	Наибольшее измерительное усилие, Н	Колебание измерительного усилия, Н
от –100 до +100 мкм	от +100 до –100 мкм	F_{max} =	($F_{max} - F_{min}$) =
Показания весов, г			
F_{max} =	F_{min} =		

Допускаемые значения: измерительного усилия 1,5 Н; колебания измерительного усилия 0,3 Н.

3.1. Определение погрешности 2 ИПМ

Начальная настройка, мкм	Проверяемая отметка шкалы, мкм	Номер пары КМД	Номинальная длина КМД по парам, мм	Отсчет по первой мере, мкм, X_1	Отсчет по второй мере, мкм, X_2	Разность отсчетов, мкм, $r_i = X_2 - X_1$	Погрешность на проверяемой отметке шкалы, мкм, $\Delta_i = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1)\cdot 1000}{n-1}$
0	+20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,020			$r_1 =$	$\Delta_{+20} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,020 – 1,040			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,040 – 1,060			$r_3 =$	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{+20} =$	
0	–20	1	$(L_1 - L_2)$ 1,060 – 1,040			$r_1 =$	$\Delta_{-20} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,040 – 1,020			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,020 – 1,000			$r_3 =$	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{-20} =$	
0	+40	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,040			$r_1 =$	$\Delta_{+40} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,040 – 1,080			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,080 – 1,120			$r_3 =$	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{+40} =$	
0	–40	1	$(L_1 - L_2)$ 1,120 – 1,080			$r_1 =$	$\Delta_{-40} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,080 – 1,040			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,040 – 1,000			$r_3 =$	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{-40} =$	
0	+60	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,060			$r_1 =$	$\Delta_{+60} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,060 – 1,120			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,120 – 1,180			$r_3 =$	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{+60} =$	
0	–60	1	$(L_1 - L_2)$ 1,180 – 1,120			$r_1 =$	$\Delta_{-60} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,120 – 1,060			$r_2 =$	
		3	$(L_3 - L_4)$ 1,060 – 1,000			$r_3 =$	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{-60} =$	
0	+100	1	$(L_1 - L_2)$ 1,000 – 1,100			$r_1 =$	$\Delta_{+100} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,100 – 1,200			$r_2 =$	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{+100} =$	
0	–100	1	$(L_1 - L_2)$ 1,200 – 1,100			$r_1 =$	$\Delta_{-100} =$
		2	$(L_2 - L_3)$ 1,100 – 1,000			$r_2 =$	
$(L_4 - L_1) \cdot 1000 =$						$\Sigma r_{-100} =$	

Погрешность микатора: ____ мкм.

Допускаемое значение: ±1,0 мкм.

Заключение по результатам поверки

Микатор типа 2 ИПМ № ____ соответствует требованиям ГОСТ 28798–90.
Поверка проведена по МИ 17903–87.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

НУТРОМЕРЫ

Средства и методы измерений внутренних размеров имеют определенные особенности.

При измерении наружных размеров прибор находится вне детали и оснащен в большинстве случаев плоскими измерительными плоскостями, самоустанавливающимися относительно детали.

При измерении внутренних размеров прибор или его измерительные наконечники должны быть внутри измеряемой детали, что приводит к усложнению конструкции средств измерений. Вводится дополнительный механизм для передачи перемещения измерительных наконечников в диаметральной плоскости к отсчетному устройству, располагаемому в удобном для наблюдения месте.

Средства измерения внутренних размеров разделяются на накладные (нутромеры) и станковые.

Нутромеры – приборы, устанавливаемые внутри измеряемой детали, при этом линию измерения с диаметром отверстия совмещают вручную.

Станковыми называются приборы, у которых деталь устанавливается на столике, снабженном механизмами для точного совмещения линии измерения с диаметром отверстия измеряемой детали. К станковым приборам относятся горизонтальные оптиметры и интерферометры, измерительные машины и др.

В зависимости от конструкции нутромеры делятся на микрометрические и индикаторные.

В микрометрических нутромерах используется перемещение измерительных наконечников с помощью узла винт-гайка, а отсчет осуществляется по барабану и стеблю микровинта. Такие нутромеры имеют невысокую точность, их диапазон измерения от 50 до 6000 мм, но используются они в основном при измерении больших размеров свыше 1000 мм.

В индикаторных нутромерах перемещение измерительного наконечника передается под углом 90° через рычаг на измерительную головку. Отсчет производится по ее шкале методом сравнения с номинальным настроечным размером.

ИНДИКАТОРНЫЕ НУТРОМЕРЫ И ИХ ПОВЕРКА

Индикаторные нутромеры подразделяются в заисимости от моделей используемых в них измерительных головок.

Нутромеры, имеющие измерительные головки с ценой деления 0,01 мм, нормируются по ГОСТ 868–82 (см. табл. 17) двумя классами точности (1-й и 2-й). Их диапазон измерения от 6–10 мм (НИ-10) до 700–1000 мм (НИ-1000) в зависимости от типа.

Нутромеры, имеющие измерительные головки с ценой деления 0,001 и 0,002 мм, нормируются по ГОСТ 9244–75 (см. табл. 18). Их диапазон измерения от 3–6 мм (мод. 103) до 160–260 мм (мод. 156).

ИНДИКАТОРНЫЕ НУТРОМЕРЫ С ЦЕНОЙ ДЕЛЕНИЯ 0,01 ММ И ИХ ПОВЕРКА

Индикаторные нутромеры являются приборами для измерения методом сравнения внутренних размеров между плоскостями, диаметров отверстий, а также отклонений формы отверстий в поперечном и продольном направлениях.

Индикаторный нутромер выполнен по двухточечной схеме измерения, при которой одна точка находится на неподвижном стержне, а вторая на подвижном измерительном наконечнике.

Конструкция и принципиальная схема нутромера с угловым рычагом показана на рис. 26 и 27а. В корпус 10 ввернут регулируемый неподвижный измерительный стержень 13, имеющий сферическую поверхность и закрепляемый после установки на размер контргайкой 12. В направляющей с другой стороны корпуса помещен измерительный стержень 1, перемещение которого через рычаг 3, вращающийся на оси, и переходной шток 4 передается наконечнику 9 измерительной головки 7.

Измерительные контакты рычага 3 образуются запрессованными в него шариками 11. Измерительное усилие создается совместным действием измерительной головки и пружины 5. Измерительная головка 7 жестко крепится за гильзу 6 в корпусе нутромера винтом 8.

Индикаторный нутромер имеет центрирующий мостик 15 (см. рис. 27б), облегчающий совмещение линии измерения с диаметром в плоскости, перпендикулярной к оси отверстия. Центрирующий мостик 15 расположен перпендикулярно к ней и симметрично по отношению к линии измерения. В отверстие корпуса нутромера вставлены направляющие стержни 18 центрирующего мостика. Действием пружины 17 мостик в свободном состоянии выдвигается вперед до упора в ограничитель 16. При введении нутромера в контролируемое отверстие кольца 14 центрирующий мостик, прижатый пружинами к поверхности отверстия, устанавливает линию измерения в плоскости осевого сечения.

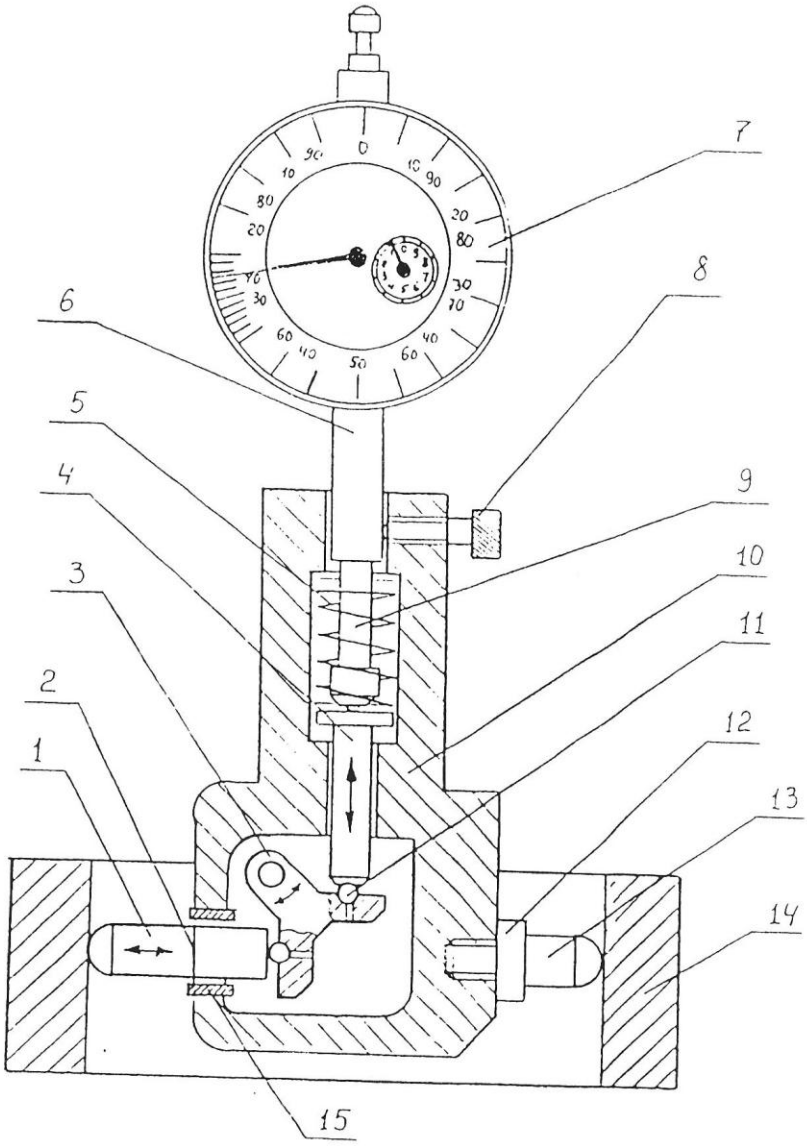


Рис. 26. Конструкция индикаторного нутромера

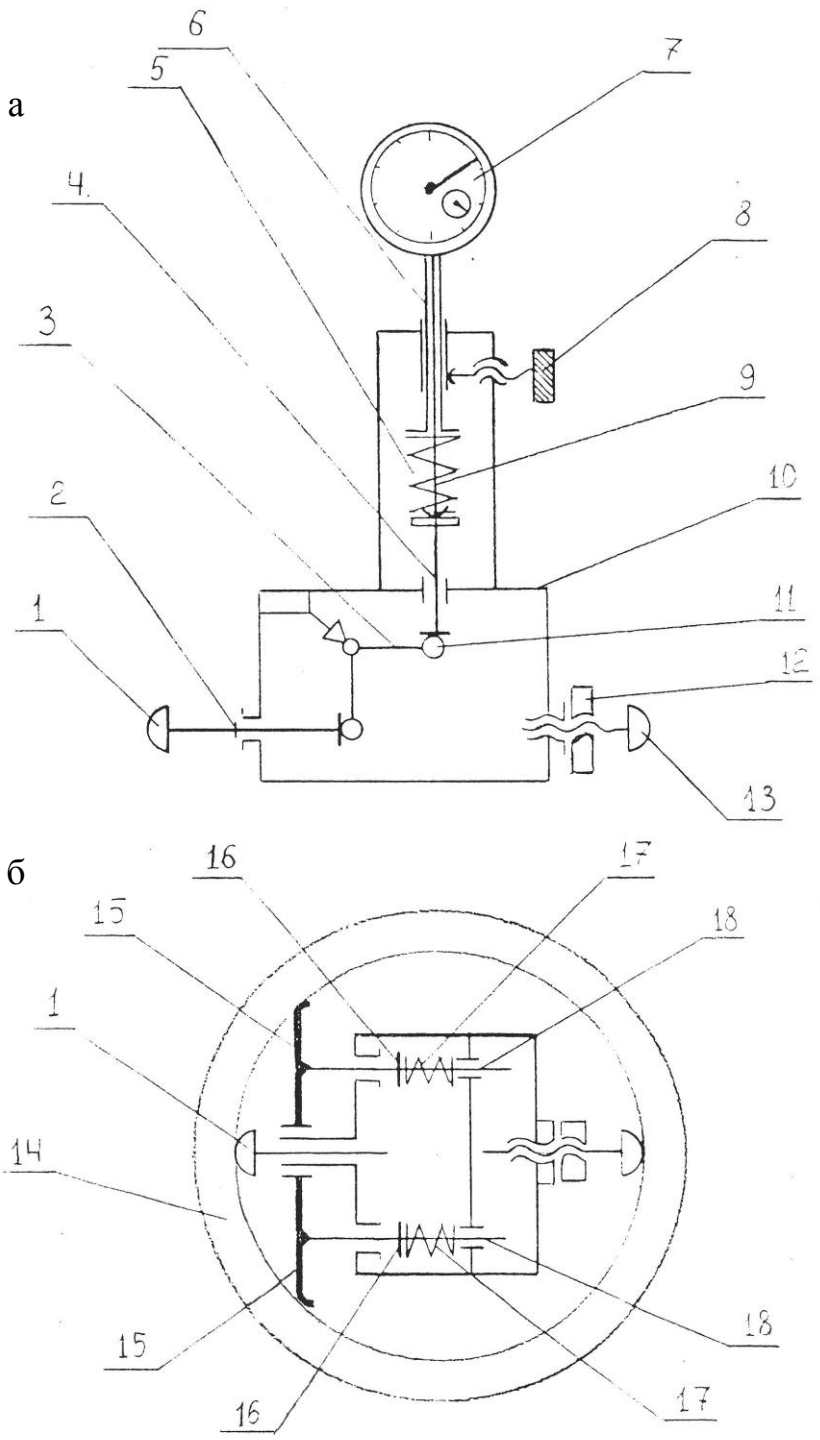


Рис. 27. Принципиальная схема индикаторного нутромера

Описанная конструкция применена в нутромерах на диапазон измерений 18–50, 50–100, 100–160, 160–250, 250–450 мм.

Нутромеры с диапазонами измерения 6–10, 10–18 мм имеют клиновую передачу от измерительного стержня 1 к штоку 4 (рис. 28).

Центровочный мостик 2 конструктивно выполнен в виде плоской упругой пружины с отверстием для измерительного стержня 1. Пределы перемещения измерительного стрежня ограничиваются шрифтом 3.

Нутромер НИ-50 (рис. 29) имеет оригинальный центрирующий мостик, состоящий из скобы 1 с установленными на ее боковых сторонах роликами 3, вращающимися на осях 4, закрепленных в скобе. Стакан 6 с расположенной в нем пружиной отжимает скобу 1 таким образом, что она, проворачиваясь на оси 5, обеспечивает через ролики совмещение линии измерения с диаметром отверстия при нормированном усилии центрирующего мостика.

В корпусе 7 ввинчивается подвижный измерительный наконечник 2. а с другой стороны через переходной удлинитель 8 ввинчивается неподвижный измерительный стержень 9.

В этой конструкции нутромеров с неподвижными сменными стержнями (см. рис. 29) регулировка положения сменного измерительного стержня 9 обеспечивается подбором шайб 10, позволяющих производить установку прибора через 0,5 мм по образцовому кольцу.

Конструкция нутромеров с диапазоном измерения 450–700 мм и 700–1000 мм показана на рис. 30. Корпус нутромера 6 представляет собой скобу. С одной стороны в нее ввинчен неподвижный измерительный наконечник 8. С другой стороны в корпусе с направляющей 1 помещен измерительный стержень 2, перемещение которого напрямую передается через переходной шток на наконечник 5 измерительной головки 7. На той же стороне скобы расположен съемный центрирующий мостик 4, касающийся кольца 3.

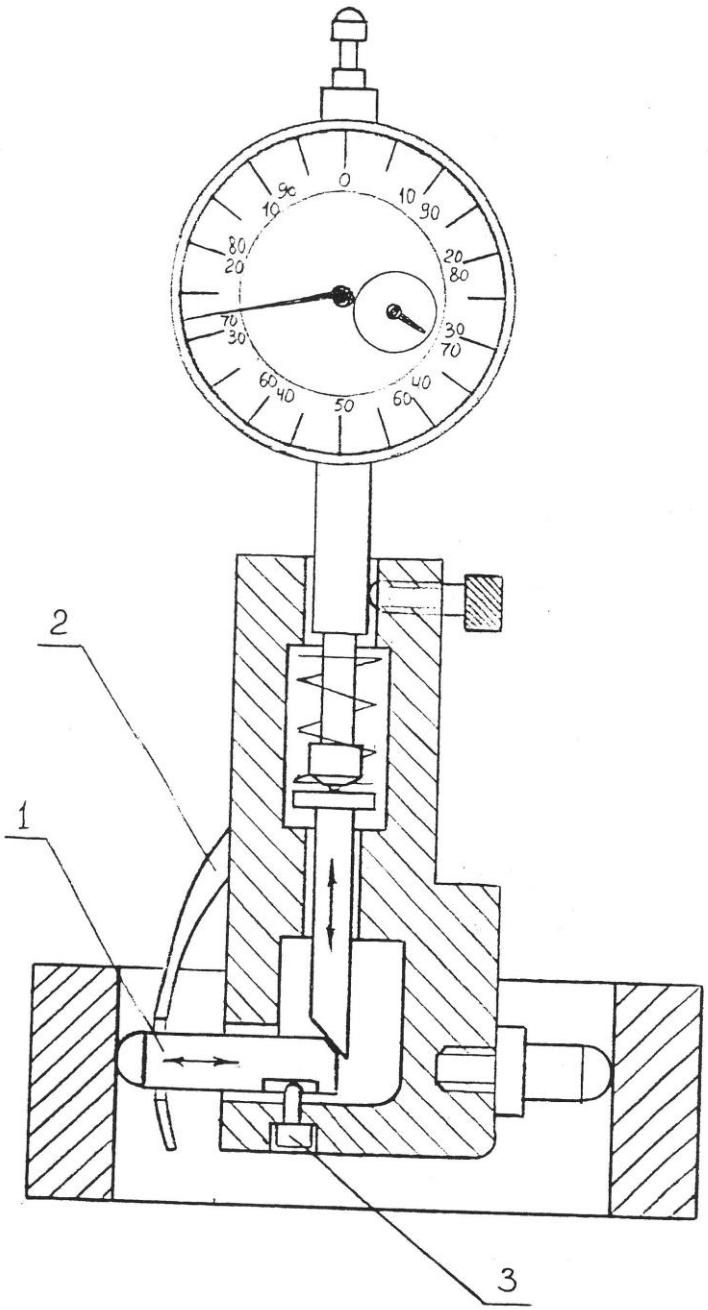


Рис. 28. Конструкция нутромера с клиновой передачей

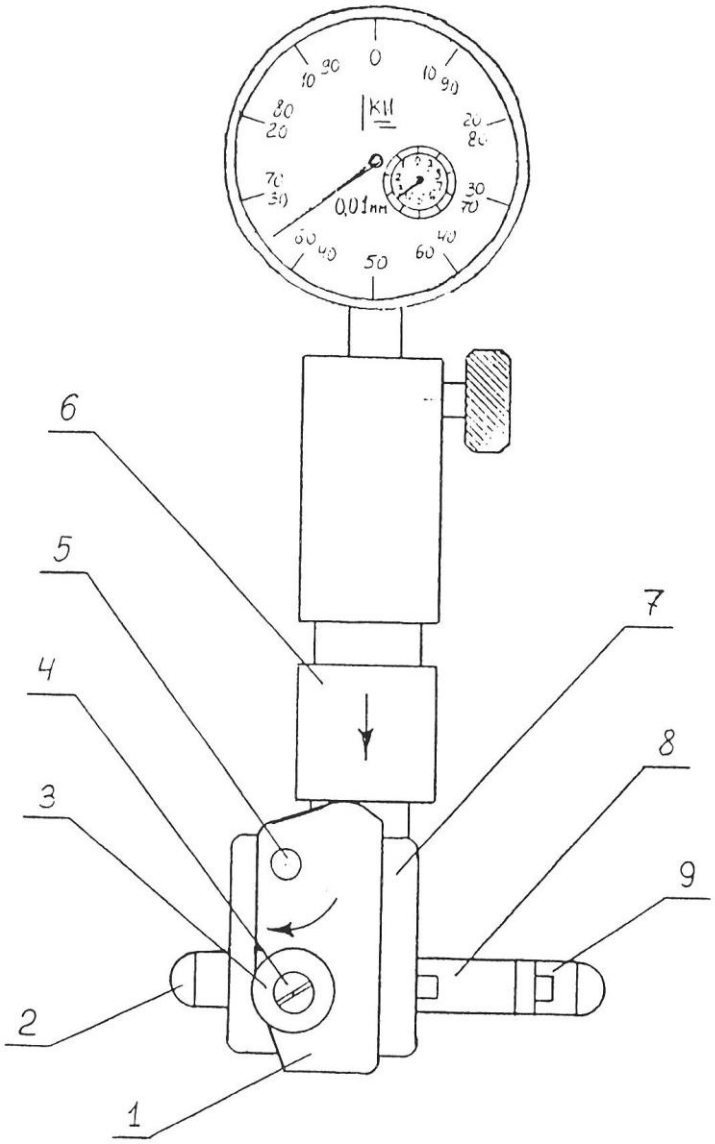


Рис. 29. Конструкция нутромера НИ-50

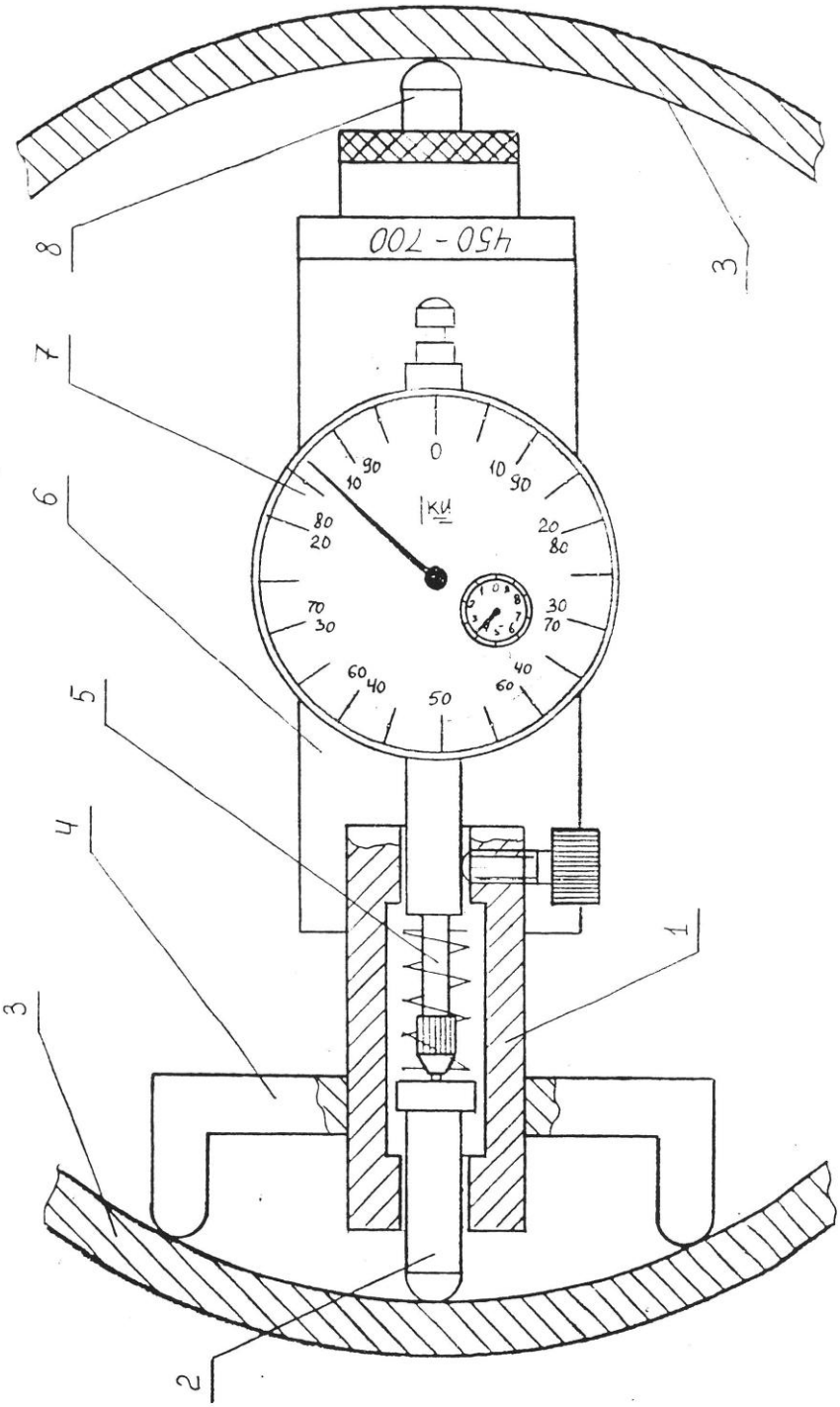


Рис. 30. Конструкция нутромеров НИ-700 и НИ-1000

Основные технические и метрологические характеристики индикаторных нутромеров с ценой деления 0,01 мм, установленные в ГОСТ 868–82, представлены в табл. 17.

Таблица 17

Основные технические и метрологические характеристики индикаторных нутромеров с ценой деления 0,01 мм

Наименование характеристики		Диапазон измерения для соответствующей модели нутромера, мм								
		НИ-10 6-10	НИ-18 10-18	НИ-50 18-50	НИ-100 50-100	НИ-160 100-160	НИ-250 160-250	НИ-450 250-450	НИ-700 450-700	НИ-1000 700-1000
1. Глубина измерения наибольшая, мм		100	130	150	200	300	400	500	–	–
2. Наименьшее перемещение измерительного стержня, мм										
- при выпуске из производства		0,6	0,8	1,5	4			6	8	8
- после ремонта		0,5	0.6	1,2	3			5	6	6
3. Измерительное усилие, Н		2,5–4,5			4–7	5–9	5–9	5–9	5–9	5–9
4. Усилие центрирующего мостика, Н		5–8,5			7,5–12	9,5–16	9,5–16	9,5–16	9,5–16	9,5–16
5. Измерительные стержни:										
- радиус измер. поверхности, мм		1,8-2,8	2,5-4,5	5–8	18–22	30–40	30–40	30–40	30–40	30–40
- количество стержней (комплектов)		9 (2)	9 (2)	6 (2)	5	3	3	4	4	3
6. Погрешность, мкм:										
- на участке в 0,1 мм	КТ1	5	5	5						
	КТ2	8	8	8						
- на участке в 1,0 мм	КТ1	–	–	10	10	10	10			
	КТ2	–	–	12	12	12	12	14	14	14
- в пределах перемещения измерительного стержня	КТ1	8	8	12	15	15	15	–	–	–
	КТ2	12	12	15	18	18	18	22	22	22
7. Отсчетное устройство нутромера		ИЧ-2			ИЧ-5			ИЧ-10		
8. Интервалы, через которые определяют погрешность, мм:										
- на участке в 0,1 мм		0,02	0,02	0,02	–	–	–	–	–	–
- на участке в 1,0 мм		–	–	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
- в пределах перемещения измерительного стержня (см. п. 2)		0,05 (0,5)	0,05 (0,6)	0,1 (1,2)	0,3 (3)	0,3 (3)	0,3 (3)	0,5 (5)	0,5 (6)	0,5 (6)

Индикаторные нутромеры с ц.д. 0,01 мм поверяются по МИ 2194–92.

Нутромеры перед проведением поверки должны быть выдержаны на рабочем месте не менее 3 ч.

При **внешнем осмотре** следует проверить комплектность нутромера и соответствие его внешнего вида требованиям ГОСТ 868–82.

При **опробовании** следует проверить возможность ввинчивания измерительных стержней в корпус нутромера от руки, а также надежность их крепления прилагаемым к прибору инструментом. Индикатор должен надежно крепиться в корпус нутромера. Перемещения подвижного измерительного стержня нутромера и стрелки индикатора должны быть плавными.

Определение метрологических характеристик

Погрешность нутромера определяется с помощью приспособления с микрометрической головкой. Наибольшая разность погрешностей микрометрической головки на участке 9,6 мм должна быть не более 3 мкм, а на любом участке 1,2 мм не более 2 мкм.

Поверяемый нутромер устанавливается в приспособление так, чтобы оси измерительного стержня и микрометрического винта головки совпали.

В начальном положении следует предварительно переместить измерительный стержень индикатора нутромера примерно на 1 мм и измерительный стержень нутромера не менее чем на 0,05 мм.

Стрелку индикатора нутромера устанавливают на нулевой штрих шкалы. Микрометрический винт головки перемещают с интервалами, указанными в табл. 16, и производят отсчеты по шкале индикатора при прямом ходе измерительного стержня.

Участки хода измерительного стержня, на которых определяют погрешность в пределах 1 и 0,1 мм, выбирают на основании результатов определения погрешности нутромера на всем пределе измерений. Эти участки, соответствующие перемещению в 1 и 0,1 мм, должны содержать наибольшую алгебраическую разность погрешностей по сравнению с другими участками.

Размах показаний нутромера определяют также на приспособлении с микрометрической головкой. Для этого микрометрический винт головки устанавливают 10 раз в одно и то же положение, каждый раз подводя винт с одной и той же стороны (на ввинчивание) и снимая показания по шкале индикатора нутромера. Наибольшая разность показаний нутромера определяет размах показаний.

Погрешность, вносимая неточным расположением центрирующего мостика, определяется на нижнем пределе диапазона измерений.

У нутромеров с верхним пределом измерений до 250 мм эту погрешность определяют по кольцу и блоку КМД с боковиками.

Разность между диаметром кольца в отмеченном сечении и размером блока с притертыми боковиками по внутренним сторонам боковиков не должна превышать 0,02 мм. Блок с притертыми боковиками закрепляют в струбцине.

Разность размеров кольца и блока определяют сначала поверяемым нутромером, а затем на универсальном измерительном микроскопе УИМ-23 или на двухкоординатном приборе ДИП-3, оснащенных приспособлением для измерения отверстий ИЗО-I.

Разность размеров кольца и блока на пределах от 18 до 160 мм можно определить также на горизонтальном оптиметре или измерительной машине с дугами.

Отклонение разности размеров, измеренной нутромером, от разности, определенной на других указанных приборах, не должно превышать 3 мкм.

У нутромеров НИ-450 погрешность от центрирующего мостика определяют только по аттестованному кольцу. Для этого нутромер вводят в кольцо с отведенным центрирующим мостиком и измеряют диаметр кольца в определенном аттестованном сечении. Затем измеряют тот же диаметр с центрирующим мостиком. Разность не должна превышать 3 мкм.

У нутромеров НИ-700 и НИ-1000 погрешность от центрирующего мостика определяют по расположению опорных поверхностей мостика относительно оси измерительного стержня. Для этого необходимо отсоединить центрирующий мостик от нутромера и измерить штангенциркулем расстояние от опорных поверхностей до оси посадочного отверстия.

Отклонение от симметричности расположения опорных поверхностей относительно оси посадочного отверстия не должно превышать 0,5 мм.

ПРИМЕР
определения погрешности нутромера типа НИ-160 КТ 1
в пределах перемещения измерительного стержня

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм			Погрешность нутромера на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0	10,0		0,0	0
0,3	9,7		0,297	–3
0,6	9,4		0,603	+3
0,9	9,1		0,906	+6
1,2	8,8		1,208	+8
1,5	8,5		1,504	+4
1,8	8,2		1,798	–2
2,1	7,9		2,103	+3
2,4	7,6		2,406	+6
2,7	7,3		2,705	+5
3,0	7,0		3,010	+10
3,3	6,7		3,307	+7
3,6	6,4		3,604	+4
3,9	6,1		3,903	+3

Наибольшая разность погрешностей на всем диапазоне измерений: (+ 10) – (– 3) = 13 мкм. Допускаемое значение: 15 мкм. Наибольшая разность погрешностей на участке в 1 мм получилась на интервале 0,3–1,3 мм.

ПРИМЕР
определения погрешности нутромера типа НИ-160 КТ 1 на участке в 1 мм

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм,			Погрешность индикатора на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0,3	9,7		0,300	0
0,4	9,6		0,399	–1
0,5	9,5		0,501	+1
0,6	9,4		0,603	+3
0,7	9,3		0,698	–2
0,8	9,2		0,804	+4
0,9	9,1		0,906	+6
1,0	9,0		0,996	–4
1,1	8,9		1,103	+3
1,2	8,8		1,195	–5
1,3	8,7		1,302	+2

Наибольшая разность погрешностей на участке в 1 мм: + 6 – (–5) = 11 мкм.
Допускаемое значение: 10 мкм.

