

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Филиал БНТУ «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров
по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ»

Кафедра «Метрология и энергетика»

**ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ВЕЛИЧИН**

Учебно-методическое пособие для руководителей и специалистов метрологических служб предприятий и организаций, слушателей курсов повышения квалификации, студентов технических ВУЗов

Под редакцией О.П. Реута, В.Л. Гуревича

Электронный учебный материал

Минск, 2017

УДК 006. 91

ББК 30.10

Р44

Авторы

О.П.Реут, В.Л.Гуревич, В.Б.Макаревич, А.Н.Горошкова, А.А.Новиков

Под редакцией О.П. Реута, В.Л. Гуревича

Рецензент

Д.В. Василевский, заместитель начальника Испытательного центра БелГИСС

В учебно-методическом пособии подробно рассмотрены вопросы проведения поверки приборов общего применения, получивших наиболее широкое распространение в геометрических измерениях: длины, углов, шероховатости поверхности, формы и расположения поверхностей. Данное учебно-методическое пособие представляет интерес для руководителей и специалистов метрологических служб предприятий и организаций.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь

Тел.(017)292-77-52 факс (017)292-91-37

E-mail: kme-ipk@mail.ru

<http://www.bntu.by/>

Регистрационный № БНТУ/ИПКиПК-17.2017

© БНТУ, 2017

© Реут О.П., Гуревич В.Л. 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Поверка средств измерений длины	6
1.1 Поверочная схема для средств измерения длины.....	6
1.2 Национальный эталон единицы длины-метра Республики Беларусь.....	6
1.3 Поверка концевых мер длины.....	8
1.4 Поверка универсальных накладных приборов.....	11
1.4.1 Поверка микрометров гладких.....	11
1.4.2 Поверка штангенциркулей	13
1.4.3 Поверка индикаторов часового типа.....	16
1.5. Поверка стационарных приборов для измерения длин.....	19
1.5.1 Поверка оптиметров.....	19
1.5.2 Поверка интерферометров.....	25
1.5.3 Поверка инструментальных измерительных микроскопов	31
1.5.4 Поверка универсальных измерительных микроскопов.....	34
1.5.5 Поверка двухкоординатных измерительных приборов дип	37
1.5.6 Поверка трехкоординатных измерительных приборов ким	37
2 Поверка средств измерений углов.....	45
2.1 Поверочная схема для средств измерения углов	45
2.2 Национальный эталон единицы плоского угла-градуса Республики Беларусь.....	45
2.3 Поверка угловых мер	46
2.4 Поверка угломеров с нониусом	47
2.5 Поверка угольников поверочных 90°	48
3 Поверка приборов для измерения формы и расположения поверхностей.....	50
3.1 Отклонение формы цилиндрических поверхностей.....	50
3.2 Эталон единицы длины в области измерений параметров отклонений формы и расположения поверхностей вращения Республики Беларусь.....	51
3.3 Отклонение формы плоских поверхностей	52
3.4 Поверочная схема для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности	53
3.5 Эталон единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности Республики Беларусь	55
3.6 Поверка линеек поверочных	57
3.7 Поверка плит поверочных	65
3.8 Поверка уровней для машиностроения.....	73
3.9 Поверка автоколлиматоров	82

4 Поверка средств измерений шероховатости поверхности.....	86
4.1 Сведения по нормированию шероховатости поверхности.....	86
4.2 Поверочная схема для средств измерений параметров шероховатости.....	87
4.3 Эталон единицы длины в области измерений шероховатости поверхности Республики Беларусь.....	88
4.4 Средства измерений параметров шероховатости	89
4.5 Поверка образцов шероховатости поверхности	91
4.6 Профилограммы и их обработка.....	93
5 Поверка измерительных цилиндрических зубчатых колес	95
5.1 Система допусков и нормы точности цилиндрических зубчатых колес.....	95
5.2 Поверочная схема для средств измерений параметров эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба	95
5.3 Эталон единицы длины для измерений параметров зубчатых колес Республики Беларусь	95
5.4 Поверка колес зубчатых измерительных.....	97
Список Использованных Источников.....	100

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность научных исследований, общественного производства, а также качество продукции напрямую зависят от уровня их метрологического обеспечения, принципы которого закладываются и развиваются на этапах проведения научных экспериментов, проектирования, создания и последующей эксплуатации изделий, аппаратуры и технологического оборудования. Решение указанных задач требует глубокой метрологической подготовки специалистов, работающих практически во всех областях народного хозяйства.

В настоящем методическом пособии представлены вопросы метрологии измерений геометрических величин. Изложены методы и средства поверки средств измерений линейных и угловых величин, формы поверхностей, шероховатости поверхностей, зубчатых колес и передач.

1 ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛИНЫ

1.1 Поверочная схема для средств измерения длины

Поверочная схема для средств измерения длины регламентирована МИ 2060-90 «Государственная поверочная схема для средств измерения длины в диапазоне $1 \cdot 10^{-6}$ – 50 м и длин волн в диапазоне 0,2 - 50 мкм»

Поверочная схема состоит из трех частей:

- 1) концевые меры длины;
- 2) штриховые меры длины;
- 3) источники излучений.

Во главе поверочной схемы стоит межгосударственный первичный эталон единицы длины-метра.

Государственный первичный эталон единицы длины – метра был утвержден в октябре 1985 года.

В состав эталона входят:

- источник первичного эталонного излучения;
- установка для измерения отношения длин волн;
- лазерный интерференционный компаратор с системой сбора и обработки информации.

Единица длины воспроизводится на эталоне со средним квадратическим отклонением (СКО) $2 \cdot 10^{-11}$ и неисключенной систематической погрешностью (НСП) $1 \cdot 10^{-9}$.

В эталоне реализована возможность воспроизведения единицы длины в соответствии с новым определением метра, принятым 17 Генеральной конференцией по мерам и весам в октябре 1983 года.

Метр является основной единицей международной системы единиц (СИ), и в соответствии с определением: метр – есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299\,792\,458$ с, т. е. в основу воспроизведения единицы длины эталоном положена постоянная физическая константа – скорость света.

1.2 Национальный эталон единицы длины-метра Республики Беларусь

Эталон единицы длины-метра создан в период 2001-2003 г.г. и утвержден в качестве национального постановлением Госстандарта №8 от 02.02.2004 г. Общий вид эталона приведен на рисунке 1.1.

Эталон предназначен для:

- воспроизведения, хранения и передачи единицы длины - метра источникам излучений и средствам измерений длин волн длиной 0,63 мкм;
- поверки/калибровки измерительных лазеров;
- поверки/калибровки систем измерительных лазерных интерференционных.



Рисунок 1.1

Эталон состоит из комплекса средств измерений:

- эталонного источника излучения - He-Ne/¹²⁷J₂ лазера БелГИМ-04 с системой автоматической подстройки частоты САЧ-8М;
- эталонного источника излучения He-Ne/J₂ стабилизированного лазера Winters model 100;
- измерительного комплекса для аттестации источников излучения в состав которого входят:

- анализатор спектра Agilent E4401B ;
- частотомер Agilent 53131A;
- интерфейс Agilent Technologies USB/GPIB interfase 82357B;
- измеритель мощности оптического излучения LaserMate-Q;
- комплект оптических элементов;
- комплект юстировочных приспособлений;
- фотоприемник SV2-FC;
- усилители тока УЗ-40;
- оптические изоляторы Фарадея модели 15/632-7;
- осциллограф С1-76;
- оптический стол 1НТ08-20-20 с пневматической виброизоляционной системой 1VIS95;
- ПЭВМ с математическим обеспечением для управления процессом измерения и обработки результатов измерений.

Метрологические характеристики эталона.

- диапазон длины, в котором воспроизводится единица, составляет 0,63мкм;
- измеряемая разность частот лазерных излучений от 0 до 2 ГГц;
- доверительные границы суммарной погрешности при доверительной вероятности 0,95 не превышают $5 \cdot 10^{-11}$ или 24 кГц (0,04 фм).

Мощность излучения эталонного лазера не менее 65 мкВт.

1.3 Поверка концевых мер длины

Концевые меры – это меры, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими параллельными измерительными поверхностями. Размер мер определяется расстоянием между измерительными поверхностями.

Благодаря свойству мер притираться друг к другу, можно воспроизводить любой размер в требуемых пределах.

Блок может собираться не более чем из 4 мер, причем следует учесть, что для блока из двух мер размер будет отличаться от размеров входящих мер на 0,05 – 0,1 мкм.

Основные термины и определения

Основные термины и определения приведены в ГОСТ 9038-90; МИ 1604-87.

Длина концевой меры: Длина перпендикуляра, опущенного из данной точки одной измерительной поверхности концевой меры на ее противоположную измерительную поверхность.

Срединная длина концевой меры: Длина перпендикуляра, опущенного из центра одной измерительной поверхности на противоположную измерительную поверхность.

Отклонение длины концевой меры от номинальной: Наибольшая по абсолютному значению разность между длиной концевой меры в любой точке и номинальной длиной концевой меры

Отклонение от параллельности концевой меры: Разность между наибольшей и наименьшей длиной концевой меры

Притираемость концевой меры: Свойство измерительных поверхностей концевой меры, обеспечивающее прочное сцепление концевых мер между собой, а также с плоской стеклянной пластиной при прикладывании или подвигании одной концевой меры на другую или концевой меры на пластину. Притираемость характеризуется усилием сдвига.

Набор специальных мер: Набор мер, предназначенный для поверки определенных изделий и измерительных приборов (проволочек, микрометров (№ 20 - № 27); штангенинструмента, оптикаторов).

Классификация концевых мер длины

1 Эталонные концевые меры длины.

2 Рабочие концевые меры длины.

Меры, применяемые для передачи размера единицы длины от первичного эталона концевым мерам меньшей точности, а также для поверки и градуировки измерительных приборов, называются *эталонными*.

В соответствии с их применением по поверочной схеме (МИ 2060-90) эти меры могут быть аттестованы по одному из 4 разрядов (1; 2; 3; 4).

Разряд концевых мер длины характеризуется пределом допускаемых погрешностей измерения длины мер и отклонением от параллельности.

Эти погрешности определяются по формулам МИ 1604 – 87.

Для 1-го разряда: $\delta = \pm (0,02+0,2L)$;

для 2-го разряда: $\delta = \pm (0,05+0,5L)$;

для 3-го разряда: $\delta = \pm (0,1+1L)$;

для 4 разряда: $\delta = \pm (0,2+2L)$,

где L – длина меры в метрах.

Они приведены в таблице 3 МИ 1604 – 87. В этой же таблице заданы требования к величине отклонения от параллельности в зависимости от разряда и номинального значения мер.

Меры, предназначенные для регулирования и настройки показывающих приборов для непосредственного измерения линейных размеров промышленных изделий, называются *рабочими*.

При поверке рабочими мерами присваивается только класс, а эталонными – класс и разряд.

Класс мер характеризуется допуском на изготовление или отклонением длины мер от номинального значения и отклонением от параллельности.

Согласно ГОСТ 9038 – 90 концевые меры должны быть изготовлены следующих классов точности: 00; 01; 0; 1; 2; 3 (таблица 3).

Для мер, находящихся в эксплуатации и после ремонта, МИ 1604-87 устанавливает дополнительные классы точности 4 и 5 (таблица 1).

Различие между классами и разрядами проявляется в погрешности, вносимой в измерение с помощью меры. Например: при измерении взята мера 5 мм из рабочего набора 2 класса точности. Погрешность, вносимая этой мерой, равняется отклонению от номинального значения, т. е. $\pm 0,40$ мкм, таблица 3 ГОСТ 9038-90.

Если меру аттестовать по 3 разряду и учесть ее действительный размер, то погрешность, вносимая мерой в результате измерения, составит $\pm 0,11$ мкм, таблица 3 МИ 1604-87. Для 4 разряда $\pm 0,22$ мкм.

Для эталонных концевых мер длины существуют определенные соотношения между классами и разрядами (таблица 2, МИ 1604-87).

Разряды мер	Классы точности	
	Не выше	Не ниже
1 разряд	00	2
2 разряд	0	2
3 разряд	1	3
4 разряд	2	4

Более высокие классы присваивать нельзя, так как погрешность аттестации мер больше допускаемых отклонений от номинальных размеров этих высоких классов.

(4 разряд $\pm 0,22$ мкм, 1 кл 0,20 мкм)

Меры с градацией 0,001 мм относить к классам точности 3; 4; 5 не разрешается.

Класс точности набора концевых мер длины определяется низшим классом отдельной меры, входящей в набор.

Поверку концевых мер длины проводят в соответствии с МИ 2079-90.

Операции поверки.

Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра на измерительных поверхностях концевых мер, находящихся в эксплуатации или выпускаемых из ремонта, допускается наличие незначительных дефектов (царапин, забоин), расположенных не в зоне измеряемых точек и не влияющих на притираемость и эксплуатационные свойства.

Проверка притираемости к пластине ПИ 60 класса точности 2.

Концевые меры притирают к плоской стеклянной пластине сначала одной, а затем другой измерительной поверхностью.

При проведении операции, во избежание прогрева стеклянных пластин и мер, необходимо пользоваться поочередно несколькими стеклянными пластинами и хлопчатобумажной тканью.

Качество притираемости измерительных поверхностей мер оценивается по наличию интерференционных оттенков в белом свете и должно соответствовать требованиям ГОСТ 9038-90 и МИ 1604-87.

- Эталонные меры 1 и 2-го разрядов, рабочие классов точности 00, 01, 0 должны притираться без интерференционных оттенков.

- Эталонные меры 3 и 4-го разрядов, рабочие классов точности 1, 2, 3 должны притираться без интерференционных полос. Допускаются оттенки в виде светлых пятен.

- Рабочие меры классов точности 4 и 5 должны притираться без интерференционных полос. Допускаются оттенки в виде желтых пятен. Для мер класса точности 5 допускаются оттенки любого цвета по краям измерительных поверхностей на расстоянии до 1,5 мм от боковых граней.

Определение отклонения длины мер от номинальной и отклонение от параллельности.

Определение отклонения срединной длины мер от номинальной.

Эталонные средства поверки для мер 3 и 4-го разрядов:

- Интерферометр типа ИКПВ.

- Оптикатор 01П, микрокатор 0,1 ИГП, приборы Микрон-02, Микрон-04 со стойкой С-1.

- Автоматизированная установка типа УКМ-100.

- Индуктивная двухконтактная установка модели 70701.

Эталонные средства поверки для мер классов точности 4 и 5:

- Микрокатор 1 ИГП со стойкой С-1.

- Оптиметр типа ИКВ.

Метод поверки МКП – метод сравнения с мерой высшего разряда.

Пример оформления протокола поверки концевых мер 3-го разряда.

В микрометрах

L мм	0_n 0_k 0_{cp}	C_n C_k C_{cp}	ΔL_c	Отсчеты в угловых точках				h	$\Delta L_{от}$	ΔL_c	Δl_{max} Δl_{min}	ΔL_N
				a	b	d	e					
5	0	-0,05	-0,06	-0,02	-0,08	-0,10	-0,15	0,13	+0,02	-0,04	-0,02 -0,15	0,13
	0	-0,07										
	0	-0,06										

Обработка результатов измерений

Из отсчетов θ_n и θ_k и C_n и C_k находят средние арифметические.

Определяют Δl_c как разность срединных длин поверяемой и эталонной меры

$$\Delta l_c = C_{cp} - \theta_{cp} \text{ или } \Delta l_c = C_{cp}$$

Определяют отклонение от параллельности как наибольшую разность между отсчетами $\Delta l_c, a, b, d, e$.

Определяют отклонение срединной длины поверяемой меры от номинальной

$$\Delta L_c = \Delta l_c + \Delta L_{эм}$$

Находят из отсчетов $\Delta l_c, a, b, d, e$ наибольшее и наименьшее значения с учетом знаков:

$$\Delta l_{max} = -0,02,$$

$$\Delta l_{min} = -0,15.$$

Вычисляют ΔL_N

$$\Delta L_{N1} = \Delta l_{max} + \Delta L_{эм},$$

$$\Delta L_{N2} = \Delta l_{min} + \Delta L_{эм}.$$

ΔL_N будет равно наибольшему по абсолютному значению числу.

Отклонение от параллельности h и наибольшее отклонение длины меры от номинальной ΔL_N должны соответствовать требованиям ГОСТ 9038-90 и МИ 1604-87.

1.4 Поверка универсальных накладных приборов

1.4.1 Поверка микрометров гладких

Микрометры гладкие предназначены для измерения наружных размеров изделий и изготавливаются с пределами измерения от 25 до 600 мм. Прибор состоит из скобы, неподвижной пятки и стебля с микрометрическим винтом. В скобе запрессованы пятка и стебель. Вдоль стебля перемещается микрометрический винт в пределах 25 мм.

Торцевые поверхности пятки и микрометрического винта являются измерительными поверхностями микрометра. На стебле нанесена шкала с ценой деления 0,5 мм и продольный отсчетный штрих. На микрометрический винт одет барабан, на коническом конце которого нанесена круговая шкала (50 делений) с ценой деления 0,01 мм.

Измерительное усилие в пределах от 5 до 10 Н создается с помощью трещотки.

Технические условия для микрометров установлены ГОСТ 6507-90.

Поверка микрометров проводится в соответствии с МИ 782-85. Методические указания распространяются на микрометры с ценой деления 0,01 мм и устанавливают методику их первичной и периодической поверок а также микрометров, находящихся в эксплуатации и изготовленных до введения в действие

ГОСТ 6507-90.

При проведении поверки должны быть соблюдены условия установленные ГОСТ 6507-90.

Микрометры, установочные меры и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с технической документации на них.

Микрометры, установочные меры выдерживают в помещении, где проводят поверку, в течение не менее 3 ч.

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр;
- определение расстояния от торца конической части барабана до начального штриха;
- определение измерительного усилия и его колебания;
- определение отклонения от плоскостности измерительных поверхностей микрометра;
- определение отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометра;
- определение погрешности микрометра;
- определение отклонения длины установочной меры от номинальной и отклонения от плоскопараллельности измерительных поверхностей установочной меры.

При выполнении операций должны применяться следующие средства поверки:

- меры длины концевые эталонные 4-го разряда МИ 1604-87 для микрометров 1 и 2 кл.;
- весы циферблатные или динамометры, стойка С-1 по ГОСТ 10197-70;
- пластина стеклянная плоская нижняя ПИ-60 класса точности 2 по ГОСТ 2923-75;
- лекальная линейка типа ЛД класса точности 1 по ГОСТ 8026-92;
- наборы плоскопараллельных стеклянные пластин;
- оптиметр горизонтальный типа ИКГ или машина оптико-механическая типа ИЗМ.

Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие микрометров требованиям ГОСТ 6507-90.

Определение расстояния от торца конической части барабана до начального штриха проводят в соответствии с МИ 782-85 п. 4.3.4.

Измерительное усилие микрометра и его колебание определяют при помощи циферблатных весов или с помощью динамометра (пункт 4.3.5 МИ 782-85). Измерительное усилие должно соответствовать требованиям ГОСТ 6507-90.

Отклонение от плоскостности измерительных поверхностей микрометра определяют интерференционным методом при помощи плоской стеклянной пластины. Для микрометров, находящихся в эксплуатации допускается определять отклонение от плоскостности с помощью лекальной линейки (пункт 4.3.6 МИ 782-85).

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей микрометров определяют при помощи плоскопараллельных стеклянных пластин для микрометров с верхним пределом измерения до 100 мм и при помощи концевых мер длины для микрометров с верхним пределом свыше 100 мм (пункт 4.3.7 МИ 782-85).

Погрешность микрометров определяют в пяти (не менее) равномерно расположенных точках шкалы микрометра путем сравнения показаний с размерами концевых мер длины.

Точки, в которых рекомендуется производить проверку микрометра, указаны в таблице 2 МИ 782-85. Погрешность микрометра не должна превышать значений, установленных в ГОСТ 6507-90.

Допускается наличие в обращении и выпуск из ремонта микрометров с погрешностью, превышающей значения, указанные в ГОСТ 6507-90 для класса точности 2, но не более чем в два раза, о чём делается соответствующая отметка в документах о поверке.

Погрешность микрометров с верхним пределом измерений более чем 100 мм допускается определять с помощью дополнительного приспособления (приложение 3 МИ 782-85), которое укрепляют на скобе микрометра. Регулируемая пятка приспособления и микрометрический винт должны быть соосны. Регулируя пятку приспособления до упора в пятку микрометрического винта, добиваются такого её положения, которое соответствует нулевому отсчету по шкале микрометра. Затем определяют погрешность как у микрометра с диапазоном 0 – 25 мм. Погрешность не должна превышать значений, установленных ГОСТ 6507-90 для микрометров соответствующих классов с верхним пределом измерений до 25 мм.

Если погрешность микрометрического устройства превышает допускаемые значения погрешности для микрометров с верхним пределом измерений до 25 мм, но не превышает допускаемых значений погрешности для пределов измерений поверяемого микрометра, то производится дополнительно поверка микрометра по концевым мерам длины без приспособления в точке, в которой выявлено наибольшее отклонение. При этом погрешность микрометра не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 6507-90 для пределов измерений, соответствующих поверяемому микрометру.

Отклонения длины установочных мер от номинального значения и отклонения от параллельности их измерительных поверхностей определяют сравнением установочных мер с концевыми мерами длины соответствующих размеров на горизонтальном оптиметре или оптико-механической машине (пункт 4.3.11 МИ 782-85).

1.4.2 Поверка штангенциркулей

Штангенциркули предназначены для измерения наружных и внутренних размеров до 2000 мм, а также для измерения канавок на наружных и внутренних поверхностях, проточек, расстояний между осями малых диаметров и стенок труб.

Штангенциркули изготавливаются следующих типов:

ШЦ-I – двусторонние с глубиномером;

ШЦТ-I – односторонние с глубиномером с измерительными поверхностями из твердых сплавов;

ШЦ-II – двусторонние;

ШЦ-III – односторонние.

Штангенциркули изготавливают с отсчетом по нониусу с отсчетом по круговой шкале или с цифровым отсчетным устройством.

Технические требования для штангенциркулей устанавливает ГОСТ 166-89.

Проверка штангенциркулей проводится в соответствии с ГОСТ 8.113-85.

Условия проверки и подготовка к ней.

При проведении проверки температура воздуха в помещении должна быть $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Штангенциркули, и средства проверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с технической документацией на них

Штангенциркули выдерживают в помещении, где проводят проверку, в течение не менее 3 ч.

При проведении проверки должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр;
- опробование;
- определение длины вылета губок штангенциркулей;
- определение расстояния от верхней кромки края нониуса до поверхности шкалы штанги;
- определение отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок;
- определение отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей губок;
- определение размера сдвинутых до соприкосновения губок и отклонения от параллельности образующих измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типов ШЦ-II и ШЦ-III;
- определение усилия перемещения рамки по штанге штангенциркуля;
- определение отклонения от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типа ШЦ-I и определение расстояния между ними;
- определение погрешности штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I при измерении глубины;
- определение погрешности штангенциркуля.

При выполнении операций должны применяться следующие средства проверки:

- измерительная металлическая линейка по ГОСТ 427-75, предел измерения 0–150 мм;
- щупы толщиной 0,25 и 0,30 мм, класс точности 2;
- меры длины концевые эталонные класса точности 2 по ГОСТ 9038-90;

- весы циферблатные или динамометры, стойка С-II по ГОСТ 10197-70;
- пластина стеклянная плоская нижняя ПИ-60 класса точности 2 по ГОСТ 2923-75;
- лекальная линейка типа ЛД класса точности 1 по ГОСТ 8026-92;
- микрометр типа МК, предел измерения 0 – 25 мм, класс точности 2 по ГОСТ 6507-90;
- меры массы общего назначения по ГОСТ OIML R111-1-2009.

Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие штангенциркулей требованиям ГОСТ 166-89.

Опробование (пункт 3.2 ГОСТ 8.113-85).

Длину вылета губок определяют при помощи металлической измерительной линейки (пункт 3.3.1 ГОСТ 8.113-85).

Расстояние от верхней кромки края нониуса до поверхности шкалы штанги определяют щупом в трех местах штанги (пункт 3.3.4 ГОСТ 8.113-85). Расстояние от верхней кромки края нониуса до поверхности шкалы штанги должно соответствовать требованиям ГОСТ 166-89.

Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей губок определяют лекальной линейкой (пункт 3.3.5 ГОСТ 8.113-85). Отклонение от плоскостности не должно превышать значений, установленных ГОСТ 166-89. Для штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускают завалы на расстоянии 0,5 мм от краев измерительной поверхности.

Отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок определяют при помощи концевых мер длины и ролика при трех положениях подвижной губки, близких к пределам измерений и середине диапазона измерения штангенциркуля (пункт 3.3.6 ГОСТ 8.113-85). За отклонение от параллельности плоских измерительных поверхностей губок принимают наибольшую разность измеренных расстояний при каждом положении подвижной губки, которая не должна превышать значений, установленных ГОСТ 166-89.

Размер сдвинутых до соприкосновения губок и отклонения от параллельности образующих измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типов ШЦ-II и ШЦ-III определяют микрометром (пункт 3.3.7 ГОСТ 8.113-85).

Усилие перемещения рамки по штанге штангенциркуля (пункт 3.3.8 ГОСТ 8.113-85).

Отклонение от параллельности измерительных поверхностей губок для внутренних измерений штангенциркулей типа ШЦ-I и расстояния между ними определяют микрометром (пункт 3.3.9 ГОСТ 8.113-85).

Погрешность штангенциркулей типов ШЦ-I и ШЦТ-I при измерении глубины определяют по двум концевым мерам длиной 20 мм. Для штангенциркулей, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается использовать гладкое кольцо (приложение 5 ГОСТ 8.113-85) или установочную меру длиной 25 мм из комплекта микрометрического глубиномера по ГОСТ 7470-92. Две

концевые меры или гладкое кольцо устанавливают на плоскую стеклянную пластину. Торцы штанги прижимают к измерительным плоскостям концевых мер или гладкого кольца. Линейку глубиномера перемещают до соприкосновения с плоскостью стекла и производят отсчет. Погрешность штангенциркуля при измерении глубины не должна превышать значения, установленного ГОСТ 166-89.

Погрешность штангенциркулей определяют по концевым мерам длины. У штангенциркулей со значением отсчета по нониусу 0,05 мм, выпускаемых из производства, погрешность определяют в шести точках; допускается определять погрешность в трех точках при условии отклонения от прямолинейности базовой длины штанги не более 0,02 мм. У штангенциркулей со значением отсчета по нониусу 0,1 мм, выпускаемых из производства, погрешность определяют в трех точках. У штангенциркулей, выпускаемых после ремонта и находящихся в эксплуатации, погрешность определяют в трех точках, равномерно расположенных по длине штанги и нониуса.

Несовпадение штрихов основной шкалы и шкалы нониуса, соответствующих размеру блока мер равно погрешности штангенциркуля в поверяемой точке.

Погрешность не должна превышать значений, установленных ГОСТ 166-89.

1.4.3 Поверка индикаторов часового типа

Технические требования для индикаторов часового типа устанавливает ГОСТ 577-68 «Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия».

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

Индикаторы изготавливаются с диапазонами измерений 0-2; 0-5; 0-10; 0-25 мм, классов точности 0 и 1. Для индикаторов, выпускаемых после ремонта и находящихся в эксплуатации, МИ 2192-92 устанавливает дополнительно класс точности 2.

При проведении периодической поверки индикаторов выполняются следующие операции:

- внешний осмотр;
- опробование;
- определение измерительного усилия и его колебания;
- определение изменения показаний при нажатии на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном его оси;
- определение размаха показаний;
- определение вариации показаний;
- определение наибольшей разности погрешностей.

При выполнении операций должны применяться следующие средства поверки:

- весы настольные циферблатные с ценой деления 5 г;
- стойка типа-СП по ГОСТ 18197 с дополнительным кронштейном с присоединительным диаметром 8 мм;

- граммометр с ценой деления 0,1 Н, диапазоном измерений (0,5-3) Н;
- прибор для поверки индикаторов ППИ-3 или ППИ-4, или приспособление с микрометрической головкой.

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха в помещении $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность не более 80 %.

Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого индикатора требованиям ГОСТ 577-68 к стрелке и элементам шкалы, материалу, закрывающему циферблат, оснащению их указателем числа оборотов стрелки и устройством совмещения нулевого штриха шкалы со стрелкой, также проверяют отсутствие механических повреждений и дефектов, влияющих на эксплуатационные свойства.

Опробование.

При опробовании проверяют взаимодействие подвижных частей индикатора на соответствие требованиям ГОСТ 577-68.

Определение измерительного усилия и его колебания .

Измерительное усилие и его колебание определяют с помощью циферблатных весов при контакте измерительного наконечника индикатора с площадкой весов. При этом индикатор закрепляют в стойке. Показания весов отсчитывают в начале, середине и конце диапазона измерений при прямом ходе измерительного стержня. Показание весов в конце диапазона измерений в граммах, деленное на 100, равно наибольшему измерительному усилию 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. Таким же образом определяют колебание измерительного усилия при обратном ходе измерительного стержня.

Колебание измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня определяют, отсчитывая показание весов в середине диапазона измерения. Затем перемещают измерительный стержень за эту точку на 1-2 мм, возвращают 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.

Наибольшее измерительное усилие при прямом ходе, колебание измерительного усилия при прямом и обратном ходе, колебание измерительного усилия при изменении направления движения измерительного стержня не должны превышать значений по ГОСТ 577-68.

Определение изменения показаний при нажиме на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном его оси.

Изменение показаний индикатора при нажиме с усилием 2,5 Н на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном оси стержня, определяют при помощи граммометра. Индикатор закрепляют на приборе ППИ или в приспособлении с микрометрической головкой. Перемещают измерительный стержень

жень до положения, соответствующего середине диапазона измерений. Щупом графмометра нажимают с усилием 2,5 Н на измерительный наконечник с четырех сторон по двум взаимно перпендикулярным направлениям и наблюдают за изменениями показаний индикатора, которые не должны превышать значения, указанного в ГОСТ 577-68.

Определение размаха показаний.

Размах показаний индикатора определяют в трех точках: в начале, середине и конце диапазона измерений при пятикратном арретировании измерительного наконечника на измерительную поверхность прибора ППИ или приспособления с микрометрической головкой. Размах показаний в каждой точке не должен превышать значения, указанного в ГОСТ 577-68.

Определение вариации показаний.

Вариацию показаний индикатора определяют при помощи прибора ППИ или приспособления с микрометрической головкой в трех равномерно расположенных точках диапазона измерений. К каждой точке подходят с двух противоположных сторон, отстоящих от нее на 0,05 мм. Микровинтом прибора или приспособления совмещают стрелку индикатора со штрихом данной точкой. Показания снимают по прибору ППИ или микровинту. Разность показаний определяет вариацию показаний индикатора.

В каждой точке диапазона измерения повторяют по три раза.

Вариация показаний не должна превышать значения, указанного в ГОСТ 577-68.

Определение наибольшей разности погрешностей.

Наибольшую разность погрешностей на всем диапазоне измерений и на любом участке в 1 мм определяют на приборе ППИ или приспособлении с микрометрической головкой при непрерывном перемещении или с остановками измерительного стержня через каждые 0,2 мм (у индикаторов с диапазоном измерения 0-25 мм – через каждые 0,5 мм). Пример записи результатов измерений приведен в таблице.

Оборот стрелки индикатора	Показания индикатора, мкм						Наибольшая разность погрешностей, мкм, на			Класс точности
	Отметки шкалы						участке 1 мм	любом участке 1 мм	всем диапазоне измерений	
	0	20	40	60	80	0				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-1	0	-2	-1	+2	+5	+3	7	10	18	1
1-2	+3	+5	+5	+5	+5	+5	2			
2-3	+5	0	0	0	0	+1	5			
3-4	+1	0	-5	-7	-3	-2	8			
4-5	-2	-5	-5	-5	-3	-3	3			
5-6	-3	-8	-12	-10	-8	-5	9			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6-7	-5	-6	-11	-7	-3	-1	10			
7-8	-1	-1	-3	-5	-3	+1	6			
8-9	+1	+3	+2	0	+5	+6	6			
9-10	+6	+3	+3	+2	+2	+2	4			

Для индикаторов, выпускаемых после ремонта и находящихся в эксплуатации, допускается не определять наибольшую разность погрешностей на любом участке в 0,1 мм.

Наибольшая разность погрешностей на всем диапазоне измерений при прямом или обратном ходе измерительного стержня равна разности наибольшего и наименьшего показаний на всем диапазоне измерений.

Наибольшая разность погрешностей на участке в 0,1 мм равна разности наибольшего и наименьшего показаний на поверяемом участке.

Наибольшая разность погрешностей на всем диапазоне измерений и на любом участке в 1 мм не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 577-68.

1.5. Поверка стационарных приборов для измерения длин

1.5.1 Поверка оптиметров

Оптиметры предназначены для линейных измерений методом сравнения с концевыми мерами длины, а также для поверки рабочих концевых мер длины 4 и 5 класса точности, установочных мер к гладким микрометрам, проволочек и роликов и т.д.

В настоящее время данный тип приборов снят с производства, поэтому все технические требования указаны в МИ 1958-89 «Государственная система обеспечения единства измерений. Оптиметры. Методика поверки».

Методика поверки устанавливает процедуру первичной и периодической поверок оптиметров.

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:

- 1) Внешний осмотр.
- 2) Опробование.
- 3) Проверка измерительных наконечников.
- 4) Проверка отклонения от плоскостности рабочих поверхностей измерительных столов.
- 5) Определение изменения показаний прибора при закреплении измерительного стола, стержня пиноли зажимными винтами.
- 6) Определение превышения среднего ребра ребристого стола над остальными ребрами и сферической вставки круглого стола над его рабочей поверхностью.
- 7) Определение размаха показаний при наружных и внутренних измерениях.

8) Определение погрешности прибора.

При выполнении операций должны применяться следующие средства поверки:

- нижняя плоская стеклянная пластина диаметром 120 мм класса точности 2;
- нижняя плоская стеклянная пластина диаметром 60 мм класса точности 2 с пазом;
- граммометр, диапазон измерений (0,1-3,0) Н, $\Delta = \pm 0,1$ Н;
- меры длины концевые плоскопараллельные 3 разряда;
- мера длины концевая плоскопараллельная с пазом 0 или 1 класса точности.

Оптиметр перед поверкой должен быть выдержан при нормальных значениях температуры и относительной влажности окружающего воздуха не менее времени, указанного в ТНПА на поверяемый прибор.

При проведении поверки должны быть соблюдены внешние условия в соответствии с ТНПА на поверяемый прибор. Измерительные наконечники и концевые меры должны быть промыты бензином, вытерты чистой тканью и выдержаны не менее 4 ч на рабочем месте.

Основные положения процедуры проведения поверки включают:

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого оптиметра следующему требованию - на наружных поверхностях прибора не должно быть коррозии и механических повреждений, влияющих на эксплуатационные свойства.

Опробование.

При опробовании должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

- перемещение подвижных частей прибора должно быть плавным без люфтов и заеданий;
- стопорные винты должны надежно крепить подвижные элементы;
- изображение штрихов и цифр должно быть чистым и четким;
- шкала прибора должна освещаться равномерно по всему диапазону;
- параллакс указателя относительно штрихов шкалы не должен превышать 0,1 деления шкалы.

Проверка измерительных наконечников.

Отклонение от плоскостности плоских измерительных наконечников проверяют нижней плоской стеклянной пластиной интерференционным методом. Стеклянную пластину накладывают на измерительный наконечник и определяют отклонение от плоскостности. Отклонение от плоскостности не должно превышать одну интерференционную полосу, так же не допускаются забоины. Допускаются завалы на расстоянии 0,5 мм от края наконечника. На сферических наконечниках не допускается наличие черного пятна по центру измерительной зоны наконечника.

Проверка отклонения от плоскостности рабочих поверхностей измерительных столов.

Отклонение от плоскостности рабочих поверхностей измерительных столов проверяют нижней плоской стеклянной пластиной интерференционным методом. Стеклянную пластину накладывают на измерительный стол и определяют отклонение от плоскостности. Отклонение от плоскостности не должно превышать три интерференционных полосы, так же не допускаются забоины. При нажатии на пластину полосы должны расходиться (выпуклость).

Определение изменения показаний прибора при закреплении измерительного стола, стержня пиноли зажимными винтами.

Для определения изменения показаний прибора при закреплении измерительного стола и стержня пиноли их приводят в соприкосновение со столом или измерительным наконечником и зажимают стопорным винтом. Изменение показаний не должно превышать 0,4 мкм для пиноли и 0,5 мкм для стопорного винта стола.

Настройка вертикального оптиметра с плоским столиком.

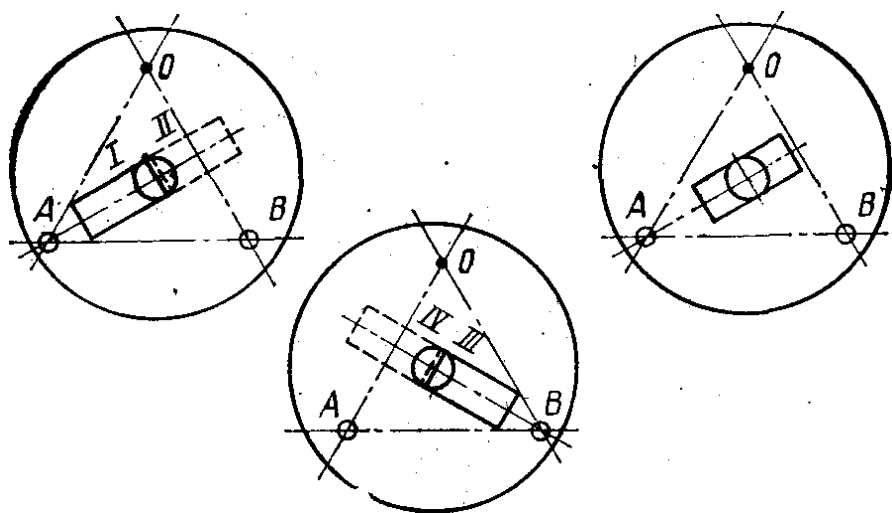


Рисунок 1.2

Верхняя плоскость основного стола должна быть перпендикулярна к оси измерительного стержня, или параллельна плоскости наконечника, в чем необходимо убедиться перед началом проверки. Для проверки взаимной перпендикулярности плоскости стола и оси перемещения измерительного наконечника на штифт надевают плоский наконечник

диаметром 8 мм и устанавливают трубку оптиметра так, чтобы измерительная ось проходила через центр стола (через середину центрального ребра). Определяют размер и характер перекоса в направлении, перпендикулярном к оси вращения OB (на рисунке 1.2 A и B — регулировочные винты стола. O — шаровая опора). Для этого концевую меру размером 5 — 10 мм 4 разряда устанавливают на столе в положение I, т. е. перпендикулярно к линии OB , так чтобы край меры перекрывал только половину наконечника и отсчитывают показания по шкале. Подняв арретиром измерительный наконечник, поворачивают меру на 180° , устанавливают ее в положение II, стараясь также установить меру по прямой, перпендикулярной к воображаемой прямой OB , и снова отсчитывают показания.

Абсолютное значение разности между отсчетами (с учетом их знаков) при положениях I и II меры и является перекосом в направлении, перпендикулярном к оси OB , устраняемым вращением регулировочного винта A . Направление вращения регулировочного винта определяется по разности отсчетов: если раз-

ность отсчетов (положения I—II) отрицательная, то винтом A стол надо поднимать; если разность отсчетов положительная, то стол следует опускать. Размер h в мкм, на который поднимается или опускается стол, определяют по формуле:

$$h = 40 \cdot n/d$$

где n — перекося стола, мкм; d — диаметр наконечника, мм.

Перекося стола устраняют следующим образом. Приподняв арретиром измерительный наконечник, перемещают меру на середину стола, следя при этом за показаниями шкалы оптиметра. Винтом A опускают или поднимают стол на размер h и закрепляют винты.

Также устраняют перекося в направлении, перпендикулярном к оси вращения OA винтом B , помещая концевую меру сначала в положение III, т. е. около винта B , а затем в положение IV. По окончании регулировки снова проверяют правильность установки стола во всех направлениях. Если показания по шкале одинаковы, то стол установлен правильно.

Перекося стола может быть настолько велик, что для его устранения необходимо кроме регулировочных винтов, применять и микрометрическую подачу измерительного стола.

Поясним установку стола на конкретном примере. Возьмем измерительный наконечник диаметром 8 мм. Отсчет при положении I составляет - 2 мкм, при положении II - 48 мкм.

Разность $n = -2 - (-48) = +46$ мкм, отсюда

$$h = 40 \cdot 46/8 = +230 \text{ мкм.}$$

Результат получился положительным, следовательно винтом A нужно опустить стол на 230 мкм. Стол опускают дважды, для чего меру помещают под наконечник оптиметра и поднимают шкалу до +100 мкм, вращая микрометрический винт подъема стола, а затем винтом A опускают стол на 200 мкм, т. е. до показания шкалы оптиметра — 100 мкм.

Вращая микрометрический винт, снова поднимают шкалу примерно до деления +30, а винтом A опускают стол еще до 30 мкм, т. е. почти до нулевого показания шкалы.

Настройка вертикального оптиметра с круглым накладным столиком со сферической опорой.

Если один сферический наконечник находится на измерительном стержне, а другой — на накладном круглом столике, их следует установить соосно. На плоский стол оптиметра помещают круглый накладной столик и слегка притирают его к поверхности основного стола. Для фиксации положения круглого столика на него накладывают установочную сетку с четырьмя регулировочными винтами (по два, диаметрально расположенных). Для того, чтобы обеспечить центрирование круглого накладного столика, винты установочной сетки должны быть вывинчены одинаково. В этом убеждаются предварительно, перевернув сетку. Затем сеткой покрывают стол оптиметра и привинчивают винты к боковой поверхности стола. Следовательно, сместить накладной сто-

лик в плоскости основного стола и одновременно иметь его фиксированное положение, можно только при одинаковом вращении двух диаметрально расположенных винтов. Этим обстоятельством и пользуются при регулировке двух сферических наконечников.

Опускают кронштейн с трубкой оптиметра до соприкосновения сферических наконечников оптиметра и столика, и по шкале оптиметра устанавливают ее изображение в среднее положение. Правильность взаимного расположения наконечников проверяют по движению шкалы, вращая два диаметрально расположенных регулировочных винта сетки в одну сторону. При этом все четыре винта должны быть плотно привинчены к боковой поверхности стола. Регулировочные винты сетки вращают в том направлении, при вращении в котором происходит подъем изображения шкалы. Максимальную точку возврата шкалы нужно зафиксировать, прекратив вращение регулировочных винтов сетки.

Определение превышения среднего ребра круглого ребристого стола над остальными ребрами и сферической вставки круглого стола над его рабочей поверхностью.

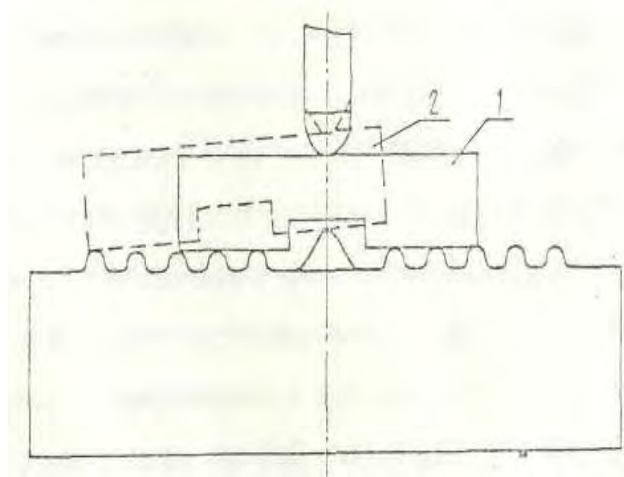


Рисунок 1.3

Превышения среднего ребра круглого ребристого стола над остальными ребрами и сферической вставки круглого стола над его рабочей поверхностью определяют, при помощи меры с пазом, как разность показаний оптиметра при положении меры 1 и 2 (рисунок 1.3).

Превышение среднего ребра круглого ребристого стола над остальными ребрами не должно превышать 0,4 - 0,6 мкм.

Превышение сферической вставки круглого ребристого стола

над его рабочей поверхностью не должно превышать 2 - 3 мкм.

В случае применения двух плоских или ленточных наконечников, их измерительные поверхности должны быть установлены параллельно друг к другу. После надежного закрепления наконечников на измерительных штифтах пинольную и измерительную бабки сдвигают по направляющим станины так, чтобы между наконечниками можно было установить концевую меру от 1 до 2 мм. Устанавливают меру. Закрепляют бабки стопорными винтами и регулируют положение наконечников, наблюдая за движением изображения шкалы в поле зрения окуляра оптиметра. Микрометрическим винтом пиноли при отжатом стопорном винте устанавливают изображение шкалы приблизительно на нулевое деление, закрепляют стопорный винт пиноли и находят минимальное расположение наконечников. Для этого, наблюдая в окуляр, следует поочередно поворачивать отверткой регулировочные винты пиноли до тех пор, пока не получится наименьший отсчет по шкале. Если окажется, что при вращении ре-

гулировочных винтов не хватит пределов шкалы, необходимо, отжав стопорный винт, микрометрической подачей привести шкалу в нулевое положение, снова зажать стопорный винт и продолжать вращать винты как вертикально, так и горизонтально расположенные, добиваясь наименьшего показания по шкале. На этом регулировку плоских наконечников можно считать законченной.

Регулировку двух сферических наконечников производят аналогично с той лишь разницей, что вращение регулировочных винтов пиноли следует прекратить, когда по шкале получится наибольший отсчет.

Определение размаха показаний при наружных и внутренних измерениях.

Размах показаний измерительного устройства вертикального оптиметра определяют как наибольшую разность показаний прибора при десятикратном арретировании сферического наконечника по плоскопараллельной концевой мере размером 8 – 10 мм.

Размах показаний не должен превышать 0,1 мкм.

Размах показаний измерительного устройства горизонтального оптиметра для наружных измерений определяют как наибольшую разность показаний прибора при десятикратном арретировании сферического наконечника по плоскопараллельной концевой мере размером 100 мм.

Размах показаний не должен превышать 0,2 мкм.

Размах показаний измерительного устройства горизонтального оптиметра для внутренних измерений определяют при помощи кольца. Перемещением предметного стола кольцо устанавливают в положение измерения диаметра, арретируют измерительный наконечник и снимают показания оптиметра. Проводят десятикратную установку кольца и отсчитывают показания.

Размах показаний не должен превышать 0,8 мкм.

Определение погрешности прибора.

Погрешность оптиметра определяют парным методом по концевым мерам длины со сферическими наконечниками.

Погрешность определяют на следующих участках шкалы:

от 0 до плюс 0,060 мм;

от 0 до минус 0,060 мм;

от 0 до плюс 0,100 мм;

от 0 до минус 0,100 мм.

На каждом участке шкалы прибор следует поверять тремя парами концевых мер с разностью длин мер в каждой паре, равной поверяемому диапазону. При этой вторая мера первой пары должна быть первой мерой второй пары, а вторая мера второй пары должна быть первой мерой третьей пары. Например, для поверки прибора на участке шкалы от 0 до плюс 0,060 мм применяют концевые меры размерами 1,00; 1,06; 1,12; 1,18 мм, из которых составляют последовательно три пары 1,00 и 1,06; 1,06 и 1,12; 1,12 и 1,18 мм.

Поверяемый прибор по первой мере пары устанавливают на нулевое показание и после арретирования наконечника отсчитывают показание r_1 . Затем заменяют первую меру второй мерой пары - отсчитывают показание r_2 .

Погрешность оптиметра на поверяемом участке шкалы вычисляют по формуле

$$\Delta_i = \frac{\sum r_i - \Delta L}{3},$$

где $\Delta L = (L_n - L_1) \cdot 1000$ - действительные значения длины (из свидетельства о поверке) первой и последней мер ряда, по которым поверен участок шкалы, мм;

$\sum r_i$ - алгебраическая сумма разностей длин второй и первой мер трех пар (по показаниям оптиметра), мкм.

Погрешность оптиметра не должна превышать $\pm 0,2$ мкм и $\pm 0,3$ мкм на участке шкалы соответственно от 0 до +0,06 мм и свыше +0,06 мм.

Пример оформления протокола поверки оптиметров.

Поверяемый интервал, мкм	Номинальная длина концевых мер длины L, мм	Показания прибора r_i , мкм	Допуск	$\Delta_i = \frac{\sum r_i - \Delta L}{3}$, мкм
0 + 60	1,0-1,06		$\pm 0,2$ мкм	
	1,06-1,12			
	1,12-1,18			
$\Delta L = (L_n - L_1) \cdot 1000$		$\sum r_i =$		
0 - 60	1,18-1,12		$\pm 0,2$ мкм	
	1,12-1,06			
	1,06-1,00			
$\Delta L = (L_n - L_1) \cdot 1000$		$\sum r_i =$		
0 + 100	1,0-1,1		$\pm 0,3$ мкм	
	1,1-1,2			
	1,2-1,3			
$\Delta L = (L_n - L_1) \cdot 1000$		$\sum r_i =$		
0 - 100	1,3-1,2		$\pm 0,3$ мкм	
	1,2-1,1			
	1,1-1,0			
$\Delta L = (L_n - L_1) \cdot 1000$		$\sum r_i =$		

1.5.2 Поверка интерферометров

Интерферометры предназначены для линейных измерений (поверки концевых мер длины 3 и 4 разрядов, высокоточных измерений) методом сравнения с концевыми мерами длины 2 и 3 разрядов.

Интерферометры выпускались двух типов: ИКПВ и ИКПГ.

В настоящее время данный тип приборов снят с производства, поэтому все технические требования указаны в РД МИ 50-28-93 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Интерферометры контактные с ценой деления 0,05 – 0,2 мкм. Методика поверки».

Методика поверки устанавливает процедуру первичной и периодической проверок интерферометров.

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:

- 1) Внешний осмотр.
- 2) Опробование.

- 3) Проверка измерительных наконечников.
- 4) Определение измерительного усилия и пределов регулирования измерительного усилия.
- 5) Определение изменения показаний прибора при нажатии на измерительный стержень трубки в направлении перпендикулярном к его оси.
- 6) Определение изменения показаний прибора при закреплении стола ИКПВ, стержня пиноли ИКПГ зажимными винтами
- 7) Определение отклонения от плоскостности рабочих поверхностей столов.
- 8) Определение превышения сферической вставки ребристого стола и среднего ребра дополнительного ребристого стола над их рабочей поверхностью.
- 9) Определение разности высот расположения ребристого стола над рабочей поверхностью вспомогательного ребристого стола.
- 10) Определение цены деления интерферометра.
- 11) Определение размаха показаний.
- 12) Определение погрешности прибора.

При выполнении операций должны применяться следующие средства поверки:

- нижняя плоская стеклянная пластина диаметром 120 мм класса точности 2;
- нижняя плоская стеклянная пластина диаметром 60 мм класса точности 2;
- граммометр, диапазон измерений (0,1-3,0) Н, $\Delta = \pm 0,1$ Н;
- меры длины концевые плоскопараллельные 2 разряда;
- мера длины концевая плоскопараллельная с пазом класса точности 0 или 1;
- набор щупов № 2, класс точности 2;
- образец просвета 0, 01 мм;
- линейка лекальная ЛД-60-2;
- набор гирь Г-2-210.

Интерферометр перед поверкой должны быть выдержан при нормальных значениях температуры и относительной влажности окружающего воздуха не менее времени, указанного в ТНПА на поверяемый прибор.

При проведении поверки должны быть соблюдены внешние условия в соответствии с ТНПА на поверяемый прибор. Измерительные наконечники и концевые меры должны быть промыты бензином, вытерты чистой тканью и выдержаны не менее 4 ч на рабочем месте.

Основные положения процедуры проведения поверки включают:

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующему требованию - на наружных поверхностях прибора не должно быть коррозии и механических повреждений, влияющих на эксплуатационные свойства.

Опробование.

При опробовании должно быть установлено соответствие поверяемого прибора следующим требованиям:

- перемещение подвижных частей прибора должно быть плавным без люфтов и заеданий;
- стопорные винты должны надежно крепить подвижные элементы;
- изображение штрихов и цифр должно быть чистым и четким, равномерно освещено по всему диапазону, блики не допускаются;
- черная полоса интерференции должна быть единственной, контрастной, прямолинейной и параллельной штрихам шкалы;
- в исходном положении измерительного стержня она должна быть вне поля зрения. Но при этом цветные полосы интерференции должны быть видны в левой части шкалы.

Проверка измерительных наконечников.

Отклонение от плоскостности плоских измерительных наконечников проверяют нижней плоской стеклянной пластиной интерференционным методом. Стеклянную пластину накладывают на измерительный наконечник и определяют отклонение от плоскостности. Отклонение от плоскостности не должно превышать 1 интерференционную полосу, так же не допускаются забоины. Допускаются завалы на расстоянии 0,5 мм от края наконечника. На сферических наконечниках не допускается наличие черного пятна по центру измерительной зоны наконечника.

Определение измерительного усилия и пределов регулирования измерительного усилия.

Измерительное усилие и пределы регулирования измерительного усилия определяют при помощи гирь и приспособления, для определения измерительного усилия, поставляемого в комплекте.

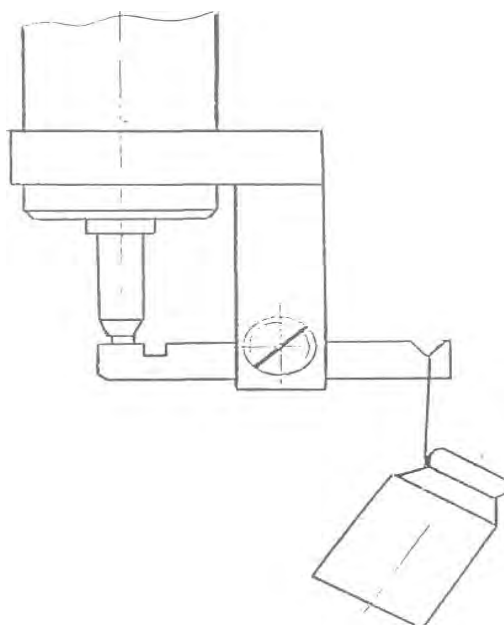


Рисунок 1.4

Приспособление укрепляют на трубке прибора (рисунок 1.4). Гири необходимого веса подвешивают к рычагу приспособления и уравнивают их усилием измерительного стержня до получения показания, близкого к нулю по шкале прибора.

Измерительное усилие, устанавливаемое при выпуске из производства, должно быть $(1,5 \pm 0,1)$ Н для интерферометра типа ИКПБ; $(2,0 \pm 0,1)$ Н для интерферометра типа ИКПГ. Пределы регулирования измерительного усилия: $(0,75 - 2,73)$ Н для ИКПВ; $(0,1 - 2,1)$ Н для ИКПГ.

Погрешность установки измерительного усилия на требуемую величину не должна превышать $\pm 0,1$ Н.

Определение изменения показаний прибора при нажатии на измерительный стержень трубки в направлении перпендикулярном к его оси.

Изменение показаний прибора при нажатии на измерительный стержень в направлении, перпендикулярном к его оси, определяют граммометром. При этом прибор должен быть установлен по концевой мере длины размером 0,5 мм на нулевой отсчет. Затем нажимают наконечником граммометра последовательно в двух взаимно перпендикулярных направлениях на измерительный стержень с усилием 2 Н и наблюдают изменение показаний прибора.

Изменение показаний не должно превышать 0,02 мкм.

Определение изменения показаний прибора при закреплении стола ИКПВ, стержня пиноли ИКПГ зажимными винтами.

Изменение показаний прибора при закреплении стола ИКПВ или измерительного стержня пиноли ИКПГ стопорными винтами определяют при помощи концевой меры длины размером 0,5 мм.

Прибор устанавливают по мере на нулевой отсчет и наблюдают положение указателя при введении в действие стопорного винта.

Изменение показаний не должно превышать 0,2 мкм у приборов, выпускаемых из производства и 0,3 мкм у приборов, выпускаемых из ремонта и находящихся в эксплуатации.

Определение отклонения от плоскостности рабочих поверхностей столов.

Стеклянную пластину накладывают на рабочую поверхность стола так, чтобы появилась интерференционная картина, и притирают ее к столу.

Для основного стола допускается не более двух интерференционных колец (0,6 мкм), которые должны расходиться при нажатии на пластину, т.е. допускается только выпуклость.

Отклонение от плоскостности рабочей поверхности ребристого стола со вставкой не должно превышать 0,2 мкм. Допускаются оттенки в виде светлых пятен.

Отклонение от плоскостности рабочей поверхности дополнительного ребристого стола не должно превышать 0,06 мкм. Оттенки не допускаются.

Определение превышения сферической вставки ребристого стола и среднего ребра дополнительного ребристого стола над их рабочей поверхностью.

Превышения сферической вставки ребристого стола и среднего ребра дополнительного ребристого стола над их рабочей поверхностью определяют, при помощи меры с пазом, как разность показаний прибора при положении меры 1 и 2 (рисунок 1.5)

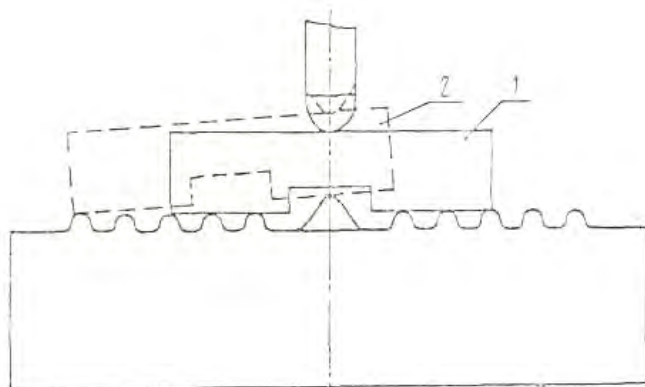


Рисунок 1.5.

Превышения сферической вставки ребристого стола над его рабочей поверхностью не должно превышать 2 - 3 мкм.

Превышения среднего ребра ребристого стола над его рабочей поверхностью не должно превышать 0,4 - 0,6 мкм.

Определение разности высот расположения ребристого стола над рабочей поверхностью вспомогательного ребристого стола.

Разность высот расположения ребристых столов над рабочей поверхностью вспомогательного ребристого стола определяют при помощи лекальной линейки и щупа. Для определения нижней границы высоты расположения, лекальную линейку накладывают на ребристый стол. Величину просвета оценивают визуально путем сравнения ее с образцом просвета равным 0,01 мм. Просвет между линейкой и вспомогательным ребристым столом должен быть равен или больше размера образца просвета.

Верхнюю границу высоты расположения ребристых столов определяют при помощи щупа 0,05 мм. Щуп не должен проходить между лекальной линейкой и вспомогательным столом. Рабочие поверхности ребристых столов должны выступать над рабочей поверхностью вспомогательного стола на 0,01 - 0,05 мм.

Определение цены деления интерферометра.

Определение цены деления шкалы контактного интерферометра производится путем совмещения произвольно выбранного количества интерференционных полос (интервалов) в монохроматическом сеете с соответствующим количеством делений шкалы n , которое определяется по формуле

$$n = 0,5\lambda \frac{k}{c},$$

где λ - длина волны, пропускаемая светофильтром, мкм (указана на оправе светофильтра);

k - количество интерференционных полос;

c - цена деления шкалы, мкм.

При этом дополнительные штрихи шкалы, разделяющие деления пополам, во внимание не принимаются.

Рекомендуемые значения количества интерференционных полос k указаны в таблице.

Цена деления шкалы интерферометра, мкм	0,05	0,1	0,2
k	10	20	40

Если $k = 10; 20; 40$, то $n = 100 \cdot \lambda$.

Например: $\lambda = 0,555$ мкм, тогда количество делений $n = 55,5$.

Погрешность совмещения интервала k полос с количеством делений шкалы n не должна превышать 0,01 мкм. В противном случае необходимо произ-

вести градуировку шкалы по методике, изложенной в технической документации на прибор.

Определение размаха показаний.

Размах показаний ИКПВ определяют, как наибольшую разность показаний прибора при десятикратном арретировании сферического наконечника по плоскопараллельной концевой мере длины размером 2 мм. При этом на приборе должен быть установлен ребристый стол со сферической вставкой и сферический наконечник.

Размах показаний не должен превышать 0,02 мкм.

Размах, показаний ИКПГ определяют с помощью концевых мер длины размером 2 и 10 мм.

Меру размером 2 мм помещают между наконечниками прибора и покачивают вручную.

Меру размером 10 мм закрепляют на столе прибора и устанавливают между наконечниками путем перемещения частей стола.

Для каждого из этих случаев находят наибольшую разность между отсчетами при повторных (не менее десяти раз) установках меры в положение для измерения срединной длины концевой меры.

Размах показаний не должен превышать 0,02 мкм при измерениях без применения стола и 0,05 мкм при измерениях с применением стола.

Определение погрешности прибора.

При определении погрешности прибора на интерферометре типа ИКПВ должен быть установлен ребристый стол со сферической вставкой и сферический наконечник; на интерферометре типа ИКПГ должны быть установлены сферические наконечники.

Погрешность интерферометров, выпускаемых из производства, определяют с ценой деления шкалы, указанной в таблице.

Погрешность интерферометров, находящихся в эксплуатации, допускается определять с ценой деления, с которой они эксплуатируются.

Погрешность, интерферометров определяют парным методом по плоскопараллельным концевым мерам длины. Пары составляют так, чтобы разность длин мер в каждой паре равнялась поверяемому диапазону. При этом вторая пара первой пары являлась первой мерой второй пары и т.д.

Поверяемый прибор по первой мере пары устанавливают на нулевое показание и после арретирования наконечника отсчитывают показание r_1 . Затем заменяют первую меру второй мерой пары - отсчитывают показание r_2 .

Погрешность интерферометра на поверяемом участке шкалы вычисляют по формуле:

$$\Delta_i = \frac{\sum r_i - \Delta L}{8},$$

где $\Delta L = (L_n - L_1) \cdot 1000$ - действительные значения длины (из свидетельства о поверке) первой и последней мер ряда, по которым поверен участок шкалы, мм;

Σr_i - алгебраическая сумма разностей длин второй и первой мер восьми пар (по показаниям интерферометра), мкм.

Погрешность интерферометра не должна превышать значений, указанных в таблице.

Цена деления интерферометра, мкм	Число делений шкалы от нулевого штриха	Измеряемая величина, мкм	Предел допускаемой погрешности, мкм
0,05	± 20	1	$\pm 0,035$
0,1	± 20	2	$\pm 0,041$
0,2	± 50	10	$\pm 0,084$

Пример оформления протокола поверки интерферометра парным методом по концевым мерам длины.

Поверяемый диапазон измерений, мкм	Номинальная длина концевых мер длины L , мм	Отсчет при установке 1-й меры, мкм	Отсчет при установке 2-й меры		Разность отсчетов r_i мкм	Погрешность интерферометра, мкм $\Delta_I = \frac{\Sigma r_i - (L_n - L_1) \cdot 1000}{n-1}$
			дел.	мкм		
Поверка положительной части шкалы						
0+20	0,991-0,993					
	0,993-0,995					
	0,995-0,997					
	0,997-0,999					
	0,999-1,001					
	1,001-1,003					
	1,003-1,005					
	1,005-1,007					
Σr_i						
0-20	1,007-1,005					
	1,005-1,003					
	1,003-1,001					
	1,001-0,999					
	0,999-0,997					
	0,997-0,995					
	0,995-0,993					
	0,993-0,991					
Σr_i						

1.5.3 Поверка инструментальных измерительных микроскопов

Инструментальные измерительные микроскопы принадлежат к числу наиболее распространенных оптико-механических приборов. Предназначены для измерений линейных и угловых размеров в прямоугольных координатах. В основу принципа работы положен оптический визирный метод.

Типы, основные параметры и размеры инструментальных микроскопов, а также технические требования к ним регламентированы ГОСТ8074-82.

В соответствии с ГОСТ 8074-82 изготавливают следующие типы микроскопов:

- оптические малый инструментальный микроскоп ММИ и большой инструментальный микроскоп БМИ;

- оптические цифровые инструментальные микроскопы БМИ-1Ц, ИМЦ, ИМЦЛ.

Диапазон измерений микроскопов ММИ до 75 мм; БМИ-1Ц, ИМЦ, ИМЦЛ до 160 мм.

Диапазон измерений микрометрических винтов и фотоэлектрических преобразователей до 25 мм.

Погрешность микровинтов и фотоэлектрических преобразователей $\pm 0,003$ мм.

Дискретность отсчета цифровых микроскопов 0,001 мм.

Диапазон измерений углов от 0° до 360° .

Поверка инструментальных микроскопов проводится по ГОСТ 8.003-2010.

При проведении поверки следует соблюдать нормальные условия по ГОСТ 8.050-73. Перед поверкой необходимо проверить заземление микроскопа.

Основные операции поверки.

Внешний осмотр.

Опробование.

Определение метрологических характеристик:

1) координатного стола:

а) определение отклонения от параллельности поверхности плиты координатного стола и поверхности предметного стекла относительно плоскости движения координатного стола в продольном и поперечном направлениях;

б) определение отклонения от прямолинейности движения координатного стола в продольном и поперечном направлениях;

в) определение отклонения от перпендикулярности направлений продольного и поперечного перемещения координатного стола;

2) колонки:

а) определение отклонения от прямолинейности движения тубуса микроскопа и отклонения от перпендикулярности его перемещения относительно поверхности предметного стекла;

б) определение смещения точки наводки при наклоне колонки на угол $\pm 12,5^\circ$;

3) окулярной угломерной головки:

а) определение совпадения плоскостей изображения штрихов градусной и минутной шкал окулярной угломерной головки;

б) определение совпадения центра перекрестия штриховой сетки окулярной угломерной головки с осью вращения лимба;

в) определение отклонения от параллельности горизонтальной линии перекрестия штриховой сетки окулярной угломерной головки продольному перемещению координатного стола;

4) центров:

а) определение соосности внутренних и наружных центров в горизонтальной плоскости;

б) определение износа центров;

5) определение погрешности микроскопа:

а) при измерении линейных размеров и вариации показаний отсчетных устройств;

б) при измерении плоских углов.

Применяемые средства поверки.

При проведении поверки применяются следующие средства измерений: индикатор многооборотный типа 1 МИГ, мера длины концевая размером 10 мм класса точности 2, меры угловые призматические номинальными значениями 60° или 90° класса точности 1, контрольный валик с лезвием, угольник поворотный УП-0-100 класса точности 0, меры угловые призматические 3 разряда, эталонная шкала с перекрестием 3 разряда, комплект приспособлений.

Проведение поверки.

При внешнем осмотре и опробовании должно быть установлено соответствие микроскопа требованиям ГОСТ 8074-82.

Определение метрологических характеристик.

Погрешность микроскопа при измерении линейных размеров и вариации показаний отсчетных устройств определяют в последовательности изложенной ниже.

Координатный стол устанавливают в крайнее нулевое положение. На предметном стекле устанавливают параллельно продольному перемещению эталонную шкалу с перекрестием. Фокусируют визирную систему на штрихи шкалы. Перемещая стол, совмещают изображение нулевого штриха шкалы с центральной штриховой линией сетки угломерной головки при ее нулевом положении и снимают отсчет при помощи отсчетного устройства. Затем при помощи микровинта перемещают координатный стол до точного совмещения центральной линией сетки с изображением следующего штриха и снова снимают отсчет.

Центральную штриховую линию сетки необходимо совмещать с изображением штрихов шкалы с одной стороны для исключения вариации показаний отсчетных устройств.

Разность между измеренным значением длины и действительным значением интервала шкалы из свидетельства не должна превышать $\pm 0,003$ мкм.

При определении вариации показаний отсчетных устройств измерения необходимо выполнять через 10 мм при обратном ходе. Вариация показаний равна разности между соответствующими показаниями при прямом и обратном ходе.

Вариация показаний не должна превышать 0,002 мм.

Результаты измерений заносят в протокол в форме, приведенной ниже.

Номинальная длина поверяемых интервалов, мм	0	0-5	0-10	0-15	0-20	0-25
Результаты измерений, прямой ход, мкм						
Результаты измерений, обратный ход, мкм						
Вариация, мкм						
Отклонения эталонной шкалы, мкм						
Погрешность, мкм						
Допускаемое значение, мкм	± 3					

Погрешность микроскопа при измерении плоских углов определяют с помощью угловых мер. Угловую меру устанавливают на координатном столе. Фокусируют визирную систему на резкое изображение граней меры. Выставляют одну из граней меры параллельно продольному перемещению координатного стола. Совмещают центральную штриховую линию сетки угломерной головки при ее нулевом положении с изображением грани меры и снимают отсчет по лимбу. Затем поворотом сетки совмещают центральную штриховую линию сетки угломерной головки с изображением второй грани меры и снова снимают отсчет по лимбу. Разность отсчетов по лимбу угломерной головки не должна превышать действительного значения угла меры из свидетельства на допускаемое значение, указанное в ГОСТ 8074-82.

1.5.4 Поверка универсальных измерительных микроскопов

Универсальные измерительные микроскопы выпускались трех типов УИМ-200 (УИМ-21); УИМ-200Э (УИМ-23); УИМ-500Э (УИМ-29).

Диапазон измерений для моделей УИМ-21 и УИМ-23 в продольном направлении до 200 мм в поперечном направлении до 100 мм.

Диапазон измерений для моделей УИМ-29 в продольном направлении до 500 мм в поперечном направлении до 200 мм.

Диапазон измерений углов от 0° до 360°.

Модели УИМ-23 и УИМ-29 отличаются от модели УИМ-21 более совершенной конструкцией. Взамен отсчетных устройств с окулярными спиральными микрометрами применены оптические микрометры, которые обеспечивают более высокую точность отсчета по линейным стеклянным шкалам, установленным на каретках продольного и поперечного перемещения. Измерения углов осуществляется с помощью угломерной головки по стеклянной градусной круговой шкале.

Конструкция микроскопа УИМ-29 отличается от конструкции УИМ-23 массивностью, вследствие чего можно измерять изделия массой до 100 кг. При измерении изделие неподвижно, а перемещается визирная система относительно изделия в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Поверка универсальных измерительных микроскопов проводится по МИ 236-81 «Микроскопы измерительные универсальные УИМ-21, УИМ-23, УИМ-29. Методы и средства поверки». Поскольку данные модели микроскопов в настоящее время сняты с производства, все требования к метрологическим характеристикам указаны в МИ 236-81.

При проведении поверки следует соблюдать условия поверки: температура окружающей среды (20 ± 1) °С, относительная влажность воздуха не более 75 %.

Основные операции поверки:

Внешний осмотр.

Опробование.

Определение метрологических характеристик:

1) кареток продольного и поперечного перемещения:

а) определение отклонения от прямолинейности и параллельности направлений движения кареток;

б) определение отклонения от перпендикулярности направлений движения кареток;

2) колонки визирной системы:

а) определение отклонения от перпендикулярности колонки визирной системы;

б) определение смещения при наклоне колонки на угол $\pm 12,5^{\circ}$;

3) визирной системы:

а) определение отклонения от параллельности горизонтальной линии штриховой сетки угломерной головки визирной системы направлению движения каретки продольного перемещения;

б) определение несовпадения точки пересечения штриховых линий сетки угломерной головки с осью ее вращения;

4) угломерной головки;

5) отсчетных устройств для измерения перемещений кареток;

б) центровых бабок со скалками:

а) определение радиального биения скалок;

б) определение отклонения от параллельности линии центров направлению движения каретки продольного перемещения;

в) определение износа центров;

7) предметного стола:

а) определение отклонения от параллельности поверхности стеклянной пластины предметного стола направлению движения кареток;

8) определение погрешности микроскопа:

а) при измерении длины проекционным методом;

б) при измерении плоских углов проекционным методом.

Применяемые средства поверки.

При проведении поверки применяются следующие средства измерений: микатор типа 05-ИПМ, мера длины концевая размером 10 мм класса точности 2, меры угловые призматические номинальными значениями 45° и 100° класса

точности 1, контрольный брусок длиной 200 мм, контрольные цилиндрические валики длиной 20, 200 мм, контрольный валик с лезвием, угольник поверочный УП-0-160 класса точности 0, меры угловые призматические 3 разряда, эталонная шкала с перекрестием 3 разряда, эталонная шкала 2 разряда 0 - 200 мм, комплект приспособлений.

Проведение поверки.

Опробование.

Движения кареток при откреплении стопорных винтов должно быть плавным. Тормозные приспособления должны обеспечивать надежную фиксацию кареток в любом положении.

Микрометрические винты должны обеспечивать плавное без ощутимого люфта и равномерное перемещение кареток.

При перемещении кареток в крайние положения удар о резиновые амортизаторы должен быть мягким, без резкого толчка.

Колонка микроскопа должна наклоняться в обе стороны от вертикального (нулевого) положения без скачков и заеданий и надежно стопориться в любом положении.

Нити ламп осветителей визирной, угломерной, и отсчетных систем не должны быть видны в поле зрения.

Определение метрологических характеристик.