После **ремонта** нутромеров проверяются также:

- **радиус сферы** измерительных поверхностей стержней с помощью предельных радиусных шаблонов;
- **шероховатость** измерительных поверхностей стержней (R_a = 0,16 мкм) и опорных поверхностей центрирующего мостика, (R_a = 0,32 мкм) с помощью образцов шероховатости с параметром;
- **диапазон измерений нутромера и диапазон перемещения измерительного стержня** непосредственно по шкале индикатора нутромера;
- **измерительное усилие и усилие** центрирующего мостика.

Измерительное усилие и усилие центрирующего мостика определяют с помощью настольных циферблатных весов ВНЦ-2 с диапазоном измерения от 0 до 1000 г, с ценой деления 5 г.

Для этого нутромер закрепляют в стойке, измерительный стержень с отключенным мостиком подводят к площадке весов и нажимают на нее, перемещая кронштейн стойки с закрепленным в ней нутромером. В момент начала перемещения стрелки индикатора снимают отсчет по шкале весов. Такие же отсчеты производят в середине и конце диапазона перемещения стрелки индикатора.

Усилие центрирующего мостика определяют так же, при этом снимают показания по шкале весов в начале, середине и конце его рабочего хода.

Чтобы измерительный стержень не касался площадки весов, мостик накладывают на концевые меры одного размера или специальную прокладку.

Усилие центрирующего мостика у нутромеров НИ-700 и НИ-1000 определяют путем нагружения мостика симметрично расположенными гирями равной массы. При этом масса гирь должна быть меньше усилия перемещения мостика в пределах рабочего хода на массу мостика (270 г у НИ-750 и 680 г у НИ-1000).

Результаты поверки нутромеров рекомендуется оформить протоколами по формам, приведенным в приложении 13 (для НИ-10 и НИ-18), в приложении 13а (для НИ-50), в приложении 13б (для НИ-100, НИ-160 и НИ-250) и в приложении 13в (для НИ-450, НИ-700, НИ-1000).

Приложение 13

ПРОТОКОЛ №_____

поверки нутромера индикаторного типа **НИ** _____ №_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления 0,01 мм *t* =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
3. Определение метрологических характеристик				
3.1. Погрешность, вносимая неточным расположением центрирующего мостика, мкм	КМД КТ2, принадлежности к КМД, оптиметр горизонтальный или ИЗМ, ЩЦ-I или ШЩ-II, кольца	3		
3.2. Погрешность нутромера, мкм, не более:	Приспособление с микрометрической головкой типа МГ КТ 1	КТ 1	КТ 2	табл.
• в пределах перемещения измерительного стержня		8	12	
• на участке в 0,1 мм		5	8	
3.3. Размах показаний, ***дел***		≤1/3		
МХ, определяемые после ремонта				
3.4. Радиус сферы измерительных поверхностей стержней, мм	Шаблоны радиусные предельные	1,8–2,8		
3.5. Шероховатость R_a, мкм:	Образцы шероховатости			
• измерительных поверхностей		≤0,16		
• опорных поверхностей центрирующего мостика		≤0,63		
3.6. Перемещение измерительного стержня, мм	Приспособление с микрометрической головкой типа МГ КТ 1	≤0,5 (0,6)		
3.7. Диапазон измерения, мм		6–10		
3.8. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 5 г до 5 кг, стойка С-II	2,5–4,5		
3.9. Усилие центрирующего мостика, Н		5–8,5		

Примечание. В скобках приведено значение МХ нутромеров, выпускаемых из производства

3.2. Погрешность нутромера на всем диапазоне показаний

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм			Погрешность на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0				
0,05				
0,10				
0,15				
0,20				
0,25				
0,30				
0,35				
0,40				
0,45				
0,50				
0,55				
0,60				

Погрешность на всем диапазоне измерений: _____ мкм

Допускаемое значение: _____ мкм

3.2. Погрешность нутромера на участке в 0,1 мм

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм			Погрешность на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0				
0,02				
0,04				
0,06				
0,08				
0,1				

Погрешность на участке в 0,1 мм: _____ мкм
Допускаемое значение: _____ мкм

Заключение по результатам поверки

Нутромер индикаторный типа НИ _____ №_____ соответствует требованиям ГОСТ 868–82 для_____ класса точности.

Поверка проведена по МИ 2194–92.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 13а

ПРОТОКОЛ №_____

поверки нутромера индикаторного типа **НИ 18-50** №_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления 0,01 мм *t* =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
3. Определение метрологических характеристик (МХ)				
3.1. Погрешность, вносимая неточным расположением центрирующего мостика, мкм	КМД КТ 2, принадлежности к КМД, оптиметр горизонтальный или ИЗМ, кольца	≤3		
3.2. Погрешность нутромера, мкм, не более:	Приспособление с микрометрической головкой типа МГ КТ 1	КТ 1	КТ 2	табл.
• в пределах перемещения измерительного стержня		12	15	
• на участке в 1 мм		10	12	
• на участке в 0,1 мм		5	8	
3.3. Размах показаний, мкм		≤ 3		
МХ, определяемые после ремонта				
3.4. Радиус сферы измерительных поверхностей стержней, мм	Шаблоны радиусные предельные	5–8		
3.5. Шероховатость R_a, мкм:	Образцы шероховатости			
• измерительных поверхностей нутромера		≤0,16		
• опорных поверхностей центрирующего мостика		≤0,63		
3.6. Перемещение измерительного стержня, мм, не менее	Приспособление с микрометрической головкой типа МГ КТ 1	1,2 (1,5)		
3.7. Диапазон измерения, мм		18–50		
3.8. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 5 г до 5 кг, стойка С-II	2,5–4,5		
3.9. Усилие центрирующего мостика, Н		5–8,5		

Примечание. В скобках приведено значение МХ нутромеров, выпускаемых из производства

3.2. Погрешность нутромера в пределах перемещения измерительного стержня и на участке 1 мм

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм			Погрешность на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0				
0,1				
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,6				
0,7				
0,8				
0,9				
1,0				
1,1				
1,2				

Погрешность:

- на всем диапазоне измерений _____ мкм Допускаемое значение: _____ мкм
- на участке в 1 мм _____ мкм Допускаемое значение: _____ мкм

3.2. Погрешность нутромера на участке в 0,1 мм

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм			Погрешность на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0				
0,02				
0,04				
0,06				
0,08				
0,1				

Погрешность на участке в 0,1 мм: _____ мкм
Допускаемое значение: _____ мкм

Заключение по результатам поверки

Нутромер индикаторный типа НИ 18-50 №_____ соответствует требованиям ГОСТ 868–82 для_____ класса точности.

Поверка проведена по МИ 2194–92.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 13б

ПРОТОКОЛ №_____

поверки нутромера индикаторного типа **НИ** _____ №_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления 0,01 мм *t* =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты контроля
1. Внешний осмотр				
2. Опробование				
3. Определение метрологических характеристик (МХ)				
3.1. Погрешность, вносимая неточным расположением центрирующего мостика, мкм	КМД КТ 2, принадлежности к КМД, оптиметр горизонтальный или ИЗМ, кольца	≤3		
3.2. Погрешность нутромера, мкм, не более:	Приспособление с микрометрической головкой типа МГ КТ 1	КТ 1	КТ 2	табл.
• в пределах перемещения измерительного стержня		15	18	
• на участке в 1 мм		10	12	
3.3. Размах показаний, мкм		≤3		
МХ, определяемые после ремонта				
3.4. Радиус сферы измерительных поверхностей стержней, мм	Шаблоны радиусные предельные	30–40		
3.5. Шероховатость R_a, мкм:	Образцы шероховатости			
• измерительных поверхностей нутромера		≤0,16		
• опорных поверхностей центрирующего мостика		≤0,63		
3.6. Перемещение измерительного стержня, мм	Приспособление с микрометрической головкой типа МГ КТ 1	≥3 (4)		
3.7. Диапазон измерения, мм		100–160		
3.8. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 5 г до 5 кг, стойка С-*II*	5–9		
3.9. Усилие центрирующего мостика, Н		9,5–16		

Примечание. В скобках приведено значение МХ нутромеров, выпускаемых из производства

3.2. Погрешность нутромера в пределах перемещения измерительного стержня

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм			Погрешность на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0				
0,3				
0,6				
0,9				
1,2				
1,5				
1,8				
2,1				
2,4				
2,7				
3,0				

Погрешность на всем диапазоне измерений: _____ мкм

Допускаемое значение: _____ мкм

3.2. Погрешность нутромера на участке в 1 мм

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм			Погрешность на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0				
0,1				
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,6				
0,7				
0,8				
0,9				
1,0				

Погрешность на участке в 1 мм: _____ мкм
Допускаемое значение: _____ мкм

Заключение по результатам поверки

Нутромер индикаторный типа НИ _____ №_____ соответствует требованиям ГОСТ 868–82 для_____ класса точности.

Поверка проведена по МИ 2194–92.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 13в

ПРОТОКОЛ №_____

поверки нутромера индикаторного типа **НИ** _____ №_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления 0,01 мм *t* =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты контроля
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Погрешность, вносимая неточным расположением центрирующего мостика, мкм	КМД КТ 2, принадлежности к КМД, оптиметр горизонтальный, ИЗМ, кольца	≤3	
3.2. Погрешность нутромера, мкм, не более: • в пределах перемещения измерительного стержня • на участке в 1 мм	Приспособление с микрометрической головкой типа МГ КТ 1	14 22	табл.
3.3. Размах показаний, мкм		≤3	
3.4. Радиус сферы измерительных поверхностей стержней, мм	Шаблоны радиусные предельные	30–40	
3.5. Шероховатость R_a, мкм: • измерительных поверхностей нутромера • опорных поверхностей центрирующего мостика	Образцы шероховатости	≤0,16 ≤0,63	
3.6. Перемещение измерительного стержня, мм	Приспособление с микрометрической головкой типа МГ КТ 1	≥6 (8)	
3.7. Диапазон измерения, мм			
3.8. Измерительное усилие, Н	Весы с ЦД 5 г до 5 кг, стойка С-II	5–9	
3.9. Усилие центрирующего мостика, Н		9,5–16	

Примечание. В скобках приведено значение МХ нутромеров, выпускаемых из производства

3.2. Погрешность нутромера в пределах перемещения измерительного стержня

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм			Погрешность на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0				
0,5				
1,0				
1,5				
2,0				
2,5				
3,0				
3,5				
4,0				
4,5				
5,0				
5,5				
6,0				

Погрешность на всем диапазоне измерений: ____ мкм

Допускаемое значение: ____ мкм

3.2. Погрешность нутромера на участке в 1 мм

Проверяемые интервалы, мм	Показания, мм			Погрешность на проверяемом интервале, мкм
	микрометрической головки	индикатора нутромера	индикатора нутромера, приведенные к нулю	
0				
0,1				
0,2				
0,3				
0,4				
0,5				
0,6				
0,7				
0,8				
0,9				
1,0				

Погрешность на участке в 1 мм: _____ мкм
Допускаемое значение: _____ мкм

Заключение по результатам поверки

Нутромер индикаторный типа НИ _____ №_____ соответствует требованиям ГОСТ 868–82 для_____ класса точности.

Поверка проведена по МИ 2194–92.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

ИНДИКАТОРНЫЕ НУТРОМЕРЫ С ЦЕНОЙ ДЕЛЕНИЯ 1 МКМ И 2 МКМ И ИХ ПОВЕРКА

Основные технические и метрологические характеристики индикаторных нутромеров повышенной точности с ценой деления 0,001 и 0,002 мм, установленные в ГОСТ 9244–75, представлены в табл. 17. Их поверка проводится по МИ 2193–92.

Перед проведением поверки нутромеры с диапазоном измерения 3–50 мм должны быть выдержаны на рабочем месте не менее 3 ч, а с диапазоном измерения 50–260 мм не менее 4 ч.

При **внешнем осмотре** проверяется комплектность нутромера и соответствие его следующим требованиям:

- на наружных поверхностях не должно быть коррозии и механических повреждений;
- измерительные поверхности нутромеров с диапазоном измерения от 10 до 260 мм должны быть оснащены твердым сплавом.

При **опробовании** следует проверить возможность перемещения подвижных измерительных стержней или шариков.

Отсчетное устройство и сменные вставки должны устанавливаться и закрепляться в требуемом положении.

Определение метрологических характеристик

При периодической поверке определяются погрешность нутромера, размах показаний и погрешность центрирования.

Отдельно поверку отсчетного устройства нутромера по МИ 2195–92 допускается не проводить. В этом случае на отсчетное устройство должна быть нанесена надпись «для нутромера». Соответствующая запись должна быть сделана в документе о поверке.

Погрешность нутромера определяется с помощью эталонных (образцовых) колец, диаметры которых указаны в табл. 18.

Погрешность нутромеров без центрирующего мостика определяется с каждой вставкой, а нутромеров с центрирующим мостиком – с измерительными вставками, соответствующими размерам колец, указанным в табл. 18.

Нутромер нужно установить на нуль на расстоянии 1/5 высоты от торца в средней рабочей части кольца, размер которого соответствует одному из пределов измерения и указан жирным шрифтом. Затем отсчитывают показания нутромера при измерении остальных колец этого диапазона.

Погрешность нутромера определяется по отклонению разности показаний прибора от разности действительных диаметров соответствующих эталонных колец.

На участках шкалы с погрешностью, превышающей 0,75 предела допускаемой основной погрешности, измерения повторяют три раза.

ПРИМЕР
определения погрешности нутромера мод. 106
для вставок 10–12 и 12–14,5 мм

Проверяемые отметки шкалы нутромера, мкм	Размеры колец, мм		Разность действительных размеров колец, мкм, $\Delta D_i = D_i - D_0$	Показания индикатора нутромера, мкм, X_i	Погрешность на проверяемых отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta D_i$
	номинальные	действительные D_i			
0	12,00	$D_0 = 11{,}9997$	0	$X_0 = 0$	0
+50	11,95	$D_1 = 11{,}9502$	$\Delta D_1 = +49{,}5$	$X_1 = +50{,}3$	$\Delta_1 = +0{,}8$
+70	11,93	$D_2 = 11{,}9296$	$\Delta D_2 = +70{,}1$	$X_2 = +70{,}5$	$\Delta_2 = +0{,}4$
+100	11,90	$D_4 = 11{,}8998$	$\Delta D_4 = +99{,}9$	$X_4 = +101{,}4$	$\Delta_4 = +1{,}5$
0	12,00	$D_0 = 11{,}9997$	0	0	0
–50	12,05	$D_5 = 12{,}0502$	$\Delta D_5 = -50{,}5$	$X_5 = -51{,}4$	$\Delta_5 = +0{,}9$
–70	12,07	$D_6 = 12{,}0704$	$\Delta D_6 = -70{,}7$	$X_6 = -72{,}3$	$\Delta_6 = -1{,}6$
–100	12,10	$D_8 = 12{,}1003$	$\Delta D_8 = -100{,}1$	$X_8 = -103{,}1$	$\Delta_8 = -3{,}0$

Наибольшая погрешность: –3,0 мкм. Допускаемое значение ±3,5 мкм.

Размах показаний нутромера определяется как разность наибольшего и наименьшего показаний нутромера при десятикратном измерении диаметра одного и того же кольца.

Нутромер с пределом измерения свыше 18 мм устанавливают на ноль по эталонному кольцу. Затем измеряют тот же диаметр при отключенном мостике.

Среднее значение разности показаний нутромера при трехкратном измерении с отключенным мостиком и трехкратной нулевой установке является **погрешностью центрирования**.

Разность размеров эталонных колец диаметром до 10 мм не должна превышать 0,3 мкм, а колец диаметром свыше 10 мм – 0,5 мкм.

Погрешность центрирования может быть определена также:

- по эталонным кольцам тех же размеров и блокам концевых мер длины с плоскопараллельными боковиками;
- по кольцам с выступами или по эталонным кольцам, имеющим выемки для исключения из работы центрирующих шариков.

После ремонта нутромеров проверяются также:

- **шероховатость** измерительных поверхностей нутромера (R_a = 0,04 мкм и R_a = 0,16 мкм) и опорных поверхностей центрирующего мостика (R_a = = 0,63 мкм) с помощью образцов шероховатости;
- **диапазон измерения нутромера и диапазон перемещения измерительного стержня**;
- **измерительное усилие и усилие центрирующего мостика**.

Диапазон измерения нутромеров проверяют при помощи микрометров или колец.

У нутромеров с верхним пределом измерения до 18 мм проверяют пределы измерений с каждой измерительной вставкой, а с пределом измерения свыше 18 мм – верхний и нижний пределы измерения.

По кольцу размером, равным пределу измерения (или по микрометру, установленному на тот же размер), нутромер устанавливают на ноль. Затем нутромер выводят из контакта с кольцом или микрометром.

При проверке верхнего предела измерения стрелка отсчетного устройства должна переместиться не менее чем до крайней отметки шкалы, соответствующей увеличению измеряемого размера.

Таблица 18

Основные технические и метрологические характеристики нутромеров с ц.д. 1 и 2 мкм

Наименование характеристики	Модель нутромера						
	м. 103	м. 104	м. 106	м. 109	м. 154	м. 155	м. 156
1. Диапазон измерения, мм	3–6	6–10	10–18	18–50	50–100	100–160	160–260
2. Цена деления, мкм	1		2				
3. Глубина измерения наибольшая, мм	20	30	100	150	200	300	
4. Измерительное усилие, Н, не более	3	3,5	4,0	4,5	7	9	
5. Усилие центрирующего мостика, Н	–	–	4,2–5,2	5–9,5	7,5–12	9,5–16	
6. Участок нормирования погрешности, мкм	±5 0		±100				
7. Предел допускаемой погрешности нутромера, мкм	±1,8		±3,5		±4		
8. Размах показаний, мкм	1		2				
9. Погрешность центрирования, мкм	±1		±2				
10. Отсчетное устройство нутромера	1 ИГ		2 ИГ				
11. Установочные кольца: ➢ модель набора ➢ номинальные диаметры колец, мм .	м. 928.1 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0; 5,3; 5,6; 6,0	м. 928.2 6,0; 6,3; 6,7; 7,0; 7,1; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0	м. 928.3 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0; 13,0; 14,0; 15,0; 16,0; 17,0; 18,0	м. 928.4 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50	м. 930.1 50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100	м. 930.2 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160	м. 930.3 160; 170; 190; 200; 210; 220; 240; 250; 260

Таблица 18 (продолжение)

Наименование характеристики	Модель нутромера						
	м. 103	м. 104	м. 106	м. 109	м. 154	м. 155	м. 156
12. Номинальные диаметры эталонных (образцовых) колец, мм: ➢ для определения основной погрешности нутромера на проверяемом диапазоне измерения;	**3,3**; 3,25; 3,27; 3,33; 3,35; **4,3**; 4,25; 4,27; 4,33; 4,35; **6**; 5,95; 5,97; 6,03; 6,05	**6**; 5,95; 5,97; 6,03; 6,05; **8,3**; 8,25; 8,27; 8,33; 8,35	**12**; 11,90; 11,93; 11,95; 12,05; 12,07; 12,10; **18**; 17,90; 17,93; 17,95; 18,05; 18,07; 18,10	**18**; 17,90; 17,93; 17,95; 18,05; 18,07; 18,10	**100**; 99,90; 99,95; 100,05; 100,10	**100**; 99,90; 99,95; 100,05; 100,10	**160**; 159,90; 159,95; 160,05; 160,10
➢ для определения погрешности центрирования	3,3; 4,3; 6	6; 8,3	12; 18	30; 50	50; 100	100; 160	160
13. Допускаемое отклонение от 20 °С температуры при поверке, °С	±4			±3	±2		

При проверке нижнего предела измерения нужно нажать на подвижную измерительную поверхность нутромера, при этом стрелка отсчетного устройства должна переместиться не менее чем до крайней отметки шкалы, соответствующей уменьшению размера.

Диапазон перемещения измерительного стержня нутромеров с пределом измерения свыше 18 мм проверяют при помощи индикатора, установленного вместо отсчетного устройства нутромера. Изменение показаний индикатора при нажиме на измерительный стержень нутромера должно быть не менее 1 мм.

Измерительное усилие нутромера с верхним пределом измерения до 18 мм определяют при помощи прибора БВ-9025 по методике, изложенной в инструкции по эксплуатации прибора.

Измерительное усилие нутромера с верхним пределом измерения свыше 18 мм определяют при помощи весов с ценой деления 5 г и наибольшим пределом взвешивания 5 кг.

Подвижной измерительной поверхностью нутромера нужно нажать на площадку весов. Центрирующий мостик при этом должен быть отведен и закреплен скобой. При наименьшем показании отсчетного устройства нутромера показание весов должно соответствовать ГОСТ 9244–75.

Для определения усилия центрирующего устройства нажимают мостиком на площадку, уравновешенную на весах. При этом мостик поворачивается. На площадке должен быть паз, чтобы измерительный стержень нутромера не соприкасался с ней. Показания весов при положениях мостика, соответствующих пределам измерения нутромера (отмечают двумя штрихами на корпусе), должны соответствовать ГОСТ 9244–75.

Результаты поверки нутромеров рекомендуется оформить протоколами по формам, приведенным в приложении 13г (для мод. 103 и мод. 104), в приложении 13д (для мод. 106 и мод. 109), в приложении 13е (для мод. 154, мод. 155 и мод. 156).

Приложение 13г

ПРОТОКОЛ №_____

поверки нутромера индикаторного мод. _____ №_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления 0,001 мм t =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты контроля
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Проверка отсчетного устройства	По МИ 2195–92		
3.2. Погрешность нутромера, мкм	Измерительные кольца	±1,8	табл.
3.3. Размах показаний, мкм		≤1	табл.
3.4. Погрешность центрирования, мкм		±1	
МХ, определяемые после ремонта			
3.5. Шероховатость измерительных поверхностей стержней, мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,04; 0,16 и 0,63 мкм	≤0,04 ≤0,16 ≤0,63	
3. 6. Диапазон измерения нутромера, мм	Микрометр типа МК 25, индикатор типа ИЧ		
3.7. Диапазон перемещения измерительного стержня, мм			
3.8. Измерительное усилие, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г до 5 кг, стойка С-II	табл. 17	

3.2. Определение погрешности нутромера:

для вставки _____ мм

Отметки шкалы, мкм	Размеры колец, мм		Разность действительных размеров колец, мкм, $\Delta D_i = D_i - D_0$	Показания индикатора нутромера, мкм, X_i	Погрешность на проверяемых отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta D_i$
	номинальные	действительные D_i			
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
+30		D_1 =	ΔD_1 =	X_1 =	Δ_1 =
+50		D_2 =	ΔD_2 =	X_2 =	Δ_2 =
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
–30		D_3 =	ΔD_3 =	X_3 =	Δ_3 =
–50		D_4 =	ΔD_4 =	X_4 =	Δ_4 =

Наибольшая погрешность: _____ мкм

Допускаемое значение: ±1,8 мкм

для вставки ____ мм

Отметки шкалы, мкм	Размеры колец, мм		Разность действительных размеров колец, мкм, $\Delta D_i = D_i - D_0$	Показания индикатора нутромера, мкм, X_i	Погрешность на проверяемых отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta D_i$
	номинальные	действительные D_i			
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
+30		D_1 =	ΔD_1 =	X_1 =	Δ_1 =
+50		D_2 =	ΔD_2 =	X_2 =	Δ_2 =
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
–30		D_3 =	ΔD_3 =	X_3 =	Δ_3 =
–50		D_4 =	ΔD_4 =	X_4 =	Δ_4 =

Наибольшая погрешность: _____ мкм

Допускаемое значение: ±1,8 мкм

для вставки _____ мм

Отметки шкалы, мкм	Размеры колец, мм		Разность действительных размеров колец, мкм, $\Delta D_i = D_i - D_0$	Показания индикатора нутромера, мкм, X_i	Погрешность на проверяемых отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta D_i$
	номинальные	действительные D_i			
0		$D_0 =$	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
+30		$D_1 =$	$\Delta D_1 =$	$X_1 =$	$\Delta_1 =$
+50		$D_2 =$	$\Delta D_2 =$	$X_2 =$	$\Delta_2 =$
0		$D_0 =$	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
–30		$D_3 =$	$\Delta D_3 =$	$X_3 =$	$\Delta_3 =$
–50		$D_4 =$	$\Delta D_4 =$	$X_4 =$	$\Delta_4 =$

Наибольшая погрешность: _____ мкм
Допускаемое значение: ±1,8 мкм

3.3. Определение размаха показаний

Размер вставки, мм	Диаметр измерительного кольца, мм	Отклонение показаний индикатора, мкм										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, мкм	Размах показаний, мкм
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		

Допускаемое значение: 1 мкм

Заключение по результатам поверки

Нутромер индикаторный мод. _____ №_____ соответствует требованиям ГОСТ 9244–75.

Поверка проведена по МИ 2193–92.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 13д

ПРОТОКОЛ №_____

поверки нутромера индикаторного мод. _____ №_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления 0,002 мм t =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты контроля
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Проверка отсчетного устройства	По МИ 2195–92		
3.2. Погрешность нутромера, мкм	Измерительные кольца	±3,5	табл.
3.3. Размах показаний, мкм		≤2	табл.
3.4. Погрешность центрирования,мкм		±2	
МХ, определяемые после ремонта			
3.5. Шероховатость измерительных поверхностей стержней, мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,04; 0,16 и 0,63 мкм		
3. 6. Диапазон измерения нутромера, мм	Микрометр типа МК 25 , индикатор типа ИЧ		
3.7. Диапазон перемещения измерительного стержня, мм			
3.8. Измерительное усилие, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г до 5 кг с дополнительным кронштейном, стойка С-II	табл. 17	
3.9. Усилие центрирующего устройства, Н			

3.2. Определение погрешности нутромера:

для вставки _____ мм

Проверяемые отметки шкалы нутромера, мкм	Размеры колец, мм		Разность действительных размеров колец, мкм, $\Delta D_i = D_i - D_0$	Показания индикатора нутромера, мкм, X_i	Погрешность на проверяемых отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta D_i$
	номинальные	действительные D_i			
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
+50		D_1 =	ΔD_1 =	X_1 =	Δ_1 =
+70		D_2 =	ΔD_2 =	X_2 =	Δ_2 =
+100		D_3 =	ΔD_3 =	X_3 =	Δ_3 =
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
–50		D_4 =	ΔD_4 =	X_4 =	Δ_4 =
–70		D_5 =	ΔD_5 =	X_5 =	Δ_5 =
–100		D_6 =	ΔD_6 =	X_6 =	Δ_6 =

Наибольшая погрешность: _____ мкм

Допускаемое значение: ±3,5 мкм

для вставки _____ мм

Проверяемые отметки шкалы нутромера, мкм	Размеры колец, мм		Разность действительных размеров колец, мкм, $\Delta D_i = D_i - D_0$	Показания индикатора нутромера, мкм, X_i	Погрешность на проверяемых отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta D_i$
	номинальные	действительные D_i			
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
+50		D_1 =	ΔD_1 =	X_1 =	Δ_1 =
+70		D_2 =	ΔD_2 =	X_2 =	Δ_2 =
+100		D_3 =	ΔD_3 =	X_3 =	Δ_3 =
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
–50		D_4 =	ΔD_4 =	X_4 =	Δ_4 =
–70		D_5 =	ΔD_5 =	X_5 =	Δ_5 =
–100		D_6 =	ΔD_6 =	X_6 =	Δ_6 =

Наибольшая погрешность: _____ мкм

Допускаемое значение: ±3,5 мкм

для вставки _____ мм

Проверяемые отметки шкалы нутромера, мкм	Размеры колец, мм		Разность действительных размеров колец, мкм, $\Delta D_i = D_i - D_0$	Показания индикатора нутромера, мкм, X_i	Погрешность на проверяемых отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta D_i$
	номинальные	действительные D_i			
0		$D_0 =$	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
+50		$D_1 =$	$\Delta D_1 =$	$X_1 =$	$\Delta_1 =$
+70		$D_2 =$	$\Delta D_2 =$	$X_2 =$	$\Delta_2 =$
+100		$D_3 =$	$\Delta D_3 =$	$X_3 =$	$\Delta_3 =$
0		$D_0 =$	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
–50		$D_4 =$	$\Delta D_4 =$	$X_4 =$	$\Delta_4 =$
–70		$D_5 =$	$\Delta D_5 =$	$X_5 =$	$\Delta_5 =$
–100		$D_6 =$	$\Delta D_6 =$	$X_6 =$	$\Delta_6 =$

Наибольшая погрешность: _____ мкм

Допускаемое значение: ±3,5 мкм

3.3. Определение размаха показаний

Размер вставки, мм	Диаметр измерительного кольца, мм	Отклонение показаний индикатора, мкм										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, мкм	Размах показаний, мкм
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		

Допускаемое значение: 2 мкм

Заключение по результатам поверки

Нутромер индикаторный мод. _____ №_____ соответствует требованиям ГОСТ 9244–75.

Поверка проведена по МИ 2193–92.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Приложение 13е

ПРОТОКОЛ №_____

поверки нутромера индикаторного мод. _____ №_____

Пределы измерения _____ мм Цена деления 0,002 мм t =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты контроля
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Проверка отсчетного устройства	По МИ 2195–92		
3.2. Погрешность нутромера, мкм	Измерительные кольца	±4,0	табл.
3.3. Размах показаний, мкм		≤2	табл.
3.4. Погрешность центрирования,мкм		≤2	
МХ, определяемые после ремонта			
3.5. Шероховатость измерительных поверхностей стержней, мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,04; 0,16 и 0,63 мкм		
3. 6. Диапазон измерения нутромера, мм	Микрометр типа МК 25 , индикатор типа ИЧ		
3.7. Диапазон перемещения измерительного стержня, мм			
3.8. Измерительное усилие, Н	Весы ВНЦ с ЦД 5 г до 5 кг с кронштейном, стойка С-II	табл. 17	
3.9. Усилие центрирующего устройства, Н			

3.2. Определение погрешности нутромера:

для вставки _____ мм

Проверяемые отметки шкалы нутромера, мкм	Размеры колец, мм		Разность действительных размеров колец, мкм, $\Delta D_i = D_i - D_0$	Показания индикатора нутромера, мкм, X_i	Погрешность на проверяемых отметках, мкм, $\Delta_i = X_i - \Delta D_i$
	номинальные	действительные D_i			
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
+50		D_1 =	ΔD_1 =	X_1 =	Δ_1 =
+100		D_2 =	ΔD_2 =	X_2 =	Δ_2 =
0		D_0 =	$\Delta D_0 = 0$	$X_0 = 0$	$\Delta_0 = 0$
–50		D_3 =	ΔD_3 =	X_3 =	Δ_3 =
–100		D_4 =	ΔD_4 =	X_4 =	Δ_4 =

Наибольшая погрешность: ____ мкм Допускаемое значение: ± 4,0 мкм

3.3. Определение размаха показаний

Размер вставки, мм	Диаметр измерительного кольца, мм	Отклонение показаний индикатора, мкм										$\Delta_{max} - \Delta_{min}$, мкм	Размах показаний, мкм
		Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	Δ_7	Δ_8	Δ_9	Δ_{10}		

Допускаемое значение: 2 мкм

Заключение по результатам поверки

Нутромер индикаторный мод. _____ №_____ соответствует требованиям ГОСТ 9244–75.

Поверка проведена по МИ 2193–92.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

Плоскопараллельные концевые меры длины предназначены для использования в качестве:

рабочих мер для настройки измерительных приборов и установки их на «ноль» при измерении размеров деталей методом сравнения с мерой, а также для точных разметочных работ и наладки станков;

эталонных мер (образцовых средств измерений) для передачи размера единицы длины от первичного эталона концевым мерам меньшей точности и для поверки и калибровки измерительных приборов.

Концевые меры изготавливаются из стали (до 1000 мм) и твердых сплавов (до 100 мм) в форме прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями. В настоящее время зарубежными производителями также выпускаются концевые меры из металлокерамики.

Требования к КМД установлены в ГОСТ 9038–90 «Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия».

Поверка концевых мер длины проводится в соответствии с требованиями следующих документов ГСИ:

МИ 1604–87 «ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные. Общие требования к методикам поверки».