Погрешность микроскопа при измерении длины определяют вдоль оси X и Y с бинокулярной насадкой при увеличении $30\times$ и диаметре осветительной диафрагмы 13 - 14 мм. Эталонную шкалу 2 разряда устанавливают приблизительно параллельно направлению движения каретки продольного перемещения (X), так, чтобы направления возрастания отсчетов эталонной шкалы и шкалы микроскопа, а также их нулевые деления совпадали. Фокусируют визирную систему на штрихи шкалы. Винтами перемещения предметного стола выставляют эталонную шкалу так, чтобы ее продольная ось была параллельна направлению движения каретки продольного перемещения. Измеряют длину следующих интервалов шкалы: 0-50; 0-100; 0-150; 0-200 мм. При измерении каждого участка последовательно совмещают одну и ту же штриховую линию сетки угломерной головки с изображением нулевого и крайнего деления измеряемого участка, снимая отсчеты по шкале каретки продольного перемещения или по табло X. Разность между полученными показаниями определяет длину L_u участка. Длину одного и того же участка измеряют не менее трех раз и вычисляют среднее арифметическое значение. Погрешность Δ_X вычисляют по формуле:

$$\Delta_X = L_u - L_d,$$

где L_d - действительная длина измеряемого участка эталонной шкалы из свидетельства о поверке, мм.

Для определения погрешности вдоль оси Y эталонную шкалу 2 разряда устанавливают параллельно направлению движения каретки поперечного пе-

ремещения. Погрешность определяют на интервалах 0 - 20; 0 - 50; 0-70; 0-100 мм. Погрешность Δ_y вычисляют по формуле:

$$\Delta_y = L_u - L_0$$

Погрешность микроскопа при измерении углов определяют по угловым мерам номинальными значениями 45° и 100° . Угловую меру располагают на поверхности предметного стола так, чтобы при измерении угла одной меры можно было использовать две смежные четверти угловой шкалы. Отсчет по шкале угломерной головки должен быть равен 0° ; 90° ; 180° ; 270° . Меру выставляют так, чтобы одна из ее сторон была параллельна линии перемещения каретки продольного перемещения. Разворачивают сетку угломерной головки параллельно другой стороне меры и снимают отсчет по угловой шкале.

Аналогичные операции выполняют для угловой меры 100° .

Погрешность микроскопа при измерении плоских углов вычисляют по формуле:

$$\Delta\gamma = \gamma_u - \gamma_0$$

где γ_u – измеренное значение угла меры;

γ_0 – действительное значение угла меры из свидетельства.

Погрешность микроскопа не должна превышать значений, установленных в МИ 236-81.

1.5.5 Поверка двухкоординатных измерительных приборов ДИП

Двухкоординатный измерительный прибор ДИП предназначен для измерений линейных и угловых размеров различных изделий в прямоугольных и полярных координатах. Прибор выполнен на базе универсального измерительного микроскопа УИМ-23. Основное отличие от базовой модели – применение растровых преобразователей вместо стеклянных шкал. Вычислительное устройство, используемое в его составе, обеспечивает автоматическую обработку результатов измерений и вычисления требуемых размеров с выдачей протокола измерений. В основу работы прибора положен координатный метод, заключающийся в определении с помощью оптического визирного метода координат точек, принадлежащих контролируемому элементу объекта измерения. При работе на приборе не требуется предварительной установки деталей с привязкой к координатным осям. Начало отсчета может быть выбрано в любой точке диапазона измерений.

Поверка двухкоординатных измерительных приборов ДИП проводится по МИ 263-82. Операции и средства поверки аналогичны универсальным измерительным микроскопам.

1.5.6 Поверка трехкоординатных измерительных приборов КИМ

Машины координатные измерительные (КИМ) предназначены для высокоточных измерений геометрических размеров и формы деталей.

Классифицируются:

- по степени автоматизации:

- а) ручные,
- б) полуавтоматические,
- в) автоматические;

- по конструкции:

- а) порталные,
- б) консольные.

Работа координатных измерительных машин основана на координатных измерениях, то есть на поочередном измерении координат определенных точек поверхности детали и последующих расчетах линейных и угловых размеров, отклонений формы и расположения поверхности. Координатные измерения реализуются комплексом аппаратных и программных средств.

Конструкцию машин можно условно разделить на *базовую часть*, содержащую основание, узлы координатных перемещений, приводы, измерительные преобразователи и измерительную (щуповую) головку, предназначенную вместе с комплектом щупов для непосредственного измерения координат точек, и *управляющий вычислительный комплекс*, на основе ПЭВМ, предназначенный для управления процессом измерения, обработки и представления данных измерений в форме протокола.

В качестве измерительных систем наиболее часто применяются фотоэлектрические измерительные системы с растровыми измерительными линейками. Минимальное значение погрешности измерительных систем данного типа растра составляет 1-2 мкм. Дискретность отсчета, зависящая от шага растра и числа интерполяции, достигает 0,1 мкм.

Щуповые измерительные головки подразделяются:

- на измеряющие координаты отдельных точек;
- на пассивные сканирующие;
- на активные сканирующие.

Сканирующие измерительные головки позволяют проводить измерения с максимальной скоростью при высоком качестве результатов измерений.

Для измерений параметров зубчатых колес машины комплектуются поворотными столами (четвертой осью) и лицензионным программным обеспечением для измерений зубчатых колес.

Поверка координатных измерительных машин проводится по методикам поверки, разрабатываемым после проведения государственных испытаний, утверждения типа и внесения в Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь.

Методики поверки координатных измерительных машин разрабатываются на основе рекомендаций международных стандартов ИСО.

Операции поверки.

Основные операции поверки можно рассмотреть на примере методики поверки машины координатной измерительной типа WENZEL LH:

Внешний осмотр.

Опробование.

Определение метрологических характеристик:

- 1) определение погрешности касания R ;
- 2) определение погрешности касания при сканировании ТНР;
- 3) определение погрешности при измерении длины вдоль координатных осей X , Y , Z в любой зоне объема измерения;
- 4) определение погрешности при измерении длины в пространстве под разными углами к координатным осям;
- 5) определение погрешности при измерении внутренних размеров;
- 6) определение погрешности при измерении формы Δ_{RONt} .

При проведении поверки следует соблюдать условия поверки: температура окружающей среды (20 ± 2) °С, относительная влажность воздуха от 40 % до 70 %.

Применяемые средства поверки.

При проведении поверки применяются следующие средства измерений: эталонная сфера диаметром от 10 до 50 мм, отклонение от круглости $\leq 0,05$ мкм; эталонная сфера диаметром 25 мм, отклонение от круглости $\leq 0,05$ мкм; меры длины концевые плоскопараллельные 3 разряда, наборы №1, №8, №9 ГОСТ 9038-90, кольцо эталонное диаметром 50 мм 3 разряда; термометр контактный цифровой с дискретностью отсчета 0,1 °С; комплект приспособлений.

Проведение поверки.

Внешний осмотр.

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие КИМ следующим требованиям:

- наружные поверхности КИМ не должны иметь дефектов, влияющих на ее эксплуатационные характеристики и ухудшающие ее внешний вид;
- на рабочих поверхностях направляющих и стола не должно быть забоин и других дефектов, влияющих на плавность перемещений подвижных узлов КИМ;
- наконечники измерительной головки не должны иметь царапин, сколов и видимых следов износа;
- маркировка и комплектность КИМ должны соответствовать требованиям технической документации.

Опробование.

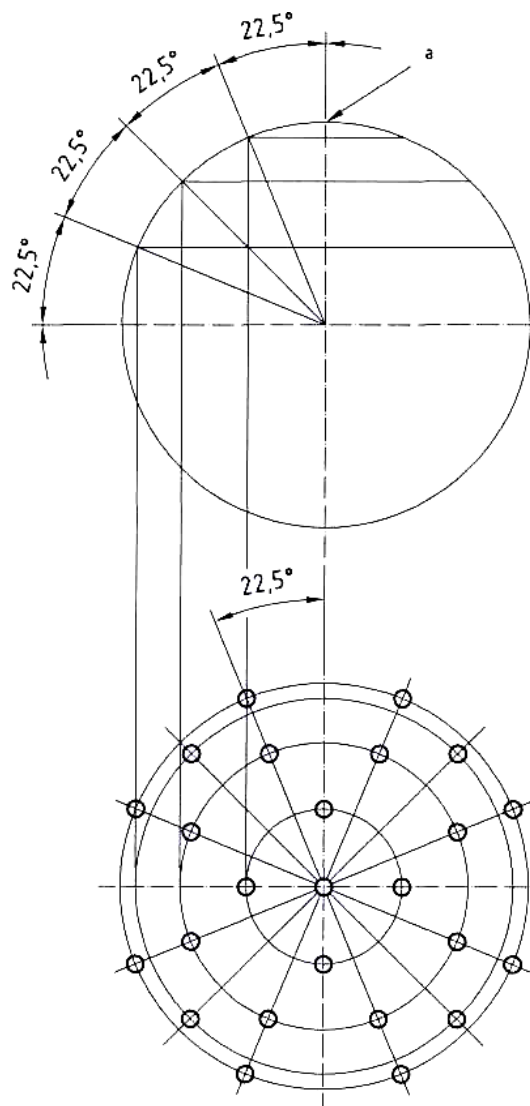
При опробовании проверяют взаимодействие частей КИМ перемещением подвижных узлов на полные диапазоны. Перемещение должно быть плавным, без рывков, скачков и заеданий. Диапазоны измерений КИМ должны быть не менее указанных в эксплуатационной документации.

Проводят однократное измерение типовой детали с использованием всех функциональных возможностей узлов и программного обеспечения КИМ. Все системы должны работать без сбоев.

Определение метрологических характеристик.

Определение погрешности касания R .

Эталонную сферу жестко закрепляют на столе машины. Выбирают конфигурацию щуповой системы. Рекомендуется, чтобы щуп не был ориентирован параллельно ни одной из осей машины. Ориентация сферы выбирается произвольно. Устанавливают и калибруют референтный щуп $L = 60$ мм, $d = 8$ мм в соответствии с эксплуатационной документацией КИМ. Снимают и записывают массив из 25 точек, равномерно расположенных на сфере. Рекомендуемая модель ощупывания приведена на рисунке 1.6 и включает:



a – положение первой точки на вершине сферы
Рисунок 1.6

- одну точку на вершине сферы;
- четыре точки (равномерно расположенных) на $22,5^\circ$ ниже вершины;
- восемь точек (равномерно расположенных) на 45° ниже вершины и повернутых на $22,5^\circ$ относительно предыдущей группы;
- четыре точки (равномерно расположенных) на $67,5^\circ$ ниже вершины и повернутых на $22,5^\circ$ относительно предыдущей группы;

- восемь точек (равномерно расположенных) на 90° ниже вершины, т.е. на диаметре и повернутых относительно предыдущей группы на $22,5^\circ$.

Используя результаты 25 измерений, вычисляют по методу наименьших квадратов центр сферы.

Для каждого из 25 измерений вычисляют радиус сферы r .

Погрешность касания P вычисляют по формуле

$$P = r_{max} - r_{min},$$

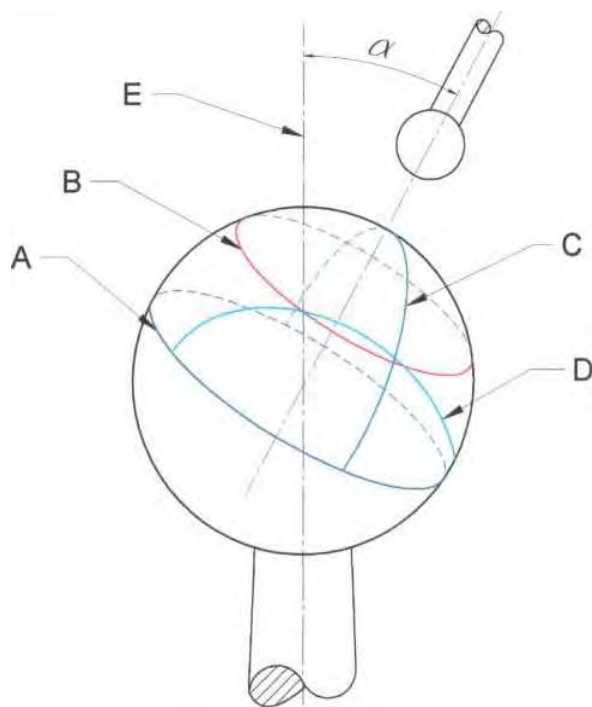
где r_{max} - максимальный радиус сферы;

r_{min} - минимальный радиус сферы.

Погрешность касания P не должна превышать значения MPE_p , установленного в эксплуатационной документации КИМ определенного исполнения.

Определение погрешности касания при сканировании ТНР

Погрешность касания при сканировании определяют для КИМ, имеющих сканирующие щуповые измерительные системы. Эталонную сферу диаметром 25 мм жестко закрепляют на столе машины. Положение щупа показано на рисунке 1.7. Сфера сканируется по четырем траекториям А, В, С, D (рисунок 1.7). Измеренные значения не должны превышать значения $MPE_{ТНР}$, установленного в эксплуатационной документации КИМ определенного исполнения.



E - иллюстрация положения координатной оси *Z*; α – угол, определяющий положение щупа по отношению к координатной оси *Z*

Рисунок 1.7

Определение погрешности при измерении длины вдоль координатных осей X, Y, Z в любой зоне объема измерения.

Для определения погрешности при измерении длины вдоль координатных осей применяют концевые меры длины из следующего ряда: 25 или 30; 50; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 700; 800; 900; 1000 мм.

Выбирают 5 мер из ряда.

Применение мер номинальным размером 25 или 30 мм является обязательным, так как минимальный измеряемый размер должен быть не более 30 мм. Максимальный размер меры зависит от диапазона измерения машины. Между минимальным и максимальным размером мер выбирают три промежуточных, исходя из следующих рекомендаций:

- # 1 25 или 30 мм;
- # 2 20 % диапазона измерения по оси Z;
- # 3 40 % диапазона измерения по оси Z;
- # 4 60 % диапазона измерения по оси Z;
- # 5 80 % диапазона измерения по оси Z;
- # 6 80 % диапазона измерения по оси Y;
- # 7 90 % диапазона измерения по оси X.

Для КИМ с пространственными диагоналями до 1 м концевые меры устанавливают в центре объема измерения, а их размер выбирают, исходя из рекомендаций # 1-2-3-4-7.

Меры устанавливают в приспособлении и ориентируют последовательно в направлении и параллельно координатным осям X, Y, Z.

В измерительную головку устанавливают щуп $L=90$ мм, $D=3$ мм так, чтобы стержень щупа был параллелен измерительным плоскостям мер, и калибруют в соответствии с эксплуатационной документацией КИМ.

Определяют температуру мер и линеек с помощью контактного термометра или, если КИМ имеют встроенную систему для измерения температуры, температура мер и линеек машины определяется автоматически.

Размер каждой меры измеряют пять раз. Измерение размера меры проводится по двум противоположным точкам, расположенным в центре измерительных плоскостей меры, при этом приближение к точкам производится с противоположных направлений.

Погрешность измерения длины определяют как разность между измеренным и действительным (из свидетельства) значениями срединной длины концевой меры.

Оценивается каждый результат измерений. Если хотя бы один результат измерений превысит допуск, установленный в эксплуатационной документации на КИМ определенного исполнения, данная мера измеряется повторно 10 раз. Все 10 результатов измерений должны быть в допуске.

Погрешность измерения длины вдоль координатных осей не должна превышать значений MPE_E , указанных в эксплуатационной документации КИМ определенного исполнения.

Определение погрешности при измерениях длины в пространстве под разными углами к координатным осям.

Погрешность при измерении длины в пространстве под разными углами к координатным осям определяют по концевым мерам длины. Концевые меры устанавливают в приспособлении и ориентируют последовательно в объеме измерения в направлении четырех пространственных диагоналей.

В измерительную головку устанавливают щуп $L=90$ мм, $D=3$ мм и поворачивают на угол 45° относительно координатных осей X, Y так, чтобы стержень щупа был параллелен измерительным плоскостям мер.

Определяют температуру мер и линеек с помощью контактного термометра или, если КИМ имеют встроенную систему для измерения температуры, температура мер и линеек машины определяется автоматически.

Для КИМ с пространственными диагоналями до 1 м размер концевых мер длины выбирают, исходя из рекомендаций # 1-2-3-4-7.

Размер каждой меры измеряют пять раз. Измерение размера меры проводится по двум противоположным точкам, расположенным в центре измерительных плоскостей меры, при этом приближение к точкам производится с противоположных направлений.

Погрешность при измерении длины определяют как разность между измеренным и действительным (из свидетельства) значениями средней длины концевой меры.

Оценивается каждый результат измерений. Если хотя бы один из результатов измерений превысит допуск, установленный в эксплуатационной документации на КИМ определенного исполнения, данная мера измеряется повторно 10 раз. Все 10 результатов измерений должны быть в допуске.

Погрешность при измерении длины в пространстве не должна превышать значений MPE_E , указанных в эксплуатационной документации КИМ определенного исполнения.

Определение погрешности при измерении внутренних размеров.

Погрешность при измерении внутренних размеров определяют по эталонному кольцу. Кольцо устанавливают и закрепляют на столе КИМ последовательно в трех координатных плоскостях XY, XZ, YZ и произвольно в пространстве.

Измеряют координаты 50 точек, равномерно расположенных по диаметру кольца. Диаметр кольца вычисляется с помощью программы для вычисления диаметра окружности.

Для КИМ, имеющих сканирующие щуповые измерительные системы, измеряют диаметр кольца в режиме сканирования.

Погрешность при измерении внутренних размеров определяется как разность измеренного и действительного диаметров кольца.

Погрешность не должна превышать значений MPE_E , указанных в эксплуатационной документации КИМ определенного исполнения.

Определение погрешности при измерении отклонений формы.

Погрешность при измерении отклонений формы определяют для КИМ, имеющих сканирующие щуповые измерительные системы.

Погрешность машины при измерении отклонений формы определяют по эталонному кольцу номинальным диаметром 50 мм. Кольцо устанавливают и закрепляют на столе машины последовательно в трех координатных плоскостях XY, XZ, YZ.

В измерительную головку устанавливают референтный щуп $L = 40$ мм, $d = 3$ мм и калибруют его в соответствии с эксплуатационной документацией КИМ.

Измеряют отклонение от круглости кольца в режиме сканирования со скоростью $V_{scan} = 5$ мм/с и включением фильтра 50 W/U (50 UPR).

Погрешность машины определяют как разность между измеренным отклонением и действительным (из свидетельства) отклонением от круглости кольца.

Погрешность при измерении отклонения формы Δ_{RONt} не должна превышать значения MPE_{RONt} , указанного в эксплуатационной документации КИМ определенного исполнения.

2 ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ УГЛОВ

2.1 Поверочная схема для средств измерения углов

Поверочная схема для средств измерения углов регламентирована ГОСТ 8.016-81 «Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерения плоского угла».

Во главе поверочной схемы стоит межгосударственный первичный эталон, который предназначен для воспроизведения, хранения и передачи размера единицы плоского угла - градуса при помощи рабочих эталонов 1; 2; 3; и 4 разрядов рабочим средствам измерений.

2.2 Национальный эталон единицы плоского угла-градуса Республики Беларусь

Национальный эталон единицы плоского угла - градуса создан в БелГИМ в 2000 г. и утвержден в качестве национального постановлением Госстандарта № 38 от 24.09.2001 г. Общий вид эталона приведен на рисунке 2.1.

Национальный эталон предназначен для воспроизведения, хранения и передачи единицы плоского угла вторичным эталонам.



Рисунок 2.1

При измерениях плоский угол выражают в угловых градусах. $1/360$ часть угла полной окружности составляет один градус (1°). В основу воспроизведения единицы плоского угла-градуса положен естественный эталон - окружность. В национальном эталоне роль окружности выполняет кольцевой лазер.

Национальный эталон единицы плоского угла-градуса Республики Беларусь представляет комплекс следующих средств измерений:

- гониометр ГС1Л с кольцевым лазером №114;
- комплект многогранных призм № 118 (24 грани), № 018 (8 граней);

- ПЭВМ с математическим обеспечением для управления процессом измерения обработки результатов измерений.

Метрологические характеристики эталона.

Диапазон измерений	от 0° до 360°
Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности воспроизведения единицы плоского угла	0,03"
Неисключенная систематическая составляющая погрешности воспроизведения единицы плоского угла	0,11"

2.3 Поверка угловых мер

Призматические меры плоского угла – это меры плоского угла, имеющие форму прямой призмы с различным числом боковых граней, часть из которых или все они являются измерительными поверхностями, попарно образующими рабочие углы.

Меры предназначены для использования в качестве:

- рабочих мер для регулирования и настройки угломерных приборов и непосредственного измерения углов промышленных изделий;
- образцовых мер для передачи размера единицы плоского угла от первичного эталона рабочим средствам измерения углов.

В соответствии с ГОСТ 2875-88 угловые меры изготавливают наборами или отдельными мерами следующих типов:

- 1 – с одним рабочим углом и срезанной вершиной;
- 2 - с одним рабочим углом и острой вершиной;
- 3 – с четырьмя рабочими углами;
- 4 – правильная многогранная (n -гранная) призма.

Поверка угловых мер проводится в соответствии с МИ 1758-87.

При поверке выполняются следующие операции:

- 1) Внешний осмотр.
- 2) Проверка притираемости измерительных поверхностей мер типов 1,2,3
- 3) Определение отклонений от номинальных значений мер рабочих и эталонных 4 разряда типов 1,2,3.
- 4) Определение отклонений от номинальных значений мер эталонных 3 разряда типов 1,2,3 и мер эталонных 2,3 разряда типа 4.

При проведении поверки должны быть соблюдены условия:

- температура воздуха в помещении – (20 ± 3) °С;
- относительная влажность воздуха – (60 ± 20) %.

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие мер требованиям ГОСТ 2875-88 к комплектности и маркировке.

Проверка притираемости измерительных поверхностей мер типов 1,2,3.

Притираемость угловых мер проверяют плоской стеклянной пластиной класса точности 2, диаметром 80 мм.

Определение отклонений от номинальных значений мер рабочих и эталонных 4 разряда типов 1,2,3.

Отклонения от номинальных значений мер рабочих и эталонных 4 разряда типов 1,2,3 определяют методом сравнения с эталонными мерами 1 класса точности 3 разряда на приборе КПУ-3 (контактный прибор для угловых мер).

Определение отклонений от номинальных значений мер эталонных 3 разряда типов 1,2,3 и мер эталонных 2,3 разряда типа 4.

Отклонения от номинальных значений мер эталонных 3 разряда типов 1,2,3 и мер эталонных 2,3 разряда типа 4 определяют на гониометре ГС-1Л методом прямых измерений.

Отклонения от номинальных значений мер должны соответствовать требованиям ГОСТ 2875-88.

2.4 Поверка угломеров с нониусом

Угломеры применяют для измерения наружных от 0° до 360° и внутренних углов от 40° до 180° изделий контактным методом.

В соответствии с ГОСТ 5378-88 угломеры изготавливаются 4 типов – 1,2,3,4.

Поверка угломеров проводится в соответствии с МИ 2131-90.

При поверке выполняются следующие операции:

- 1) Внешний осмотр.
- 2) Опробование.
- 3) Определение отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей угломера.

- 4) Определение отклонения от параллельности измерительных линейки угломера типа 3 и нониуса угломера типа 4.

- 5) Определение погрешности угломера.

При проведении поверки должны быть соблюдены условия:

- температура воздуха в помещении – $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$.
- относительная влажность воздуха – $(60 \pm 20)\%$.

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие мер требованиям ГОСТ 5378-88 к комплектности и маркировке.

Опробование.

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 $\frac{1}{4}$ оборота.

Определение отклонения от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей угломера.

Отклонение от плоскостности и прямолинейности измерительных поверхностей угломера определяют лекальной линейкой и оценивают по значению просвета между ними.

Определение отклонения от параллельности измерительных линейки угломера типа 3 и нониуса угломера типа 4.

Отклонение от параллельности измерительных линейки угломера типа 3 и нониуса угломера типа 4 определяют рычажным микрометром.

Определение погрешности угломера.

Погрешность угломера определяют при измерении призматических угловых мер. Погрешность угломера равна разности между показанием по угломеру и номинальным значением угловой меры.

Результаты поверки должны соответствовать требованиям ГОСТ 5378-88.

2.5 Поверка угольников поверочных 90°

Поверочные угольники с рабочим углом 90° применяются для измерений и разметки прямых углов, для определения отклонения от перпендикулярности плоскостей или линий у изделий, а также для проверки перпендикулярности относительных перемещений деталей машин. Кроме того, угольники применяют при различного рода монтажных работах.

В соответствии с ГОСТ 3749-77 угольники изготавливаются трех классов точности (0,1,2) следующих типов:

УЛ – лекальные;

УЛП – лекальные плоские;

УЛЦ – лекальные цилиндрические;

УП – слесарные плоские;

УШ – слесарные с широким основанием;

Поверка угольников проводится в соответствии с МИ 1799-87

При поверке выполняются следующие операции:

- 1) Внешний осмотр.
- 2) Контроль размагниченности.
- 3) Определение отклонения от прямолинейности и плоскостности измерительных и опорных поверхностей угольников.
- 4) Определение отклонения от параллельности опорных поверхностей угольников типов УЛП, УП и УШ.
- 5) Определение отклонения от перпендикулярности измерительных поверхностей к опорным поверхностям угольников.

При проведении поверки должны быть соблюдены условия:

- температура воздуха в помещении – (20 ± 4) °С.

- относительная влажность воздуха – (60 ± 20) %.

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие угольников требованиям ГОСТ 3749-77 к комплектности и маркировке.

Контроль размагниченности.

Размагниченность проверяют опробованием. Ненамагниченным считают угольник, который не притягивает предметы из низкоуглеродистой стали массой 0,1-0,05 г.

Определение отклонения от прямолинейности и плоскостности измерительных и опорных поверхностей угольников.

Отклонение от прямолинейности измерительных и опорных поверхностей угольников типа УЛ, УЛП и УЛЦ определяют контрольным бруском методом сравнения зазора, образованного между рабочей поверхностью контрольного бруска и измерительной поверхностью угольника, с «образцом просвета», составленным из плоскопараллельных концевых мер длины, притертых к плоской стеклянной пластине, и лекальной линейки.

Отклонение от прямолинейности и измерительных поверхностей угольников типа УШ высотой 630 мм и более контролируют измерительной головкой методом сличения с поверочной линейкой типа ШМ, установленной на аттестованном сечении поверочной плиты (с учетом поправок на эталонную поверхность).

Определение отклонения от параллельности опорных поверхностей угольников типов УЛП, УП и УШ.

Отклонение от параллельности опорных поверхностей угольников типов УЛП, УП и УШ определяют рычажной скобой.

Определение отклонения от перпендикулярности измерительных поверхностей к опорным поверхностям угольников.

Отклонение от перпендикулярности измерительных поверхностей к опорным поверхностям угольников до 400 мм определяют на приборе для проверки угольников методом сравнения с эталонным угольником.

Отклонение от перпендикулярности измерительных поверхностей к опорным поверхностям угольников свыше 400 мм определяют на специальном приспособлении методом сравнения с эталонным рамным угольником

Отклонение от перпендикулярности внутреннего угла угольников определяют методом сравнения с эталонными угольниками.

Результаты проверки должны соответствовать ГОСТ 3749-77.

3 ПОВЕРКА ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ФОРМЫ И РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В настоящее время все больше внимания уделяется вопросам измерений отклонений формы поверхностей. Это объясняется тем, что от качества изготовления поверхностей существенно зависят эксплуатационные показатели многих изделий металлообрабатывающей промышленности, их надежность и долговечность. Наиболее существенное значение придается измерениям отклонений от прямолинейности в станкостроительной и машиностроительной промышленности.

Количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реальной поверхности (профиля) до прилегающей поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю).

Реальная поверхность – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

В соответствии с ГОСТ 24642-81 в основу нормирования и количественной оценки отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих поверхностей, прямых и профилей.

Прилегающая поверхность: Поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающая прямая: Прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающая плоскость: Плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающая окружность: Окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения, или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения.

Прилегающий цилиндр: Цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности, или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность.

3.1 Отклонение формы цилиндрических поверхностей

Отклонение от цилиндричности: Наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка.

Отклонение от круглости: Наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей окружности.

Частными видами отклонений от круглости являются *овальность и огранка*.

Отклонение профиля продольного сечения: Наибольшее расстояние Δ от точек образующих реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка.

Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются *конусообразность, бочкообразность, и седлообразность*.

Отклонение формы цилиндрических поверхностей наиболее точно может быть измерено на приборах – кругломерах.

3.2 Эталон единицы длины в области измерений параметров отклонений формы и расположения поверхностей вращения Республики Беларусь

Эталон создан и исследован в период с 2011 по 2013 г.г. в БелГИМ. и утвержден в качестве исходного приказом Госстандарта №147 от 06.10.2014. Общий вид эталона приведен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1

Основой исходного эталона единицы длины в области измерений параметров отклонений формы и расположения поверхностей вращения является кругломер Talyrond 565 фирмы «Taylor Hobson®» (Англия) с индуктивным дат-

чиком Talymin 5 и программным обеспечением Ultra Roundness Software. В состав эталона также входят:

- эталонная мера круглости диаметром 50 мм;
- эталонная стеклянная пластина диаметром 250 мм;
- эталонный цилиндр высотой 500 мм.

Метрологические характеристики эталона.

Эталон обеспечивает хранение и передачу размера единицы величины со следующими характеристиками точности, приведенными в таблице.

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений	от 0,02 до 1000 мкм
Границы суммарной радиальной погрешности	$\pm (0,015 + 0,0003 \cdot H)$ мкм, где H – высота над столом, мм
Границы суммарной осевой погрешности	$\pm (0,02 + 0,0003 \cdot R)$ мкм, где R – радиус от центра стола, мм

Расширенная неопределенность размера единицы величины, связанная с хранением и передачей размера единицы величины от эталона $U = 0,04$ мкм ($k = 2, P = 95 \%$).

Исходный эталон предназначен:

- для хранения и передачи единицы длины в области измерений параметров отклонений и расположения поверхностей вращения рабочим средствам измерений, применяемым в промышленности, с целью обеспечения единства и достоверности измерений;
- для поверки и калибровки эталонных мер круглости, кругломеров, контрольных цилиндрических оправок, эталонных колец;
- для измерений с высокой точностью отклонений формы и расположения поверхностей вращения объектов, имеющих габариты, не превышающие диапазон измерений эталона.

3.3 Отклонение формы плоских поверхностей

Отклонение от прямолинейности: Наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка.

Отклонение от плоскостности: Наибольшее расстояние Δ от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка.

Нормируемый участок: Участок поверхности или линии, к которому относится допуск или отклонение формы или расположения элемента.

Специфика измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности состоит в том, что отклонение формы могут быть определены только путем сравнения с реальной прямой или плоскостью. В качестве исходной прямой могут быть приняты световой луч, оптическая ось прибора, поверхность поверочной линейки, образующая натянутой проволоки, а в качестве исходной плоско-

сти – поверхность поверочной плиты, поверхность, описываемая при вращении оптической оси прибора и т.д.

3.4 Поверочная схема для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности

Поверочная схема для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности регламентирована ГОСТ 8.420-2002.

Настоящий стандарт распространяется на государственную поверочную схему для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности, определяющую порядок передачи размера единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности от государственного специального эталона при помощи рабочих эталонов рабочим средствам измерений с указанием погрешностей и основных методов поверки.

Государственный специальный эталон

Государственный специальный эталон предназначен для воспроизведения и хранения единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности и передачи размера единицы при помощи рабочих эталонов рабочим средствам измерений, применяемым в стране, с целью обеспечения единства измерений.

Диапазон значений отклонений от прямолинейности и плоскостности H , воспроизводимых эталоном, составляет $(0 - 50)$ мкм.

Государственный специальный эталон обеспечивает воспроизведение единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности со средним квадратическим отклонением результата измерений S , не превышающим $0,1L$ мкм при 10 независимых измерениях.

Неисключенная систематическая погрешность θ не превышает $0,1L$ мкм.

Государственный специальный эталон применяют для передачи размера единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности рабочим эталонам 0 разряда методом прямых измерений.

Рабочие эталоны.

Рабочие эталоны 0 разряда.

В качестве рабочих эталонов 0 разряда применяют комплексы средств измерений, состоящие из твердокаменного моста длиной рабочей поверхности от 3 до 4 м и оптической измерительной системы, включающей два автоколлиматора с ценой деления $0,2''$, измерительную каретку с двумя зеркальными отражателями и механизм перемещения каретки.

Среднее квадратическое отклонение S результата сличения рабочих эталонов 0 разряда с государственным эталоном должно быть не более $0,2L$ мкм.

Рабочие эталоны 0 разряда применяют для поверки:

- автоматических автоколлимационных и гравитационных приборов и оптических линеек 1-го разряда и рабочих, рабочих лазерных интерферометров — методом прямых измерений;

- поверочных линеек типов ШП, ШПХ, ШП-ТК и ШД 2-го разряда и ра-

бочих классов точности 0 и 01 по ГОСТ 8026 — сличением при помощи компаратора (измерительной головки с ценой деления от 0,2 до 1,0 мкм со специальными приспособлениями).

Рабочие эталоны, заимствованные из других поверочных схем.

В качестве рабочих эталонов, заимствованных из других поверочных схем, применяют экзаменаторы 1-го и 2-го разрядов по ГОСТ 8.016 и плоскопараллельные концевые меры длины 2-го разряда.

Экзаменаторы 1-го разряда совместно с плоскопараллельными концевыми мерами длины 2-го разряда применяют для поверки автоколлиматоров с ценой деления 0,2" и 0,25" и электронных уровней с ценой деления 0,1" и 0,2" 1-го разряда и рабочих методом прямых измерений.

Экзаменаторы 1-го разряда применяют для поверки автоколлиматоров и электронных уровней с ценой деления 0,5" и 1" 2-го разряда и рабочих методом прямых измерений.

Экзаменаторы 2-го разряда применяют для поверки микронивелиров и брусковых уровней с ценой деления 5" 2-го разряда и рабочих методом прямых измерений.

Рабочие эталоны 1-го разряда.

В качестве рабочих эталонов 1-го разряда применяют оптические линейки с ценой деления 0,5 и 1 мкм, автоматические автоколлимационные и гравитационные приборы, автоколлиматоры с измерительной кареткой с ценой деления 0,2" и 0,25" и электронные уровни с ценой деления 0,1" и 0,2".

Доверительные абсолютные погрешности δ оптических линеек 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 составляют от 0,5 до 1,0 мкм.

Доверительные абсолютные погрешности электронных уровней и автоколлиматоров 1-го разряда при доверительной вероятности 0,95 составляют от 0,3" до 0,6".

Доверительные абсолютные погрешности автоматических автоколлимационных и гравитационных приборов при доверительной вероятности 0,95 должны быть не более (0,5 - 0,2L) мкм.

Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для поверки рабочих эталонов 2-го разряда и высокоточных рабочих средств измерений методами прямых и косвенных измерений.

Рабочие эталоны 2-го разряда.

В качестве рабочих эталонов 2-го разряда применяют автоколлиматоры и электронные уровни с целой деления 0,5" и 1,0" в комплекте с измерительной кареткой, микронивелиры типа МН-2, брусковые уровни с ценой деления не более 5", инструментально-поверочные блоки типа ИПБ из твердокаменных пород класса точности 0, поверочные плиты классов точности 0 и 1 по ГОСТ 10905, поверочные линейки типов ШП, ШПХ, ШД, ШМ и ШМ-ТК класса точности 0 по ГОСТ 8026 при длине линеек до 1600 мм и класса точности 01 – при длине линеек 2000 мм и более.

Доверительные абсолютные погрешности S рабочих эталонов 2-го разряда: блоков типа ИПБ, поверочных плит классов точности 0 и 1, повероч-

ных линеек типов ШП, ШПХ, ШД, ШМ и ШМ-ТК при доверительной вероятности 0,95 составляют от $(0,5 + 0,5L + 0,01H)$ до $(1,5 + 0,8L + 0,02H)$ мкм; автоколлиматоров и электронных уровней с ценой деления 0,5" и 1,0" в комплекте с измерительной кареткой, микроnivelиров типа МН-2, брусковых уровней с ценой деления не более 5" при доверительной вероятности 0,95 составляют 1".

Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для поверки рабочих эталонов 3-го разряда и рабочих средств измерений методами прямых и косвенных измерений, а также сличением при помощи компаратора (измерительной головки с ценой деления 1 мкм со специальными приспособлениями).

Рабочие эталоны 3-го разряда.

В качестве рабочих эталонов 3-го разряда применяют поверочные линейки типов ШП, ШПХ, ШД, ШМ и ШМ-ТК класса точности 1 по ГОСТ 8026, оптические плоскомеры с ценой деления 1 мкм, гидростатические уровни с ценой деления 10 мкм, инструментально-поверочные блоки типа ИПБ класса точности 1.

Доверительные абсолютные погрешности 5 рабочих эталонов 3-го разряда при доверительной вероятности 0,95 составляют от $(1 + L + 0,02H)$ до $(5 + 5L)$ мкм.

Рабочие эталоны 3-го разряда применяют для поверки рабочих средств измерений методом прямых измерений или сличением при помощи компаратора (измерительной головки с ценой деления 1 и 2 мкм со специальными приспособлениями).

Рабочие средства измерений.

В качестве рабочих средств измерений применяют оптические линейки с ценой деления 0,5 и 1,0 мкм, оптические плоскомеры с ценой деления 1 мкм, автоколлиматоры с измерительной кареткой с ценой деления от 0,2" до 1,0", автоматические автоколлимационные и гравитационные приборы, электронные уровни с ценой деления от 0,1" до 1,0", микроnivelеры типа МН-2, брусковые уровни с ценой деления не более 5", гидростатические уровни с ценой деления 10 мкм, приборы типа ППС, лазерные интерферометры, инструментально-поверочные блоки типа ИПБ, поверочные линейки с широкой рабочей поверхностью и поверочные плиты всех типов, размеров и классов точности по ГОСТ 8026 и ГОСТ 10905.

Пределы допускаемых абсолютных погрешностей Δ рабочих средств измерений составляют от $(0,5 + 0,005H)$ до 120 мкм.

3.5 Эталон единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности Республики Беларусь

Эталон единицы длины в области измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности (далее – эталон) создан в БелГИМ (1985-2000 г.г.) и утвержден в качестве исходного приказом БелГИМ № 312 от 23.08.2001 г. Общий вид эталона приведен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2

Эталон предназначен для хранения и передачи единицы длины средствами измерений первого разряда и наиболее точным рабочим средствам измерений.

Передача единицы длины от исходного эталона эталонным и рабочим средствам измерений осуществляется в соответствии с межгосударственной поверочной схемой для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности ГОСТ 8.420–2002.

Эталон, разработан Уральским научно-исследовательским институтом метрологии (УНИИМ) и изготовлен Ставропольским инструментальным заводом. Работы по созданию эталона начались в 1985 году. В 2004 году приобретена система измерительная Wyler, которая была введена в состав эталона ИЭ РБ 6-01 вместо автоколлиматоров.

Состав эталона:

- мост измерительный (установлен в специальном термостатированном помещении (ком. 117), которое позволяет обеспечить температурный режим в пределах $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$).

- система измерительная «Уровень электронный WYLER» в составе:

- 1) уровень электронный MINILEVEL NT № 262;
- 2) уровень электронный MINILEVEL NT № 263;
- 3) индикатор уровня LEVELMETR 2000;
- 4) программное обеспечение.



Рисунок 3.3

Метрологические характеристики эталона

Метрологические характеристики моста	
Длина рабочей поверхности моста	3 м
Отклонение от прямолинейности рабочей поверхности моста эталона, Н	6,1 мкм
Извернутость рабочей поверхности моста эталона	0,013 мм/м
Метрологические характеристики уровней	
Диапазон измерения уровней MINILEVEL NT	± 2000"
Дискретность отсчета уровней MINILEVEL NT	0,2"; 2"
Отклонение показаний уровней MINILEVEL NT	± 1%

3.6 Поверка линеек поверочных

ГОСТ 8026-92 “Линейки поверочные. Технические условия” распространяется на поверочные линейки из стали, чугуна и твердокаменных пород (гранитные линейки) длиной до 4000 мм.

Поверочные линейки изготавливают следующих типов:

Стальные:

ЛД — лекальные с двусторонним скосом;

ЛТ — лекальные трехгранные;

ЛЧ — лекальные четырехгранные;

ШП — с широкой рабочей поверхностью прямоугольного сечения;

ШПХ — с широкой рабочей поверхностью прямоугольного сечения, хромированные;

ШД — с широкой рабочей поверхностью двутаврового сечения.

Чугунные:

ШМ — с широкой рабочей поверхностью, мостики;

УТ — угловые трехгранные.

Твердокаменные (гранитные):

ШП-ТК — с широкой рабочей поверхностью прямоугольного сечения.

Поверка линеек поверочных проводится в соответствии с МИ 1729-87 “Линейки поверочные. Методика поверки”. Настоящие методические указания распространяются на рабочие поверочные линейки всех типов, выпускаемые из производства по ГОСТ 8026-92, и образцовые разрядов 2 и 3 по ГОСТ 8.420-2002, а также на поверочные линейки, выпущенные до введения ГОСТ 8026-92, и импортные поверочные линейки, находящиеся в эксплуатации и устанавливают методику их первичной и периодической поверок.

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции и применены средства поверки с характеристиками, указанными в таблице.

Наименование операции поверки	Наименование образцового средства измерений или вспомогательного средства поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к средству; разряд по государственной поверочной схеме и метрологические и основные технические характеристики	Обязательность проведения операции поверки	
		Да	Да
Внешний осмотр		Да	Да
Проверка намагниченности	Частицы из низкоуглеродистой стали массой 0,1—0,2 г	Да	Да
Определение метрологических характеристик			
Определение шероховатости поверхностей	Образцы шероховатости поверхности по ГОСТ 9378—93 или аттестованные образцовые детали с параметрами шероховатости, соответствующими установленным для линейек по ГОСТ 8026—92. Лупа ЛП-1— 4 по ГОСТ 25706—83	Да	Нет
Определение угла между рабочими поверхностями линейек типа УТ	Автоколлиматор типа АК-IV.; клиновое приспособление или призматические угловые меры типа 2 класса 2 по ГОСТ 2875—88 с номинальными размерами рабочих углов 45, 55 и 60°; плоскопараллельная концевая мера длины размером до 10 мм класса 2 по ГОСТ 9038—90; поверочная плита класса 1 по ГОСТ 10905—86; угломер типов 1 или 2 с отсчетом по нониусу 2' по ГОСТ 5378—88	Да	Нет
Определение качества шабровки поверхностей линейек типов ШМ и УТ	Поверочные линейки типа ШМ или УТ классов 0 и 1 по ГОСТ 8026—92	Да	Нет
Определение отклонения от перпендикулярности боковых поверхностей» к рабочим линейек типов ШП, ШПХ, ШД ШМ	Угольник типа УП или УШ класса 1 по ГОСТ 3749—77; щупы класса 2	Да	Нет
Определение отклонения от параллельности рабочих поверхностей линейек типов ШП, ШПХ и ШД	Скоба с отсчетным устройством типа СР с ценой деления 0,002 мм по ГОСТ 11098—75; гладкий микрометр по ГОСТ 6507—90	Да	Нет
Определение извернутости линейек типов ШМ и УТ	Уровень с микрометрической подачей ампулы типа I с ценой деления 0,01 мм/м по ГОСТ 11196—74 или электронный уровень «Микрад»; микро nivelir типа МН-2 или брусковый уровень с ценой деления 0,02 мм/м по ГОСТ 9392—89; -призмы для установки поверочных линейек типа УТ; -плоскопараллельные боковики по ГОСТ 4119—76	Да	Да
Определение отклонения от прямолинейности рабочих поверхностей линейек типов ЛД, ЛТ, ЛЧ	Приспособление для определения отклонения от прямолинейности; контрольный брусок по ГОСТ 22601—77; образец просвета; поверочная плита класса 1 по ГОСТ 10905—86	Да	Да
Определение отклонения от прямолинейности рабочих поверхностей линейек типов ШП, ШПХ, ШД ШМ и УТ в поперечном направлении	Оптикатор 02П или измерительная пружинная головка 02ИГП по ГОСТ 28798—90; стойка С-П по ГОСТ 10197—70; поверочная плита класса 1 по ГОСТ 10905—86; линейки типов ЛД, ЛТ и ЛЧ классов 0 и 1 по ГОСТ 8026—92 концевые меры длины классов 1-3 по ГОСТ 9038—90; линейки типа ШМ классов 0, 1 и 2 по ГОСТ 8026—92; измерительные рычажно-зубчатые головки типов ИИГ и ЗИГ по ГОСТ 18833—73. Приспособление для крепления индикатора или приспособление для сличения поверочных линейек. Приспособление для определения отклонения от прямолинейности в поперечном направлении. Плоская стеклянная пластина класса 2 по ГОСТ 2923—75.	Да	Да
Определение отклонения от прямолинейности рабочих поверхностей линейек типов ШП, ШПХ, ШД ШМ и УТ в продольном направлении	Контрольный брусок по ГОСТ 22601—77; поверочная плита с пазом класса 1. Оптическая линейка с ценой деления 0,5 мкм или 1 мкм разряда 1 по ГОСТ 8.420—2002. Автоколлиматор с ценой деления 0,2" или 0,25" разряда 1 по ГОСТ 8.420—2002; измерительная каретка. Автоколлиматор с ценой деления 0,5" или 1" разряда 2 по ГОСТ 8.420—2002 или брусковый уровень с ценой деления не более 0,025 мм/м, или микро nivelir типа МН-2 разряда 2 по ГОСТ 8-420—2002, или электронный уровень «Мнкрад»; измерительная каретка Поверочные линейки типов ШП и ШД разряда 2 по ГОСТ 8.420— 2002; приспособления для сличения поверочных линейек Поверочные линейки типа ШМ разряда 2 по ГОСТ 8.420—2002; компарирующее устройство или приспособления с измерительной головкой типа 1 ИГ по ГОСТ 18833—73 или многооборотным индикатором типа 1 МИГ- по ГОСТ 9696—82 Поверочные линейки типа ШП или ШД разряда 3 по ГОСТ 8.420-2002; компарирующее устройство или приспособления с измерительной головкой типа 1 ИГ по ГОСТ 18333—73 или многооборотным индикатором типа 1 МИГ по ГОСТ 9696—82 Оптическая струна разряда 3 по ГОСТ 8.420—2002	Да	Да

Условия поверки и подготовка к ней.

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия.

Температура помещения, в котором проводят поверку, должна быть $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Относительная влажность воздуха - не более 80 %.

Скорость изменения температуры во время поверки должна быть не более $0,5^\circ\text{C/ч}$.

Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы.

Линейки должны быть тщательно промыты бензином по ГОСТ 1012-2013 или другим обезжиривающим средством не оставляющим следов на поверхностях линеек, и протерты сухой салфеткой. В помещении, где проводят поверку, линейки должны быть выдержаны не менее 12 ч.

На боковых поверхностях линеек типов ШПХ, ШП, ШД и ШМ краской должны быть нанесены отметки против точек, в которых будут проводиться измерения при определении отклонений от прямолинейности и параллельности рабочих поверхностей. Отметки наносят рядом с рабочими поверхностями, располагая их на одинаковых расстояниях одна от другой.

Проведение поверки.

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие линеек требованиям ГОСТ 8026—92 в части внешнего вида, комплектности и маркировки.

У линеек, находящихся в эксплуатации, допускается наличие царапин, вмятин и забоин, не выступающих над рабочей поверхностью и не влияющих на эксплуатационные качества линеек.

Определение размагниченности.

Размагниченность линеек проверяют опробованием на мелких частицах из низкоуглеродистой стали массой 0,1-0,2 г. Частицы не должны прилипать к неокрашенным поверхностям линейки.

Определение метрологических характеристик.

Шероховатость рабочих поверхностей и поверхностей, прилегающих к ним, определяют визуальным сравнением с образцами шероховатости или аттестованными образцовыми деталями. При поверке лекальных линеек необходимо использовать лупу. Шероховатость должна соответствовать установленному ГОСТ 8026—92.

Углы между рабочими поверхностями линеек типа УГ класса 0 определяют при помощи автоколлиматора и специального клинового приспособления или угловой меры. Для линеек классов 1 и 2 применяют угломер.

Угол измеряют у концов и в средней части линейки. Отклонения углов от номинальных значений не должны превышать значений, установленных ГОСТ 8026—92.

Качество шабровки линейек типов ШМ и УТ определяют сличением «на краску» с образцовой поверхностью по числу пятен и равномерности их распределения по поверхности линейки.

В качестве образцовой поверхности используют поверхность поверочной плиты размером не более 250х250 мм или линейек типов ШМ и УТ длиной не более 1000 мм. Класс точности плиты и линейек должен быть выше класса точности поверяемой линейки. Линейки класса точности 0 допускается поверять по линейкам того же класса точности.

Рабочую поверхность образцовой плиты или линейки покрывают тонким слоем краски. Для этой цели используют берлинскую лазурь, смесь сажи с машинным маслом или красную типографскую краску.

На рабочую поверхность поверяемой линейки накладывают образцовую плиту (линейку) и перемещают ее, пока поверхность не окрасится полностью. Выбрав участки с наибольшим и наименьшим числом пятен, определяют число пятен в квадрате со стороной 25 мм, используя рамку из плотной бумаги или картона. Пятна подсчитывают не менее чем на четырех участках у линейек длиной до 630 мм и не менее чем на шести — у линейек большей длины.