ГОСТ 8.367–79 «ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 1 и 2-го разрядов и рабочие классов точности 00 и 01 длиной до 1000 мм. Методы и средства поверки».

МИ 1994–89 «ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные 0-го класса точности. Методика поверки».

МИ 2079–90 «ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 3 и 4-го разрядов и рабочие классов точности 1 – 5 длиной до 100 мм. Методика поверки».

МИ 2186–92 «ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 3 и 4-го разрядов и рабочие классов точности 1 – 5 длиной свыше 100 до 1000 мм. Методика поверки».

ГОСТ 4119-76 «Наборы принадлежностей к плоскопараллельным концевым мерам длины. Технические условия».

МИ 2066–90 «Наборы принадлежностей к плоскопараллельным концевым мерам длины. Методика контроля».

Основные параметры КМД

Длина концевой меры в любой точке $\boldsymbol{L}$ – длина перпендикуляра, опущенного из данной точки измерительной поверхности на ее противоположную измерительную поверхность.

Отклонение длины концевой меры от номинальной $\boldsymbol{\Delta L_N}$ – наибольшая по абсолютному значению разность между длиной концевой меры в любой точке и её номинальной длиной.

Отклонение от плоскопараллельности концевой меры $\boldsymbol{h}$ – разность между наибольшей и наименьшей длинами концевой меры: $\boldsymbol{h = L_{max} - L_{min}}$.

По параметру $\boldsymbol{\Delta L_N}$ и $\boldsymbol{h}$ определяют класс точности концевой меры при ее поверке, а по параметру $\boldsymbol{h}$ определяют разряд точности.

Притираемость концевой меры – свойство ее измерительных поверхностей, обеспечивающее прочное сцепление КМД между собой при прикладывании или надвигании одной меры на другую или концевой меры на пластину.

Притираемость мер объясняется молекулярным притяжением при наличии на измерительных поверхностях тонкого слоя смазки (около 0,02 мкм). Это свойство мер позволяет соединять несколько мер в один блок и получать блоки с размерами, градация которых может доходить до микрометров.

Притираемость характеризуется усилием сдвига от 28,4 до 78,5 Н.

Размер блока концевых мер равен сумме размеров концевых мер, входящих в его состав.

Блоки следует составлять из возможно меньшего числа мер (не более 4 или 5). Для этого при подсчете длин концевых мер, включаемых в блок, необходимо, чтобы первая мера содержала последний или два последних знака размера длины блока, вторая – последние знаки остатка и т.д. Например, необходимо составить блок КМД размером 74,725 мм. Берем меры:

1,005
1,22
2,5
70

Получаем блок нужного размера: **74,725**

Концевые меры согласно ГОСТ 9038–90 выпускаются укомплектованными в 37 наборов, состав и назначение которых приведены в табл. 19.

Таблица 19

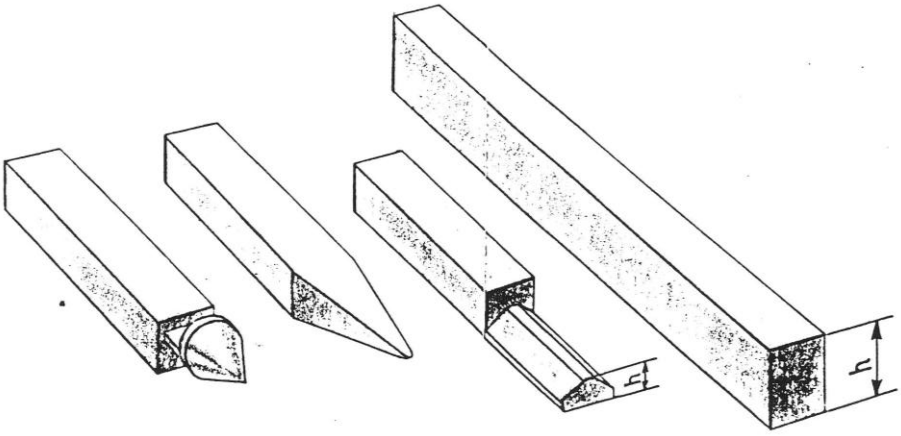
Наборы КМД

Номер набора	Число мер в наборе	Градация мер, мм	Номинальные значения длины мер, мм	Число мер	Классы точности наборов
1	83	–	1,005	1	0; 1; 2 и 3
		0,01	От 1 до 1,5 включительно	51	
		0,1	От 1,6 до 2	5	
		0,5	0,5	1	
			От 2,5 до 10	16	
		10	От 10 до 100	9	
2	38	–	1,005	1	1; 2 и 3
		0,01	От 1 до 1,1	11	
		0,1	От 1,2 до 2	9	
		1	От 3 до 10	8	
		10	От 20 до 100	9	
3	112	–	1,005	1	0; 1; 2 и 3
		0,01	От 1 до 1,5	51	
		0,1	От 1,6 до 2	5	
		–	0,5	1	
		0,5	От 2,5 до 25	46	
		10	От 30 до 100	8	
4	11	0,001	От 2 до 2,01	11	0; 1; 2
5	11	0,001	От 1,99 до 2	11	0; 1; 2
6	11	0,001	От 1 до 1,01	11	0; 1; 2
7	11	0,001	От 0,99 до 1	11	0; 1; 2
8	10	25 50 100	125, 150, 175, 200 250 и 300 50 и 50 400 и 500 (защитные меры)	4 2 2	0; 1; 2 и 3
9	12	100	От 100 до 1000 50 и 50 (защитные меры)	10	0;1;2;3
10	20	0,01	От 0,1 до 0,29	20	1;2;3
11	43	0,01 0,1	От 0,3 до 0,7 0,8 и 0,9	41 2	0;1;2;3
12	74	– 0,01 0,1 – 0,5	1,005 От 0,9 до 1,5 От 1,6 до 2 0,5 От 2,5 до 5	1 61 5 1 6	–
13	11	– 10	5 От 10 до 100	1 10	1;2;3
14	38	0,5 10	От 10,5 до 25 От 30 до 100	30 8	0;1;2;3
15	29	– 0,01 0,1 1	1,005 От 1 до 1,1 От 1,2 до 2 От 3 до10	1 11 9 8	1;2;3
16	19	0,001	От 0,991 до 1,009	19	0;1;2
17	19	0,001	От 1,991 до 2,009	19	0;1;2

Таблица 19 (продолжение)

Номер набора	Назначение набора КМД	Номинальное значение длины мер, мм	Число мер	Класс точности, разряд
18	Защитные	1,0 и 1,0	2	1, 2, 3 КТ
19	Защитные	2,0 и 2,0	2	1, 2, 3 КТ
20	Поверка проволочек	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; 1,0; 1,16; 1,3; 1,44; 1,6; 1,7; 1,9; 2; 3,5	23	1 и 2 КТ, 1-4 разряд
21	Поверка микрометрических приборов	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 и 2 КТ, 1-4 разряд
22	Поверка штангенприборов до 200 мм	21,2; 51,4; 71,5; 101,6; 126,8; 150; 175	7	3 КТ
23	Поверка штангенприборов до 200 мм с защитными мерами	1,00; 1,00; 1,05; 1,10; 2,00; 2,00; 21,2; 51,4; 71,5; 101,6; 126,8; 150; 175	13	3 КТ
24	Поверка штангенприборов до 1000 мм	1,00; 1,00; 1,04; 1,05; 1,06; 1,10; 1,11; 1,12; 1,13; !,17; 1,18; 1,19; 2,00; 2,00; 21,2; 51,4; 71,5; 101,6; 126,8; 150; 175; 250; 400; 600; 1000	25	3 КТ
25	Поверка оптикаторов с ценой деления 0,1 мкм	0,990; 0,992; 0,994; 0,995; 0,996; 0,998; 1,000; 1,002; 1,005; 1,010; 1,015; 1,020; 1,030; 1,040; 1,050	15	2 разряд
26	Поверка оптикаторов с ценой деления 0,2 мкм	0,990; 0,995; 1,000; 1,005; 1,010; 1,020; 1,030; 1,050	8	2 разряд
27	Поверка оптикаторов с ценой деления 0,5 мкм	1,00; 1,02; 1,04; 1,05; 1,06; 1,08; 1,10; 1,15; 1,20	9	3 разряд
28	Поверка многооборотных индикаторов типа МИГ	1,00; 1,02; 1,04; 1,06; 1,08; 1,10; 1,12; 1,14;1,16; 1,18; 1,20; 1,24; 1,28; 1,30; 1,32; 1,36; 1,40; 1,50; 1,60; 1,70; 1,80; 1,90; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0	28	3 разряд
29	Поверка микрокаторов с ценой деления 0,5 мкм	0,990; 0,995; 1,000; 1,005; 1,010; 1,020; 1,030; 1,040	8	3 разряд
30	Поверка рычажных микрометров с ценой деления 1 и 2 мкм	5,12; 10,24; 15,36; 19,50; 20; 21,5; 25	7	4 разряд
31	Поверка однооборотных индикаторов типа ИГ	1; 1,01; 1,02; 1,03; 1,04; 1,05; 1,06; 1,08; 1,10	9	3 разряд
32	Поверка оптиметров с ценой деления 0,2 мкм	0,995; 1; 1,005; 1,010; 1,020; 1,030; 1,040	7	2 разряд
33	Поверка оптиметров с ценой деления 1 мкм	1; 1,06; 1,10; 1,12; 1,18; 1,20; 1,30	7	3 разряд
34	Поверка контактного интерферометра на цене деления 0,05 мкм	1,001; 1,002; 1,003; 1,004; 1,005; 1,006; 1,007; 1,008; 1,009	9	1 разряд
35	Поверка контактного интерферометра на цене деления 0,1 и 0,2 мкм	1,01; 1,02; 1,03; 1,04; 1,05; 1,06; 1,07; 1,08; 1,09	9	1 разряд
36	Поверка автоматизированных установок для поверки КМД мод. 70701 и АПМ-100	1,000; 1,001; 1,002; 1,003; 1,004; 1,005; 1,006	7	2 разряд
37	Поверка автоматизированных установок для поверки КМД мод. 70701 и АПМ-100	0,5; 0,5; 10; 10; 50; 50; 100; 100	8	1 разряд

Для соединения КМД размером от 100 до 1000 мм (метрового набора) в блоки и для измерений и разметки выпускаются наборы принадлежностей к КМД (боковики и державки) по ГОСТ 4119–76 (рис. 31).



БЛОК ИЗ КОНЦЕВЫХ МЕР С ОТВЕРСТИЯМИ

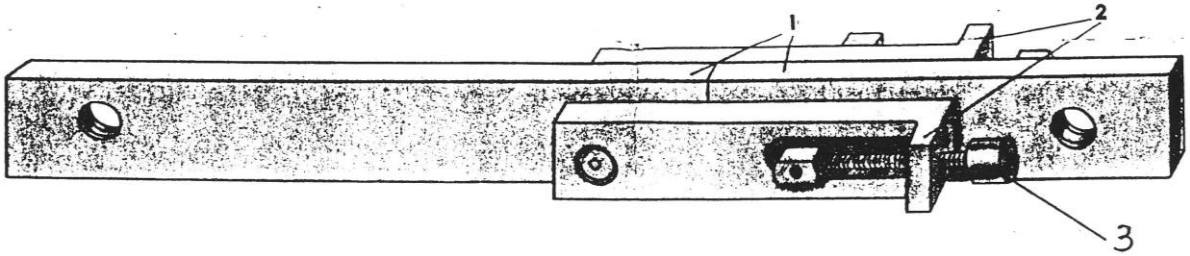


Рис. 31. Наборы принадлежностей к концевым мерам длины

Концевые меры длины размером от 100 мм и более имеют на расстоянии 25 мм от каждого конца отверстия диаметром 12 мм. Для образования блока из таких мер 1 используют специальные приспособления, называемые стяжками 2. Вращением болтов 3 с помощью специальной отвертки с нормированным усилием обеспечивается соединение мер в блок (см. рис. 31).

В набор принадлежностей входят:

боковики радиусные и плоскопараллельные (для измерений), а также центровые и чертильные (для разметки);

державки;

основание;

лекальная линейка типа ЛТ.

В зависимости от точности изготовления КМД делятся на 6 классов точности: 00; 01; 0; 1; 2; 3. Концевые меры классов точности 00 и 01 изготавливаются по спецзаказу, классов точности 0, 1, 2 и 3 – серийные. Для мер, находящихся в эксплуатации, дополнительно установлены классы точности 4 и 5.

Класс точности набора КМД, находящегося в эксплуатации, определяется низшим классом отдельной меры, входящей в набор.

Набор концевых мер с градацией 0,001 мм относить к классам точности 3, 4 и 5 не разрешается.

Допускаемые отклонения длины от номинального значения ΔL_N и отклонения от плоскопараллельности h концевых мер классов 0–5 представлены в табл. 20.

Таблица 20

Допускаемые отклонения длины КМД

<table>
<tr><th rowspan="2">Номинальные длины концевых мер, мм</th><th colspan="12">Допускаемые отклонения длины КМД от номинального значения ΔL_N, ±, и отклонения от плоскопараллельности h, мкм, для классов точности:</th></tr>
<tr><th colspan="2">КТ 0</th><th colspan="2">КТ 1</th><th colspan="2">КТ 2</th><th colspan="2">КТ 3</th><th colspan="2">КТ 4</th><th colspan="2">КТ 5</th></tr>
<tr><th></th><th>ΔL_N</th><th>h</th><th>ΔL_N</th><th>h</th><th>ΔL_N</th><th>h</th><th>ΔL_N</th><th>h</th><th>ΔL_N</th><th>h</th><th>ΔL_N</th><th>h</th></tr>
<tr><td>От 0,1 до 0,29</td><td>–</td><td>–</td><td>0,20</td><td>0,16</td><td>0.40</td><td>0,30</td><td>0,80</td><td>0,30</td><td>2,0</td><td>0,6</td><td>4,0</td><td>0,6</td></tr>
<tr><td>Св. 0,29 до 0,9</td><td rowspan="2">0,12</td><td rowspan="3">0,10</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>Св. 0,9 до 10</td></tr>
<tr><td>Св. 10 до 25</td><td>0,14</td><td>0,30</td><td></td><td>0,60</td><td>1,20</td><td>2,5</td><td>5</td></tr>
<tr><td>Св. 25 до 50</td><td>0,20</td><td>0,40</td><td>0,18</td><td>0,80</td><td>1,60</td><td>3,0</td><td>6</td></tr>
<tr><td>Св. 50 до 75</td><td>0,25</td><td>0,12</td><td>0,50</td><td rowspan="2"></td><td>1,00</td><td rowspan="3">0,35</td><td>2,00</td><td rowspan="3">0,40</td><td>4,0</td><td rowspan="3">0,8</td><td>8</td><td rowspan="3">0,8</td></tr>
<tr><td>Св. 75 до 100</td><td>0,30</td><td>0,12</td><td>0,60</td><td>0,20</td><td>1,20</td><td>2,50</td><td>5,0</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Св. 100 до 150</td><td>0,40</td><td>0,14</td><td>0,80</td><td>0,20</td><td>1,60</td><td>0,40</td><td>3,00</td><td>6,0</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Св. 150 до 200</td><td>0,50</td><td rowspan="3">0,16</td><td>1,00</td><td rowspan="3">0,25</td><td>2,00</td><td rowspan="2"></td><td>4,00</td><td rowspan="3">0,50</td><td>8,0</td><td rowspan="3">0,8</td><td>15</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>Св. 200 до 250</td><td>0,60</td><td>1,20</td><td>2,40</td><td>0,45</td><td>5,00</td><td>10</td><td>20</td></tr>
<tr><td>Св. 250 до 300</td><td>0,70</td><td>0,18</td><td>1,40</td><td>2,80</td><td>0,50</td><td>6,00</td><td>12</td><td>25</td></tr>
<tr><td>Св. 300 до 400</td><td>0,90</td><td>0,20</td><td>1,80</td><td>0,30</td><td>3,60</td><td rowspan="2"></td><td>7,00</td><td rowspan="2"></td><td>14</td><td rowspan="2">1,0</td><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">1,0</td></tr>
<tr><td>Св. 400 до 500</td><td>1,00</td><td>0,25</td><td>2,00</td><td>0,35</td><td>4,00</td><td>0,60</td><td>8,00</td><td>0,60</td><td>16</td></tr>
<tr><td>Св. 500 до 600</td><td>1,30</td><td rowspan="4">0,30</td><td>2,50</td><td>0,40</td><td>5,00</td><td>0,70</td><td>10,0</td><td>0,70</td><td>20</td><td rowspan="5">1,5</td><td rowspan="4">35</td><td rowspan="5">1,5</td></tr>
<tr><td>Св. 600 до 700</td><td>1,50</td><td>3,00</td><td>0,45</td><td>6,00</td><td rowspan="2"></td><td>11,0</td><td>0,80</td><td>22</td></tr>
<tr><td>Св. 700 до 800</td><td>1,60</td><td>3,20</td><td>0,50</td><td>6,50</td><td>0,80</td><td>13,0</td><td rowspan="2"></td><td>26</td></tr>
<tr><td>Св. 800 до 900</td><td>1,80</td><td>0,35</td><td>3,60</td><td rowspan="2"></td><td>7,00</td><td>0,90</td><td>14,0</td><td>0,90</td><td>28</td></tr>
<tr><td>Св. 900 до 1000</td><td>2,00</td><td>0,40</td><td>4,00</td><td>0,60</td><td>8,00</td><td>1,00</td><td>16,0</td><td>1,00</td><td>30</td><td>40</td></tr>
</table>

Допуски на изготовление мер определяются возможностями оборудования, с помощью которого изготавливаются КМД. Поскольку эти возможности ограничены, для повышения точности мер введена система *разрядности,* при которой точность меры определяется не допуском размера, а точностью определения (аттестации) действительного значения её *срединной* длины.

Введение понятия срединной длины позволяет уточнить размер концевой меры при неизбежных отклонениях от параллельности и плоскостности её измерительных поверхностей.

Под *срединной длиной* концевой меры понимается длина перпендикуляра, опущенного из центра измерительной поверхности на её противоположную измерительную поверхность.

Система разрядности установлена в МИ 1604–87, согласно которой в зависимости от точности аттестации концевых мер установлены 5 разрядов: от 1 до 5 в порядке убывания точности.

Доверительная погрешность измерений длины мер δ при доверительной вероятности $P_{дов} = 0{,}99$ не должна превышать следующих значений:

Разряд КМД	Доверительная погрешность δ, мкм
1	$\pm(0{,}02 + 0{,}2\,L)$
2	$\pm(0{,}05 + 0{,}5\,L)$
3	$\pm(0{,}1 + 1\,L)$
4	$\pm(0{,}2 + 2\,L)$
5	$\pm(0{,}5 + 5\,L)$

L – длина концевой меры в метрах.

Пределы допускаемых погрешностей измерения длины Δ и допускаемые отклонения от плоскопараллельности h концевых мер 1–5-го разрядов указаны в табл. 21.

Следует отметить, что в настоящее время государственной поверочной схемой для средств измерений длины, которую регламентирует МИ 2060–90, применение КМД 5-го разряда не предусмотрено.

Таблица 21

Пределы допускаемых погрешностей измерения длины КМД

Номинальные длины концевых мер, мм	Пределы допускаемых погрешностей измерения длины концевых мер δ, ±, и допускаемые отклонения от плоскопараллельности *h*, мкм, для разрядов:									
	1 разряд		2 разряд		3 разряд		4 разряд		5 * разряд	
	δ	*h*	δ	*h*	δ	*h*	δ	*h*	δ	*h*
От 0,1 до 10		0,09		0,09	0,11		0,22			
Св. 10 до 25	0,02		0,06		0,12	0,16	0,25	0,30	0,6	0,6
Св. 25 до 50	0,03	0,10	0,08	0,10	0,15		0,30		0,8	
Св. 50 до 75			0,09		0,18	0,18	0,35		0,9	
Св. 75 до 100	0,04	0,12	0,10	0,12	0,20	0,20	0,40	0,35	1,0	0,8
Св. 100 до 125	0,04		0,11		0,22		0,45		1,1	
Св. 125 до 150	0,05	0,14	0,12	0,14	0,25	0,20	0,50		1,2	
Св. 150 до 175	0,06		0,14		0,28		0,55	0,40	1,4	0,8
Св. 175 до 200	0,06	0,15	0,15	0,15	0,30	0,22	0,60		1,5	
Св. 200 до 250	0,07		0,18		0,35		0,70		1,8	
Св. 250 до 300	0,08	0,18	0,20	0,18	0,40	0,25	0,80		2,0	
Св. 300 до 400	0,10	0,20	0,25	0,20	0,50	0,30	1,00	0,50	2,5	1,0
Св. 400 до 500	0,12	0,25	0,30	0,25	0,60	0,35	1,20	0,60	3,0	
Св. 500 до 600	0,14		0,35		0,70	0,40	1,40	0,70	3,5	
Св. 600 до 700	0,16		0,40		0,80	0,45	1,60		4,0	
Св. 700 до 800	0,18	0,30	0,45	0,30	0,90	0,50	1,80	0,80	4,5	1,5
Св. 800 до 900	0,20		0,50		1,00		2,00	0,90	5,0	
Св. 900 до 1000	0,22	0,40	0,55	0,40	1,10	0,60	2,20	1,00	5,5	

Поверка КМД длиной до 100 мм

При поверке рекомендуются использование приборов и выполнение условий, указанных в табл. 22.

Номинальные значения нормальных влияющих величин: температура 20 °С, атмосферное давление 101325 Па (760 мм рт. ст.).

Допускаемые отклонения температуры от 20 °С при проведении поверки в зависимости от номинальных размеров КМД и разряда приведены в МИ 1604–87. Так, для КМД 4-го разряда длиной до 10 мм допускаемое отклонение температуры ±5 °С, а длиной 100 мм ±1 °С.

Положение концевых мер длиной до 100 мм при поверке может быть вертикальным или горизонтальным, длиной свыше 100 мм – только горизонтальным. Мера должна быть установлена узкой боковой поверхностью на двух опорах, расположенных на расстоянии 0,211 *L* от концов меры.

Должны быть исключены дополнительные усилия, влияющие на длину и плоскопараллельность концевой меры.

При отсутствии возможности обеспечения условий поверки номинальными значениями нормальных влияющих величин в результат должны быть внесены поправки. В помещении, где проводится поверка, средняя скорость изменения температуры не должна превышать 0,3 °С/ч.

Таблица 22

Средства и условия поверки КМД длиной до 100 мм

Разряд (класс точности) поверяемых КМД	Разряд эталонных (образцовых) КМД	Рекомендуемый прибор сравнения (компаратор)	Погрешность компаратора, мкм	Допускаемая погрешность измерений, мкм, не более	Допускаемое отклонение температуры от 20 °С, ±°С, при поверке КМД длиной, мм			
					до 4,5	св. 4,5 до 10	св.10 до 30	св. 30 до 100
3 разряд **1** кл. точн.	**2**	Интерферометр вертикальный типа ИКПВ с ценой деления 0,05 мкм Оптикатор 01 П с ценой деления 0,1 мкм	±0,04 ±0,06	$\pm(0{,}1 + 1\,L^*)$	3	1,5	1	1
4 разряд **2** кл. точн. **3** кл. точн.	**3**	Интерферометр вертикальный типа ИКПВ с ценой деления 0,1 мкм Оптикатор 01 П с ценой деления 0,1 мкм Пружинная измерительная головка 01 ИГП с ценой деления 0,1 мкм Оптиметр вертикальный с ценой деления 0,2 мкм Автомат для поверки концевых мер АПМ-100	±0,06 ±0,08 ±0,15	$\pm(0{,}2 + 2\,L^*)$	5	5	2	1
5 разряд **4** кл. точн. **5** кл. точн.	**4**	Оптикатор 02 П с ценой деления 0,2 мкм Оптикатор 05 П с ценой деления 0,5 мкм Оптиметр вертикальный с ценой деления 0,2 мкм Оптиметр вертикальный с ценой деления 1,0 мкм Автомат для поверки концевых мер АПМ-100	±0,1 ±0,06 ±0,15 ±0,2	$\pm(0{,}5 + 5\,L^*)$	5	5	5	2

L^* – длина концевой меры меры в метрах.

У термометра, используемого для определения температуры рабочего пространства, цена деления должна быть 0,1 °С.

Концевые меры в упаковке, если при их транспортировке температура отличалась от нормальной более чем на 10 °С, следует выдержать в помещении не менее 6 ч.

Меры должны быть промыты авиационным бензином и протерты сухой чистой хлопчатобумажной салфеткой, а плоские стеклянные пластины этиловым спиртом, после чего перед проверкой притираемости их нужно выдержать на рабочем месте не менее 20 мин.

Указанные работы должны проводиться в помещении с вытяжной вентиляцией или с вытяжным шкафом.

После проверки притираемости концевые меры должны быть выдержаны на столе вблизи прибора не менее:

0,3 ч – для концевых мер длиной до 4,5 мм;

0,5 ч – для мер свыше 4,5 до 10 мм;

1 ч – для мер свыше 10 до 50 мм;

1,5 ч – для мер свыше 50 до 100 мм.

Поверка КМД 3-го и 4-го разрядов и классов точности 1–5 проводится на контактных приборах:

вертикальных и горизонтальных интерферометрах;

оптикаторах и микрокаторах, установленных на стойках С-I и С-II;

вертикальных и горизонтальных оптиметрах;

измерительных машинах;

автоматизированных приборах на основе индуктивных преобразователей.

Вертикальные приборы со столом, имеющим выступающую сферическую вставку, служат для поверки мер длиной от 0,3 до 10 мм, а с ребристым столом, имеющим выступающее среднее ребро, для мер свыше 10 до 100 мм.

На стойке типа С-I с массивным основанием 9 и призматической колонкой 5, имеющей реечную передачу, устанавливается оптикатор 4 (см. рис. 32). Кронштейн 7 с зажатым оптикатором перемещается «грубо» относительно колонки 5 при помощи кремальеры 6. На рабочий столик 2 устанавливается КМД 3. Перемещение столика 2 вверх-вниз производится винтом микроподачи 1 со стопором 10. Перед каждым отсчетом измерительный наконечник необходимо арретировать не менее трех раз арретиром 8.

Поверка КМД 4-го разряда производится на стойке типа С-II с использованием микрокатора 6 (см. рис 33). Стойка состоит из основания 10, цилиндрической колонки 9, кронштейна 7 и рабочего столика 5. Микрокатор устанавливается в кронштейне по посадочному диаметру 28 мм. Перемещение кронштейна по колонке (настройка измерительной головки «грубо») производится вращением гайки 12, а его закрепление на размере – стопорным винтом 8. КМД 4 устанавливают на столик 5 под измерительный наконечник сферической формы радиусом 20 мм, трехкратно аррети-

руют арретиром 11 и настраивают «точно» на нуль микрокатора микровинтом 1. Затем столик закрепляют винтом 2. Установка рабочего столика перпендикулярно линии измерения производится двумя подъемными винтами 3.

Горизонтальные приборы используются для поверки КМД длиной от 0,1 до 0,29 мм и свыше 10 до 1000 мм.

На интерферометрах типа ИКПВ (рис. 34) и ИКПГ (рис. 35) должна быть установлена цена деления 0,05 или 0,1 мкм и она должна контролироваться ежедневно перед началом работы. При поверке концевых мер длиной до 10 мм на вертикальных приборах следует использовать ребристый стол с выступающей измерительной вставкой, а мер длиной до 100 мм – ребристый стол с выступающим средним ребром.

Стол с выступающей сферической вставкой нужно установить так, чтобы центры сферических поверхностей вставки и измерительного наконечника были соосны, а у стола с выступающим средним ребром середина выступающего ребра должна быть совмещена с вершиной сферического наконечника.

Согласно МИ 2079–90 вертикальный оптиметр (рис. 36 и 37) и горизонтальный оптиметр (рис. 38) с ценой деления 1 мкм допускается использовать только для поверки концевых мер классов точности 4 и 5.

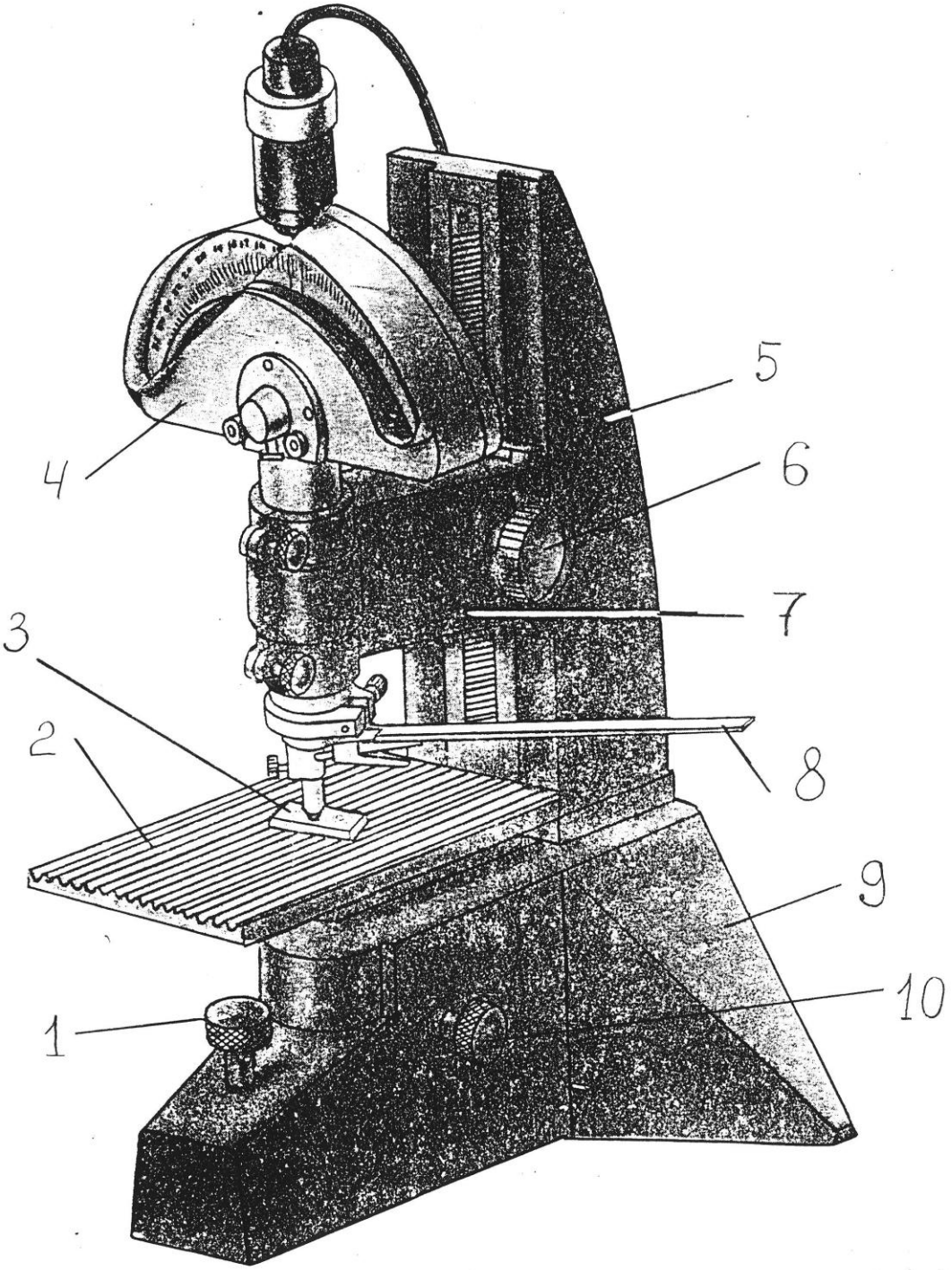


Рис. 32. Поверка КМД на оптикаторе

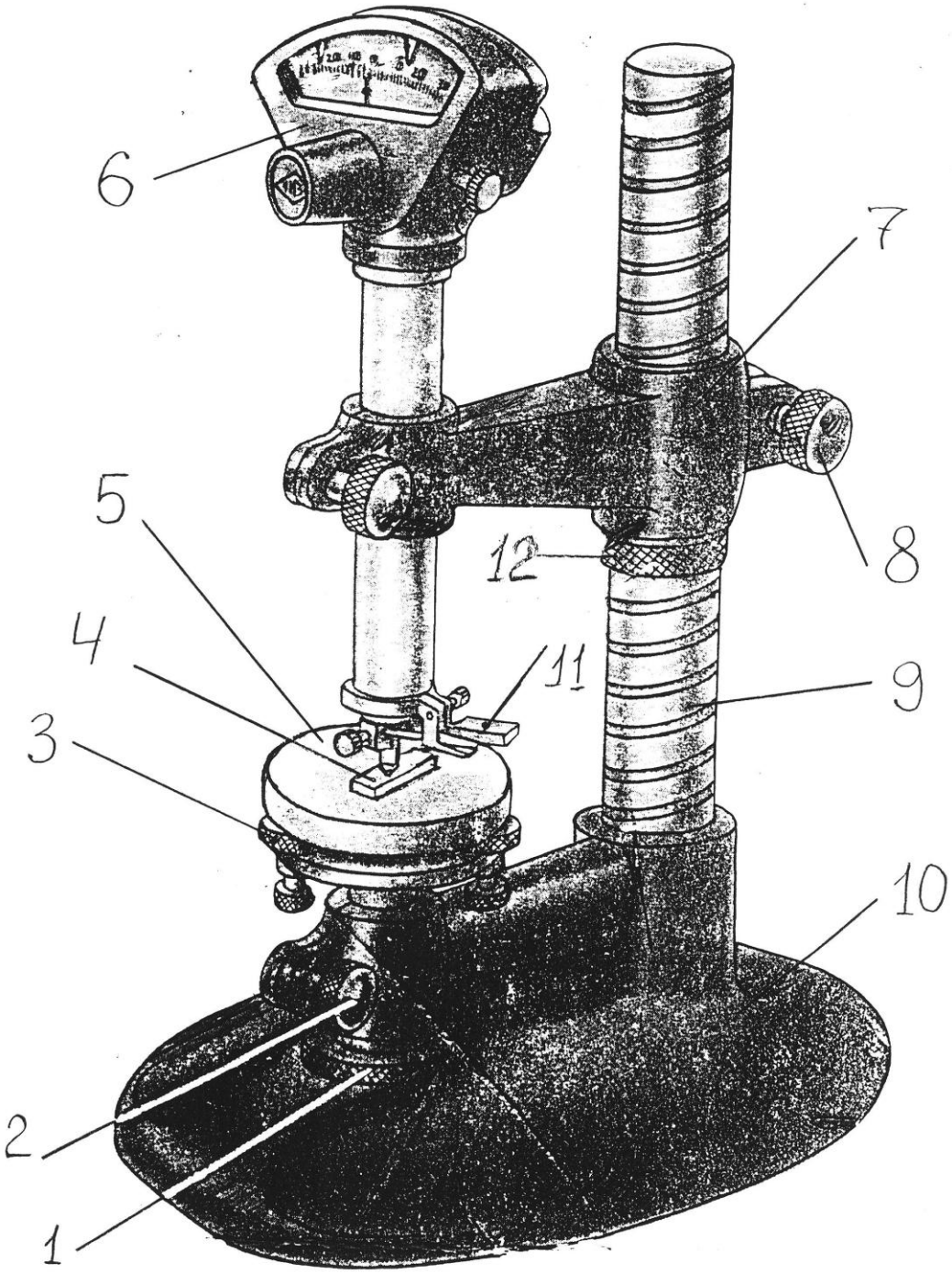


Рис. 33. Поверка КМД на микрокаторе

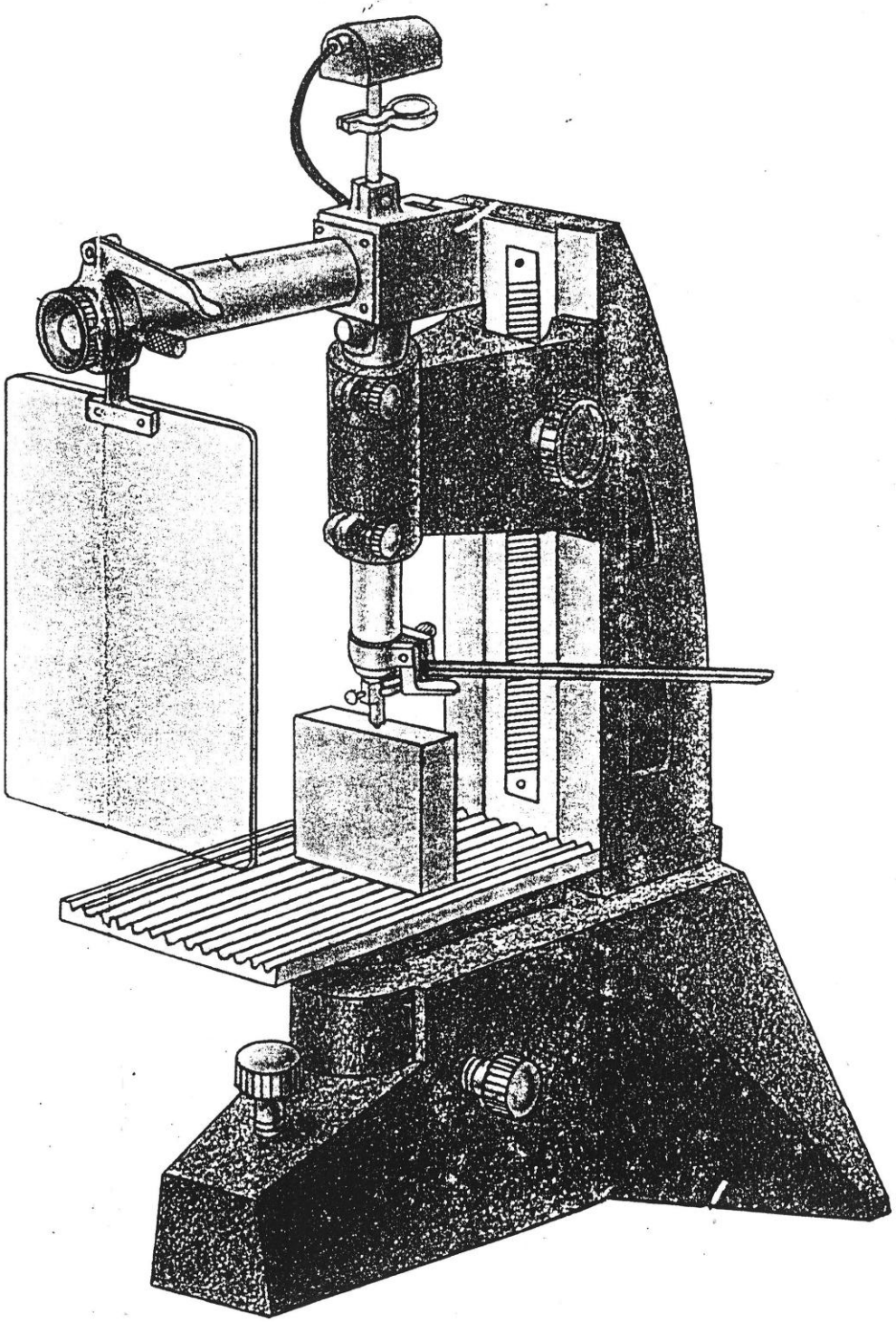


Рис. 34. Поверка КМД на интерферометре ИКПВ

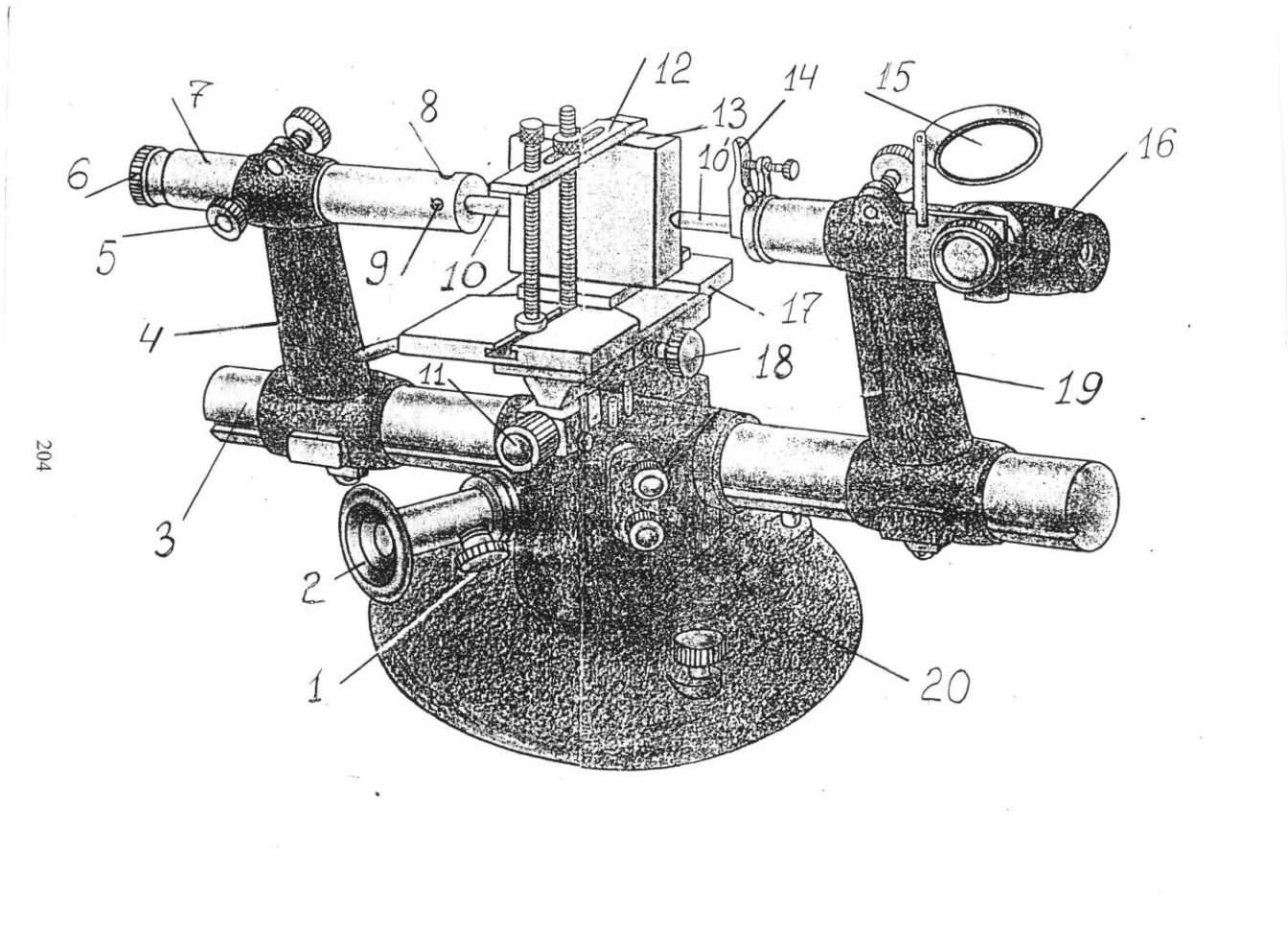


Рис. 35. Поверка КМД на интерферометре ИКПГ

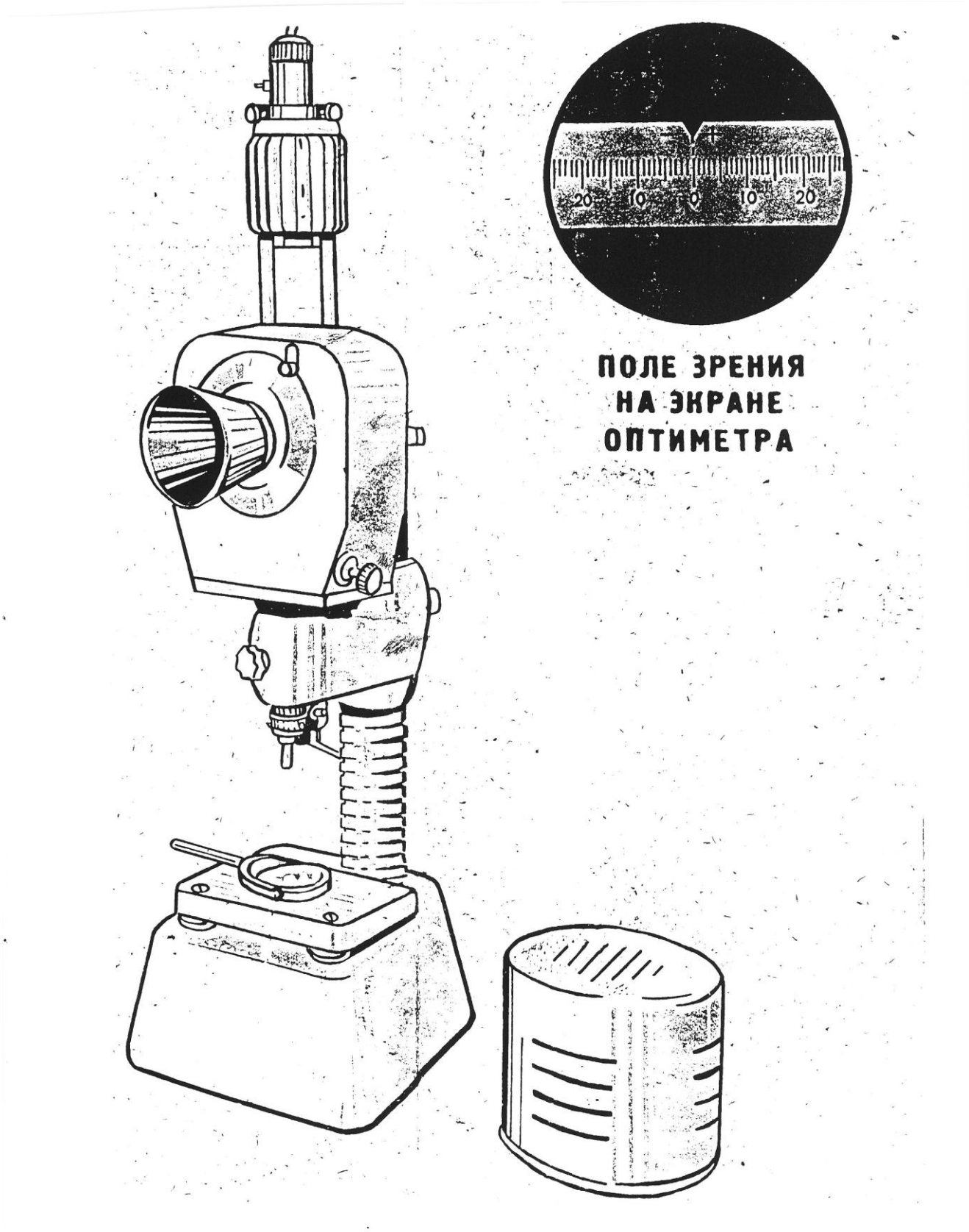


Рис. 36. Внешний вид вертикального оптиметра

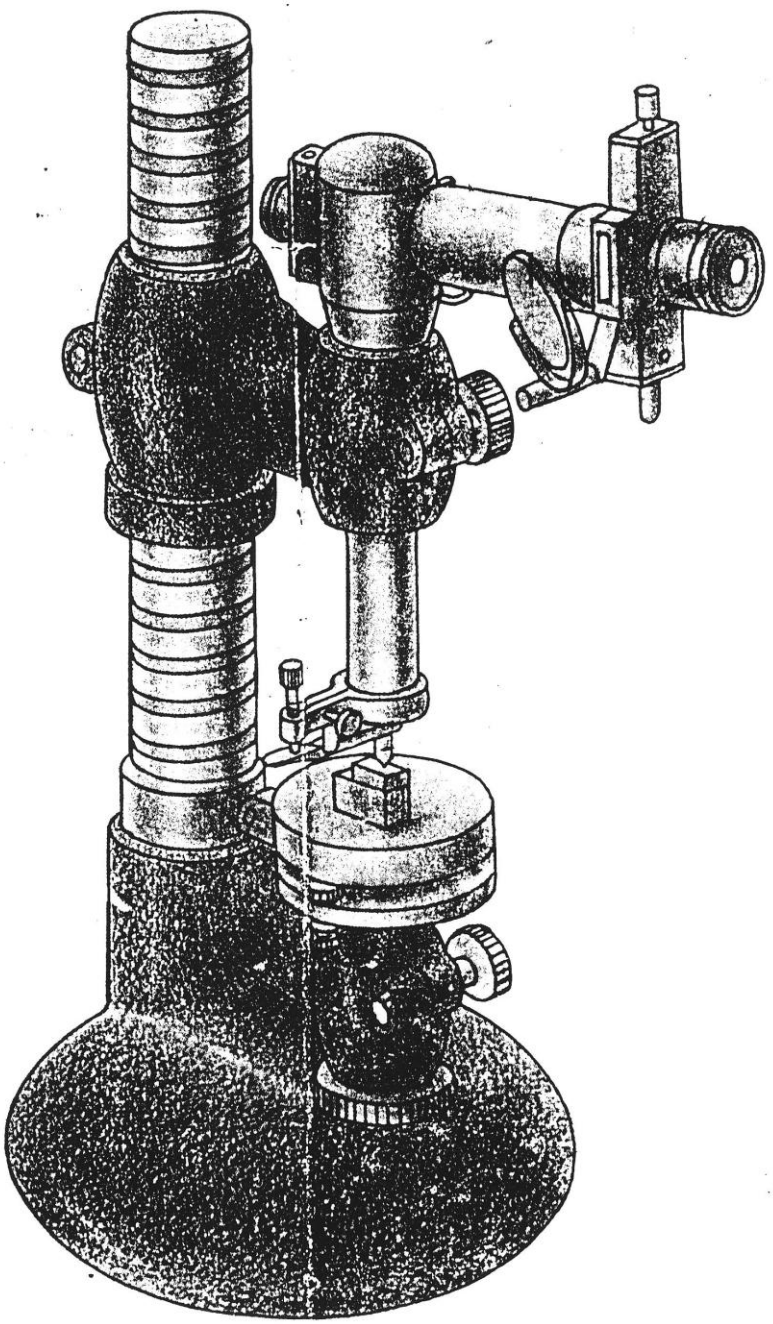


Рис. 37. Поверка КМД на вертикальном оптиметре

Поверка КМД длиной до 100 мм проводится по МИ 2079–90, а длиной свыше 100 мм – по МИ 2186–92.

При поверке КМД проверяются:

внешний вид;

притираемость и плоскостность;

отклонение от плоскопараллельности;

отклонение длины от номинальной;

отклонение срединной длины от номинального размера.

При **внешнем осмотре** следует проверить соответствие КМД требованиям ГОСТ 9038–90. На измерительных и нерабочих поверхностях мер допускается наличие незначительных дефектов, расположенных вне зоны измеряемых точек и не влияющих на притираемость и эксплуатационные свойства.

Проверка **притираемости** концевой меры к плоской стеклянной пластине ПИ 60 класса точности 2 производится следующим образом: меру нужно притереть к плоской стеклянной пластине сначала одной, а затем другой измерительной поверхностью, слегка прижать пластину к концевой мере до появления интерференционных полос, затем увеличить нажим на меру и, перемещая её в поперечном направлении в одну и в другую сторону, добиться их постепенного исчезновения.

У КМД 1–3 классов допускаются оттенки в виде светлых пятен.

У концевых мер 4 класса допускаются оттенки в виде желтых пятен, а у концевых мер 5 класса – оттенки любого цвета по краям измерительных поверхностей на расстоянии 1,5 мм от боковых граней.

При проверке притираемости мер длиной до 5 мм можно притирать их к плоской стеклянной пластине сначала нижней измерительной поверхностью и, не снимая её, притереть другую стеклянную пластину к верхней измерительной поверхности.

При проведении этой операции следует пользоваться поочередно несколькими пластинами и салфетками.

Притираемость КМД 4-го разряда и классов точности 3–5 специальных наборов, находящихся в эксплуатации и не предназначенных для притирания к ним других концевых мер, можно не проверять.

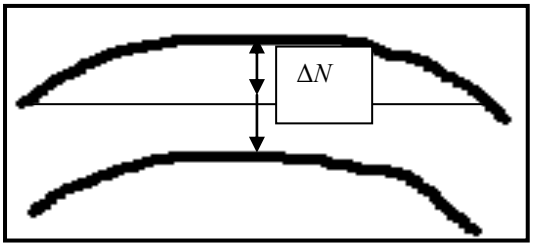
Отклонение от плоскостности (определяется после ремонта) измерительных поверхностей КМД длиной свыше 0,9 до 3 мм в свободном состоянии проверяется после ремонта одновременно с проверкой притираемости. Концевую меру прикладывают к стеклянной пластине ПИ 60 и наблюдают интерференционные полосы, располагая их вдоль длинного, а затем вдоль короткого ребра меры. Определив максимальную «стрелу прогиба» относительно расстояния между интерференционными полосами ΔN, отклонение от плоскостности определяют по формуле

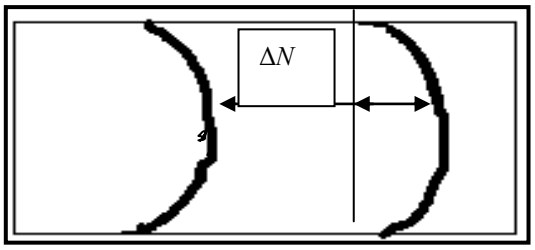
$$\Delta L = \Delta N \times \lambda/2,$$

где λ – длина волны света, равная 0,6 мкм.

Расположение интерференционных полос:

продольное *поперечное*





Допускается определение отклонения от плоскостности концевых мер с помощью лекальной линейки и образца просвета размером 2 мкм.

Определение

- **отклонения срединной длины $\Delta L_{пов}$** и её значения $L_{пов}$**,**
- **отклонения длины концевой меры от номинальной ΔL_N,**
- **отклонения от плоскопараллельности *h***

производится на вертикальных и горизонтальных приборах согласно рекомендациям МИ 1604–87.

При определении указанных параметров концевых мер на вертикальных приборах (контактных интерферометрах, оптикаторах и микрокаторах) в стойках типа С-I или С-II с ребристым столом с выступающей сферической вставкой (при длине КМД до 10 мм) или с выступающим средним ребром (при длине КМД от 10 до 100 мм) поверяемую и эталонную концевые меры нужно установить в держателе поперек ребер стола так, чтобы поверяемая мера была ближе к поверителю.

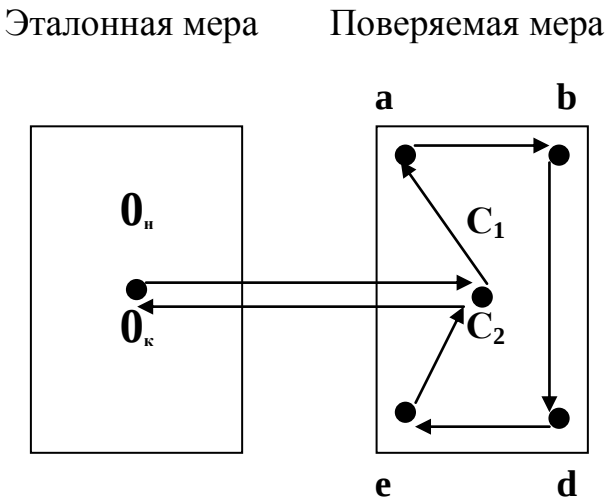
Измерительный наконечник прибора нужно опустить до касания со срединной (центральной) точкой измерительной поверхности эталонной меры, микрометрической подачей столика установить показания прибора на нуль и зажать стопор микрометрической подачи.

Затем наконечник следует арретировать 3–5 раз и, убедившись, что размах показаний прибора не превышает указанных ниже значений,

Разряд КМД	Класс точности КМД	Размах показаний прибора, мкм
3 и 4	1 и 2	0,02
5	3, 4 и 5	0,2

снять отсчет с точностью до десятых долей деления шкалы и записать в протокол наиболее часто повторяющееся показание или их среднее значение $\mathbf{0_н}$ (ноль начальный).

Далее нужно приподнять арретиром измерительный наконечник, подвести держателем под него поверяемую меру и снять отсчет в срединной точке $\mathbf{C_1}$ и отсчеты в четырех угловых точках **a, b, d**, **e,** а затем снова в срединной точке $\mathbf{C_2}$, после чего снять повторный отсчет $\mathbf{0_к}$ (ноль конечный) в срединной точке эталонной меры.



$$\mathbf{0_н \to C_1 \to a \to b \to d \to e \to C_2 \to 0_к}$$

Расхождения между отсчетами $\mathbf{0_н}$ и $\mathbf{0_к}$, $\mathbf{C_1}$ и $\mathbf{C_2}$ не должны превышать для КМД:

3-го разряда и 1 класса точности	0,05 мкм
4-го разряда и 2 и 3 классов точности	0,1 мкм
5-го разряда, 4 и 5 классов точности	0,4 мкм

При невыполнении этих условий измерения следует повторить.

Полученные результаты измерений нужно внести в протокол, форма которого представлена в приложении 14.

После выполнения измерений необходимо провести обработку результатов в следующем порядке.

1. По полученным отсчетам определяем средние значения $\mathbf{0_{ср}}$ и $\mathbf{C_{ср}}$:

$$\mathbf{0_{ср} = (0_н + 0_к)/2; \qquad C_{ср} = (C_1 + C_2)/2.}$$

2. Отклонение от плоскопараллельности $\boldsymbol{h}$ равно алгебраической разности между наибольшим и наименьшим из отсчетов $\mathbf{C_{ср}}$, **a, b, d**, **e.**

3. Для определения отклонения длины меры от номинальной ΔL_N нужно предварительно вычислить максимальную разность $\Delta\ell_{max}$ между одним из отсчетов $\mathbf{C_{ср}}$, **a, b, d**, **e** и отсчетом $\mathbf{0_{ср}}$ и агебраически просуммировать с $\Delta L_э$:

$$\Delta L_N = \Delta L_э + \Delta\ell_{max},$$

где $\Delta L_э$ – отклонение срединной длины эталонной (образцовой) концевой меры, мкм.

По параметрам ΔL_N и $\boldsymbol{h}$ определяем класс точности данной концевой меры.

4. Для определения отклонения срединной длины от номинального значения $\Delta L_{пов}$ нужно предварительно вычислить разность срединных длин поверяемой и эталонной меры $\Delta\ell_c$:

$$\Delta\ell_{\text{с}} = \mathbf{C}_{\text{ср}} - \mathbf{0}_{\text{ср}};$$

$$\Delta L_{\text{пов}} = \Delta L_{\text{э}} + \Delta\ell_{\text{с}}.$$

Срединную длину поверяемой меры $L_{\text{пов}}$ вычисляем по формуле

$$L_{\text{пов}} = L + \Delta L_{\text{пов}},$$

где L – номинальная длина поверяемой концевой меры, мм.

Полученные значения $\Delta L_{\text{пов}}$ или $L_{\text{пов}}$ заносятся в приложение к свидетельству о поверке на каждую КМД.

Значения результатов измерений следует округлять согласно МИ 1604–87 для мер:

3-го разряда и 1-го класса точности – до 0,01 мкм;
4-го и 5-го разряда и 2–5 классов точности – до 0,1 мкм.

При поверке концевых мер 4 и 5 классов точности можно не учитывать отклонения срединных длин от номинальных значений эталонных мер 4-го разряда, если эти отклонения не превышают допускаемых для мер 2 и 3 классов точности соответственно. В этом случае за отклонение длины концевой меры от номинальной ΔL_N принимается максимальное значение разности между одним из пяти отсчетов $\mathbf{C}_{\text{ср}}$, **a, b, d, e** и отсчетом $\mathbf{0}_{\text{ср}}$ или, если отсчет $\mathbf{0}_{\text{ср}}$ равен нулю, то оно равно наибольшему по абсолютному значению отсчету из указанных пяти:

$$\Delta L_N = \Delta\ell_{\text{max}}.$$

Приложение 14

ПРОТОКОЛ №_____

поверки набора **КМД** № _____ класса точности ____,
изготовленного _____, принадлежащего _____,
поверенного по набору № _____ разряда ____ при температуре ___ ° С,
на компараторе _____ № _____

L, мм	мкм											
	$\Delta L_э$	$О_н$	$С_1$	Отсчеты по угловым точкам				h	ΔL_{max}	ΔL_N	$\Delta L_с$	$\Delta L_{пов}$
		$О_к$	$С_2$									
		$О_{ср}$	$С_{ср}$	a	b	d	e					

1. $О_{ср} = (О_н + О_к)/2 =$
2. $С_{ср} = (С_1 + С_2)/2 =$
3. $\Delta L_с = С_{ср} – О_{ср} =$
4. $h = x – y =$
5. $\Delta L_{max} = x – О_{ср} =$
6. $\Delta L_N = \Delta L_э + \Delta L_{max} =$
7. $\Delta L_{пов} = \Delta L_э + \Delta L_с =$

x – наибольшее, y – наименьшее из отсчетов **a, b, d, e, $С_{ср}$**.

Заключение по результатам поверки

Набор концевых мер соответствует требованиям ГОСТ 9038–90 и МИ 1604–87 для КМД _____ разряда и _____ класса точности.

Поверка проведена по МИ 2079–90 (МИ 2186–92).

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

Особенности поверки КМД длиной свыше 100 мм

Основные метрологические характеристики концевых мер длиной свыше 100 мм приведены в табл. 20 и 21.

При проведении поверки рекомендуются использование приборов и выполнение условий, указанных в табл. 23.

Поверка указанных мер производится на горизонтальных приборах: оптиметрах, контактных интерферометрах и измерительных машинах.

При поверке КМД на горизонтальном приборе (рис. 34 и рис. 37) эталонную и поверяемую меры 13 устанавливают рядом и закрепляют струбцинами 12 на столе прибора 17 узкими нерабочими поверхностями так, чтобы их правые и левые измерительные поверхности находились примерно в одной плоскости. Меры следует брать салфеткой или замшей, не прикасаясь к мерам руками.

Измерительные наконечники 10 должны быть сферическими типа НГС 20 класса точности 0 для мер 3-го разряда и класса точности 1 – для мер 4-го разряда. Наконечники предварительно должны быть выставлены соосно.

Перемещениями стола вверх-вниз ручкой 2 со стопором 1 и от себя-к себе ручкой 18 без стопора и покачиванием в вертикальной и горизонтальной плоскостях ручкой 11 устанавливают эталонную меру 13 серединой напротив измерительных наконечников 10 пинольной и измерительной бабок с небольшим (1–2 мм) зазором. Затем бабку пиноли 4 перемещают до соприкосновения с измерительным наконечником 10 пинольной трубки 7 с левой поверхностью эталонной меры. При этом верхняя плавающая площадка стола должна быть расположена примерно симметрично относительно его неподвижной части.

После этого осторожно перемещают измерительную бабку 19 до соприкосновения измерительного наконечника 10 трубки оптиметра 16 с правой поверхностью эталонной меры до появления указателя в пределах ±10 делений шкалы. Устанавливают ось КМД соосно оси измерения прибора. Для этого перемещают стол во всех плоскостях и добиваются минимальных показаний прибора. Затем вращением микрометрического винта 6 пинольной трубки устанавливают показания на нуль и зажимают стопор 5 пинольной трубки. Измерительный наконечник арретируют три раза и, убедившись, что показания прибора остаются постоянными в пределах 0,1 – 0,2 деления шкалы, делают отсчет $0_н$. Затем, не меняя установки прибора, отводят арретиром 14 измерительный наконечник 10, осторожно перемещают стол и вводят между измерительными наконечниками поверяемую меру. Производят отсчеты в пяти точках C_1 – a – b – d – e – C_2. Выход на каждую точку осуществляют с помощью арретира и перемещениями стола вверх-вниз и от себя–к себе, добиваясь минимальных показаний.

Затем отводят арретиром измерительный наконечник 10 и вторично вводят эталонную меру, снимая показания прибора $0_к$.