Число пятен у линейек, выпускаемых из производства должно соответствовать установленному ГОСТ 8026—92. У линейек, находящихся в эксплуатации и выпускаемых после ремонта, число пятен не должно быть менее 25 для класса 0; 20 — для класса 1; 15 — для класса 2. Разность чисел пятен в двух любых квадратах со стороной 25 мм не должна быть более 5 — для линейек, выпускаемых из производства, и более 10 — для линейек, прошедших ремонт и находящихся в эксплуатации.

Отклонение от перпендикулярности боковых поверхностей к рабочим линейкам типов ШП, ШПХ, ШД и ШМ определяют с помощью угольника типа УП или УШ и щупа.

Для поверки линейек класса 0 и разряда 2 длиной до 1000 мм применяют щуп, толщина которого доведена до 0,025 мм, для линейек длиной свыше 1000 мм — щуп толщиной 0,03 мм, для линейек классов 1, 2 и разряда 3 - толщиной 0,04 мм.

Угольник прикладывают плоской измерительной поверхностью внутреннего угла к боковой поверхности линейек типов ЩП и ШПХ или к рабочей поверхности линейек типов ШД и ШМ. В зазор между второй измерительной поверхностью угольника и поверхностью линейки не должны входить щупы установленной толщины.

Вместо щупа 0,025 мм могут быть использованы две концевые меры длины класса точности 3 по ГОСТ 9038-90 с соответствующей разностью номинальных размеров. Мету меньшего номинального размера помещают между поверхностями угольника и поверочной линейки, мету большего размера используют в качестве щупа.

Отклонение от перпендикулярности определяют не менее чем в пяти сечениях.

Отклонение от параллельности определяют как наибольшую разность расстояний между рабочими поверхностями линейки, измеренных в нескольких поперечных сечениях, равномерно расположенных вдоль длинного ребра линейки. Число сечений должно соответствовать числу проверяемых точек.

Отклонения от параллельности не должны превышать установленному ГОСТ 8026-92.

Для проверки линейек разрядов 2 и 3, классов точности 0 и 1 длиной до 2500 мм и класса 2 длиной до 1600 мм применяют скобу с отсчетным устройством, а для линейек разряда 3 и класса 1 длиной более 2500 мм и класса 2 длиной более 1600 мм — гладкий микрометр.

При определении отклонения от параллельности скобой с отсчетным устройством скобу настраивают на одном из концов линейки на показание, близкое к нулю. Затем снимают показания при установке скобы в проверяемые точки, равномерно расположенные вдоль длины линейки. Отклонение от параллельности определяют как алгебраическую разность наибольшего и наименьшего показаний.

При определении отклонения от параллельности гладким микрометром измеряют расстояние между рабочими поверхностями линейки в проверяемых точках. Отклонение от параллельности определяют как разность между наибольшим и наименьшим показаниями.

Извернутость линейек типов ШМ и УТ разряда 2 и класса 0 определяют уровнем с микрометрической подачей ампулы или электронным уровнем «Микрад», а разряда 3 и классов 1 и 2 и брусковым уровнем или измерительной ампулой микронивелира МН-2.

Уровень (ампулу микронивелира) устанавливают перпендикулярно длинному ребру проверяемой поверхности линейки на два плоскопараллельных бочвика и снимают показания по его шкале в центре и на концах линейки. Извернутость определяют как наибольшую разность полученных показаний.

При определении извернутости электронным уровнем «Микрад» два измерительных преобразователя, входящие в его комплект, дифференциально подключают к блоку преобразований. Один преобразователь устанавливают на рабочую поверхность линейки перпендикулярно длинному ребру. Вторым преобразователем помещают последовательно у концов и в центре рабочей поверхности, располагая его параллельно первому, снимают показания по шкале блока преобразований и определяют их наибольшую разность.

Извернутость линейек типов ШМ и УТ не должна превышать значений, приведенных в МИ 1729-87.

Отклонение от прямолинейности рабочих поверхностей лекальных линейек определяют методом сличения «на просвет» с поверхностью контрольного бруска.

Линейки класса 0 длиной 50, 80 и 125 мм необходимо дополнительно проверять с помощью приспособления с измерительной головкой.

Для определения отклонения от прямолинейности методом «на просвет» проверяемую линейку помещают на рабочую поверхность контрольного бруска.

Размер просвета определяют визуально сравнением с «образцом просвета» в диапазоне угла наклона линейки $\pm 20^\circ$ от среднего положения.

Значения просвета не должны превышать значений отклонений от прямолинейности, установленных ГОСТ 8026—92.

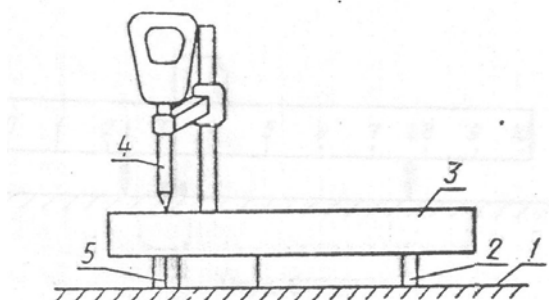
При проверке линеек класса 0 длиной 50, 80 и 125 мм видимый на глаз просвет не допускается.

Определение отклонения от прямолинейности рабочих поверхностей линеек типов ШПХ, ШП, ШД, ШМ и УТ в поперечном направлении.

Линейки типов ШП, ШПХ и ШД разряда 2 и класса точности 0 длиной до 1600 мм, а также разряда 3 и класса точности 1 длиной 250 и 400 мм проверяют на поверочной плите с помощью оптика 02П или измерительной пружинной головки 02 ИГП, закрепленных в стойке С-П.

Линейки разряда 3 и класса 1 длиной более 400 мм проверяют методом сличения с линейками типа ШМ или инструментально-поверочными блоками типа ИПБ разряда 2, а линейки класса точности 2 всех длин — с линейками типа ШМ или блоками типа ИПБ разряда 3. Линейки разряда 3 и класса 1 длиной 3000 мм и более допускается проверять по линейкам типа ШМ или блокам типа МПБ разряда 3. Сличение проводят с помощью измерительной головки, закрепленной в стойке специального приспособления.

Проверку с помощью оптика или измерительной пружинной головки проводят по схеме, представленной на рисунке 3.4.



1 – поверочная плита; 2 и 5 концевые меры длины; 3 – поверяемая линейка;
4 – оптика или измерительная пружинная головка

Рисунок 3.4

Поверяемую линейку устанавливают на поверочную плиту, располагая ее на концевых мерах длины или боковиках. Измерительный наконечник оптика (измерительной пружинной головки) опускают до соприкосновения с поверхностью линейки в проверяемом сечении и устанавливают показание, близкое к нулю. Не изменяя положения концевых мер или боковиков на поверхности плиты, перемещают по ним поверяемую линейку и снимают по оптике показания в центре a_u и у концов a_0 и a_n . Отклонение от прямолинейности в поперечном направлении определяют по формуле:

$$H = a_u - \frac{a_0 + a_n}{2}$$

Аналогично проводят измерения в остальных сечениях. Отклонения от прямолинейности не должны превышать значений, приведенных в МИ 1729-87.

Затем поворачивают линейку на 180° и определяют отклонения от прямолинейности второй поверхности.

Для определения отклонения от прямолинейности в соответствии с ГОСТ 24642-81 необходимо найти наибольшее отклонение точек профиля от прилегающей прямой.

При обработке результатов измерений сначала вычисляют значения отклонений H_i от прямой, соединяющей крайние точки профиля. Если все значения H_i имеют один знак, то наибольшее по абсолютному значению отклонение от прямой, соединяющей крайние точки, совпадает с наибольшим отклонением от прилегающей прямой и его принимают за отклонение от прямолинейности.

Если при обработке результатов получены положительные и отрицательные значения H_i , то за отклонение от прямолинейности принимают приближенное значение, равное сумме абсолютных значений наибольшего положительного и наибольшего отрицательного значений.

В тех случаях, когда эта сумма превышает допустимое значение отклонения от прямолинейности, необходимо определить отклонение от прилегающей прямой в соответствии с методикой, приведенной в обязательном приложении 7 МИ 1729-87.

Определение отклонения от прямолинейности автоколлиматором.

Автоколлиматор помещают у одного из концов линейки на опору, обеспечивающую стабильность углового положения его оптической оси.

Плоское зеркало закрепляют на измерительной каретке, расстояние между опорами которой устанавливают равным расстоянию между проверяемыми точками.

Зеркало помещают на ближайший к автоколлиматору участок проверяемой поверхности. При этом центр зеркала должен быть расположен против центра объектива автоколлиматора. Регулируя наклон зеркала и автоколлиматора устанавливают автоколлимационное изображение марки автоколлиматора в центр поля зрения окуляра. Затем перемещают зеркало на наиболее удаленный участок и проверяют яркость изображения марки. При недостаточной яркости дополнительно регулируют положения зеркала к автоколлиматору.

Измерения начинают с участка 0—1, устанавливая опоры каретки против отметок, нанесенных на боковой поверхности линейки. Показания по автоколлиматору a_i , полученные при последовательной установке зеркала на участки 0—1, 1—2, 2—3 и т.д., заносят в табл. 2. После окончания измерений проверяют начальное показание на участке 0—1. Его изменение не должно превышать $0,5''$ - при проверке линеек разряда 2 и класса 0, и $1''$ - при проверке линеек разряда 3 и классов 1 и 2. В противном случае измерения необходимо повторить.

Обработку результатов измерений проводят в последовательности, установленной в таблице 8 МИ 1729-87.

Определение отклонения от прямолинейности брусковым уровнем и микроnivelиром МН-2

Брусковый уровень устанавливают на измерительную каретку, расстояние между опорами которой равно расстоянию между проверяемыми точками. Если для измерений используют микронивелир, то его съемную ампулу закрепляют на основании с соответствующим расстоянием между опорами.

До проведения измерений проверяемая поверхность должна быть установлена в горизонтальное положение.

Уровень (или микронивелир) устанавливают последовательно на участки 0—1, 1—2, 2—3 и т. д. и снимают на каждом участке показания a_i по левому и b_i по правому концам пузырька относительно нулевых штрихов. За нулевые условно принимают два больших штриха, расположенные симметрично относительно нуля - пункта ампулы на расстоянии один от другого приблизительно равном длине пузырька.

Сняв показания на последнем участке, вновь возвращаются на участок 0—1 и проверяют начальный отсчет. Его изменение не должно превышать 0,5 деления. В противном случае измерение необходимо повторить.

Обработку результатов измерений проводят в последовательности, приведенной в таблице 9 МИ 1729-87. Для упрощения обработки результатов все вычисления проводят с величинами, числовые значения которых выражены в делениях шкалы ампулы. В единицах длины определяет лишь конечный результат.

При поверке линеек разряда 3 и класса 1 следует провести не менее двух независимых измерений. Если расхождения значений H_i не превышает $1/3$ допускаемого отклонения от прямолинейности, вычисляют средние арифметические значения отклонений в каждой точке и по ним определяют отклонения от прямолинейности.

Если расхождения больше указанного значения, проводят еще одно измерение и за результат поверки принимают средние арифметические значения результатов всех измерений,

Определение отклонения от прямолинейности методом сличения с образцовой поверочной линейкой с помощью компарирующего устройства или приспособлений с измерительными головками

Поверяемую линейку устанавливают на поверхность линейки ШМ, на концевые меры, расположенные на расстоянии $2/9L$ от концов линейки.

Компарирующее устройство устанавливают на поверхность линейки ШМ против точки с порядковым номером 0 так, чтобы измерительный наконечник прибора касался соответствующей точки в центре поверхности линейки и устанавливают нулевое показание. Затем, перемещая стойку по поверхности линейки, снимают отсчеты в остальных точках линейки.

Отклонение H_i от прямой, соединяющей крайние точки, рассчитывают по формуле:

$$H_i = a_i - a_0 - \frac{a_n - a_0}{n} \cdot i \pm H_{i, \text{ЭТ}},$$

где a_0 - отсчет в 0-ой точке, мкм

a_i - отсчет в i -ой точке, мкм

a_n – отсчет в последней точке с порядковым номером n , мкм

n - количество точек, в которых проводят измерения

$H_{i, \text{ЭГ}}$ – отклонение от прямолинейности линейки ШМ в i -ой точке, мкм.

Обработку результатов измерений проводят в последовательности, установленной в таблице.

Номер точки, i	Отсчет в i -ой точке y_i , мкм	Поправка $\delta_i = \frac{y_n}{n} \cdot i$, мкм	Отклонение от прямолинейности линейки поверочной без учета поправок на отклонение от прямолинейности линейки ШМ $H'_i = y_i - \delta_i$, мкм	Отклонение от прямолинейности линейки ШМ в i -ой точке $H_{i, \text{ЭГ}}$, мкм	Отклонение от прямолинейности линейки поверочной с учетом поправок на отклонение от прямолинейности линейки ШМ $H_i = H'_i \pm H_{i, \text{ЭГ}}$, мкм
0	$y_0=0$	$\delta_0=0$	$H'_0=0$	$H_{0, \text{ЭГ}}=0$	$H_0=0$
1	y_1	$\delta_1 = \frac{y_n}{n} \cdot 1$	$H'_1 = y_1 - \delta_1$	$H_{1, \text{ЭГ}}$	$H_1 = H'_1 \pm H_{1, \text{ЭГ}}$
2	y_2	$\delta_2 = \frac{y_n}{n} \cdot 2$	$H'_2 = y_2 - \delta_2$	$H_{2, \text{ЭГ}}$	$H_2 = H'_2 \pm H_{2, \text{ЭГ}}$
...
n	y_n	$\delta_n = y_n$	$H'_n = 0$	$H_{n, \text{ЭГ}} = 0$	$H_n = 0$

При определении отклонений от прямолинейности H_i поверяемой линейки значения отклонений от прямолинейности линейки ШМ $H_{i, \text{ЭГ}}$ прибавляют или вычитают из значений H'_i , в зависимости от схемы поверки.

Если все значения H_i имеют один знак то наибольшее по абсолютному значению отклонение от прямой, соединяющей крайние точки, совпадает с наибольшим отклонением от прилегающей прямой и его принимают за отклонение от прямолинейности. Если при обработке результатов получены положительные и отрицательные значения H_i , то за отклонение от прямолинейности принимают значение, равное сумме абсолютных значений наибольшего положительного и наибольшего отрицательного значений H_i .

3.7 Поверка плит поверочных

Общие технические условия для плит поверочных и разметочных установлены в ГОСТ 10905-86.

Плиты поверочные и разметочные изготавливают из чугуна и твердых пород размерами от 160x160 мм до 2500x1600 мм.

Плиты должны изготавливаться следующих исполнений:

чугунные: 1 - с ручной шабровкой рабочих поверхностей;

2 - с механически обработанными рабочими поверхностями;

гранитные: 3 - плиты без бортовых захватов, с нормированными допусками перпендикулярности боковых поверхностей к рабочей поверхности и взаимной перпендикулярности боковых поверхностей;

4 - плиты с двумя бортовыми захватами и нормированным до-

пуском перпендикулярности двух боковых поверхностей к рабочей поверхности;

5 - плиты с четырьмя боковыми захватами и нормированным допуском перпендикулярности боковых поверхностей к рабочей взаимной перпендикулярности боковых поверхностей одного из углов плиты.

Плиты размерами 1600x1000 мм и более должны иметь нормированные допуски прямолинейности боковых поверхностей по 5-й степени точности ГОСТ 24643-81.

Основные размеры и классы точности плит должны соответствовать указанным в таблице.

Размеры плит, мм	Исполнения	Классы точности
1	2	3
160x160	1	00; 0; 1
	2	1; 2; 3
	3,4,5	000; 00; 0
250x250	1	00; 0; 1
	2	1; 2; 3
	3,4,5	000; 00; 0
400x400	1	00; 0; 1
	2	1; 2; 3
	3,4,5	000; 00; 0
630x400	1	00; 0; 1
	2	1; 2; 3
	3,4,5	000; 00; 0
1000x630	1	00; 0; 1
	2	1; 2; 3
	3,4,5	000; 00; 0
1600x1000	1	00; 0; 1
	2	1; 2; 3
	3,4,5	000; 00; 0
2000x1000	1	0; 1
	2	1; 2; 3
	3,4,5	000; 00; 0
2500x1600	1	0; 1
	2	1; 2; 3
	3,4,5	000; 00; 0

Требования к методам и средствам поверки плит установлены в Рекомендациях МИ 2007-89 "Плиты поверочные и разметочные. Методика поверки.

При проведении периодической поверки должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр;
- проверка размагниченности;
- определение качества шабровки;
- определение отклонения от плоскостности рабочей поверхностей;

Для определения метрологических характеристик должны быть применены следующие средства поверки:

Разряд и класс точности плиты	Размеры плит, мм	Средства поверки и их технические характеристики
1	2	3
Класс 00 и 0	От 160x160 до 630x400	Оптическая линейка ОЛ-800 разряда 1
Классы 00, 0; разряд 2	От 250x250 до 2500x1600	Автоколлиматор с ценой деления 0,2", измерительная каретка (см. приложение 1 МИ 2007-89)
Класс 0	От 400x400 до 1000x630	Оптическая линейка ОЛ-1600 разряда 1
Класс 1, разряд 3	От 250x250 до 2500x1600	Автоколлиматор с ценой деления 0,5" или 1"; уровень с микрометрической подачей ампулы типа 1 с ценой деления 0,01 мм/м; брусковый уровень с ценой деления 0,02 мм/м или микронивелир типа МН-2 разряда 2 по; электронный уровень «Микрад»; измерительная каретка (см. приложение 1 МИ 2007-89)
Классы 1 и 2	От 160x160 до 2500x1600	Поверочные линейки типов ШП или ШД разряда 3; устройство компарирующее или приспособления (см. приложение 2 МИ 2007-89) и измерительная головка типа ИИГ
Классы 2 и 3	От 400x400 до 1600x1000	Приспособление с измерительной головкой, (см. приложение 3 МИ 2007-89)- контрольный брусок
	От 630x400 до 2500x1600	Оптический плоскомер типа ОП 3-го разряда
Класс 3	От 400x400 до 2500x1600	Поверочные линейки типа ШП или ШД разряда 3; измерительная головка типа ИИГ и приспособления (см. приложение 2 МИ 2007-89) или устройство компарирующее
	От 1000x1000 до 2500x1600	Гидростатический уровень с ценой деления разряда 3

Примечания:

1. При отсутствии указанных средств поверки определение отклонения от плоскостности поверхностей рабочих шаброванных плит размером не более 400x400 мм классов точности 1 и ниже допускается проводить методом "на краску". Проверку осуществляют методом «трех плит» или сличением с образцовой поверхностью. Методика проверки «на краску» приведена в приложении 4 МИ 2007-80.
2. При поверке допускается использовать средства, предусмотренные в таблице 2, для плит более высоких разрядов и классов точности, чем у поверяемой плиты.
3. Допускается применение других средств поверки, прошедших метрологическую аттестацию в органах государственной метрологической службы и обеспечивающих необходимую точность поверки.

Эталоны должны быть подготовлены в соответствии с требованиями ТНПА на них.

Перед проведением поверки следует соблюдать следующие условия

- Температура помещения, в котором проводят поверку, должна быть 20°C с допускаемыми отклонениями:

±3 °С - для плит класса точности 00 и разрядов 2 и 3;

±4 °С - для плит классов точности 0 и 1;

±6 °С - для плит классов точности 2 и 3.

- Скорость изменения температуры во время поверки не должна превышать 1 °С/ч.

Плита должна быть тщательно промыта бензином - растворителем по ГОСТ 1012-2013 или другим обезжиривающим средством, протерта сухой салфеткой и выдержана в помещении, где проводят поверку, не менее 12 ч.

Плиты размером 1000x630 мм и более, находящиеся в эксплуатации, устанавливая на фундаменты или опорные тумбы и поверку проводят непосредственно на рабочем месте.

При определении отклонения от плоскостности плиты уровнем или микроинивелиром рабочая поверхность плиты должна быть установлена в горизонтальное положение. Для проверки горизонтальности используют брусковый уровень с ценой деления 0,02 мм/м по ГОСТ 9392-89. Смещение пузырька уровня относительно нуля-пункта в центре плиты не должно превышать двух делений шкалы. На остальных участках поверхности пузырек должен находиться в пределах шкалы уровня.

Если смещения пузырька превышают указанные, проводят регулировку положения плиты, изменяя высоту опор. В этом случае поверку плит размером 630x400 мм и более классов точности 2 и проводят не ранее чем через 12 ч после окончания регулировки, классов точности 00, 0 и 1 — не ранее чем через 24ч.

На листе бумаги чертят план рабочей поверхности плиты с указанием сечений и точек, в которых будут проводиться измерения для определения отклонения от плоскостности плиты. Число сечений и проверяемых точек в них выбирают в соответствии с 3.6.2 и 3.6.3 МИ 2007-89.

На боковых поверхностях плиты мелом или цветными карандашами наносят отметки против проверяемых точек в соответствии с планом. На образцовых плитах отметки и их буквенные обозначения следует наносить несмываемой краской.

При определении отклонения от плоскостности сличением с образцовыми поверочными линейками следует также нанести отметки боковых поверхностях линеек в соответствии с отметками на плите.

Основные положения процедуры проведения поверки включают:

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре проверяют внешний вид, комплектность и маркировку.

На поверхностях плит, выпускаемых из производства, не должно быть трещин, раковин, выбоин, посторонних включений и других дефектов, снижающих качество. Материал для заделки раковин на чугунных плитах должен быть однородным с материалом плиты. У плит из гранита исправление дефектов на рабочей поверхности плиты не допускается.

У плит, находящихся в эксплуатации, допускается наличие царапин, вмятин и забоин, не выступающих над рабочей поверхностью плиты и не влияющих на ее эксплуатационные качества.

Материал плит из гранита должен иметь однородную структуру. Цвет каждой плиты должен быть однородным. Допускается неоднородность структуры и цвета плит, не влияющая на эксплуатационные качества.

На боковой поверхности плиты или на прикрепленной пластине должны быть нанесены:

- ✓ товарный знак предприятия-изготовителя;
- ✓ класс точности;
- ✓ год выпуска;
- ✓ номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- ✓ обозначение стандарта технических условий.

Комплектность плиты должна соответствовать указанной в эксплуатационном документе.

Проверка размагниченности.

Размагниченность плит из чугуна проверяют с помощью мелких частиц из низкоуглеродистой стали. Частицы не должны прилипать к поверхности плиты.

Определение качества шабровки.

Качество шабровки проверяют как у плит с ручной шабровкой, так и у плит, поверхность которых разбивается на пятна механическим способом. При этом определяют число пятен и равномерность их распределения на рабочей поверхности плиты.

Проверку осуществляют сличением "на краску" с рабочей поверхностью плиты размером не более 630х400 мм или поверочной линейки длиной не более 1000 мм, класс точности которых выше класса точности поверяемой плиты. Поверочные плиты классов точности 00 и 0 сличают с плитами того же класса.

Одна из боковых сторон образцовой плиты или линейки должно быть не менее расстояния между поверяемыми точками.

Рабочую поверхность образцовой плиты или линейки покрывают тонким слоем берлинской лазури, смеси сажи с машинным маслом или типографской краски № 2515—26. Поместив образцовую плиту или линейку на рабочую поверхность поверяемой плиты, смещают ее несколько раз в продольном и поперечном направлениях. Выбрав участки с наибольшим и наименьшим числом окрашенных пятен, определяют на них числа пятен в квадрате стороной 25 мм, используя рамку из плотной бумаги или картона. Число участков, на которых подсчитывают пятна, должно быть не менее пяти у плит размером до 1600х1000 мм и не менее десяти плит большего размера. Число пятен должно быть не менее указанного в таблице 3 МИ 2007-89. Разность чисел пятен в любых двух квадратах должна быть не более пяти у плит, выпускаемых из производств, и не более десяти у плит, прошедших ремонт и находящихся в эксплуатации.

Число пятен не определяют на расстоянии до 5 мм от краев плит размерами до 630x400 мм и до 10 мм – у плит больших размеров.

При определении отклонения от плоскостности рабочей поверхности всеми средствами измерений, кроме гидростатического уровня и оптического плоскомера, проводят измерения в продольных, поперечных и в двух диагональных сечениях. У плит класса точности 1 и ниже допускается не проверять промежуточные поперечные сечения.

При поверке плит класса точности 00 должно быть выполнено не менее трех независимых измерений, а класса точности 0 – не менее двух. За результат принимают средние арифметические значения.

Число проверяемых точек выбирают в зависимости от размера плиты в соответствии с таблицей.