Расхождения между значениями $0_н$ и $0_к$, C_1 и C_2 – не более:

Разряд, класс точности КМД	Длина КМД	
	100–300 мм	400–1000 мм
3-й разряд, КТ 1	0,1 мкм	0,2 мкм
4-й разряд, КТ 2 и КТ 3	0,2 мкм	0,4 мкм
5-й разряд, КТ 4 и КТ 5	0,6 мкм	

Таблица 23

Средства и условия поверки КМД длиной свыше 100 мм

Разряд, класс точности поверяемых мер	Длина КМД, мм	Разряд эталонных мер	Рекомендуемый прибор сравнения (компаратор)	Погрешность компаратора, мкм	Допускаемая погрешность измерений, мкм,	Допускаемое отклонение температуры от 20 °С, ±°С	Скорость изменения температуры помещения, °С/ч	Время выдержки вблизи/на столе прибора, ч
3-й разряд **0** класс **1** класс	До 500 До 1000	**2**	Интерферометр горизонтальный типа ИКПГ: с ценой деления 0,05 мкм с ценой деления 0,1 мкм Оптико-механическая машина типа ИЗМ	±0,04 ±0,08 ±0,2	±(0,1 + 1 L^*)	0,3	0,3	2 / 0,5 до 300 мм 3 / 1,0 от 300 до 1000 мм
4-й разряд **2** класс **3** класс	До 500 До 1000	**3**	Оптиметр горизонтальный с ценой деления 1,0 мкм Оптико-механическая машина типа ИЗМ	±0,2 ±0,2	±(0,2 + 2 L^*)	1,0	1,0	
5-й разряд **4** класс **5** класс	До 200 До 500 До 1000	**4**	Оптиметр вертикальный с ценой деления 1,0 мкм Оптиметр горизонтальный с ценой деления 1,0 мкм Оптико-механическая машина типа ИЗМ	±0,2 ±0,2 ±0,2	±(0,5 + 5 L^*)	2,0	1,5	

L^* - длина концевой меры в метрах

ШТРИХОВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

Штриховыми называются меры, длина которых определяется расстоянием между штрихами. Эти меры бывают однозначными (с нанесением всего двух штрихов) и многозначными. На последних обычно нанесены штрихи через интервалы 1 дм, 1 см, 1; 0,2, 0,1 или 0,01 мм. Штриховые меры применяются в разных областях народного хозяйства и, в частности, для измерений размеров в машиностроении.

По конструктивным признакам штриховые меры делятся на брусковые, ленточные и линейки.

Брусковые меры (ГОСТ 12069–78) применяют в качестве шкал приборов и станков и эталонных мер длины. В зависимости от точности изготовления они делятся на классы точности от 0 до 5. Допускаемые отклонения действительной длины для мер до 1 м находятся в пределах от ±0,5 до ±50 мкм. Длина и форма поперечного сечения определяются назначением меры. Н-образное и П-образное сечение имеют меры классов точности 0, 1 и 2 длиной до 1,4 и 4 м соответственно, так как эта форма обеспечивает незначительное укорачивание изогнутой оси меры при ее установке на опорах, поскольку штрихи нанесены на нейтральной поверхности. Такой же точности достигают при изготовлении мер прямоугольного сечения, но на меньшей длине — до 1 м. Меры классов 3, 4 и 5 имеют в поперечном сечении прямоугольную, полукруглую или пятиугольную форму. Штрихи наносят либо на верхнюю, либо на боковую сторону меры. Эти меры устанавливают не на опорах, а на поверхности, и предназначены они для встраивания в станки.

Штриховая мера трапецеидального сечения имеет шкалу с ценой деления 0,1 или 0,2 мм, нанесенную на боковой поверхности, и поставляется в комплекте с двумя лупами увеличением $7^{\times}$. Эта мера аттестуется как эталонная и применяется для поверочных работ.

Материалами для рабочих брусковых мер служат оптическое стекло, сталь, инварстабиль и инвар. Из оптического стекла изготовляют штриховые меры, встраиваемые в такие приборы, как длиномер, универсальный микроскоп, где они работают в проходящем свете.

К ленточным штриховым мерам относятся рулетки металлические (ГОСТ 7502–80), применяемые в металлообработке при сравнительно грубых установочных работах. Рулетки имеют длину от 1 до 100 м. По точности изготовления они делятся на три класса: 1, 2 и 3; предел допускаемой погрешности от 0,4 до 20 мм. Погрешность задается при натяжении 50 Н для рулеток длиной до 10 м и 100 Н для рулеток длиной более 10 м.

Металлические измерительные линейки (ГОСТ 427–75) применяются в металлообработке для измерений невысокой точности. Они имеют длину 150, 300, 500 и 1000 мм. Линейки с верхними пределами измерений 150 и 300 мм имеют две шкалы, а с верхними пределами 500 и 1000 мм одну шкалу. Цена деления 1 мм. Предел допускаемой погрешности длины всей шкалы и расстояний между любым штрихом и началом или концом шкалы составляет от ±0,1 до ±0,2 мм.

Окулярные микрометры используются в качестве отсчетных устройств ряда оптических приборов. Они бывают двух типов: МОС и МОВ. Тип МОС (микрометр окулярный со спиральным нониусом – в дальнейшем будем называть его спиральным окулярным микрометром) используется в отсчетных микроскопах вертикального оптического длиномера, компаратора ИЗА-2, универсального микроскопа. Тип МОВ (микрометр окулярный винтовой) применяется в качестве отсчетного устройства приборов для измерения шероховатости (микроинтерферометров, приборов светового сечения), а также микроскопа МПВ-1.

В корпус окулярного винтового микрометра встроены стеклянные пластины со шкалой (цена деления 1 мм) и подвижной сеткой в виде перекрестия. Шкала и сетка находятся в поле зрения окуляра. Сетку перемещают микрометрическим винтом с ценой деления 0,01 мм. Предел допускаемой погрешности перемещения перекрестия ±5 мкм при одном обороте барабана и ±0,01 мм на восьми оборотах (8 мм).

Объект-микрометры (ГОСТ 7513–75) предназначены для определения увеличения луп, линейного поля зрения микроскопов (МИР-2), цены деления окулярных шкал и микрометрических винтов в приборах светового сечения. Они изготовляются двух типов: ОМП — для проходящего света с покровным стеклом и ОМО — для отраженного света без покровного стекла. Объект-микрометр представляет собой стеклянную пластину из оптического стекла, заключенную в металлическую оправу. На стекле нанесена шкала длиной (1 ± 0,003) мм с ценой деления 0,01 мм.

Расстояние между серединами любых десяти делений (0,1 ± 0,002) мм.

Первичным эталоном для штриховых мер является продольный компаратор с двухлучевым интерферометром.

Размер единицы длины в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений длины передается от первичного эталона вторичным эталонам-копиям. Ими являются платино-иридиевые стержни Х-образного сечения длиной до 1 м, на нейтральной плоскости которых наносят штрихи. Их поверяют по первичному эталону методом прямых измерений. Эталонами-копиями служат также интерференционные установки для абсолютных измерений длины в длинах волн вторичных эталонных излучений.

Рабочие эталоны имеют длину 1 м и 1 дм, изготовлены из платинита, инвара, сплава никеля и железа. Все рабочие эталоны, кроме дециметровых, имеют Н-образное сечение. На нейтральной плоскости нанесены штрихи. Дециметровые эталоны имеют прямоугольное сечение. Кроме миллиметровых делений имеется дополнительная шкала длиной 1 мм, разделенная на десятые доли миллиметра.

Образцовые меры 1-го разряда и шкалы 2-го разряда изготовляют в основном прямоугольного сечения и из тех же материалов, что и брусковые рабочие меры, а также из нержавеющей стали и кварца. На верхней полированной поверхности нанесены штрихи через каждый миллиметр по всей длине. Один из миллиметровых интервалов шкалы имеет деления че-

рез 0,1 мм. Сантиметровые, а иногда и миллиметровые штрихи имеют соответствующие числовые отметки. Ось мер обозначается параллельными продольными линиями с расстоянием между ними 0,1–0,3 мм по всей длине, а у стеклянных мер оси нанесены только по концам меры. Стеклянные меры, как правило, имеют покровное стекло, предохраняющее поверхность со шкалой от повреждений. Предел допускаемой погрешности мер 1-го разряда ±(0,1 + 0,2L) мкм, шкал 2-го разряда ±(0,2 – 0,5L) мкм, где L — длина меры, м.

Образцовые объект-микрометры 2-го разряда (длиной 1 мм) в конструктивном отношении практически не отличаются от рабочих. Предел допускаемой погрешности их аттестации 0,1–0,3 мкм. В качестве образцовых штриховых мер 2-го разряда аттестовывают брусковые меры по ГОСТ 12069–66, соответствующие классам точности 0 и 1 длиной 1 м Н-образцового сечения и 0,5 м прямоугольного сечения. Предел допускаемой погрешности аттестации ±(2 + 5L) мкм. Мерами 3-го разряда служат те же брусковые штриховые меры, аттестованные с пределом допускаемой погрешности ±(20 + 30L) мкм.

Поверку штриховых мер начинают с **внешнего осмотра**, когда визуально проверяют отсутствие вмятин, забоин, трещин, расслоений, глубоких царапин, следов коррозии и других дефектов, мешающих отсчитыванию. Края мер не должны иметь острых кромок, заусенцев и зазубрин.

Ширину штрихов измеряют с помощью инструментального или универсального микроскопа.

Длину штрихов измеряют на тех же приборах либо штангенциркулем.

Плоскостность поверхности шкалы определяют на поверочной плите по просвету между мерой и плитой или при помощи измерительной головки с ценой деления 1 мкм. У мер 2-го разряда и класса 1 этот параметр контролируют также на микроскопе типа МПБ-2 или МПВ-1: при перемещении стола под микроскопом от начального штриха к конечному не должна изменяться фокусировка штрихов шкал.

Шероховатость поверхности контролируют сравнением с образцами шероховатости или на профилометре-профилографе.

Для определения **погрешностей делений** штриховых мер используют один из четырех методов: сличения и калибровки при помощи компаратора, сличения при помощи компаратора, прямые измерения и непосредственное сличение.

Первый метод применяют только для рабочих эталонов и мер 1-го разряда. При калибровке сличают несколько мер или отметок шкалы в различных сочетаниях. По результатам этих попарных сличений вычисляют погрешности отдельных мер или отметок шкалы исходя из известного значения одной из них.

Для сличения при помощи компаратора типично применение продольного компаратора типа ИЗА-2. Прибор состоит из следующих основных частей: основания, подвижного предметного стола, визирного и от-

счетного микроскопов, последний — со спиральным окулярным микрометром. У основания имеются направляющие, по которым перемещается предметный стол. На столе закреплена миллиметровая шкала (200 мм). По одной линии со шкалой компаратора, параллельно направлению хода стола, устанавливают измеряемую штриховую меру. На основании смонтированы два зеркала для освещения обеих мер. На верхней С-образной части основания имеется траверса, на которой укреплены оба микроскопа. Визирный микроскоп служит для наводки на штрихи измеряемой меры, а отсчетный — для отсчитывания по шкале компаратора.

В качестве примера современных более сложных устройств рассмотрим компараторы типа МС-40К и МС-18К, предназначенные для поверки мер класса 0 и 1 и 2-го разряда. Компаратор имеет станину с направляющими, по которым перемещаются стол с мерами и каретка, несущая фотоэлектрические микроскопы для наведения на штрихи образцовой и поверяемой мер.

Характеристики электрического сигнала, вырабатываемого фотоприемником и последующей электронной схемой, зависят от положения штриха шкалы относительно оси микроскопа. В момент совпадения середины штриха с осью микроскопа наблюдается минимум нечетных гармоник в электрическом сигнале. А смещение штриха в известных пределах может быть определено по уровню этих гармоник.

Рассмотрим порядок поверки штриховых мер на компараторе МС-18К при продольном компарировании, т. е. когда эталонная и поверяемая меры установлены последовательно. Один микроскоп устанавливают вручную на нулевой штрих образцовой шкалы, а второй — на нулевой штрих поверяемой меры. Затем оператор включает механизм периодической подачи, а стол с мерами автоматически перемещается на расстояние, равное шагу штрихов. Далее автоматически механизмом тонкой подачи перемещается каретка с микроскопами, и первый микроскоп визируется на штрих образцовой шкалы. При этом от программного устройства в обмотку вибратора первого микроскопа подается сигнал компенсации погрешности положения этого штриха. Этот сигнал смещает ось колебаний вибратора и, следовательно, ось микроскопа. Второй микроскоп определяет положение второго штриха поверяемой меры относительно оси микроскопа. Сигналы от обоих микроскопов обрабатываются электронной схемой, и результирующий сигнал, пропорциональный отклонению положения штриха поверяемой меры, регистрируется печатающим устройством. Управление всеми узлами автоматизировано.

Компараторы используются как продольные и как поперечные (меры устанавливают параллельно). Длина поверяемых мер 1000 мм для МС-40К и 2000 мм для МС-18К. Машинное время поверки меры длиной 1000 мм через 1 мм составляет 2 ч. Предельная допускаемая погрешность измерения для обоих компараторов $\pm(0{,}15 + 0{,}15L)$, мкм, где L — длина интервала, м.

Аналогично поверяют штриховые меры и на других компараторах, например, с оптическими микроскопами. Но в этих случаях оператор пе-

ремещает стол, наводит на штрихи образцовой шкалы и снимает отсчет по отсчетному микроскопу. Следует отметить, что в НТД на поверку мер рекомендуется проводить многократные измерения (обычно три раза) и в двух направлениях: от первого штриха к последнему, и наоборот. Результаты всех измерений усредняют.

Для поверки штриховых мер длиной до 1 м 1-го разряда и классов точности 0, 1, 2 и 3, применяемых в точном приборостроении и станкостроении, служит фотоэлектический продольный компаратор ФЭК-1000. В компараторе применен времяимпульсный метод, при этом разность длин (шкалы компаратора и расстояния между одноименными штрихами на поверяемой мере) преобразуется в импульсы, длительность которых пропорциональна этой разности. Длительность импульсов и их знак регистрируются при помощи цифропечатающего устройства. Управление компаратором полностью автоматизировано. Полный цикл измерения миллиметрового подразделения вместе с перемещением равен 10 с. Применение ФЭК-1000 позволяет в три раза снизить погрешность измерений и более чем в пять раз повысить производительность поверки по сравнению с обычными визуальными компараторами, предназначенными для поверки тех же мер. Погрешность измерения ±0,2 мкм.

Метод прямых измерений заключается в том, что с помощью рабочего прибора измеряют расстояние между подразделениями образцовой шкалы, указанными в НТД на поверку. За погрешность поверяемого прибора принимают разности между результатами измерения и действительными значениями измеренных расстояний, указанные в аттестате образцовой шкалы.

Другая разновидность этого метода — измерение штриховых мер (рабочих эталонов и образцовых 1-го разряда) с помощью вышестоящих по поверочной схеме приборов. Здесь за погрешности поверяемой меры принимают разность между номинальным значением меры и результатом измерений.

В методе непосредственного сличения параллельно располагают образцовую и поверяемую меры при совпадении их начальных штрихов, затем определяют визуально или с помощью лупы разность иных соответствующих штрихов в нескольких точках, расположенных по длине шкалы. Этот метод, в отличие от остальных, применяют для поверки только рабочих мер: металлических измерительных линеек, брусковых деревянных и металлических мер, складных мер.

Рекомендуемые формы протоколов поверки представлены в приложении 15 (для металлической линейки) и в приложении 15а (для рулетки).

Приложение 15

ПРОТОКОЛ № _____

поверки линейки металлической **ЛМ** _____ № _____принадлежащей _____

диапазон измерений _____ мм при t = _____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения		Результаты измерений
1. Внешний осмотр	Визуально	Оцифровка и штрихи должны быть четкими, за предельной отметкой шкалы должны быть дополнительные деления, маркирока должна соответствовать ГОСТ 427–75		
2. Определение метрологических характеристик				
2.1. Просвет между поверочной плитой и плоскостью линейки	Поверочная плита КТ 2 по ГОСТ 10905, набор щупов № 1 КТ 2 по ТУ 2-034-225	0–150 мм, 0–300 мм, 0–500 мм	0,5 мм	
		0–1000 мм	0,7 мм	
2.2. Отклонение прямолинейности торцевых граней линейки		0–150 мм, 0–300 мм, 0–500 мм	0,04 мм	
		0–1000 мм	0,08 мм	
2.3. Отклонение от перпендикулярности торцевых граней к продольному ребру линейки	Угломер типа УН	не более ±10′		
2.4. Шероховатость поверхности торцевых граней линейки	Образцы шероховатости R_a = 2,5 мкм	$R_a \leq 0{,}04$ мкм		
2.5. Длина миллиметровых и сантиметровых штрихов шкалы	Штангенциркуль типа ШЦ-II	$L_{\text{миллим.}} \geq 3{,}5$ мм $L_{\text{метр.}} \geq 6{,}5$ мм		
2.6. Отклонение от номинального значения длины шкалы линейки и расстояние между любым штрихом и началом или концом шкалы линейки	Брусковая штриховая мера типа IV, контрольная линейка типа КЛ	0–150 мм	±0,10 мм	
		0–300 мм	±0,10 мм	
		0–500 мм	±0,15 мм	
		0–1000 мм	±0,20 мм	

Заключение по результатам поверки

Металлическая линейки типа ЛМ_____ №_____ соответствует/не соответствует требованиям ГОСТ 427–75.

Поверка проведена по МИ 2024–89.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

Приложение 15а

ПРОТОКОЛ № _____

поверки рулетки измерительной металлической **типа_____** № _____

диапазон измерений _____ мм при t = _____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений	
1. Внешний осмотр	Визуально			
2. Определение метрологических характеристик				
2.1. Определение толщины и ширины ленты	Микрометр МК-25, штангенциркуль типа ШЦ-I	$\Delta_{толщины}$ = ±0,05 мм $\Delta_{ширины}$ = ±0,20 мм		
2.2. Ширина штрихов шкалы	Микроскоп МПБ-2	(0,2 ± 0,05L) мм		
2.3. Отклонение от перпендикулярности	Измерительный микроскоп БМИ	±30′		
2.4. Отклонение от прямолинейности боковой кромки ленты	Металлическая линейка 1000 мм, лупа измерительная типа ЛИ, контрольная линейка типа КЛ	±0,5 мм		
2.5. Определение длины отдельных интервалов шкалы: – миллиметрового – сантиметрового – дециметрового	Контрольная линейка типа КЛ, микроскоп МПБ-2			
		±0,2 мм		
		±0,3 мм		
		±0,4 мм		
2.6. Отклонение общей длины шкалы от номинального значения	Стеновой компаратор длиной 10 м, контрольная линейка типа КЛ, микроскоп МПБ-2, лупа измерительная типа ЛИ	для 2 КТ: Δ = ±(0,3 + 0,15 (L – 1))мм; для 3 КТ: Δ = ±(0,4 + 0,2 (L – 1))мм, где L – длина интервала, м	0–1 м	
			1–2 м	
			2–3 м	
			3–4 м	
			4–5 м	
			5–6 м	
			6–7 м	
			7–8 м	
			8–9 м	
			9–10 м	

Заключение по результатам поверки

Металлическая рулетка типа _____ №_____ соответствует/не соответствует требованиям ГОСТ 7502–98 по классу точности _____.

Поверка проведена по МИ 1780–07.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

УГЛОМЕРЫ

Угломеры – многомерные средства измерений углов. С их помощью можно определить величину угла с точностью до минут. Наиболее часто в промышленности встречаются угломеры с отчетом по нониусу. Угломер с нониусом типа 2 с ценой деления 2′ предназначен для измерения наружных углов от 0 до 360° и внутренних углов от 0 до 180° с точностью 2′.

Внешний вид угломера типа 2 представлен на рис. 38.

Угловая шкала угломера с ценой деления 1° нанесена на основание 1, выполненное в виде неполного кольца с наружной цилиндрической и внутренней конической поверхностями. К правому концу основания жестко прикреплена линейка 2, свободная поверхность которой при измерениях соприкасается с измеряемым изделием. Основание перемещается между соответственными цилиндрической и конической поверхностями сектора 3 и стопора 4, осуществляя таким образом поворот по дуге окружности, центр которой совпадает с центром шкалы. К верхней части сектора, соосно со шкалой основания, укреплен нониус. Сектор с помощью державки 7 прилегает к одной из сторон угольника 5; к другой стороне угольника с помощью такой же державки укрепляется съемная линейка 6. Угломеры типа 2 оснащены устройством точной подачи, которое расположено с задней стороны угломера.

Достоинством этого угломера является возможность измерения внутренних углов. Размер внутреннего угла определяется вычитанием от 360° показаний шкалы.

Для проверки углов от 0 до 50° угломер собирается полностью: к сектору присоединяется угольник, к нему при помощи винта прикрепляется державка, в паз державки вставляется линейка; подвижной измерительной плоскостью в этом случае будет узкая сторона линейки (рис. 38а). Углы от 50 до 140° измеряются при такой установке инструмента: угольник удаляется и на его место ставится линейка (рис. 38б). Один угольник без линейки позволяет контролировать углы от 140 до 230° (рис. 38в). И, наконец, углы от 230 до 320°, а также внутренние углы проверяют без угольника и линейки (рис. 38г).

Типы и основные параметры угломеров установлены в ГОСТ 5378–88 «Угломеры с нониусом. Технические условия», они приведены в табл. 24. В соответствии с этим стандартом выпускаются угломеры с отсчетом по нониусу типов 1, 2, 3 и 4.

Угломеры с отсчетом по нониусу 2, 5 и 10′ предназначены для измерения наружных углов от 0° до 360° и внутренних углов от 40° до 180°.

Поверка угломеров проводится по МИ 2131–90.

Методика регламентирует следующие средства поверки угломеров:

плоская стеклянная пластина типа ПИ 60;

лекальная линейка типа ЛД;

концевые меры длины 4-го разряда;

образцы шероховатости поверхности или образцы деталей с шероховатостью R_a = 0,2 мкм;

щуп 0,30 мм;

микрометр типа МР 25 и МР 75;

призматические угловые меры КТ 2;

лупа ЛИ-1- 4^x.

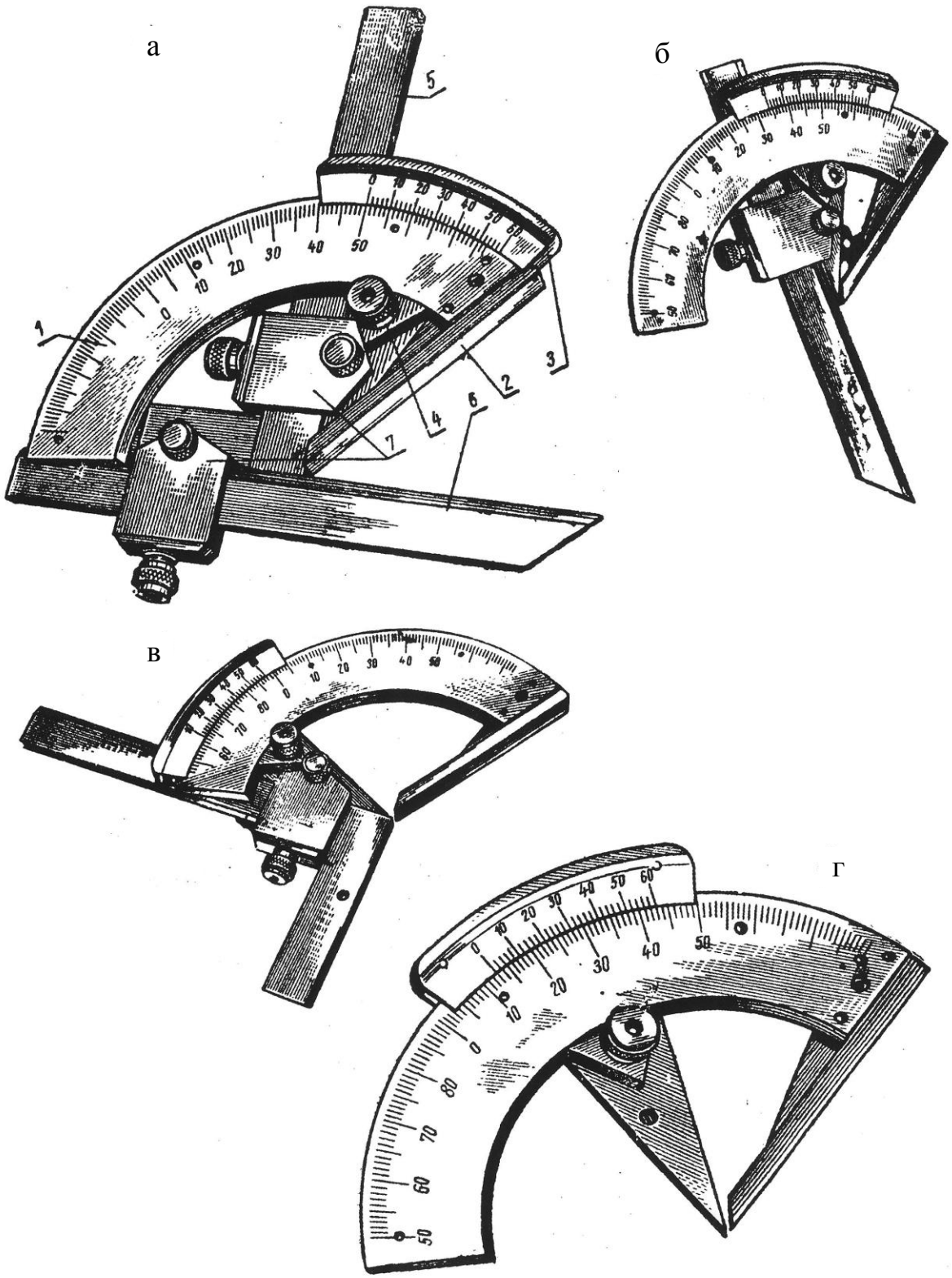


Рис. 38. Внешний вид угломера

Таблица 24

Типы и основные параметры угломеров

Наименование характеристики	Тип угломера					
	1		2	3		4
1. Значение отсчета по нониусу	2′	5′	2′	5′	10′	10′
2. Пределы измерений: • наружных углов • внутренних углов	0–180° –		0–360° 40–180°	0–360° –		0–180° –
3. Предел допускаемой погрешности	±2′	±5′	±2′	±5′	±10′	±10′
4. Допуск плоскостности или прямолинейности ($S \leq 5$ мм) измерительных поверхностей, мкм, при длине: • до 100 мм • свыше 100 до 150 мм • свыше 150 до 200 мм • свыше 200 мм	3 4 5 6					
5. Допуск параллельности измерительных поверхностей линейки угломеров типа 3 и нониуса угломеров типа 4, мкм, при длине измерительных поверхностей: • до 100 мм • свыше 100 до 150 мм • свыше 150 до 200 мм • свыше 200 мм	6 8 10 12					
6. Расстояние между кромкой нониуса и основанием, мм, не более	0,3					
7. Шероховатость измерительных поверхностей, мкм, не более	0,2					
8. Холостой ход микроподачи, не более	1/4 оборота					
9. Температура помещения, в котором проводят поверку, °С	20 ± 5					

При **внешнем осмотре** должно быть установлено соответствие угломеров требованиям ГОСТ 5378-88 в части комплектности, наличия хромового покрытия. Штрихи шкал и цифры должны быть отчетливыми и хорошо видимыми.

При **опробовании** проверяют плавность перемещения подвижных частей, надежность закрепления подвижных частей по отсутствию изменения показаний угломера после фиксации установленного угла стопорным устройством, начало перемещения нониуса при микрометрической подаче не более чем на 1/4 оборота.

При периодической поверке угломеров должны быть определены следующие **метрологические характеристики**.

Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей угломеров определяют лекальной линейкой типа ЛД КТ 0, острое ребро которой прикладывают к измерительным поверхностям угломеров, и оценивают по значению просвета между ними.

При ширине измерительных поверхностей угломеров от 5 мм и более лекальную линейку прикладывают также и по диагоналям исследуемой поверхности.

Просвет оценивают визуально сравнением его с образцами просвета. Образцы просвета создают при помощи лекальной линейки, концевых мер длины и плоской стеклянной пластины для интерференционных измерений согласно рис. 39.

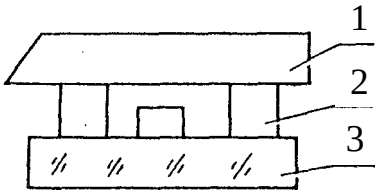


Рис. 39. Образец просвета:
1 – лекальная линейка; 2 – концевые меры длины;
3 – плоская стеклянная пластина

Отклонение от параллельности измерительных поверхностей линейки угломера типа 3 и нониуса угломера типа 4 определяют рычажным микрометром.

Расстояние между измерительными поверхностями измеряют не менее чем в двух сечениях при длине измерительных поверхностей до 100 мм и трех сечениях при длине более 100 мм. Отклонение от параллельности определяют как разность между наибольшим и наименьшим измеренными значениями расстояний.

Погрешность угломеров (кроме нулевых положений) определяют при измерении призматических угловых мер. За погрешность угломера принимают разность между показанием по угломеру и номинальным значением призматической угловой меры.

Погрешность угломеров в нулевых положениях определяют при совмещении измерительных поверхностей в одной плоскости или измерительной поверхности и ребра лекальной линейки до их контакта. При получении просвета между ними он не должен превышать просвета на образце просвета.

Погрешность угломера в нулевом положении определяют по показанию угломера.

Погрешность угломера типа 1 с угольником определяют при углах 00°00'; 15°10'; 30°20'; 45°30'; 60°40'; 70'50"; 90°00' и 90°30' и без угольника — при помощи лекальной линейки при угле 180°.

Погрешность угломера типа 2 с угольником и линейкой определяют при углах 0°00'; 15°10'; 30°20'; 45°30' и 50°00' и без угольника с линейкой — при углах 50°00'; 60°40'; 75°50' и 90°00'.

Погрешность угломера типа 3 определяют не менее чем в 7 точках круговой шкалы, размещенных равномерно по всей шкале основания, охватывая при этом различные точки нониуса, включая и угол 90°00'.

Погрешность угломера типа 4 определяют в двух положениях угловой меры при контакте с левым и правым участком измерительной поверхности основания:

1) в положении при углах 45°30' и 90°00' (правый угол, образованный измерительными поверхностями правой стороны нониуса и основанием угломера в соответствии с черт. 4 ГОСТ 5378-88);

2) в положении при угле 90°30' и 180° при помощи лекальной линейки (левый угол).

Нулевыми положениями, в которых определяются погрешности угломеров, являются:

для угломеров типа 1 с угольником — положение при угле 0°00', без угольника при 180°;

для типа 2 с угольником и линейкой – при угле 0°00';

для типа 3 — при угле 0°00' при двух положениях линейки относительно основания:

1) измерительная поверхность линейки лежит в одной плоскости с основанием;

2) измерительная поверхность линейки и плоскость основания параллельны и лежат в разных плоскостях. В этом случае эти поверхности устанавливают параллельно друг другу. Допуск параллельности этих поверхностей угломеров со значением отсчета по нониусу 5' равен 0,15 мм на 100 мм длины, со значением 10' — 0,30 мм на 100 мм длины.

Отклонение от параллельности измерительной поверхности линейки и основания определяют по разности расстояний, измеренных рычажным микрометром в двух сечениях.

Нулевым положением угломера типа 4 является положение при 180°.

Результаты поверки рекомендуется оформить протоколом, форма которого приведена в приложении 16 (для угломера типа 1) и в приложении 16а (для угломера типа 2).

Приложение 16

ПРОТОКОЛ №_____

поверки угломера **типа 1** №_____ Пределы измерения _____

Цена деления ____ t =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты контроля
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей, мкм, при длине: • до 100 мм • свыше 100 до 150 мм • свыше 150 до 200 мм • свыше 200 мм	Лекальная линейка 0 класса; образец просвета из КМД 4-го разряда или КТ 2 и плоской стеклянной пластины ПИ 60	3 4 5 6	
3.2. Предел допускаемой погрешности угломера при ЦД: • 2′ • 5′ • 10′	Призматические угловые меры КТ 2, набор № 6 или № 1, лупа ЛИ-1-4^{x}	2′ 5′ 10′	табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.3. Шероховатость измерительных поверхностей R_a, мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,32 и 0,2 мкм	≤0,2	
3.4. Расстояние от верхней кромки края нониуса до основания, мм	Щуп 0,3 мм	≤0,3	

3.2. Определение погрешности угломера

Контролируемые точки, мм	00°00'	15°10'	30°20'	45^{0}30'	60°40'	70''50'	90°00'	90°30'
Показания угломера, мм								
Погрешность, мм								

Предел допускаемой погрешности ± _____ Наибольшая погрешность ____

Заключение по результатам поверки

Угломер типа 1 №_____ соответствует требованиям ГОСТ 5378–88.

Поверка проведена по МИ 2131–90.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

Приложение 16а

ПРОТОКОЛ №_____

поверки угломера **типа 2** №_____ Пределы измерения _____

Цена деления ____ t =_____ °С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты контроля
1. Внешний осмотр			
2. Опробование			
3. Определение метрологических характеристик (МХ)			
3.1. Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей, мкм, при длине: • до 100 мм • свыше 100 до 150 мм • свыше 150 до 200 мм • свыше 200 мм	Лекальная линейка 0 класса; образец просвета из КМД 4-го разряда или КТ 2 и плоской стеклянной пластины ПИ 60	3 4 5 6	
3.2. Предел допускаемой погрешности угломера при ЦД: • 2′ • 5′ • 10′	Призматические угловые меры КТ 2, набор № 6 или № 1, лупа ЛИ-1-4^{x}	2′ 5′ 10′	табл.
МХ, определяемые после ремонта			
3.3. Шероховатость измерительных поверхностей R_a, мкм	Образцы шероховатости R_a = 0,32 и 0,2 мкм	≤0,2	
3.4. Расстояние от верхней кромки края нониуса до основания, мм	Щуп 0,3 мм	≤0,3	

3.2. Определение погрешности угломера с угольником и линейкой

Контролируемые точки	угломера с угольником и линейкой					угломера без угольника с линейки			
	0°00'	15°10'	30°20'	45°30'	50°00'	50°00'	60°40'	75°50'	90°00'
Показания угломера									
Погрешность									

Предел допускаемой погрешности ± _____ Наибольшая погрешность ____

Заключение по результатам поверки

Угломер типа ____№_____ соответствует требованиям ГОСТ 5378–88.

Поверка проведена по МИ 2131–90.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

ГЛАДКИЕ КАЛИБРЫ

Калибры предназначены для контроля размеров, отклонений формы и взаимного расположения поверхностей. Калибры дают возможность значительно сократить затраты времени на проверку деталей, сделать её доступной любому, даже малоквалифицированному рабочему. Этим объясняется широкое распространение калибров в машиностроении.

Все калибры делятся на нормальные и предельные.

Нормальные калибры изготавливаются по номинальному размеру детали и контролируют только один размер. Проверка таким калибром требует от контролёра высокой квалификации. Поэтому в настоящее время нормальные калибры применяются редко.

Предельные калибры ограничивают наибольший и наименьший предельные размеры деталей.

Калибры для контроля гладких валов и отверстий подразделяют на проходные (ПР) и непроходные (НЕ). Проходная сторона всегда должна входить на контролируемую поверхность или внутрь неё, непроходная не должна сопрягаться с деталью. Только в этом случае деталь считается годной.

Гладкие калибры для контроля отверстий выполняют в форме цилиндров (прототип контролируемого отверстия), поэтому их называют пробками. Пример калибра-пробки с полями допуска на проходную и непроходную часть представлен на рис. 40. Калибр-пробка ПР отличается от калибра-пробки НЕ значительно большей высотой цилиндра (см. рис. 41). Калибры-пробки для контроля отверстий диаметром 1–100 мм имеют хромированные рабочие поверхности, что повышает срок их службы в 3–4 раза по сравнению с нехромированными калибрами. Калибры для контроля отверстий диаметром 50–100 мм изготовляют с насадками. По мере износа заходной части рабочей поверхности насадки её поворачивают изношенной стороной к ручке, что также повышает срок службы калибра.

Гладкие калибры для контроля валов выполняют по форме кольца с внутренней цилиндрической измерительной поверхностью и в виде скобы.

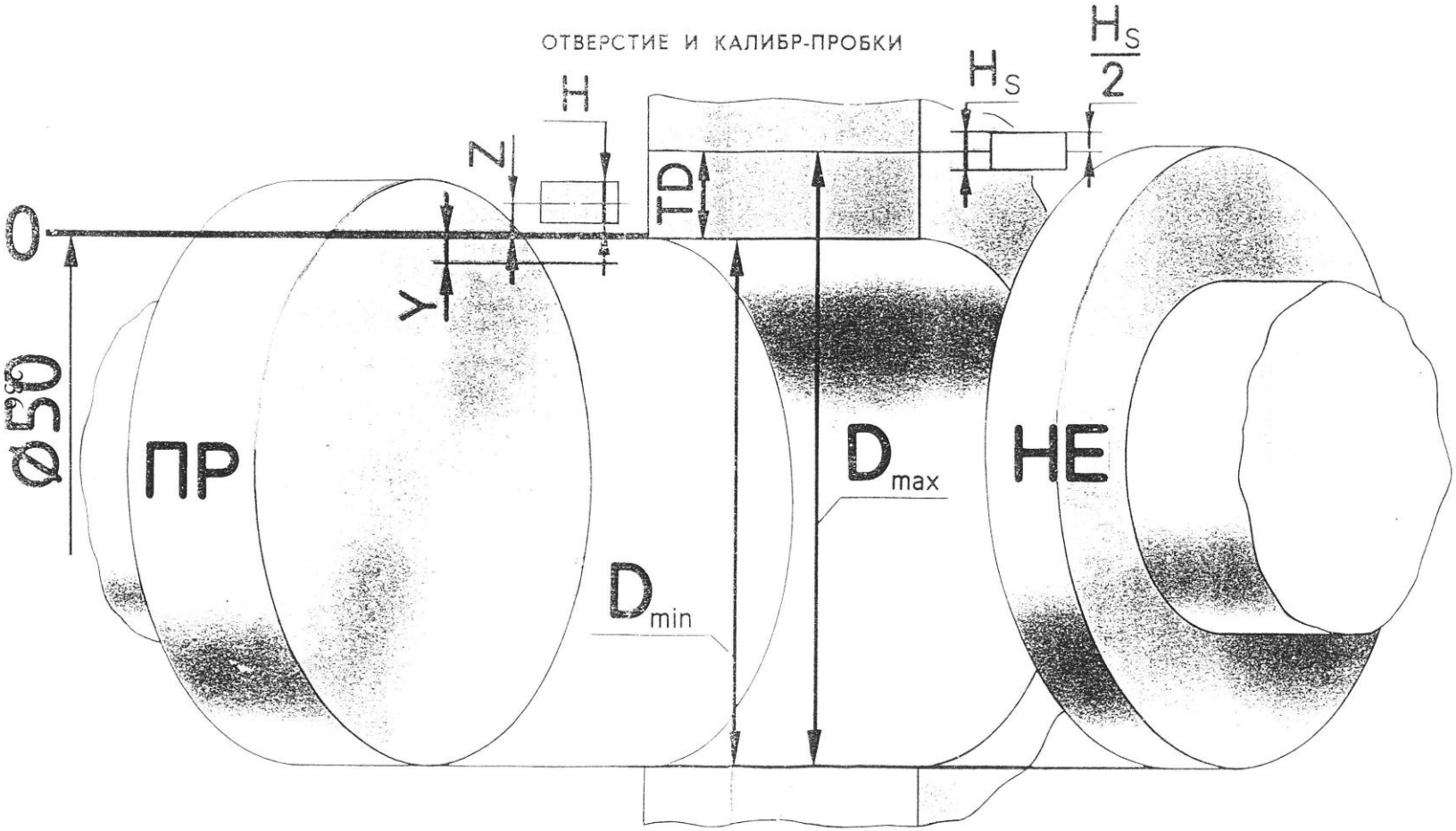


Рис. 40. Поля допусков калибра-пробки

ПРОБКА ДВУСТОРОННЯЯ

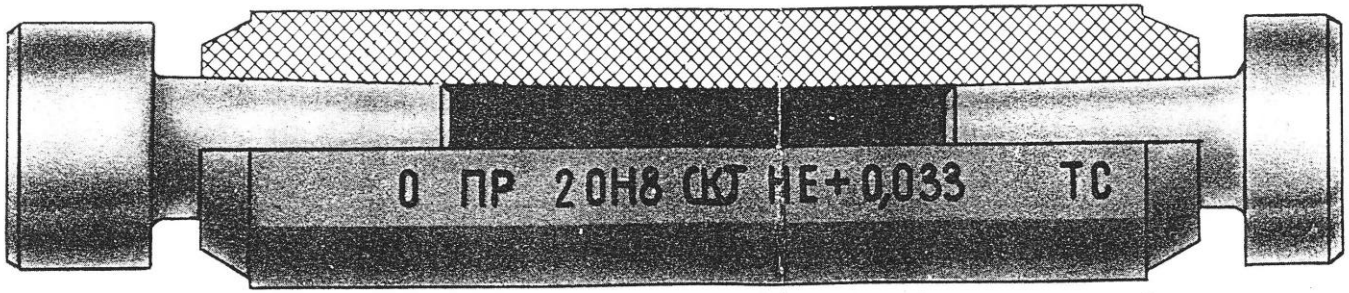


Рис. 41. Внешний вид калибра-пробки

Преимущественное распространение получили не калибры-кольца, а калибры-скобы, позволяющие контролировать размеры валов без снятия их со станка. Калибрами-скобами контролируют коленчатые валы и другие детали сложной формы.

На рис. 42 представлены основные типы гладких калибров-пробок.

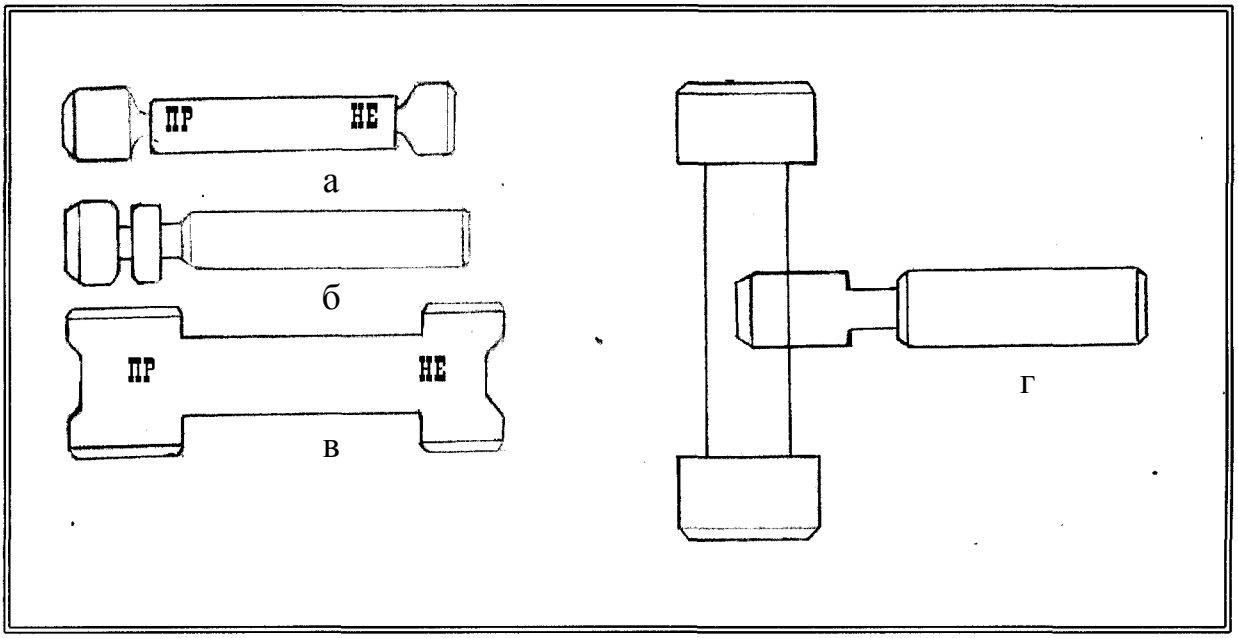


Рис. 42. Основные типы гладких калибров-пробок

Калибры-пробки в большинстве случаев состоят из стержня с двумя цилиндрическими головками, являющимися с одной стороны проходной, а с другой стороны непроходной.

Проходная сторона калибра-пробки изготовляется по наименьшему предельному размеру отверстия и должна входить в него. Непроходная сторона калибра изготовляется по наибольшему предельному размеру отверстия. Непроходная сторона калибра-пробки не должна входить в отверстие. Внешне проходная сторона калибра-пробки отличается от непроходной большей длиной. Это делается для того, чтобы калибр лучше центрировался в проверяемом отверстии и не перекашивался. Непроходная сторона калибра-пробки обычно короткая, поскольку она не входит в отверстие (рис. 42а). Помимо предельных двухсторонних иногда изготовляют односторонние калибры-пробки, у которых проходная и непроходная части расположены по одну сторону рукоятки (рис. 42б). Калибры-пробки значительных размеров обладают сравнительно большим весом. Поэтому для проверки отверстий крупных размеров применяются листовые калибры-пробки (рис. 42в). Их преимущество – небольшой вес и простота изготовления. Однако эти калибры применяются редко, поскольку ими неудобно пользоваться из-за отсутствия рукоятки. В этом отношении удобнее неполные однопредельные калибры-пробки (рис. 42г и рис. 43). Контроль валов, как было сказано выше, осуществляется калибрами-кольцами

и калибрами-скобами. При проверке кольцами соблюдается принцип подобия, однако пользоваться ими неудобно, так как нельзя измерить размер детали непосредственно на станке. Поэтому для контроля гладких цилиндрических изделий калибры-кольца практически почти не применяются.

Калибрами-скобами контролируют коленчатые валы и другие детали сложной формы. Предельные калибры-скобы имеют, так же как и калибры-пробки, проходной и непроходной размеры. Пример калибра-скобы с полями допуска на проходную и непроходную часть представлен на рис. 44. Проходной размер калибра-скобы выполняется по наибольшему предельному размеру вала. Скоба с проходным размером должна входить на вал. Если она не входит, то диаметр вала больше наибольшего допускаемого размера, значит, рабочий изготовил брак, но брак исправимый, поскольку вал может быть дополнительно обработан. Номинальным для непроходного размера скобы является наименьший предельный размер вала. Непроходная сторона не должна входить на вал.

Если калибр-скоба проходит, то вал имеет размер меньше минимально допускаемого — сделан неисправимый брак. Калибры-скобы для контроля валов 6-го и более грубых квалитетов диаметром от 3 до 180 мм изготовляют нерегулируемыми, т.е. постоянных номинальных размеров, которые не могут быть восстановлены в процессе эксплуатации калибра для компенсации его износа. Изготавливаются различные конструкции нерегулируемых калибров-скоб.

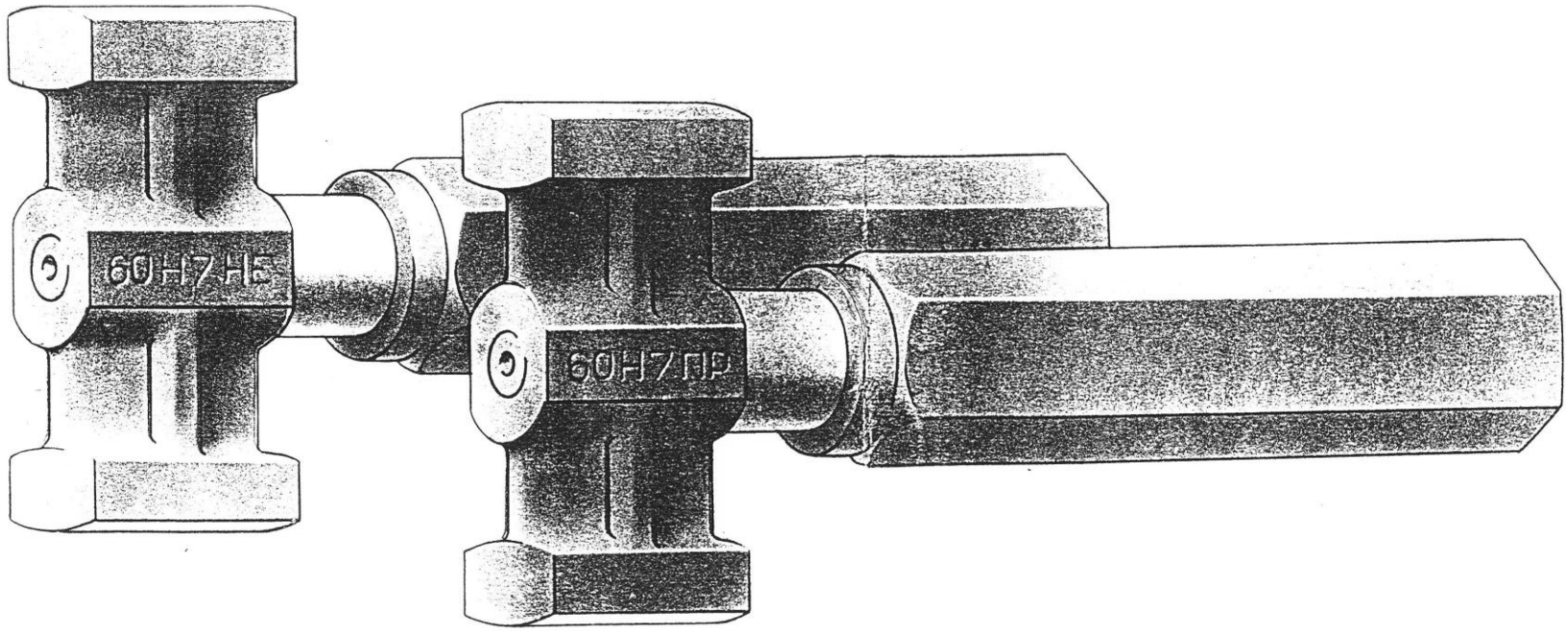


Рис. 43. Внешний вид однопредельного калибра-пробки

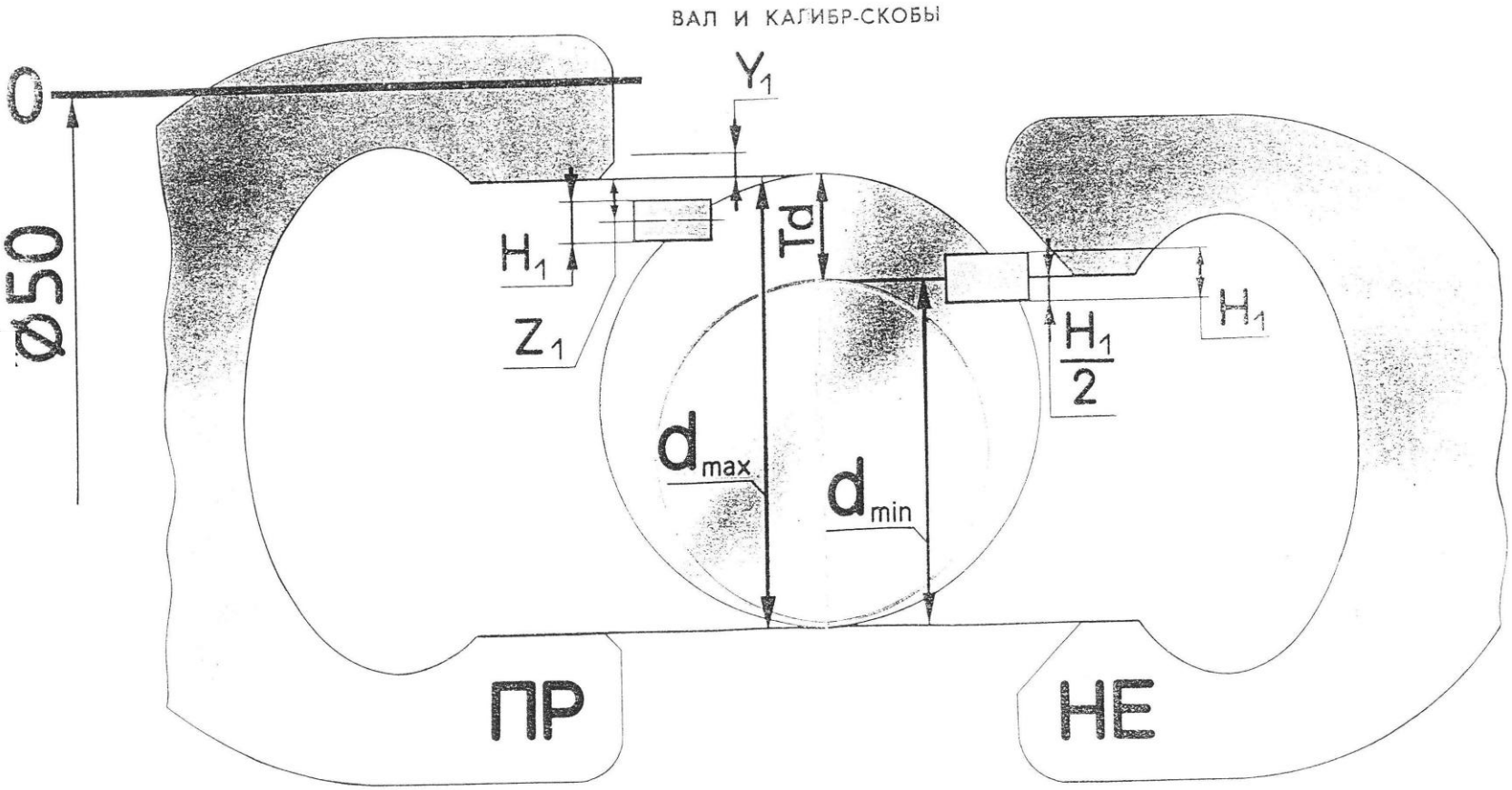


Рис. 44. Поля допусков калибра-скобы

Основные конструкции калибров-скоб представлены на рис. 45.

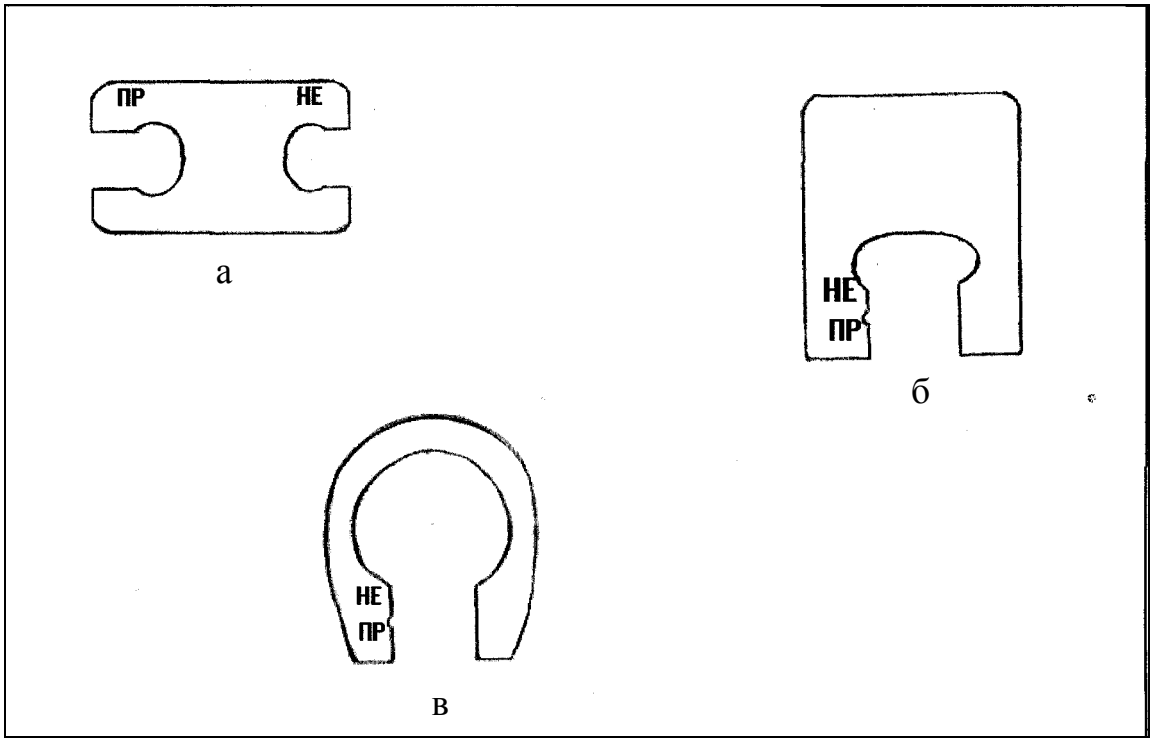


Рис. 45. Основные конструкции калибров-скоб

У предельных двусторонних листовых (рис. 45а) калибров-скоб проходная и непроходная стороны разделены. Предельные односторонние калибры-скобы прямоугольные (рис. 45б) и круглые (рис. 45в и рис. 46). У них проходной и непроходной размеры расположены по одну сторону и образуются выступом на одной из губок. Проходной размер отделяется от непроходного проточкой, длина проходной части больше непроходной. Односторонние калибры-скобы более распространены, поскольку контроль ими занимает меньше времени.

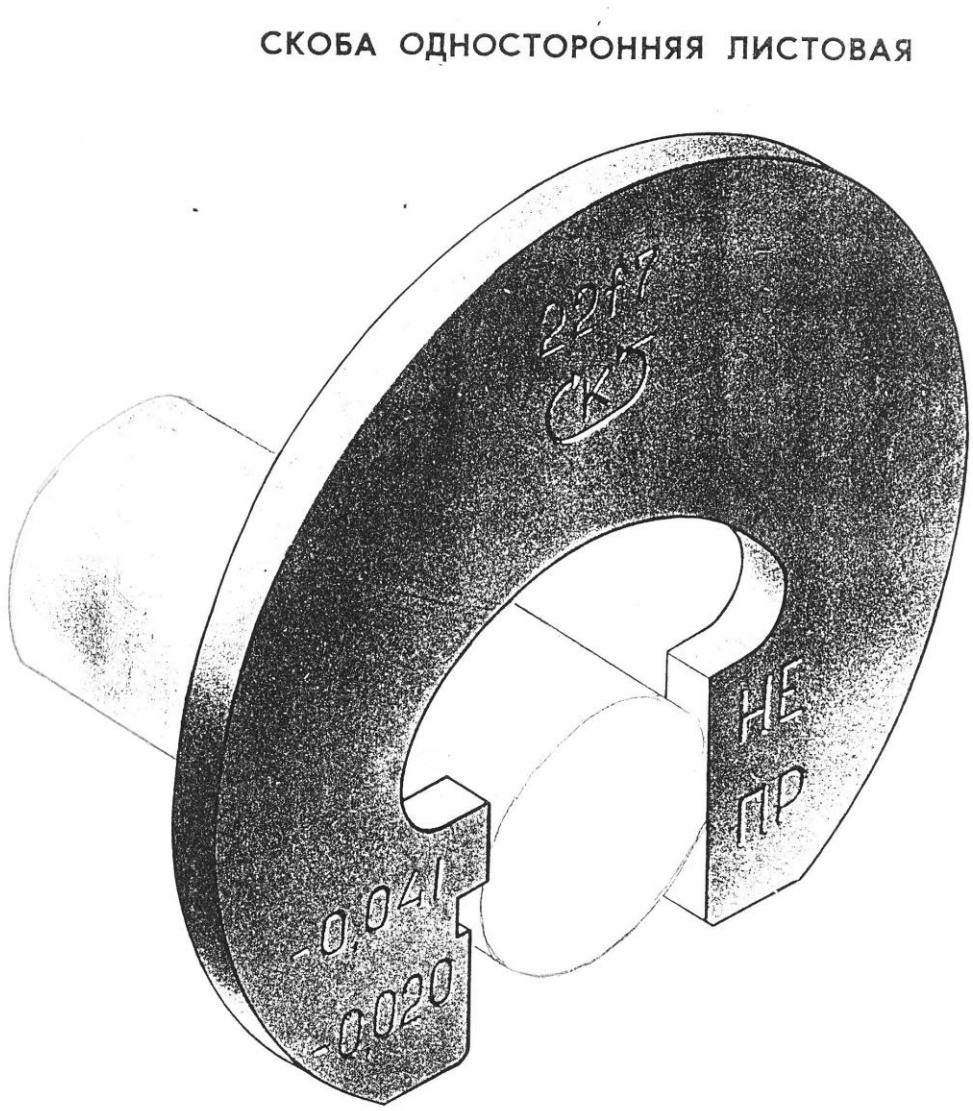


Рис. 46. Внешний вид калибра-скобы

Кроме перечисленных рабочих калибров ПР и НЕ предусмотрены контрольные калибры (контркалибры). Контркалибр-шайба К-НЕ предназначен для контроля изготовления рабочих калибров-скоб НЕ, контркалибр-шайба К-ПР – для контроля изготовления рабочих калибров-скоб ПР, контркалибр-шайба К-И – для контроля предельного износа рабочего проходного калибра-скобы ПР. В процессе контроля контркалибром К-И он не должен проходить или входить в рабочий калибр-скобу ПР. Если контркалибр проходит, это означает, что калибр-скоба изношен и подлежит изъятию из применения. При контроле изготовления скоб контркалибрами К-НЕ и К-ПР, наоборот, они должны проходить в калибры-скобы НЕ и соответственно ПР.

При контроле отверстий и валов калибрами ПР рабочему следует пользоваться новыми калибрами, а контролёру и представителю заказчика – частично изношенными калибрами. При контроле размера отверстия или вала калибром НЕ рабочему следует пользоваться калибром-пробкой с размером, близким к наименьшему предельному размеру калибра, или калибром-скобой с размером, близким к его наибольшему предельному размеру. Контролёру и представителю заказчика следует пользоваться калибром-пробкой НЕ с размером, близким к его наибольшему предельному размеру, и калибром-скобой НЕ с размером, близким к наименьшему предельному размеру калибра-скобы.

В соответствии с требованиями ГОСТ 2015–84 на каждом калибре нанесены: контролируемый номинальный размер, поле допуска, числовые значения и знаки верхнего и нижнего отклонений, назначение калибра (ПР, НЕ, К-НЕ, К-ПР и К-И) и товарный знак предприятия-изготовителя. Вставки с номинальным размером до 14 мм промаркированы на конусной поверхности хвостовика, а размером свыше 14 мм – на передней торцовой поверхности. На калибры установлены допуски по ГОСТ 24853–81 и ГОСТ 24852–81. Поля допусков калибров НЕ расположены симметрично относительно их номинального размера. Поля допусков калибров ПР расположены внутри поля допуска контролируемого изделия. Калибры ПР в процессе эксплуатации изнашиваются, поэтому для них предусмотрена граница износа, по достижении которой калибр должен изыматься из применения.

Ко всем калибрам предъявляют следующие требования:

1. Размеры калибров должны быть выполнены с высокой точностью, на их изготовление даются жёсткие допуски.

2. Измерительные поверхности калибров должны быть износостойкими, иметь высокую чистоту обработки.

3. Калибры должны быть жёсткими, чтобы сохранять свой размер, и одновременно лёгкими, для удобного использования.

Контроль размеров гладких калибров проводится в соответствии с методикой МИ 1927–88.

Перед проведением контроля калибры должны быть очищены от смазки, грязи, проверены на намагниченность. Если калибры намагничены,

то следует размагнитить их, промыть авиационным бензином и протереть чистой салфеткой.

Перед контролем гладкие калибры должны быть выдержаны в помещении, где будет производиться контроль, в течение суток при температуре 20°С в целях выравнивания температуры калибров и измерительных средств.

При проведении **внешнего осмотра** должно быть установлено соответствие требованиям, указанным в ГОСТ 2015–84 для нерегулируемых калибров, и в ГОСТ 2216–84 для регулируемых калибров-скоб, в частности:

наличие надёжного соединения сборных конструкций калибров;

наличие чёткой и в полном объёме маркировки;

отсутствие дефектов (царапин, рисок, дроблёностей, следов коррозии) на рабочих поверхностях, а также на поверхностях заходных и выходных фасок (притуплений) калибров.

Примечание. На нерабочих поверхностях допускается наличие царапин, коррозии и т.д.

Определение шероховатости поверхностей гладких калибров и вставок регулируемых калибров-скоб производят путём ее визуального сравнения с образцами шероховатости поверхности или образцами деталей либо с помощью профилографа-профилометра.

Числовые значения параметра шероховатости R_a не должны превышать значений, установленных в ГОСТ 2015–84 и ГОСТ 2216–84.

Определение размеров калибров для отверстий производят с помощью измерительных и вспомогательных средств контроля, указанных в таблице справочного приложения на основании РД 50-98–86 по применению ГОСТ 8.051–81. Универсальные измерительные средства, а также КМД для поверки калибров и контркалибров для скоб выбираются в зависимости от класса точности и размера поверяемых калибров. Применяя КМД для установки приборов на размер, не следует составлять из них блоки более чем из трех-четырех штук.

В процессе измерения партии калибров необходимо периодически проверять правильность установки измерительного прибора на размер. Рабочие размеры пробок поверяются не менее чем в трёх равномерно распределённых вдоль оси сечениях, в том числе в двух крайних сечениях на расстоянии 1 мм от края фаски.