Размер длинной стороны плиты, мм	Наименьшее число проверяемых точек
160, 250	3
400	4
630, 1000	5
1600	7
2000, 2500	9

Расстояние между проверяемыми точками в поперечном сечении не должно превышать расстояния в продольном.

При определении отклонения от плоскостности рабочей поверхности сначала проводят измерения в диагональных сечениях и по методикам, приведенным в 4.5.1 МИ 2007-89, вычисляют отклонения от вспомогательной плоскости в крайних точках диагоналей. Если они не превышают значение допуска плоскостности, проводят измерения в остальных сечениях. В противном случае плиту бракуют.

Отклонения от плоскостности рабочих плит, находящихся в эксплуатации, и плит, выпускаемых из производства, не должны превышать значений допусков, приведенных в таблице 6 МИ 2007-89. Для плит, размеры которых не соответствуют ГОСТ 10905-86, допускаемые отклонения от плоскостности устанавливают пропорционально размеру длинной стороны, исходя из допусков, приведенных в таблице 6 МИ 2007-89.

Методика измерения отклонения от плоскостности автоколлиматором.

Плоское зеркало, входящее в комплект автоколлиматора, закрепляют на измерительной каретке, расстояние между опорами, которой устанавливают равным расстоянию между проверяемыми точками. При поверке плит размером от 400x400 до 1000x630 мм в качестве измерительной каретки можно использовать синусную линейку с расстоянием между опорами 100 мм.

Автоколлиматор устанавливают рядом с последней точкой проверяемого сечения на жесткую опору, обеспечивающую стабильность углового положения его оптической оси. Ось автоколлиматора направляют вдоль проверяемого сечения. Если труба автоколлиматора имеет возможность вращаться вокруг горизонтальной оси, то ее разворачивают так, чтобы значения цифр на вертикаль-

ных шкалах увеличивались снизу вверх. Если труба закреплена жестко, а значения цифр на вертикальных шкалах возрастают сверху вниз, то автоколлиматор следует устанавливать около точки с номером 0.

Если по каким-либо причинам невозможно установить автоколлиматор так, как указано выше, можно расположить его на противоположной стороне, однако в этом случае при обработке результатов знаки полученных отклонений от вспомогательной плоскости следует заменить на обратные. Каретку с зеркалом помещают на ближайший к автоколлиматору участок проверяемого сечения. При этом центр зеркала располагают против центра объектива. Регулируя наклон зеркала трубы автоколлиматора, добиваются появления автоколлимационного изображения марки автоколлиматора в поле зрения окуляра и совмещают его с одним из центральных штрихов минутной шкалы.

Затем проверяют яркость автоколлимационного изображения устанавливая зеркало на наиболее удаленный участок сечения. При недостаточной яркости изображения проводят повторную регулировку положения автоколлиматора и зеркала, после чего приступают к измерениям.

Установив каретку с зеркалом на первый участок, ограниченный точками 0 и 1, снимают отсчет α_1 , по автоколлиматору, после чего каретку последовательно устанавливают на остальные участки проверяемого сечения и снимают отсчеты $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \dots, \alpha_n$.

Затем автоколлиматор устанавливают против следующего сечения и повторяют все операции в такой же последовательности.

Методика измерения отклонения от плоскостности пузырьковым уровнем и микроnivelиром

Уровень закрепляют на измерительной каретке с соответствующим расстоянием между опорами, а ампулу микроnivelира - на одном из сменных оснований, входящих в его комплект.

Положение проверяемых точек в сечениях определяют таким же образом, как при измерении автоколлиматором. При измерении определяют на каждом участке контролируемого сечения смещение пузырька ампулы уровня или микроnivelира относительно нулевых штрихов. За нулевые условно принимают два больших штриха А и В (рисунок 3.5), расположенных симметрично относительно нуля-пункта уровня на расстоянии друг от друга, равном длине пузырька. Смещение левого конца пузырька отсчитывают относительно штриха А, смещение правого конца пузырька - относительно штриха В.

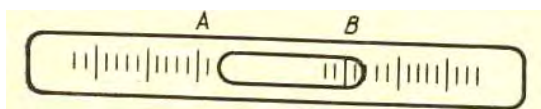


Рисунок 3.5

Установив каретку так, чтобы опоры располагались на точках, ограничивающих крайний левый участок проверяемого сечения ожидают полного успокоения пузырька и снимают отсчеты по обоим концам в делениях шкалы ампулы с точностью до 0,1 деления. Отсчеты записывают в таблицу против точки с номером 1. Затем каретку помещают последовательно на все участки проверяе-

мого сечения и снимают отсчеты аналогичным образом. Закончив измерения в одном сечении, устанавливают каретку на крайний левый участок следующего сечения и продолжают измерения.

Методика измерения отклонения от плоскостности сличением с образцовыми поверочными линейками при помощи компарирующего устройства или приспособлений с измерительными головками.

При измерении используют поверочные линейки и компарирующее устройство или приспособления по приложению 2 МИ 2007-89.

Сначала проводят измерения в диагональных сечениях. Образцовую линейку помещают на опорные призмы, входящие в состав компарирующего устройства (или приспособления с измерительными головками), и устанавливают ее вдоль одной из диагоналей плиты так, чтобы середина линейки совпала с центром плиты (рисунок 3.6). В центральную точку плиты устанавливают стойку с измерительной головкой, поднимают ее до соприкосновения измерительного наконечника с рабочей поверхностью образцовой линейки, установив на шкале близкое к нулю показание, закрепляют головку в стойке. Затем проводят измерения в двух крайних точках диагонали, записывая отсчеты в протокол (см. таблицу 14 приложения 5 МИ 2007-89), после чего выполняют измерения во втором диагональном сечении.

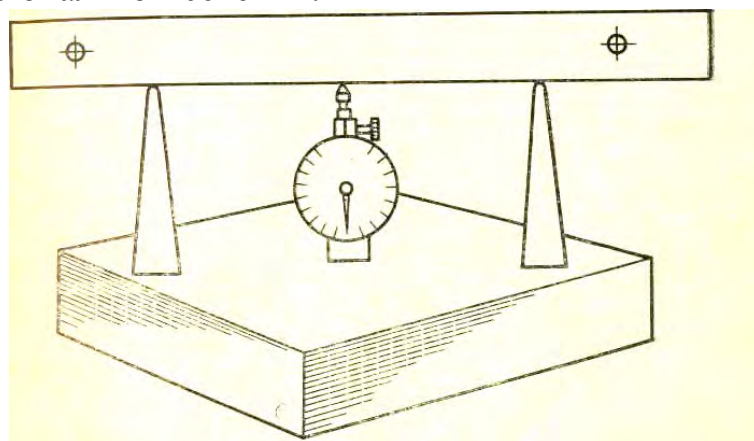


Рисунок 3.6

При измерении в крайних сечениях положение проверяемых точек определяют по отметкам на боковых поверхностях плиты, а в промежуточных — по отметкам на боковых поверхностях поверочных линеек.

Отсчеты по индикатору $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ записывают в протокол (таблица 15 приложения 5 МИ 2007-89).

Обработка результатов измерений проводится согласно пункта 4 МИ 2007-89.

Форма протокола поверки плиты автоколлиматором по двум диагональным сечениям.

Определение отклонения от плоскостности:

Коэффициент а=

Диагональ: 1

Номера точек, i	$\alpha(i), "$	$\beta(i)=\alpha(i)-\alpha(1),$	$h(i)=a*\beta(i),$ мкм	$y(i)=y(i-1)+h(i),$ мкм	$\delta(i)=(y(n)/n)*i,$ мкм	$H(i)=y(i)-\delta(i),$ мкм
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Диагональ: 2

Номера точек, i	$\alpha(i), "$	$\beta(i)=\alpha(i)-\alpha(1),$	$h(i)=a*\beta(i),$ мкм	$y(i)=y(i-1)+h(i),$ мкм	$\delta(i)=(y(n)/n)*i,$ мкм	$H(i)=y(i)-\delta(i),$ мкм
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Отклонение от плоскостности:

мкм класс

Допускаемое значение:

мкм

Заключение:

Вид выходного документа:

Поверитель

3.8 Поверка уровней для машиностроения

Общие технические условия для уровней брусковых и рамных установлены в ГОСТ 9392-89.

Брусковые уровни предназначены для измерения отклонения от горизонтального положения поверхностей, рамные уровни предназначены для измерения отклонения от вертикального и горизонтального положения поверхностей.

Длина рабочей поверхности уровней должна соответствовать следующим значениям: 100; 150; 200; 250; 300 мм; а цена деления 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,15 мм/м.

Требования к методам и средствам поверки уровней установлены в Методических указаниях МИ 1532-86 "Уровни рамные и брусковые для машиностроения. Методика поверки".

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр;
- контроль качества шабровки;

- определение отклонения от плоскостности рабочих поверхностей уровня;
- определение отклонения от плоскостности рабочих поверхностей уровня;
- определение отклонения пузырька основной ампулы от среднего (нулевого) положения при установке уровня на горизонтальную плоскость или горизонтально расположенный цилиндр;
- определение погрешности установки установочной (поперечной) ампулы относительно рабочей поверхности основания уровня;
- определение отклонения значения средней цены деления основной ампулы от ее номинального значения;
- определение отклонения пузырька основной ампулы от среднего положения при установке рамного уровня любой из его вертикальных рабочих поверхностей по вертикальной плоскости или вертикально расположенному цилиндру;
- определение отклонения пузырька основной ампулы от среднего положения при установке рамного уровня верхней рабочей поверхностью по горизонтальной плоскости или горизонтально расположенному цилиндру;
- определение разности показаний уровня при установке на горизонтальную плоскость и горизонтально расположенный цилиндр;
- определение разности показаний рамного уровня при установке любой из его вертикальных рабочих поверхностей по вертикальной плоскости или вертикально расположенному цилиндру и основанием на горизонтальную плоскость;
- определение разности показаний рамного уровня при установке верхней рабочей поверхности по горизонтальной плоскости или горизонтально расположенному цилиндру и основанием на горизонтальную плоскость;
- определение изменения показаний уровня, установленного нижней призматической канавкой на горизонтально расположенный цилиндр, при повороте уровня относительно оси цилиндра на угол в пределах шкалы установочной ампулы.

Для определения метрологических характеристик должны быть применены:

- ✓ брусок БК-350 по ГОСТ 22601-77;
- ✓ мера для определения толщины слоя краски или образец для определения значения просвета без линейки;
- ✓ краска "Краплак красный", "Берлинская лазурь" или "Черная типографская" по ГОСТ 11826-77; лекальная линейка типа ЛД по ГОСТ 8026-92;
- ✓ поверочная плита класса точности 0 или 1 по ГОСТ 10905-86;
- ✓ контрольный валик;
- ✓ экзаменатор мод.130;
- ✓ рамный угольник, отклонение от прямолинейности 1 мкм, отклонение от перпендикулярности 1 мкм; электронный или брусковый уровень с ценой деления 0,02 мм/м.

Эталоны должны быть подготовлены в соответствии с требованиями ТНПА на них.

Перед проведением поверки следует соблюдать следующие условия:

- ✓ температура окружающей среды, (20 ± 2) °С,
- ✓ относительная влажность воздуха не более 80 %.

Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

– уровни и средства поверки подготавливают к работе в соответствии с технической документацией на них.

– уровни и средства поверки выдерживают в помещении, где проводится поверка, при температуре (20 ± 2) °С не менее 6 ч. для уровней с ценой деления 0,02 и 0,05 мм/м и 4 ч - для уровней с ценой деления 0,1 и 0,15 мм/м.

– смазанные рабочие поверхности уровня промывают бензином по ГОСТ 1012-2013, протирают чистой салфеткой из хлопчатобумажной ткани по ГОСТ 29298-2005.

– при проведении поверки рабочие поверхности поверочной плиты и рамного угольника должны быть установлены в горизонтальное или вертикальное положение с помощью уровня, цена деления которого не превышает 0,5 цены деления поверяемого уровня.

– при поверке уровней с ценой деления 0,02 мм/м допускается установку выполнять с помощью уровня с ценой деления 0,02 мм/м, при этом установку поверочной плиты проверяют не менее пяти раз.

– поверочные плиты устанавливают в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

– для уровней с ценой деления 0,02 мм/м необходимо применять плиту класса точности 0, для других уровней - класса точности 1.

– вибрация плиты во время поверки не должна вызывать колебаний пузырька основной ампулы поверяемого уровня более чем на 0,1 деления шкалы ампулы.

Основные положения процедуры проведения поверки включают:

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие уровней следующим требованиям:

– наружные необработанные поверхности корпуса уровней должны иметь противокоррозионное покрытие.

– к уровню должен быть приложен футляр и паспорт, включающий инструкцию по эксплуатации.

– на уровне должны быть нанесен товарный знак предприятия изготовителя, порядковый номер по системе нумерации предприятия изготовителя, наименование изделия, цена деления.

– нижняя и одна из боковых рабочих поверхностей рамного уровня, а также нижняя рабочая поверхность брускового уровня должны иметь призматические канавки для установки на цилиндрические поверхности.

– шкала продольной ампулы с ценой деления 0,1 мм/м и менее должна иметь не менее 10 делений, а с ценой деления 0,15 мм/м – не менее 5 делений по обе стороны от нулевых штрихов.

– уровни с ценой деления 0,02 и 0,05 мм/м должны быть термоизолированы.

Определение метрологических характеристик.

При проведении поверки обработку результатов измерений производят в соответствии с методикой, приведенной в приложении 6 МИ 1532-86.

Контроль качества шабровки.

Качество шаброванных поверхностей рамных и брусковых уровней контролируют методом краски. На контрольный плоский брусок наносят слой краски «Краплак красный» по ГОСТ 11826-77. Толщина слоя краски в зависимости от цены деления уровня должна быть следующей:

Цена деления уровня, мм/м	.....	0,02	0,05	0,10	0,15
Толщина слоя краски, мкм	.....	6	7	8	12

Толщину слоя краски определяют с помощью меры (см. приложение 1 МИ 1532-86) или образца без линейки (см. приложение 2 МИ 1532-86), состоящего из плоскопараллельных концевых мер длины и плоской стеклянной пластины.

Меру или образец устанавливают на окрашенную поверхность бруска (предварительно на бруске под опорами меры или образца и в направлении движения опор на их ширину снимают краску) и смещают в направлении, перпендикулярном к длинному ребру бруска. Если толщина слоя краски соответствует вышеприведенным значениям, то плоскость *B* меры и концевая мера длины *B* образца (см. приложения 1 и 2) должны слегка окраситься. Если толщина слоя краски превышает требуемую толщину, то краску следует снять и нанести снова. Если толщина краски меньше требуемой, то краску добавляют.

После нанесения слоя краски требуемой толщины на поверхность бруска устанавливают поверяемый уровень и перемещают его. Качество шабровки определяют по числу пятен на площади 300 мм² поверхности поверяемого уровня.

Число пятен должно быть не менее 14 для уровней с ценой деления 0,02 мм/м и 0,05 мм/м и не менее 9 для уровней с ценой деления 0,10 мм/м и 0,15 мм/м.

Определение отклонения от плоскостности рабочих поверхностей уровня.

Отклонение от плоскостности доведенных и шлифованных рабочих поверхностей уровней определяют лекальной линейкой. Ее устанавливают на проверяемую поверхность параллельно длинному ребру основания уровня и по двум диагоналям. Значения просвета определяют визуально, сравнивая его с образцом (см. приложение 2 МИ 1532-86).

Отклонение от плоскостности основания уровня на длине 100 мм не должно превышать 0,003 мм для уровней с ценой деления 0,02 мм/м и 0,05 мм/м и 0,004 мм для уровней с ценой деления 0,10 мм/м и 0,15 мм/м.

Отклонение от плоскостности призматических выемок уровня на длине 100 мм не должно превышать 0,002 мм для уровней с ценой деления 0,02 мм/м и 0,05 мм/м и 0,003 мм для уровней с ценой деления 0,10 мм/м и 0,15 мм/м.

Отклонение от плоскостности допускается только как вогнутость, при этом вогнутость среднего участка рабочей поверхности должна быть не менее вогнутости участков по краям рабочей поверхности.

Определение отклонения пузырька основной ампулы от среднего (нулевого) положения при установке уровня на горизонтальную плоскость или горизонтально расположенный цилиндр.

Для определения отклонения пузырька основной ампулы от среднего положения при установке уровня на горизонтальную плоскость (a_1) уровень ставят на поверочную плиту до упора в планку, укрепленную на плите, и производят отсчет (a_{11}) по шкале основной ампулы по одному из концов пузырька. Затем уровень поворачивают на 180° , устанавливают его на то же место плиты, что и при первом положении, до упора в планку и производят отсчет (a_{12}) по второму концу пузырька основной ампулы, обращенному в ту же сторону, что и при первоначальном отсчете.

Для определения отклонения пузырька основной ампулы от среднего положения при установке уровня на горизонтально расположенный цилиндр (a_2) уровень призматической канавкой устанавливают на горизонтально расположенный валик (см. приложение 4 МИ 1532-86) так, чтобы пузырек установочной ампулы был в среднем положении. В остальном, методика поверки аналогична методике поверки уровня при установке его плоскостью на поверочную плиту. При этой поверке снимают отсчеты a_{21} и a_{22} .

Отклонение пузырька основной ампулы от среднего положения при установке уровня на горизонтальную плоскость (горизонтально расположенный цилиндр) не должно превышать $\frac{1}{4}$ деления шкалы ампулы.

Определение погрешности установки установочной (поперечной) ампулы относительно рабочей поверхности основания уровня.

Определение погрешности установки установочной ампулы относительно рабочей поверхности основания уровня выполняют по методике, изложенной в предыдущем пункте, при установке на поверочную плиту, производя отсчеты по установочной ампуле и определяя погрешность установки по формуле, аналогично определению a_1 .

Погрешность установки установочной ампулы не должна превышать одного деления шкалы ампулы.

Определение отклонения значения средней цены деления основной ампулы от ее номинального значения.

Для определения отклонения значения средней цены деления основной ампулы от ее номинального значения уровень ставят на рабочую поверхность экзаменатора, расположенного на поверочной плите. Регулируемыми винтами экзаменатора приводят пузырек установочной ампулы уровня в среднее положение. Затем микрометрическим винтом экзаменатора концы пузырька основной ампулы уровня последовательно совмещают с крайними штрихами шкалы ампулы и со штрихами, расположенными через 10 делений от крайних штрихов. Отсчеты выполняют по отсчетному устройству экзаменатора и по шкале уровня. Обозначения отсчетов приведены в таблице.

Положение пузырька основной ампулы уровня	Отсчеты, дел.	
	По экзаменатору	По шкале уровня
Левый конец пузырька совмещен с крайним слева штрихом шкалы	l_0	a_0
Левый конец пузырька совмещен со штрихом, расположенным через 10 делений от крайнего	l_n	a_n
Правый конец пузырька совмещен с крайним справа штрихом шкалы	l'_0	a'_0
Правый конец пузырька совмещен со штрихом, расположенным через 10 делений от крайнего	l'_n	a'_n

Концы пузырька со штрихами шкалы совмещают приблизительно, оценивая десятые доли деления визуально.

Для уменьшения влияния порога чувствительности ампулы конец пузырька уровня в указанные четыре положения следует устанавливать, вращая винт экзаменатора в одну и ту же сторону. В случае перехода требуемого положения винт экзаменатора следует повернуть назад и снова подвести его к нужной точке, вращая в том же направлении.

На основании полученных данных определяют действительное значение средней цены деления уровня ад по формуле

$$a_0 = \frac{l_n - l_0 + l'_n - l'_0}{a_n - a_0 + a'_n - a'_0} \cdot i,$$

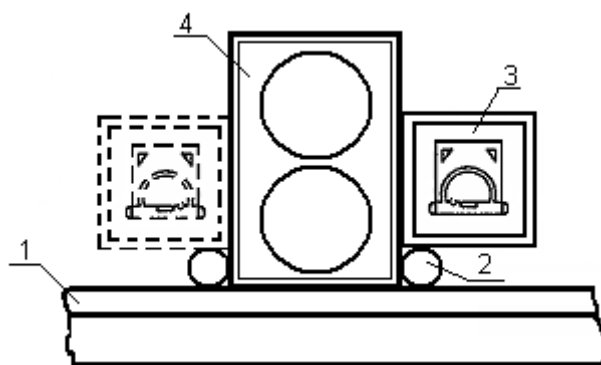
где i – цена деления экзаменатора.

Отклонение действительного значения средней цены деления уровня от номинального значения не должно превышать значений, приведенных в таблице.

Цена деления ампулы, мм/м	Допускаемое отклонение средней цены деления основной ампулы от номинального значения, мм/м
0,02	$\pm 0,006$
0,05	$\pm 0,015$
0,10	$\pm 0,030$
0,15	$\pm 0,040$

Определение отклонения пузырька основной ампулы от среднего положения при установке рамного уровня любой из его вертикальных рабочих поверхностей по вертикальной плоскости или вертикально расположенному цилиндру.

Для определения отклонения пузырька основной ампулы от среднего положения при установке рамного уровня рабочей вертикальной поверхностью по вертикальной плоскости (а3) уровень приставляют проверяемой поверхностью к вертикальным рабочим поверхностям рамного угольника сначала с одной, а затем с другой стороны, что равносильно повороту уровня на 180° (рисунок 3.7).



1 – поверочная плита; 2 – опорный валик; 3 – поверяемый уровень;
4 – рамный угольник
Рисунок 3.7

Для определения отклонения пузырька основной ампулы от среднего положения при установке уровня вертикальной рабочей поверхностью по вертикально расположенному цилиндру (a_4) уровень приставляют вертикальной призматической канавкой к вертикально расположенному контрольному валику (см. рисунок 1 и приложение 4 МИ 1532-86). В остальном методика поверки при установке уровня по вертикально расположенному цилиндру аналогична поверке при установке уровня по вертикальной плоскости. При этой поверке фиксируют отсчеты a_{41} и a_{42} .

Отклонение пузырька основной ампулы от среднего положения при установке уровня по вертикальной плоскости (вертикально расположенному цилиндру) не должно превышать $\frac{1}{2}$ деления шкалы ампулы.

Определение отклонения пузырька основной ампулы от среднего положения при установке рамного уровня верхней стороной корпуса по горизонтальной плоскости или горизонтально расположенному цилиндру.

Поверяемый уровень устанавливают на поверочную плиту. На верхнюю рабочую поверхность рамного уровня устанавливают эталонный уровень и производят отсчеты по одному из концов пузырька основной ампулы поверяемого уровня (b_{11}) и по одному из концов шкалы основной ампулы эталонного уровня, обращенному в ту же сторону (c_{11}), либо по табло электронного уровня.

Длина рабочей поверхности поверяемого и эталонного уровня должна быть одинаковой.

Цена деления эталонного уровня должна быть меньше цены деления поверяемого уровня (соотношение цены деления уровней должно быть более 1:2).

При поверке рамных уровней с ценой деления 0,02 мм/м допускается применять в качестве эталонного уровня уровень с той же ценой деления. При этом необходимо повторить процедуру измерения не менее пяти раз. За значение отсчета следует принимать среднее арифметическое значение из результатов пяти измерений. Далее эталонный уровень снимают, поверяемый рамный уровень поворачивают на 180° и на него вновь устанавливают эталонный уровень, не поворачивая его, и производят отсчеты (b_{12} и c_{12}) по концам пузырька

поверяемого и эталонного уровней, соответственно обращенных в ту же сторону, что и при первом отсчете.

Для определения отклонения пузырька основной ампулы от среднего положения при установке уровней по горизонтально расположенному цилиндру на верхнюю призматическую канавку укладывают валик (см. приложение 4 МИ 1532-86), на который устанавливают эталонный уровень. В остальном, методика поверки аналогична методике поверки уровня по верхней рабочей плоскости. В случае применения в качестве эталонного брускового или рамного уровня отклонение пузырька основной ампулы от среднего положения определяют по формуле

$$a'_{5(6)} = \frac{b_{11(21)} - b_{12(22)}}{2} - k \cdot \frac{c_{11(21)} - c_{12(22)}}{2},$$

где k – отношение цены деления эталонного уровня к цене деления поверяемого уровня;

b_{21} , b_{22} и c_{21} , c_{22} – значения отсчетов по шкалам основных ампул поверяемого и эталонного уровней соответственно при установке по горизонтально расположенному цилиндру в делениях шкалы.

Отклонение пузырька основной ампулы от среднего положения при установке рамного уровня верхней стороной по горизонтальной плоскости (горизонтально расположенному цилиндру) не должно превышать $\frac{1}{2}$ деления шкалы ампулы.

Определение разности показаний уровня при установке на горизонтальную плоскость и горизонтально расположенный цилиндр.