При определении размеров калибров-пробок должно быть установлено, что измеренные в любом сечении размеры новых рабочих и контрольных калибров не выходят за пределы полей допусков на изготовление, а калибров, находящихся в эксплуатации, – за пределы границы износа, установленные в ГОСТ 24853–81.

Размеры калибров-пробок определяются с помощью следующих средств измерений: интерферометра, вертикального или горизонтального длиномера, пружинной измерительной головки.

При определении размера калибров на интерферометре перед началом измерения шкалу интерферометра градуируют на необходимую цену деления. Интерферометр устанавливают на размер по блоку КМД. Для определения размера калибр-пробку устанавливают на необходимый размер по КМД, приводят в контакт наконечник интерферометра с измерительной поверхностью поверяемого калибра. Медленно прокатывают калибр-пробку под наконечником прибора. Следя за показаниями по шкале, определяют наибольшее отклонение, которое и будет соответствовать рабочему размеру калибра-пробки в данном сечении и направлении. Для контроля в других сечениях калибр нужно повернуть вокруг оси.

При определении размера калибров на вертикальном длиномере измерения проводят абсолютным методом. Процесс измерения на вертикальном длиномере сводится к следующему. Спуская шпиндель, приводят измерительный наконечник в контакт с рабочей поверхностью стола. Подъёмом стола устанавливают шкалу на ноль. Затем шпиндель прибора приподнимают, поверяемый калибр устанавливают на стол и измерительный наконечник приводят в контакт с поверхностью калибра. Медленно прокатывая, следят за показаниями прибора.

Метод измерения калибров-пробок на горизонтальном длиномере аналогичен методу измерения на вертикальном длиномере.

Метод определения рабочих размеров калибров-пробок и неполных калибров с помощью пружинной головки аналогичен поверке калибров на вертикальном интерферометре.

При наличии огранки с нечётным числом граней калибр-пробка должен контролироваться трёхточечным способом при помощи измерительной головки с применением призмы. При этом значение огранки определяется пересчётом показания измерительной головки с учётом числа граней и угла призмы.

Отклонение от круглости, в том числе и огранку, наиболее полно контролируют на кругломерах путём сравнения реального профиля поверхности калибра-пробки с воспроизводимой прибором точной окружностью и определяют как наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности (с помощью специального шаблона).

Примечание. Предполагаемый характер огранки можно определить либо с помощью кругломера, либо в призме путём определения количества максимальных или минимальных показаний измерительной головки в пределах одного оборота проверяемого калибра.

Непостоянство диаметров калибра-пробки и значение нечётной огранки должны находиться в пределах допуска формы калибра по ГОСТ 24853–81.

Контроль нерегулируемых калибров-скоб новых и находящихся в эксплуатации производят с помощью контрольных калибров, плоскопараллельных КМД и с помощью измерительных приборов (горизонтального оптиметра, измерительной машины, оптического длиномера).

При контроле **размеров калибров-скоб** с помощью контрольных калибров К-ПР, К-НЕ и К-И должны соблюдаться следующие правила: гладкий проходной калибр-скоба в вертикальном положении под действием собственного веса или определённой силы должен скользить по гладкому контрольному проходному калибру К-ПР; гладкий непроходной калибр-скоба при тех же условиях проверки должен скользить по гладкому проходному калибру К-НЕ.

При контроле калибров, находящихся в эксплуатации, при условии соблюдения правил, калибр-скоба считается изношенным, если контрольный калибр износа К-И проходит на одну треть длины рабочей поверхности поверяемого калибра-скобы.

Взамен контрольных калибров К-ПР, К-НЕ и К-И при контроле калибров-скоб до 180 мм допускается применять блоки, набранные из концевых мер длины. Размеры блоков рекомендуется набирать близкими (в пределах 30 % поля допуска соответствующего контрольного калибра) к наименьшему предельному размеру контрольного калибра К-ПР, К-НЕ и наибольшему предельному размеру контрольного калибра износа К-И.

Определение размеров новых и находящихся в эксплуатации калибров-скоб с помощью измерительных приборов производят не менее чем в трёх точках, равномерно расположенных на рабочих поверхностях калибров. При этом крайние точки должны находиться на расстоянии 1 мм от края фаски.

Размеры новых калибров-скоб, определённые в любой из трёх точек, не должны выходить за пределы полей допусков на изготовление, а калибров-скоб, находящихся в эксплуатации, – за пределы границы износа, установленные в ГОСТ 24853–81.

При определении **отклонения от параллельности** рабочих поверхностей калибров-скоб измерение размеров производят аналогично изложенному выше, но показания прибора снимают не менее чем в пяти точках, расположенных по углам на расстоянии 1 мм от краёв фасок и посередине рабочих поверхностей калибра-скобы. Разность показаний прибора в любых двух точках не должна превышать допуска на форму калибра по ГОСТ 24853–81.

Результаты контроля гладких калибров рекомендуется оформить протоколом, форма которого приведена в приложении 17.

Приложение 17

ПРОТОКОЛ № _____

поверки **гладкого калибра-_____** размера _____

зав. № _____ *t* = _____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допускаемые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр	Визуально	Маркировка Царапины Коррозия Сколы	
2. Определение размера калибра пробки ПР НЕ	Скоба рычажная СР _____, КМД ____ разр. _____ кл.т. набор № _____		табл.
скобы ПР НЕ	КМД ____ разр. _____ кл.т. набор № _____		

Таблица 2П. Определение размера калибра-пробки

Проверяемый калибр	Допускаемые значения, мм			Действительные значения, мм			Среднее значение, мм
				сечения			
	max	min	при полном износе	I	II	III	
				0°/90°	0°/90°	0°/90°	
Р-ПР				—	—	—	
Р-НЕ			–	—	—	–	

Таблица 2С. Определение размера калибра-скобы

Проверяемый калибр	Допускаемые значения, мм			Действительные значения, мм		Среднее значение, мм
				сечения		
	max	min	при полном износе	заходное	выходное	
Р-ПР						
Р-НЕ			–			

Заключение по результатам поверки

Гладкий калибр-скоба зав. № _____ соответствует требованиям
калибр-пробка зав. № _____ ГОСТ 24853–81.

Поверка проведена по МИ 1927–88.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____
(подпись, клеймо)

РЕЗЬБОВЫЕ КАЛИБРЫ

В машиностроении применяется много видов резьбовых соединений, из которых рассмотрим только метрические резьбы общего назначения (рис. 47).

Резьба образуется на внутренней поверхности одной детали (гайки) и на внешней поверхности другой детали (болта), для сопряжения которых и получается резьбовое соединение.

Основными параметрами цилиндрических резьб по ГОСТ 9150–81 «Резьба метрическая. Профиль» и ГОСТ 24705–81 «Резьба метрическая. Основные размеры» являются (рис. 48):

***d*(*D*)** – наружный диаметр наружной резьбы (у болта) и внутренней резьбы (у гайки), принимается за номинальный и обозначается на чертеже, определяется по вершинам болта или по впадинам гайки;

$\boldsymbol{d_1(D_1)}$ – внутренний диаметр резьбы болта (гайки), определяется по впадинам болта или вершинам гайки;

$\boldsymbol{d_2(D_2)}$ – средний диаметр резьбы болта (гайки), определяется диаметром цилиндра, образующая которого пересекает профиль резьбы в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага;

P – шаг резьбы, представляющий собой расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы;

α – угол профиля, т.е. угол между боковыми сторонами профиля в осевом сечении;

α/2 – половина угла профиля, т.е. угол между боковой стороной и перпендикуляром к оси резьбы;

ℓ – длина свинчивания, т.е. длина соприкосновения винтовых поверхностей наружной и внутренней резьб в осевом сечении (на практике длина гайки, часто $\ell \approx 0{,}8\,d$).

ПАРАМЕТРЫ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ

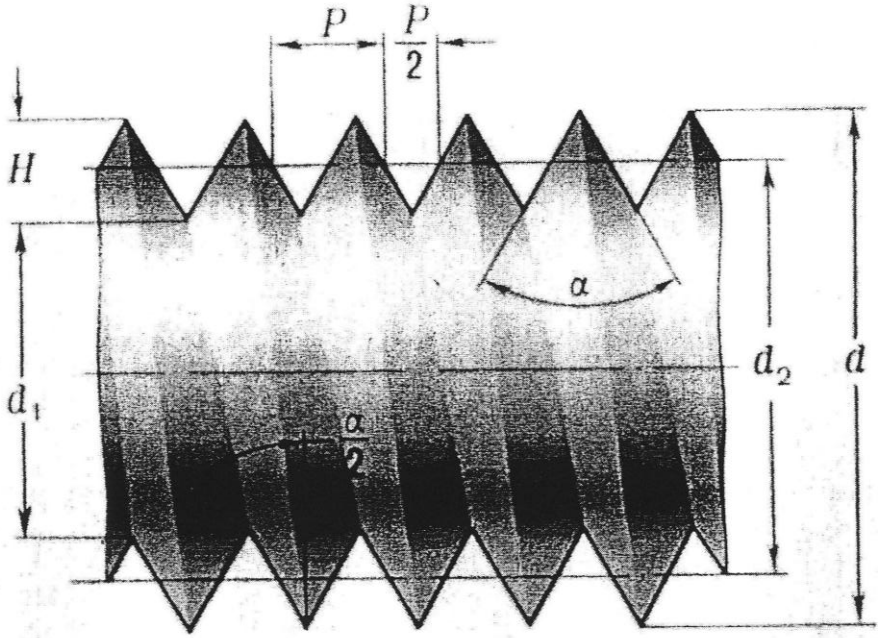


Рис. 47. Метрическая резьба

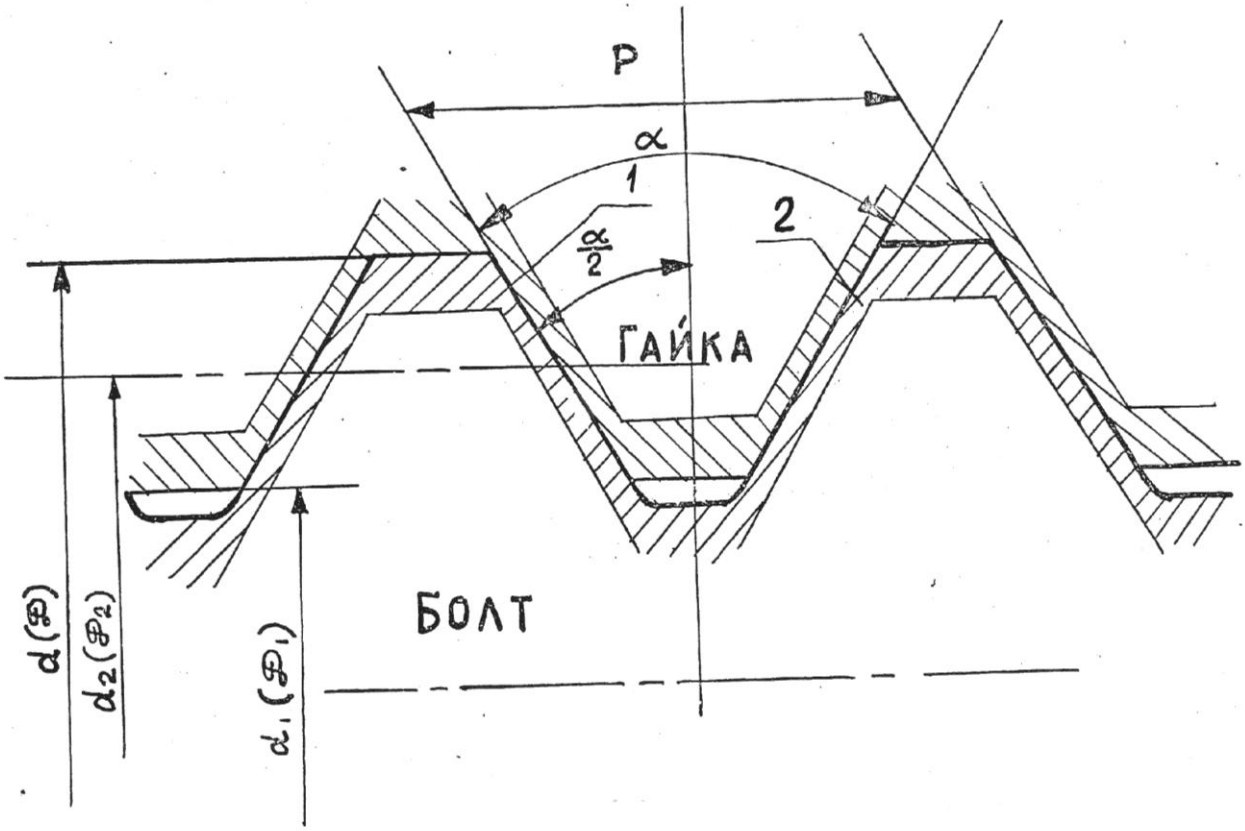


Рис. 48. Параметры резьбы болта и гайки

При изготовлении резьбовых деталей возникают погрешности расположения профиля и самого профиля, которые нарушают качество соединения и могут даже нарушить свинчиваемость. У цилиндрических резьб с прямолинейными боковыми сторонами профиля погрешности шага ΔP и половины угла профиля $\Delta\alpha/2$ для обеспечения свинчиваемости компенсируют уменьшением d_2 болта и увеличением D_2 гайки.

Рассмотрим диаметральную компенсацию шага f_p для обеспечения свинчиваемости при наличии положительной погрешности шага болта ΔP_n на n-витках и номинальном профиле у гайки (рис. 48).

Наложим осевое сечение резьбы гайки на осевое сечение резьбы болта, совместив при этом условно левые боковые стороны профилей резьбы болта *ab* и гайки *AB*. В этом случае правая боковая сторона болта *cd* перекроет правую боковую сторону *CD* гайки на значение ΔP_n. При равенстве остальных параметров резьбы свинчивания болта с гайкой не произойдет. Его можно обеспечить только при наличии разности их средних диаметров f_p, полученной либо уменьшением d_2, либо увеличением D_2. В случае уменьшения d_2 профиль резьбы сместится к оси (положение *2* на рисунке) на 0,5 f_p , а на остальные 0,5 f_p — с другой стороны оси резьбы. Профиль болта теперь примет положение, изображенное пунктиром. При свинчивании болт сместится влево на отрезок *ef*. Для метрической резьбы (α = 60°) согласно расчету $f_p = 1{,}732\ \Delta P_n$.

Рассмотрим далее диаметральную компенсацию половины угла профиля f_α для обеспечения свинчиваемости при наличии положительных погрешностей половин угла профиля у болта и номинального профиля у гайки. При наложении сечения резьбы болта 2 (рис. 48) на сечение резьбы гайки 1 возникает перекрытие профилей, и свинчивания не будет. Его можно обеспечить только при наличии зазора между D_2 и d_2, равного $f_a = 0{,}36P\cdot\Delta\alpha/2$, где $\Delta\alpha/2$ – среднее арифметическое из абсолютных величин погрешностей правой и левой половин угла профиля.

В ГОСТ 16093–81 «Резьба метрическая для диаметров от 1 до 600 мм. Допуски» заданы допуски на приведенный средний диаметр, включая отклонение собственно среднего диаметра Δd_2 и диаметральные компенсации f_p и f_a, а именно: $b = \Delta d_2 + f_p + f_a$. Соотношение между отдельными составляющими в правой части равенства зависит от типа и размера резьбы, а также от технологии её изготовления.

Рассмотрим допуски на метрическую резьбу в скользящих посадках и в посадках с зазором согласно ГОСТ 16093–81 (см. рис. 49). От номинального профиля 1 вверх по направлению перпендикуляра к оси резьбы располагаются поля допусков резьбы гайки 2, а вниз («в тело») поля допусков болта 3.

Основным параметром, определяющим взаимозаменяемость резьбы, является средний диаметр d_2 (D_2), так как касание болта с гайкой происходит только по боковым сторонам резьбового профиля. Допуски на наружный d (D) и внутренний d_1 (D_1) диаметры резьбы устанавливают для ис-

ключения возможности заклинивания по вершинам и впадинам резьбы, т.е. для обеспечения зазора между болтом и гайкой по этим размерам. Для резьбы болтов рекомендуются основные отклонения h, g, e, d по диаметрам d и d_2, а для резьбы гаек H и G по диаметрам D_1 и D_2.

Степени точности для болтов: 4, 6, 8 по d и 4, 6, 7, 8 по d_2; для гаек: 5, 6, 7 по D_1 и 4, 5, 6, 7 по D_2.

Обозначение поля допуска диаметра резьбы состоит из числа, показывающего степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение, например: 4H, 6G. Полное обозначение резьбы состоит из буквы «M» (метрическая), номинального диаметра и следующих за ним обозначений полей допусков резьбы среднего диаметра и наружного – для болта среднего диаметра и внутреннего – для гайки, например, для болта с крупным шагом M12 – 7g6g, для гайки M12 – 6H7G, в случае мелкого шага указывается и шаг: M12x1 – 7g6g.

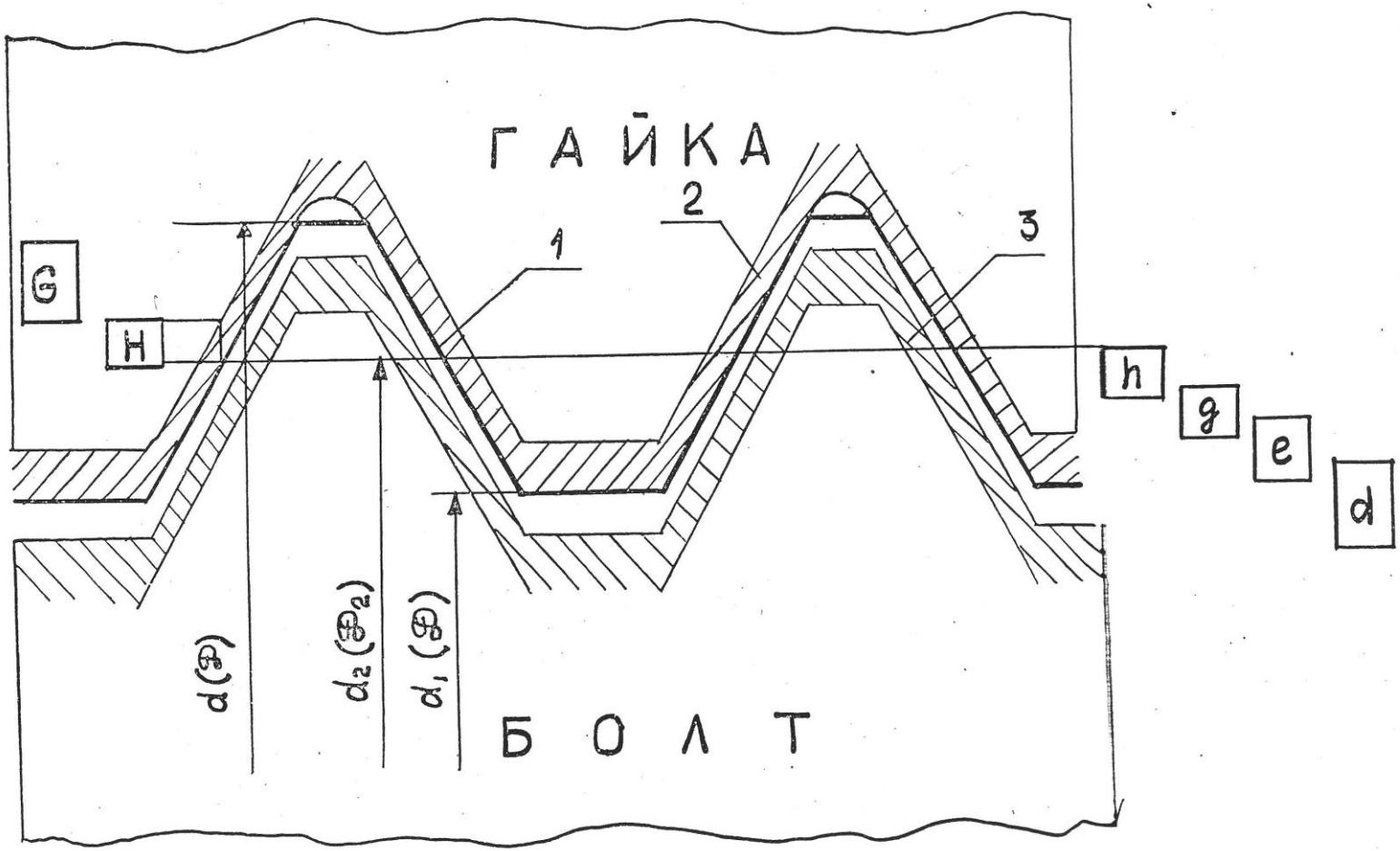


Рис. 49. Допуски на метрическую резьбу

Посадки резьбовых соединений обозначают дробью, в числителе которой указывают обозначение поля допуска среднего и внутреннего диаметров (или только среднего) гайки, а в знаменателе – обозначение поля допуска среднего и наружного диаметров или только среднего – болта, например: М36 – 7Н/7g6g, или М12 – 5Н6Н/4Н, или М20 – 6Н/6g. Поля допусков на гайку и болт взяты в соответствии с рекомендуемыми в зависимости от класса точности (см. табл. 25).

Таблица 25

Пример обозначения резьб с мелким шагом: М12х1 – 6G/6e

Класс точности	Поле допусков резьбы	
	болта	гайки
Точный	4Н	4Н5Н
Средний	6h; 6g; 6e; 6d	5Н6Н; 6Н; 6G
Грубый	8h; 8g	7Н; 7G

Значения полей допусков, заключенные в рамки, рекомендованы для предпочтительного применения. Рекомендаций по выбору точности резьбовых соединений в зависимости от назначения ГОСТ 16093–81 не дает. Однако в рекомендации ИСО Р965 имеются следующие указания о выборе класса точности:

точный – для прецизионных резьб с обеспечением минимального колебания характера посадки;

средний – для резьб общего применения;

грубый – для резьб на горячекатаных прутках или для длинных гладких резьбовых отверстий.

Понятие класса точности резьбы условно, так как на чертежах проставляют поля допусков, а не классы, которыми дают только сравнительную оценку точности резьбы.

Установлены три группы длин свинчивания: *S* (малые), *N* (нормальные) и *L* (большие). В обозначении длину свинчивания, относящуюся к группам *L* или *S*, указывают после полей допусков, но в случае *S* она должна быть меньше, чем вся длина резьбы, например: М12 – 7g6g – 30, где 30 – длина свинчивания, мм.

Резьбы контролируют дифференцированным (поэлементным) и комплексным методами. Дифференцированный контроль применяют, когда допуски даны отдельно на каждый параметр резьбы. При этом отдельно измеряют собственно средний диаметр, шаг и половину угла профиля.

Заключение дают по каждому параметру отдельно. Комплексный контроль калибрами применяют для резьбовых деталей, допуск на средний диаметр которых является суммарным. Резьбовые калибры применяют независимо от серийности производства ввиду относительной сложности и труднодоступности контроля резьб, особенно внутренних.

ГОСТ 24997–2004 «Калибры для метрической резьбы. Допуски» устанавливает профиль резьбовых пробок, колец и скоб (рабочих) и пробок (контрольных), а также допуски шага, собственно среднего диаметра резьбы калибров.

Внутреннюю резьбу контролируют при помощи проходного ПР и непроходного НЕ резьбовых калибров-пробок (см. рис. 50). Первый имеет полный профиль (т.е. его боковые стороны соответствуют боковым сторонам контролируемой резьбы) и длину, равную длине свинчивания. Он предназначен для контроля резьбы прежде всего по приведенному среднему диаметру $D_{2пр}$. Второй калибр имеет укороченный профиль и сокращенное число витков, чтобы уменьшить влияние погрешностей шага и половины угла профиля на результат контроля. Калибром НЕ контролируют только собственно средний диаметр.

Резьбовые проходные и непроходные пробки имеют выточку по внутреннему диаметру d_1, так как этот диаметр контролируют гладкими калибрами-пробками. Рабочие калибры-пробки измеряют универсальными приборами, для них контрольные калибры не предусмотрены.

При контроле наружной резьбы используют рабочие калибры-кольца для скобы, по проходной стороне выполненные с полным профилем резьбы, а по непроходной стороне – с укороченным (рис. 51).

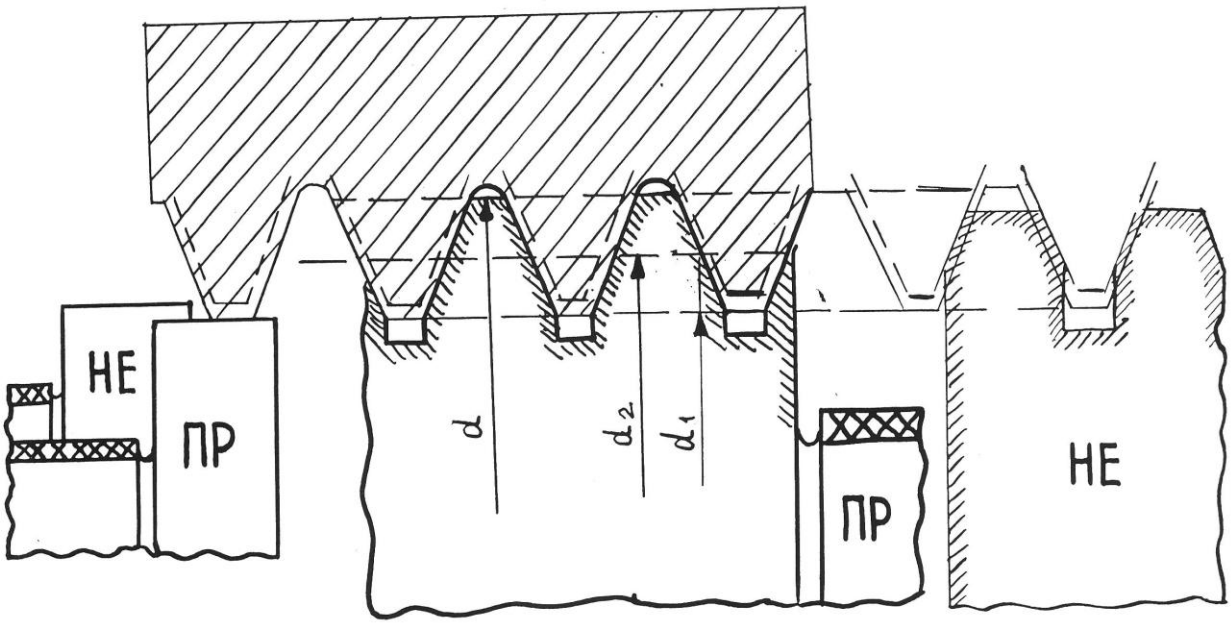


Рис. 50. Контроль внутренней резьбы

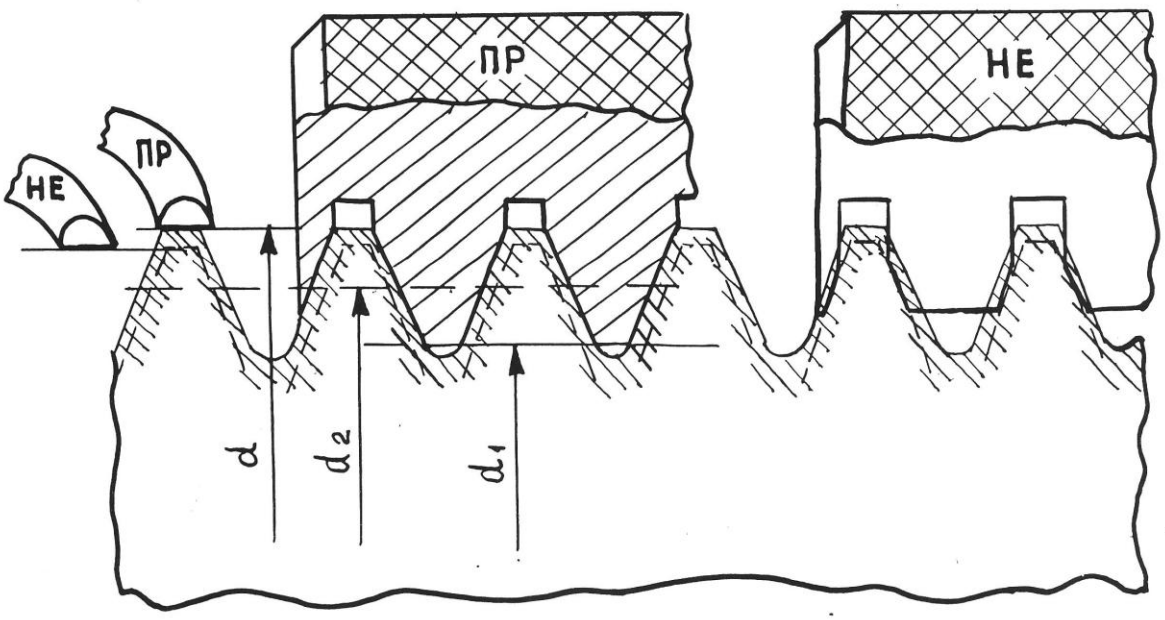


Рис. 51. Контроль наружной резьбы

Длина резьбы у калибра ПР не менее 0,8 длины свинчивания, калибр НЕ имеет небольшое число витков (но не менее трех), чтобы исключить влияние погрешности шага.

Проходными резьбовыми кольцами контролируют приведенный средний и внутренний диаметр болта. Непроходные резьбовые кольца имеют канавку по внутреннему диаметру и срез по наружному (укороченный профиль).

Резьбовые проходные кольца имеют выточку по наружному диаметру, так как этот диаметр у болта контролируют гладкими калибрами-скобами.

На рабочие резьбовые калибры для болта и гайки кроме допусков на изготовление по диаметрам назначают также допуски на износ.

Для контроля и установки резьбовых колец предназначены контрольные калибры (контркалибры): проходная КПР-ПР и непроходная КПР-НЕ пробки для нерегулируемого нового проходного кольца, проходная КНЕ-ПР и непроходная КНЕ-НЕ пробки для нерегулируемого нового непроходного кольца, установочные пробки У-ПР и У-НЕ для установки на размер регулируемых проходного и непроходного колец, непроходные пробки К-И и КИ-НЕ, служащие для контроля износа по среднему диаметру при эксплуатации нерегулируемых и регулируемых колец.

Поля допусков контрольных калибров показаны на рис. 52.

Контркалибры КПР-ПР, КПР-НЕ, КНЕ-ПР и КНЕ-НЕ в процессе эксплуатации рабочих калибров ПР и НЕ не используются. Их применяют только изготовители при производстве колец.

Установочные резьбовые пробки У-ПР и У-НЕ имеют полный профиль и нормальную длину свинчивания, по внутреннему диаметру – проточку.

Калибры К-И и КИ-НЕ в соответствии со своим назначением должны иметь укороченный профиль и сокращенное число витков, т.е. быть такими же по форме, как рабочие непроходные калибры-пробки. Однако калибры КИ-НЕ являются исключением из этого правила, так как с их помощью контролируют кольца (скобы), которые сами выполнены с укороченным профилем, поэтому КИ-НЕ делают с полным профилем и нормальной длиной свинчивания.

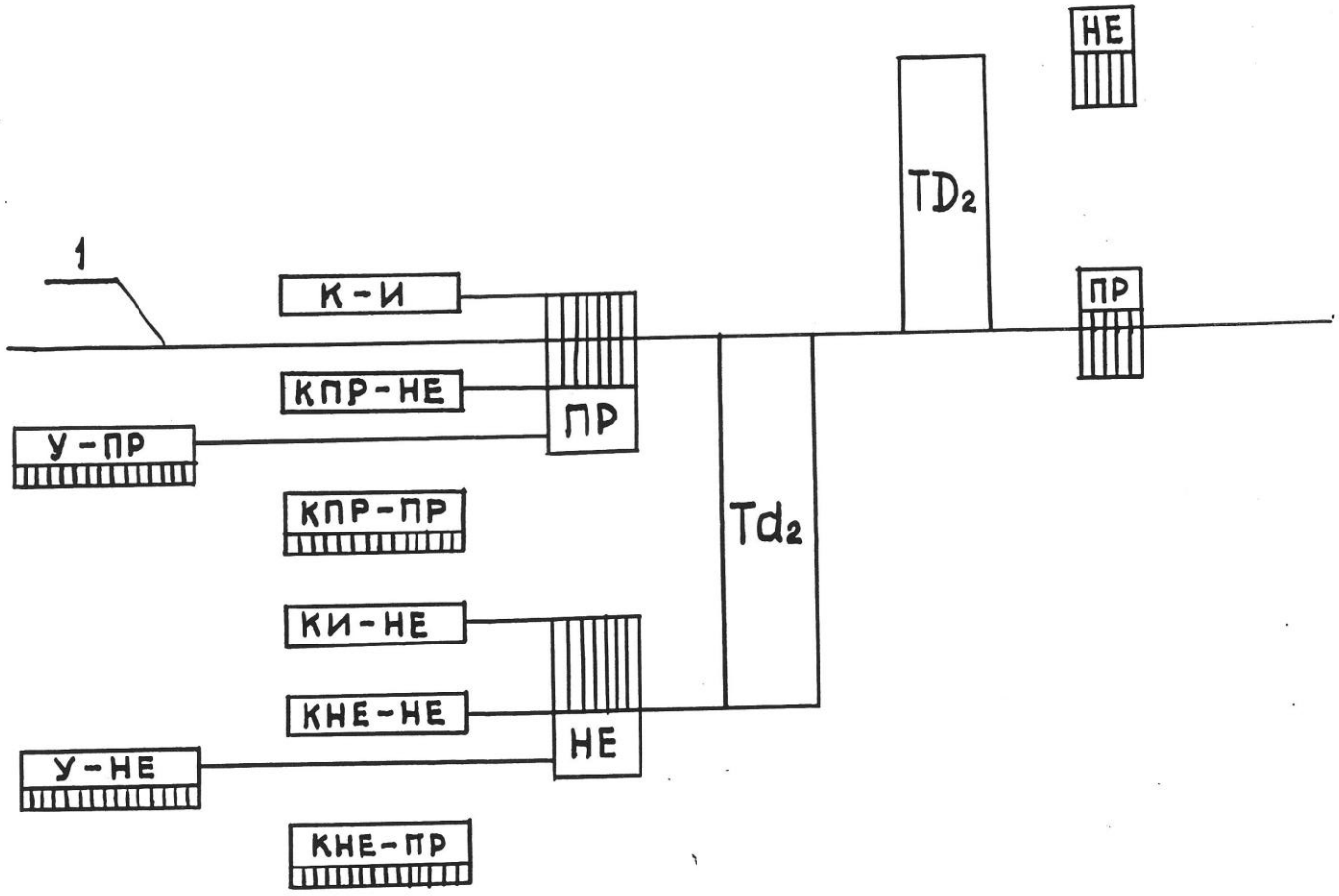


Рис. 52. Поля допусков контрольных калибров

В случае свинчивания калибров КИ и КИ-НЕ с рабочими кольцами (скобами) эти рабочие калибры необходимо заменять.

В последнее время рабочие резьбовые калибры-кольца, кроме предназначенных для контроля тонкостенных деталей, стремятся заменять регулируемыми резьбовыми скобами, Преимущества скоб состоят, во-первых, в том, что уменьшается поверхность контактирования калибра с деталью и увеличивается срок службы, а во-вторых, существенно экономится время контроля, особенно если скоба односторонняя, т.е. за проходной стороной непосредственно расположены ролики непроходной стороны. При использовании резьбовой скобы не контролируют формы детали, однако современные способы и средства изготовления резьбы, как правило, практически гарантируют весьма малое отклонение от цилиндричности. Измерительными поверхностями резьбовых скоб являются рейки и резьбовые ролики. Ролики свободно вращаются в цапфах, что уменьшает их износ. Для компенсации износа резьбы расстояние между осями роликов можно изменять при помощи эксцентричных втулок.

Резьбовые калибры контролируют в соответствии с требованиями **ГОСТ 1904–88** «Калибры резьбовые цилиндрические. Методика контроля». Этот стандарт распространяется на калибры для метрической и других резьб.

Рассмотрим контроль метрических резьбовых калибров.

Внешний осмотр проводят с использованием лупы (при шаге ≤0,5 мм) или визуально (при шаге >0,5 мм) на предмет выявления царапин, забоин и следов коррозии на рабочих поверхностях калибров.

Шероховатость поверхности калибров проверяется сравнением с образцами шероховатости.

Наружный диаметр калибров-пробок измеряют на универсальных измерительных приборах (оптиметрах, длиномерах, измерительных машинах, оптикаторах и т.д.) с использованием плоских наконечников. Измерение проводят в двух сечениях, перпендикулярных к основному. В каждом сечении диаметр измеряют в двух направлениях, расположенных под углом 90°.

При измерении **среднего диаметра калибров-пробок** применяют те же измерительные приборы и методы трех, двух и одной проволочек, а также микроскопы (метод осевого сечения). Измерения проводят в двух диаметральных сечениях: на концах рабочего участка и в середине. В каждом сечении диаметр измеряют не менее чем в двух направлениях, расположенных под углом 90°. Метод определения среднего диаметра калибров-пробок описан в приложении 19.

Прямолинейность образующих профиля резьбы определяют на универсальном или инструментальном микроскопах при увеличении не менее $30^{\times}$.

Шаг и половину угла профиля резьбы калибров-пробок определяют на универсальных и инструментальных микроскопах или на проекторах

типа БП (только шаг), используя проекционный метод (для микроскопов и проекторов) и метод осевого сечения с применением измерительных ножей (для микроскопов).

Средний диаметр калибров-колец определяют с помощью контрольных калибров-пробок.

Контроль **внутреннего диаметра калибров-колец** выполняют с помощью гладких калибров-пробок или по блоку КМД с боковиками.

Результаты контроля рекомендуется оформить протоколом, форма которого приведена в приложении 18 (для калибра-пробки).

Приложение 18

ПРОТОКОЛ № _____

контроля **резьбового калибра-пробки** _____ №_____

при *t* _____°С

Операции поверки	Средства поверки	Допустимые отклонения	Результаты измерений
1. Внешний осмотр	Лупа с увеличением 2–3 ^{x} по ГОСТ 25706–83	Царапины , риски, дроблености, следы коррозии	
2. Определение наружного диаметра калибра-пробки	Скоба с отсчетным устройством типа СР-25 по ГОСТ 11098–75; КМД 4-го разряда, 3-го класса по ГОСТ 9038–90	∅ _____	Действительный размер 1 сечения_____ 2 сечения_____
3. Определение среднего диаметра калибра-пробки (методом проволочек)	Скоба с отсчетным устройством типа СР-25 по ГОСТ 11098–75; КМД 4-го разряда, 3-го класса по ГОСТ 9038–90; измерительные проволочки или ролики по ГОСТ 2475–88	По таблице 8 МИ 1904-88 ∅ _____ полный износ ∅ _____	Методом проволочек действительный размер ∅_____

Заключение по результатам контроля

Резьбовой калибр-пробка _____ № _____ соответствует/не соответствует требованиям ГОСТ 24997–04.

Поверитель _____ Ф.И.О. _____ Дата _____

(подпись, клеймо)

Приложение 19

Выбор проволочек и роликов для измерения среднего диаметра наружной резьбы

Для измерения среднего диаметра наружной резьбы, а также толщины зубьев и ширины впадин шлицевых валов и втулок с эвольвентным профилем применяют проволочки и ролики.

Требования к проволочкам и роликам установлены в ГОСТ 2475-88.

Сущность метода заключается в следующем: проволочками измеряют искомый средний диаметр косвенным путем. Измерение среднего диаметра можно произвести с помощью трех (рис. 53а), двух (рис. 53б) и одной (рис. 53в) проволочки. Измерение с помощью двух проволочек проводят у деталей диаметром до 100 мм с малой длиной резьбы, с помощью одной проволочки для диаметра более 100 мм.

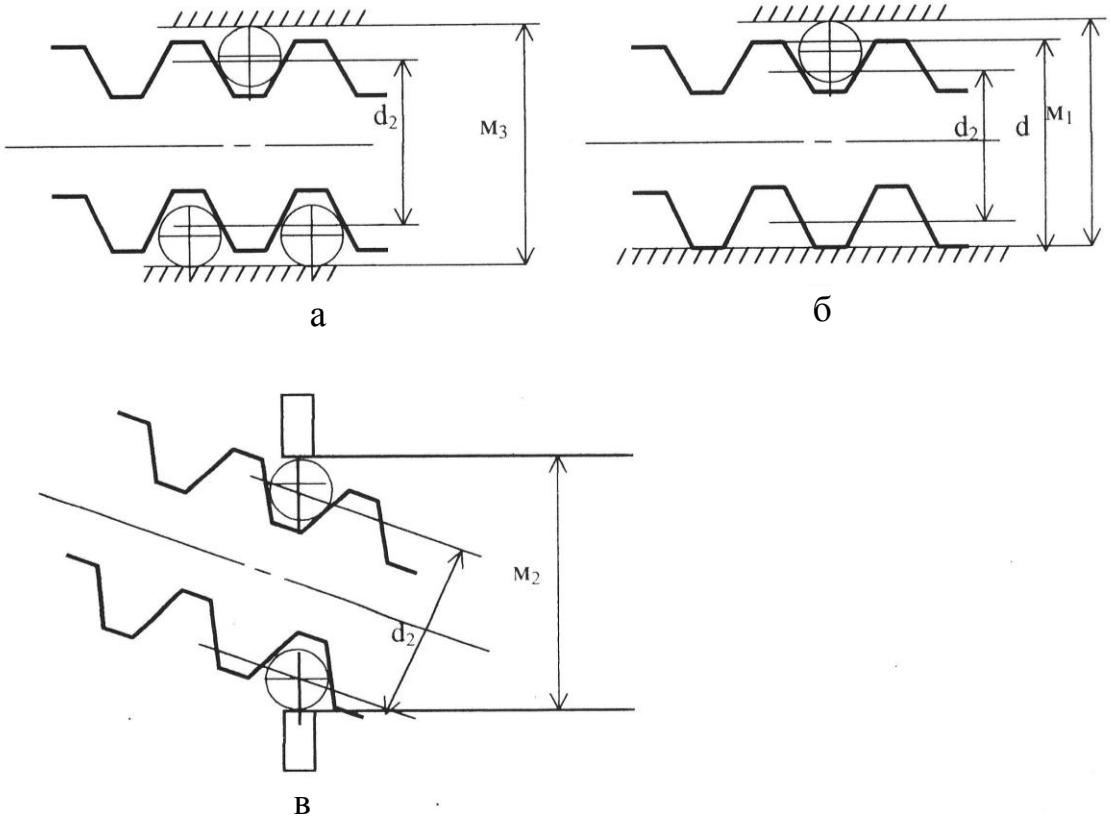


Рис. 53. Измерение среднего диаметра резьбы проволочками

Принцип измерения с использованием проволочек состоит в том, что во впадины резьбы закладывают цилиндрические проволочки и с помощью какого-либо из универсальных средств производят измерение размера M_i по выступающим образующим проволочек.

По измеренному размеру M_i, используя формулы табл. 26, определяют средний диаметр резьб (болтов).

Таблица 26

Формулы для определения среднего диаметра резьб (болтов)

Тип резьбы	Метод проволочек		
	трех	двух	одной
Метрическая	$d_2 = M_3 - 3d_n + 0{,}866\,P + C$	$d_2 = M_2 - \frac{P^2}{8(M_2 - d_2)} - 3d_n + 0{,}866P + C$	$d_2 = 2M_{1\text{ср}} - d - 3d_n + 0{,}866P + C$
Дюймовая и трубная	$d_2 = M_3 - 3{,}1657\,d_n + 0{,}9605\,P + C$	$d_2 = M_2 - \frac{P^2}{8(M_2 - d_2)} - 3{,}1657d_n + 0{,}9605P + C$	$d_2 = 2M_{1\text{ср}} - d - 3{,}1657d_n + 0{,}9605P + C$
Трапецеидальная	$d_2 = M_3 - 4{,}8637\,d_n + 1{,}866\,P + C$	$d_2 = M_2 - \frac{P^2}{8(M_2 - d_2)} - 4{,}8637d_n + 1{,}866P + C$	$d_2 = 2M_{1\text{ср}} - d - 4{,}8637d_n + 1{,}866P + C$
Упорная	$d_2 = M_3 - 4{,}4236\,d_n + 1{,}5879\,P + C$	$d_2 = M_2 - \frac{P^2}{8(M_2 - d_2)} - 4{,}4236d_n + 1{,}5879P + C$	$d_2 = 2M_{1\text{ср}} - d - 4{,}4236d_n + 1{,}5879P + C$
Упорная усиленная	$d_2 = M_3 - 3{,}2953\,d_n + 0{,}9502\,P + C$	$d_2 = M_2 - \frac{P^2}{8(M_2 - d_2)} - 3{,}2953d_n + 0{,}9502P + C$	$d_2 = 2M_{1\text{ср}} - d - 3{,}2953d_n + 0{,}9502P + C$

$M_{1\text{ср}}$ – среднее значение размера M_1, измеренного дважды в одном сечении с поворотом резьбы на 180°;
d – действительный размер наружного диаметра.

Диаметр проволочек зависит от шага резьбы таким образом, чтобы проволочки, будучи помещенными во впадину резьбы, касались ее профиля посередине его высоты.

Формулы для расчета диаметров проволочек и роликов представлены в табл. 27.

Таблица 27

Формулы для расчета диаметров проволочек и роликов

Определение диаметра проволочек и роликов	Вид резьбы			
	Метрическая (унифицированная дюймовая) $\alpha = 60°$	Трапециидальная $\alpha = 60°$	Трубная цилиндрическая и коническая; дюймовая $\alpha = 55°$	Упорная $\alpha = 33°$ $\beta = 30°$ $\gamma = 3°$
d_{D_0}	$0{,}5774P$	$0{,}5176P$	$0{,}5637P$	$0{,}5431P$
$d_{D_{max}}$	$1{,}2\, d_{D_0}$	$1{,}1\, d_{D_0}$	$1{,}2\, d_{D_0}$	$1{,}08\, d_{D_0}$
$d_{D_{min}}$	$0{,}5052P$	–	$0{,}5056P$	–

Для метрической резьбы необходимый диаметр проволочек выбирают исходя из соотношения

$$d_n = 0{,}577P.$$

Размер M при контроле среднего диаметра резьбы может быть измерен любым универсальным измерительным средством с двухточечной схемой измерения. Наибольшее распространение получили рычажные и гладкие микрометры, рычажные скобы и горизонтальные оптиметры.

Погрешность измерения методом трех проволочек определяется погрешностью используемого измерительного средства.

Для измерения среднего диаметра наружной резьбы необходимо выбрать диаметр d_{D_0} проволочек или роликов необходимого диаметра, который в процессе измерения резьбы с симметричным профилем обеспечивает точки касания A_0 с измеренным профилем на уровне среднего диаметра (рис. 54).

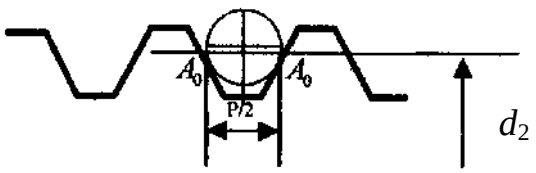


Рис. 54. Выбор диаметра d_{D_0}

Чтобы погрешность половины угла профиля не влияла на точность определения среднего диаметра, применяют проволочки необходимого диаметра (табл. 28), образующие которых касаются профиля по линии среднего диаметра.

Таблица 28

Значение произведений постоянных величин $3d_n$ и 0,866P, мм, метрических резьб

Шаг P, мм	d_n, мм	$3d_n$, мм	0,866P	Шаг P, мм	d_n	$3d_n$	0,866P
0,175	0,101	0,303	0,15155	1	0,577	1,731	0,866
0,2	0,115	0,345	0,1720	1,25	0,722	2,166	1,0825
0,225	0,130	0,390	0,19485	1,5	0,866	2,598	1,299
0,25	0,144	0,432	0,2165	1,75	1,010	3,030	1,5155
0,3	0,173	0,519	0,2598	2	1,155	3,465	1,7320
0,35	0,202	0,606	0,3031	2,5	1,443	4,329	2,1650
0,4	0,231	0,693	0,3464	3	1,732	5,196	2,5980
0,45	0,260	0,780	0,3897	3,5	2,021	6,063	3,0310
0,5	0,289	0,867	0,4330	4	2,309	6,927	3,4640
0,6	0,346	1,038	0,5196	4,5	2,598	7,794	3,8970
0,7	0,404	1,212	0,6062	5	2,887	8,661	4,3300
0,75	0,433	1,299	0,6495	5,5	3,175	9,525	4,7630
0,8	0,462	1,386	0,6928	6	3,464	10,392	5,1960

Для резьбы с несимметричным профилем точка касания проволочки номинальным диаметром d_{D_0} с измеренным профилем обеспечивается только со стороны впадины с большим углом наклона.

$d_{D_{\max}}$, $d_{D_{\min}}$ – предельные значения диаметров проволочек или роликов, при которых точка касания A_0 со сторонами профиля резьбы удалена от точек касания A_0 (обеспечиваемых проволочками) на максимально допустимое расстояние.

Если измерение проводится проволочками или роликами предпочтительного диаметра d_{D_0}, то погрешность измерения минимальная. При измерении несимметричного профиля погрешность наибольшего угла не влияет на результат измерения, а погрешность наименьшего угла влияет и должна быть учтена.

Применение проволочек и роликов предпочтительного диаметра не допускается, например, в случаях, когда наиболее удаленная от оси резьбы точка B на проволочке (рис. 55) или ролике диаметром d_{D_0} располагается ниже наружного диаметра резьбы (у трапецеидальной резьбы диаметр проволочек или роликов касается внутреннего диаметра резьбы). Тогда необходимо применять проволочки диаметром больше d_{D_0}. В каждом конкретном случае проволочка и ролик выбираются из числа приведенных в ГОСТ 2475–88.

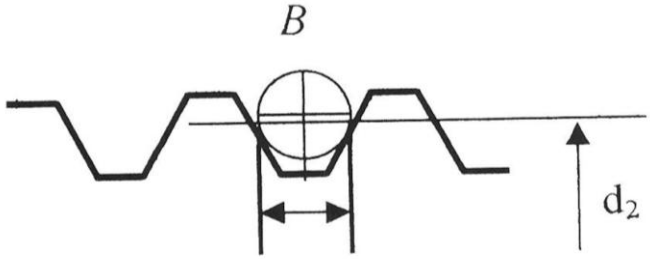


Рис. 55. Расположение точки *B*

Погрешность измерения среднего диаметра резьбы зависит от:

погрешностей прибора, определяющего размер *M*;

погрешности проволочек;

погрешности шага;

погрешности половины угла профиля.

При точных измерениях необходимо пользоваться приборами, вносящими меньше погрешности в показаниях. Пример определения среднего диаметра резьбы методом трех проволочек на горизонтальном оптиметре представлен на рис. 56.

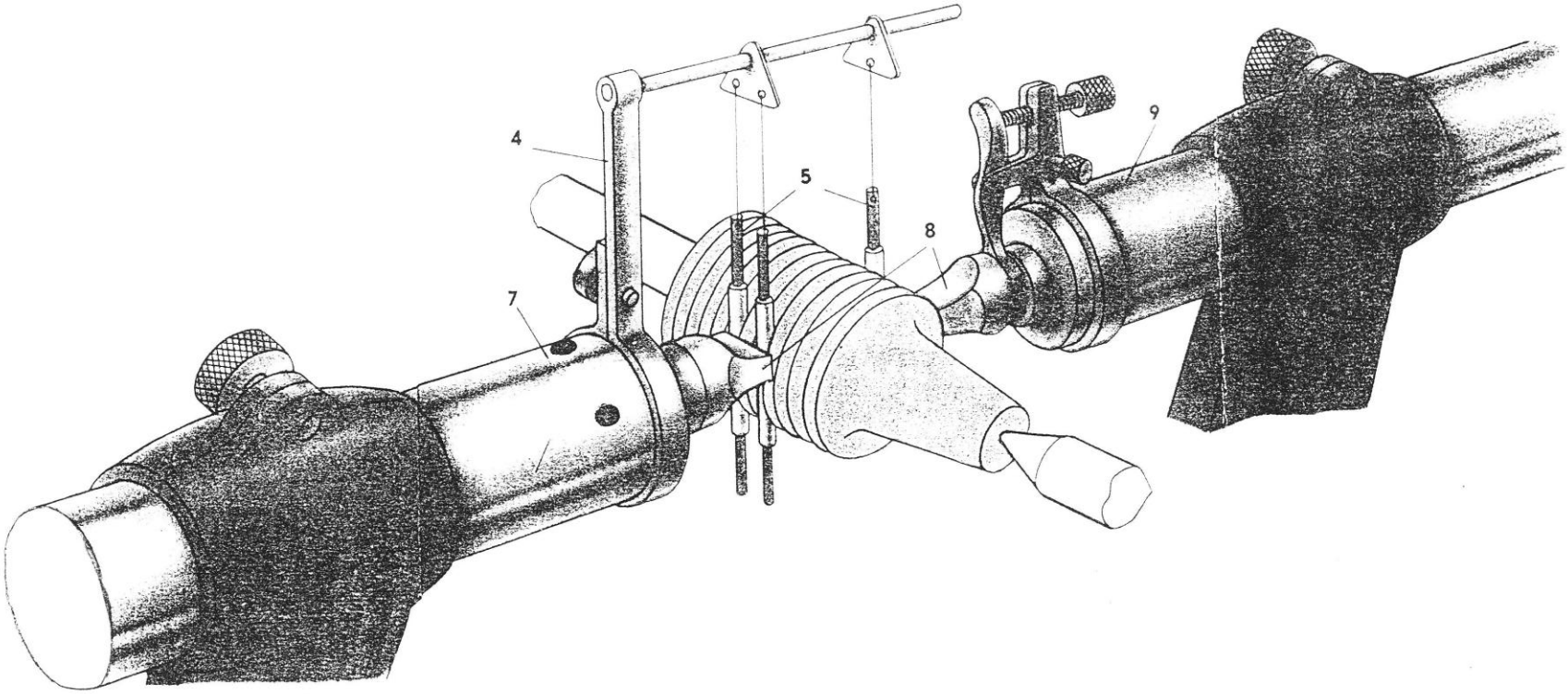


Рис. 56. Измерение среднего диаметра резьбы на оптиметре

Суммарная поправка C определяется по формуле

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5,$$

где C_1 – действительное отклонение угла профиля (если проволочка не наивыгоднейшего диаметра);

C_2 – действительное отклонение шага резьбы;

C_3 – действительное отклонение диаметров проволочек;

C_4 – поправка на угол подъема резьбы;

C_5 – контактные деформации.

Практически суммарную поправку вводят в результате измерения размера M, когда расчетное значение поправки превышает допуск среднего диаметра.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие эталонные средства измерений применяются при поверке штангенприборов?
2. Основные составляющие погрешности измерения микрометром с ценой деления 0,01 мм.
3. Основные составляющие погрешности измерения микрометром с ценой деления 1 или 2 мкм.
4. Сколько классов точности установлено для зубчатых измерительных головок?
5. На каком основании выбирают участок в 200 делений для поверки у многооборотных измерительных головок типа МИГ?
6. Типы пружинных измерительных головок.
7. На каких участках шкалы нормируется погрешность у индикаторных нутромеров с ценой деления 0,01 мм?
8. Какими параметрами определяются класс и разряд точности концевой меры длины?
9. Метод поверки металлических линеек и рулеток.
10. Что такое угломеры?
11. В чем заключается принцип использования предельных калибров?
12. Принцип измерения среднего диаметра резьбы с использованием проволочек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

УЧЕБНИКИ И КОНСПЕКТЫ ЛЕКЦИЙ

1. Белкин И. М. Средства линейно-угловых измерений: Справочник. – М.: Машиностроение, 1987.
2. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2 т. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
3. Коркин В.Б. Индикаторные нутромеры с ценой деления 0,001 и 0,002 мм: Учебно-методический модуль. – М.: ВИСМ, 1990.
4. Коркин В.Б. Индикаторные нутромеры с ценой деления 0,01 мм: Учебно-методический модуль. – М.: ЦИСМ, 1995.
5. Коркин В.Б., Пьянов С.А., Гламбоцкая А.С. Плоскопараллельные концевые меры длины: Конспект лекций. – М.: АСМС, 2000.
6. Марков Н.Н. , Ганевский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов. – М.: Машиностроение, 1993.
7. Пьянов С.А. , Коркин В.Б. Штангенприборы и их поверка: Конспект лекций. – М.: АСМС, 1999.
8. Пьянов С.А., Коркин В.Б. Микрометрические приборы и их поверка: Конспект лекций. – М.: АСМС, 1999.
9. Пьянов С.А., Коркин В.Б. Измерительные головки: Конспект лекций. – М.: АСМС, 1999.
10. Коркин В.Б., Суслова С.С. Пружинные измерительные головки. Их поверка: Конспект лекций. – М.: АСМС, 2006.
11. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / Под ред. А. К. Кутая. – Л.: Машиностроение, 1983.
12. Ганевский Г.М., Гольдин И.И. Допуски и посадки и технические измерения в машиностроении. – М.: Проф. Обр. Издат ИРПО, 2001.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

13. ГОСТ 166–89. Штангенциркули. Технические условия.
14. ГОСТ 8.113–85. ГСИ. Штангенциркули. Методика поверки.
15. ГОСТ 162–90. Штангенглубиномеры. Технические условия.
16. МИ 2196–92. ГСИ. Штангенглубиномеры. Методика поверки.
17. ГОСТ 164–90. Штангенрейсмасы. Технические условия.
18. МИ 2190–90. ГСИ. Штангенрейсмасы. Методика поверки.
19. ГОСТ 6507–90. Микрометры. Технические условия.
20. МИ 782–85. ГСИ. Микрометры с ценой деления 0,01 мм. Методика поверки.
21. ГОСТ 7470–92. Глубиномеры микрометрические. Технические условия.
22. МИ 2018–89. ГСИ. Глубиномеры микрометрические. Методика поверки.
23. ГОСТ 4381–87. Микрометры рычажные. Общие технические условия.
24. ГОСТ 8.411–81. Микрометры рычажные. Методика поверки.

25. ТУ 2-034-227–87. Микрометры и скобы рычажные. Методика поверки.
26. МИ 2051–90. ГСИ. Методические указания. Микрометры рычажные. Методика поверки.
27. ГОСТ 11098–75. Скобы с отсчетным устройством. Типы. Основные параметры. Технические требования.
28. ГОСТ 8.359–79. Скобы с отсчетным устройством. Методика поверки.
29. МИ 1919–88. ГСИ. Скобы рычажные. Методика поверки.
30. ГОСТ 577–68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия.
31. МИ 2192–92. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Методика поверки.
32. ГОСТ 18833–73. Головки измерительные рычажно-зубчатые. Технические требования.
33. МИ 2195–92. Рекомендация. ГСИ. Головки измерительные рычажно-зубчатые. Методика поверки.
34. ГОСТ 9696–82. Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Технические условия.
35. МИ 1876–88. Рекомендация. ГСИ. Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Методика поверки.
36. ГОСТ 5584–75. Индикаторы рычажно-зубчатые с ценой деления 0,01 мм. Типы, основные параметры и размеры.
37. МИ 1928–88. Индикаторы рычажно-зубчатые с ценой деления 0,01 мм. Методика поверки.
38. ГОСТ 28798–90. Головки измерительные пружинные. Общие технические условия.
39. МИ 1813-–87. Методические указания. ГСИ. Головки измерительные пружинные. Методика поверки.
40. МИ 1863–88. Методические указания. ГСИ. Головки измерительные пружинно-оптические. Оптикаторы. Методика поверки.
41. МИ 1790–87. Методические указания. ГСИ. Головки измерительные пружинные малогабаритные. Микаторы. Методика поверки.
42. ГОСТ 868–82. Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм. Технические условия.
43. МИ 2194–92. Рекомендация. ГСИ. Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм. Методика поверки.
44. ГОСТ 9244–75. Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,001 мм и 0,002 мм. Технические условия.
45. МИ 2193–92. Рекомендация. ГСИ. Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,001 мм и 0,002 мм. Методика поверки.
46. ГОСТ 9038–90. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия.
47. МИ 1604–87. ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные. Общие требования к методикам поверки.
48. МИ 2079–90. ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 3 и 4-го разрядов и рабочие классов точности 1–5 длиной до 100 мм. Методика поверки.

49. МИ 2186–92. ГСИ. Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 3 и 4-го разрядов и рабочие классов точности 1–5 длиной свыше 100 до 1000 мм. Методика поверки.

50. ГОСТ 4119–76. Наборы принадлежностей к плоскопараллельным концевым мерам длины. Технические условия.

51. МИ 2066–90. Наборы принадлежностей к плоскопараллельным концевым мерам длины. Методика контроля.

52. МИ 2060–90. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне $1 \cdot 10^{-6} \div 50$ м и длин волн в диапазоне 0,2–50 мкм.

53. ГОСТ 12069–90. Меры длины штриховые, брусковые. Технические условия.

54. МИ 1987–89. ГСИ. Меры длины штриховые. Общие требования к поверке.

55. МИ 1721–87. ГСИ. Меры длины штриховые образцовые 2-го разряда и рабочие классов точности 1 и 2 длиной до 1 м. Методика поверки.

56. ГОСТ 8.528–85. ГСИ. Меры длины штриховые образцовые 2-го разряда и рабочие класса точности 3. Методика поверки.

57. МИ 936–85. ГСИ. Меры длины штриховые образцовые 3-го разряда (метры-компараторы). Методика поверки.

58. ГОСТ 7502–98. Рулетки измерительные металлические. Технические условия.

59. МИ 1780–87. ГСИ. Ленты образцовые и рулетки металлические измерительные. Методика поверки.

60. МИ 1848–88. ГСИ. Метры складные металлические и деревянные. МП.

61. ГОСТ 427–75. Линейки измерительные металлические. Основные параметры и размеры. Технические требования.

62. МИ 2024–89. ГСИ. Линейки измерительные металлические. Методика поверки.

63. ГОСТ 5378–88. Угломеры с нониусом. Технические условия.

64. МИ 2131–90. Угломеры с нониусом. Методика поверки.

65. ГОСТ 21401–75. Калибры гладкие до 500 мм. Исполнительные размеры.

66. ГОСТ 24853–81. Калибры гладкие до 500 мм. Допуски.

67. МИ 1927–88. Калибры гладкие для цилиндрических валов и отверстий. Методика контроля.

68. ГОСТ 24705–2004. Резьба метрическая. Основные размеры.

69. ГОСТ 24997–2004. Калибры для метрической резьбы. Допуски.

70. ГОСТ 24672–81. Калибры для конической резьбы. Технические условия.

71. МИ 1904–88. Калибры резьбовые цилиндрические. Методика контроля.

72. ГОСТ 2475–88. Проволочки и ролики. Технические условия.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Штангенприборы …….. 3
Штангенциркули и их поверка …… 3
Штангенглубиномеры и их поверка ……... 11
Штангенрейсмасы и их поверка ……..... 15
Микрометрические приборы ……... 20
Микрометры с ценой деления 0,01 мм и их поверка …… 20
Микрометрические глубиномеры и их поверка …… 29
Рычажные микрометры и их поверка ……..... 34
Рычажные скобы и их поверка …… 45
Измерительные головки ……... 52
Зубчатые измерительные головки ИЧ (индикаторы часового типа) и их поверка …….. 52
Рычажно-зубчатые измерительные головки ИГ и их поверка ……..... 62
Рычажно-зубчатые измерительные головки МИГ и их поверка …..... 71
Рычажно-зубчатые измерительные головки ИРБ и их поверка ……... 81
Пружинные измерительные головки и их поверка ……... 87
Нутромеры ……. 131
Индикаторные нутромеры и их поверка …… 131
Плоскопараллельные концевые меры длины ……. 162
Штриховые меры длины …….. 187
Угломеры ……... 194
Гладкие калибры …….. 202
Резьбовые калибры ……... 216
Список литературы …….. 237

В.Б. Коркин, С.С. Суслова

ПОВЕРКА И КАЛИБРОВКА
УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Учебное пособие

Часть 1

Редактор-корректор Н.М. Скрипова
Компьютерная верстка Л.С. Самочатова

Подписано в печать 18.02.2011 Формат 60 × 90 1/16
Печать ксерография Объем 15,25 п.л.
Тираж 20 экз. Заказ №

АСМС
Москва, Волгоградский проспект, 90, корп. 1
Полиграфическая база АСМС