Для определения разности показаний уровня нуль при установке на горизонтальную плоскость и горизонтально расположенный цилиндр ($a_2 - a_1$) определяют отклонение пузырька основной ампулы от среднего положения при установке уровня на горизонтальную плоскость (a_1) и на горизонтально расположенный цилиндр (a_2).

Разность показаний уровня при установке его на горизонтальную плоскость и горизонтально расположенный цилиндр не должна превышать $\frac{1}{2}$ деления шкалы ампулы.

Определение разности показаний рамного уровня при установке любой из его вертикальных рабочих поверхностей по вертикальной плоскости или вертикально расположенному цилиндру и основанием на горизонтальную плоскость.

Разность показаний рамного уровня при установке любой из его вертикальных рабочих поверхностей по вертикальной плоскости или вертикально расположенному цилиндру и основанием по горизонтальной плоскости ($a_3 - a_1$ или $a_4 - a_1$ соответственно) определяют в следующей последовательности.

Определяют отклонение пузырька основной ампулы от среднего положения при установке уровня основанием на горизонтальную плоскость (a_1).

Определяют отклонение пузырька основной ампулы от среднего положения при установке вертикальной рабочей поверхности уровня по вертикальной плоскости (a_3) и по вертикально расположенному цилиндру (a_4).

Разность показаний уровня при установке его вертикальных рабочих поверхностей по вертикальной плоскости или вертикально расположенному цилиндру и основанием по горизонтальной плоскости не должна превышать $\frac{1}{2}$ деления шкалы ампулы.

Определение разности показаний рамного уровня при установке верхней рабочей поверхности по горизонтальной плоскости или горизонтально расположенному цилиндру и основанием на горизонтальную плоскость.

Разность показаний рамного уровня при установке верхней рабочей поверхности по горизонтальной плоскости или горизонтально расположенному цилиндру и основанием на горизонтальную плоскость (a_5-a_1 или a_6-a_1 соответственно) определяют в следующей последовательности:

– Определяют отклонение пузырька основной ампулы от среднего положения при установке уровня основанием на горизонтальную плоскость (a_1).

– Определяют отклонение пузырька основной ампулы от среднего положения при установке рамного уровня верхней рабочей поверхностью по горизонтальной плоскости (a_5) и горизонтально расположенному цилиндру (a_6) для рамных уровней с призматической канавкой на верхней рабочей поверхности.

Разность показаний рамного уровня при установке верхней рабочей поверхностью по горизонтальной плоскости или горизонтально расположенному цилиндру и основанием на горизонтальную плоскость не должна превышать $\frac{1}{2}$ деления шкалы ампулы.

Определение изменения показаний уровня, установленного нижней призматической канавкой на горизонтально расположенный цилиндр, при повороте уровня относительно оси цилиндра на угол в пределах шкалы установочной ампулы.

Для определения изменения показаний уровня, установленного нижней призматической канавкой на горизонтально расположенный цилиндр, при повороте уровня относительно оси цилиндра на угол в пределах шкалы установочной ампулы уровень устанавливают нижней призматической канавкой на горизонтально расположенный валик (см. приложение 4 МИ 1532-86). Пузырек установочной ампулы необходимо установить в среднее положение. Отсчет делают по одному из концов пузырька основной ампулы (среднее положение). Уровень поворачивают вокруг цилиндра на угол в пределах шкалы установочной ампулы в одну и другую сторону (крайние положения) и производят отсчет по тому же концу пузырька основной ампулы.

Разность отсчетов в среднем положении и в крайних положениях не должна превышать $\frac{1}{4}$ деления шкалы ампулы.

3.9 Поверка автоколлиматоров

Автоколлиматоры предназначены для измерений косвенным методом отклонений от прямолинейности и плоскостности плит, линеек поверочных и направляющих станков.

Требования к методам и средствам поверки автоколлиматоров установлены в методическом указании РД 50-434-83. Автоколлиматоры. Методы и средства поверки.

Данное методическое указание распространяется на визуальные автоколлиматоры АК-0,25; АК-0,5; АК-1; АК-5; АК-30; АК-0,2У; АК-0,5У; АК-1У; АК-60; АКМ-1000; АКУ-1; АКТ-200, на фотоэлектрические автоколлиматоры типов АФ-2, и АФ-1Ц.

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:

- 1) Внешний осмотр.
- 2) Опробование.
- 3) Определение параллакса секундной шкалы относительно неподвижного индекса.
- 4) Определение отклонения от перпендикулярности зеркала и плоскостей выверочных площадок оправы и опорной плоскости.
- 5) Определение среднего квадратического отклонения погрешности наведения и отсчитывания.
- 6) Определение соответствия секундной шкалы наименьшему интервалу минутной шкалы.
- 7) Определение основной погрешности автоколлиматора.

Для определения метрологических характеристик должны быть применены:

- мера плоского угла призматическая, тип 3;
- номинальное значение 90° ;
- класс точности 1;
- угольник УП-1-100, диапазон измерения 0-100 мм, 1 класс точности;
- исходный эталон плоского угла в области измерения малых углов - экзаменатор ЭО-1;
- диапазон измерения 0-1200", границы абсолютной погрешности $\pm 0,4''$.

Эталоны должны быть подготовлены в соответствии с требованиями ТНПА на них.

Перед проведением поверки следует соблюдать следующие условия:

температура окружающего воздуха $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха не более 80 %.

Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- автоколлиматор помещают на поверочную плиту не ниже 1 класса точности по ГОСТ 10905, установленную на фундаменте и ориентируют его таким образом, чтобы объектив был направлен в сторону стола исходного эталона плоского угла в области измерения малых углов – экзаменатора ЭО-1 (далее - экзаменатор);

- на стол экзаменатора устанавливают плоское зеркало из комплекта автоколлиматора так, чтобы плоскость зеркала была расположена перпендикулярно длинной стороне рычага экзаменатора;

- включают автоколлиматор, установочными винтами автоколлиматора и поворотами зеркала вводят изображение автоколлимационной марки в поле зрения;

- автоколлиматор до начала поверки выдерживают на рабочем месте не менее 6 ч.

Основные положения процедуры проведения поверки включают:

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- отсутствие на наружных поверхностях автоколлиматора дефектов, влияющих на его эксплуатационные характеристики и ухудшающих его внешний вид;

- наличие четкой маркировки;

- наличие равномерного освещения поля зрения.

- отсутствие царапин и выколов на поверхностях оптических деталей.

Опробование:

✓ движение винтов компенсатора автоколлиматора должно быть плавным, без скачков и заеданий. У автоколлиматоров с высокой стойкой крепление колонки должно быть надежным. Вращение трубы в кронштейне должно быть плавным, а фиксация съемных элементов зажимными устройствами должна быть надежной;

✓ - определение качества автоколлимационного изображения и освещенности поля зрения;

✓ - качество автоколлимационного изображения и освещенность поля зрения проверяют наблюдением в окуляр с установленным перед автоколлиматором зеркалом из комплекта автоколлиматора. Изображение автоколлимационной марки в поле зрения окуляра должно быть резким и ярким, без бликов, мешающих измерению. Контуры изображения автоколлимационной марки, штрихов шкал, биссектора и индекса должны быть прямыми и резкими, без дефектов, яркость всех штрихов должна быть одинаковой;

✓ - рабочая часть поля зрения автоколлиматора должна быть равномерно освещена. Не допускается наличие точек, царапин, пузырей, мешающих наблюдению изображения автоколлимационной марки и шкал;

✓ - определение параллельности изображения штрихов автоколлимационной марки и штрихов минутной шкалы (или биссектора);

✓ - получают изображение штрихов автоколлимационной марки от плоского зеркала, совмещают его по высоте с одним из штрихов минутной шкалы (или биссектора). Затем снимают последовательно два отсчета, совмещая верхний и нижний концы вертикального штриха автоколлимационной марки со штрихом минутной шкалы, и вычисляют разность между двумя отсчетами.

Определение параллакса секундной шкалы относительно неподвижного индекса.

Параллакс секундной шкалы относительно неподвижного индекса определяют по смещению изображения индекса относительно изображения штрихов шкалы при изменении положения глаза в плоскости выходного зрачка окуляра автоколлиматора.

Определение отклонения от перпендикулярности зеркала и плоскостей выверочных площадок оправы.

Отклонение от перпендикулярности зеркала и плоскостей выверочных площадок оправы проверяют при помощи меры плоского угла.

Трубу автоколлиматора устанавливают так, чтобы зеркало перекрывало половину его входного отверстия. Установочными винтами автоколлиматора и поворотами зеркала вводят изображение автоколлимационной марки в поле зрения. Установив меру одной из рабочих граней на выверочную площадку зеркала, поворотами меры вводят в поле зрения изображение автоколлимационной марки от другой рабочей грани меры. Проверку проводят для обеих выверочных площадок оправы зеркала. Определяют несовпадение по высоте изображений автоколлимационной марки, полученных от зеркала и от грани меры плоского угла.

Отклонение от перпендикулярности зеркала и опорной плоскости оправы.

Отклонение от перпендикулярности зеркала и опорной плоскости оправы проверяют при помощи угольника. Зеркало устанавливают опорной плоскостью на плиту и вводят изображение автоколлимационной марки в поле зрения. Затем вводят изображение автоколлимационной марки от грани угольника, установленного на ту же плиту. Определяют несовпадение по высоте изображений автоколлимационной марки, полученных при отражении от зеркала и от грани угольника с учетом поправки на рабочий угол угольника.

Определение соответствия секундной шкалы длине деления минутной шкалы.

Соответствие секундной шкалы длине деления минутной шкалы проверяют как в одной, так и в двух координатах на пяти различных участках минутной шкалы путем пятикратного измерения наименьшего интервала минутной шкалы при помощи отсчетного устройства автоколлиматора и сравнения полученного значения с номинальным значением проверяемого наименьшего интервала минутной шкалы.

Определение погрешности автоколлиматора.

Основную погрешность автоколлиматора определяют при помощи экзаменатора ЭО-1 во всем диапазоне и не менее чем на пяти интервалах, равномерно расположенных слева и справа от середины диапазона либо на интервалах, указанных в заявке на калибровку.

Подготовка автоколлиматора к поверке:

- автоколлиматор устанавливают на поверочной плите так, чтобы его визирная линия была перпендикулярна плоскости зеркала, установленного на столе экзаменатора.

- установочными винтами автоколлиматора и поворотами зеркала вводят изображение автоколлимационной марки в поле зрения и совмещают ее со штрихом, который является серединой диапазона вертикальной минутной шкалы.

- включают экзаменатор и при помощи устройства цифровой индикации задают номинальное значение углов перемещения рычага.

- в автоматическом режиме работы экзаменатора поочередно перемещают рычаг экзаменатора на заданные углы наклона и снимают отсчеты по автоколлиматору.

Основную погрешность автоколлиматоров определяют во всем диапазоне и не менее чем на пяти интервалах, равномерно расположенных слева и справа от середины диапазона.

Основная погрешность автоколлиматора не должна превышать значения

$$D = \alpha + \frac{\varphi}{100},$$

где α – цена деления секундной шкалы; φ – проверяемый интервал ["]

4 ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

4.1 Сведения по нормированию шероховатости поверхности

Шероховатостью поверхности любых деталей является совокупность микронеровностей в результате их изготовления тем или иным обрабатывающим инструментом. Практически на любом чертеже присутствуют соответствующие обозначения шероховатости (чистоты) поверхности, поясняя требования к качеству поверхности и выбору инструмента.

Шероховатость поверхности оказывает влияние на качество сопряжения деталей и посадок, работу смазывающего слоя, износостойкость, адгезию, отражательную способность и т.п.

В соответствии с ГОСТ 25142-82 «Шероховатость поверхности. Термины и определения» шероховатость поверхности оценивают рядом параметров, основными из которых являются:

а) параметры шероховатости, связанные с высотными свойствами неровностей Ra , Rz и $Rmax$;

б) параметры шероховатости, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля Sm и S .

в) параметры шероховатости, связанные с формой неровности профиля t_p .

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra : Среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины

$$Ra = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где n – число отклонений профиля y .

Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz : Сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5},$$

где y_{pi} – высота i -го наибольшего выступа профиля;

y_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины профиля.

Наибольшая высота неровностей профиля $Rmax$: Расстояние между линией выступов профиля и линией впадин в пределах базовой длины.

Базовая длина l : Длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

Числовые значения базовой длины выбирают из ряда 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм. Чем больше размеры неровностей, тем больше должна быть базовая длина.

Средний шаг неровностей профиля Sm : Среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг местных выступов профиля S : Среднее значение шагов местных выступов профиля в пределах базовой длины.

Относительная опорная длина профиля t_p : Отношение опорной длины профиля η_p к базовой длине l .

Параметр Ra является предпочтительным.

4.2 Поверочная схема для средств измерений параметров шероховатости

Передача размера единицы длины в области измерений шероховатости поверхности регламентируется ГОСТ 8.296-78.

Во главе поверочной схемы находится Государственный специальный эталон. Государственный специальный эталон предназначен для воспроизведения и хранения единицы длины в области измерений параметров шероховатости R_{max} и Rz в диапазоне 0,1-1000 мкм и передачи размера единицы рабочим эталонам методом прямых измерений. Обеспечивает воспроизведение единицы со средним квадратическим отклонением результата измерения (S) 0,005 мкм в диапазоне 0,1-1 мкм и 0,05 мкм в диапазоне 1-1000 мкм при неисключенной систематической погрешности (Θ) 0,005 мкм в 0,1-1 мкм и 0,05 мкм в диапазоне 1-1000 мкм.

В основу эталона положен метод преобразования профиля поверхности с измерением в длинах световых волн ординат дискретных точек выступов и впадин. В состав эталона входят:

- источник монохроматического излучения образцовый газовый оптический квантовый генератор 1-го разряда, стабилизированный по провалу Лэмба;
- микроинтерференционная установка, состоящая из микроинтерферометра, устройств для наведения и дополнительных средств измерений линейных перемещений;
- мера шероховатости.

В качестве рабочих эталонов применяют эталонные наборы мер, выполненных в виде плоскопараллельных пластин с неровностями периодического профиля в диапазоне параметров шероховатости R_{max} и Rz 0,1-1000 мкм. Рабочие эталоны применяют для передачи размера единицы эталонным средствам измерений 1-го разряда методом прямых измерений или при помощи компаратора.

В качестве эталонных средств измерений 1 разряда применяют эталонные приборы (микроинтерферометры, интерференционные микровысотометры, контактные профилографы) и эталонные меры шероховатости. Служат для поверки эталонных средств измерений 2-го разряда методом прямых измерений.

В качестве эталонных средств измерений 2 разряда применяют эталонные приборы (микроинтерферометры, интерференционные микровысотометры, контактные профилографы) и эталонные меры шероховатости. Служат для поверки эталонных средств измерений 3-го разряда и рабочих средств измерений методом прямых измерений.

Соотношение пределов допускаемых приведенных погрешностей эталонных средств 1-го и 2-го разрядов должно быть не более 1:1,5.

В качестве эталонных средств измерений 3 разряда применяют эталонные приборы (микроинтерферометры, интерференционные микровысотомеры, контактные профилографы, приборы светового и теневого сечений) и эталонные меры шероховатости. Служат для поверки рабочих средств измерений метода прямых измерений.

Соотношение пределов допускаемых приведенных погрешностей эталонных средств 2 и 3 разрядов должно быть не более 1:1,5.

В качестве рабочих средств измерений применяют микроинтерферометры, растровые измерительные микроскопы, приборы светового и теневого сечений, контактные профилографы-профилметры, образцы шероховатости поверхности (сравнения) и детали-образцы.

Соотношение погрешностей эталонных и рабочих средств измерений должно быть не более 1:3.

4.3 Эталон единицы длины в области измерений шероховатости поверхности Республики Беларусь

Исходный эталон единицы длины в области измерений шероховатости поверхности создан и исследован в 2007 г. в Республиканском унитарном предприятии «Белорусский государственный институт метрологии». Общий вид эталона приведен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1

Состав исходного эталона

- система измерительная Form Talysurf i120 фирмы «Taylor Hobson» (Англия);
- калибровочные полусферы радиусом 12,5 мм и 80 мм;

- комплект эталонных мер с периодическим профилем, одноштриховых мер высоты неровностей;
- портативный профилометр Mitutoyo SJ-201 для измерения параметров шероховатости крупногабаритных изделий и изделий из дерева.

Метрологические характеристики эталона

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерения параметров шероховатости, связанных с высотными свойствами неровностей, мкм	От 0,01 до 1000
Средняя квадратическая погрешность результатов измерений, %	0,1
Неисключенная систематическая погрешность не превышает, %	0,4
Границы относительной суммарной погрешности δ , %	$\pm 0,5$
Погрешность при измерении радиуса дуги окружности в диапазоне От 0,1 до 22 мм От 22 до 1000 мм	От 1 % до 0,015 % От 0,02 % до 0,1 %
Погрешность при измерении отклонения формы дуги окружности, мкм	$\leq 0,25$

Эталон предназначен:

- для хранения и передачи единицы длины в области измерений параметров шероховатости рабочим средствам измерений, применяемым в народном хозяйстве, с целью обеспечения единства и достоверности измерений;
- для поверки и калибровки эталонных мер шероховатости с периодическим профилем и одноштриховых мер высоты неровностей;
- измерений с высокой точностью параметров шероховатости прямолинейных, криволинейных, сферических и цилиндрических поверхностей различных изделий, для которых установлены требования к качеству обработанной поверхности.
- для измерений шероховатости изделий медицинской техники и изделий из дерева.

Применяют для измерений параметров шероховатости, регламентированных ГОСТ 2789-78 «Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики, обозначения», а также параметров полного профиля, параметров шероховатости и волнистости по ISO 4287.

4.4 Средства измерений параметров шероховатости

Измерение параметров шероховатости осуществляется контактным методом щуповыми приборами и бесконтактным - оптическими приборами.

Оптические приборы измерения шероховатости основаны на различных методах, основными из которых являются методы светового сечения, теневого сечения, интерферометрии и рефлектометрии. Однако область применения этих

приборов крайне ограничена, они в настоящее время не выпускаются из производства, как в странах СНГ, так и в странах дальнего зарубежья.

ГОСТ 9847-79 распространяется на оптические приборы, действие которых основано на принципе одновременного преобразования профиля поверхности, предназначенные для измерения параметров R_{max} , R_z и S .

Контактные приборы реализуют метод измерения параметров микронеровностей профиля поверхности. Его сущность заключается в том, что остро заточенная алмазная игла (радиус закругления 2; 5; 10 мкм), имеющая контакт с исследуемой поверхностью, поступательно перемещается по заданной трассе относительно поверхности. Ось иглы располагается по нормали к поверхности. Опускаясь во впадины поверхности, поднимаясь на ее выступы во время движения, игла начинает колебаться, повторяя по величине и форме огибаемый профиль поверхности. Механические колебания иглы преобразуются в электрические с помощью индуктивных или пьезоэлектрических датчиков.

В индуктивных преобразователях движение алмазной иглы по микронеровностям в вертикальной плоскости вызывает перемещение якоря в индуктивной головке с двумя катушками. К одной из катушек якорь приближается, что увеличивает ее индуктивность, а от другой он в то же время удаляется, что уменьшает ее индуктивность. Так как катушки составляют часть измерительной мостовой схемы, то противоположное изменение индуктивностей катушек существенно повышает чувствительность измерительного моста. На этом принципе работает целый ряд индуктивных измерителей шероховатости.

Щуповые электромеханические приборы для измерения параметров шероховатости поверхности называют профилометрами, а приборы для записи профиля микронеровностей – профилографами. При измерении шероховатости на профилографах-профилометрах с индуктивными преобразователями погрешность показаний в зависимости от исполнения прибора нормируется от $\pm 2\%$ до $\pm 10\%$. Приборы применяют в измерительных и научно-исследовательских лабораториях для проведения высокоточных измерений и в качестве эталонов. Современные профилографы-профилометры универсальны, представляют собой измерительные системы, позволяющие измерять многочисленные параметры шероховатости не только на прямолинейных поверхностях, но и на сферических. Кроме того, с помощью систем можно измерять шероховатость поверхности в отверстиях малых диаметров вплоть до 1-3 мм.

В пьезоэлектрических преобразователях механические колебания алмазной иглы при перемещении по шероховатой поверхности превращаются в электрические, которые затем усиливаются и обрабатываются.

Современные пьезоэлектрические приборы отличаются портативностью, малой массой и специальным дизайном, позволяющим использовать приборы в лаборатории, в цехе, вне помещений, а также при измерении в труднодоступных местах. Погрешность таких приборов, как правило, находится в пределах от $\pm 5\%$ до $\pm 15\%$.

Основные технические характеристики современных контактных приборов для измерения параметров шероховатости приведены в таблице.

Наименование и модель прибора	Тип преобразователя	Диапазон измерений Ra, мкм	Погрешность, %	Страна, изготовитель
1	2	3	4	5
Портативный профилометр Сейтроник ПМ-8Э	Индуктивный	0,04-12,5	± 10	Россия з-д «Сейтронмаш»
Портативный профилометр-профилограф АБРИС-ПМ7	Индуктивный	0,04-12,5	± 5	Россия ООО «АБРИС»
Портативный TR200	Индуктивный	0,01-40	± 10	Китай
Портативный Hommel Tester T500	Индуктивный	0,05-120	± 5	Германия Hommel - Werke
Портативный TR 110	Пьезоэлектрический	0,05-10	± 15	Китай
Портативный SURTRONIC DUO	Пьезоэлектрический	0,1-40	± 5	Англия, Taylor Hobson
Стационарный профилограф-профилометр 170311	Индуктивный	0,02-100	± 5	Россия з-д «Калибр»
Стационарная измерительная система Hommel Tester T8000	Индуктивный	0,01-160	± 3	Германия, Hommel - Werke
Стационарная измерительная система Form Talysurf i120 Precision	Индуктивный	0,003-1000	± 2	Англия, Taylor Hobson
Приборы для измерения шероховатости MarSurf серии XR, PS, M	Индуктивный	0,01-500	± 5	Германия Mahr

4.5 Поверка образцов шероховатости поверхности

Образец шероховатости поверхности (сравнения) – это образец поверхности с известными параметрами шероховатости, полученной определенным способом.

Образцы шероховатости поверхности (сравнения) предназначены для визуального сравнения и на ощупь с поверхностями деталей.

В соответствии с ГОСТ 9378-93 способы обработки, воспроизводимые образцами, следующие: точение, расточка, фрезерование цилиндрическое, строгание, шлифование, полирование, точение торцовое, фрезерование торцовое, шлифование торцовое, шлифование чашечным кругом, электроэрозионная обработка, дробеструйная, пескоструйная обработка. Форма поверхности образца может быть плоской, цилиндрической выпуклой, цилиндрической вогнутой. Направление неровностей поверхности образца может быть прямолинейное, дугообразное, перекрещивающееся дугообразное, не имеющее определенного направления штриха, путанный штрих.

Образцы шероховатости поверхности нормируются номинальным значением параметра *Ra*. Диапазон номинальных значений параметра *Ra* 0,05-25мкм.

Поверка образцов шероховатости проводится в соответствии с МИ 1850-88.

При проверке выполняются следующие операции:

- 1) Внешний осмотр.
- 2) Проверка габаритных размеров образца.

- 3) Проверка размагниченности.
- 4) Проверка шероховатости нерабочих поверхностей образцов.
- 5) Определение метрологических параметров образцов шероховатости поверхности.

6) Определение отклонения среднего значения параметра Ra от номинального.

7) Определение среднеквадратического отклонения параметра Ra от среднего значения.

При проведении поверки должны соблюдаться внешние условия:

- температура воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха $(60 \pm 20) \%$.

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие внешнего вида образца, комплектности набора и маркировки требованиям ГОСТ 9378-93.

Проверка габаритных размеров образца.

Габаритные размеры образца определяют металлической измерительной линейкой с ценой деления 1 мм или штангенциркулем.

Проверка размагниченности.

Размагниченность образца проверяют с помощью деталей из малоуглеродистой стали массой не более 0,1 г или применяют приборы для контроля намагниченности.

Проверка шероховатости нерабочих поверхностей.

Проверка шероховатости нерабочих поверхностей образцов по параметру Ra производится путем визуального сравнения с образцами сравнения шероховатости поверхности по ГОСТ 9378-93 или с помощью профилометра ГОСТ 19300-86.

Определение отклонения среднего значения параметра Ra от номинального и средне-квадратического отклонения параметра Ra от среднего значения.

Образец шероховатости устанавливается на столик профилометра таким образом, чтобы щуп преобразователя перемещался в направлении перпендикулярном следам обработки.

Измерение параметра следует проводить на 8 участках измерения l_n , содержащих не менее $N=5$ базовых длин каждый. Участки должны располагаться равномерно по площади образца.

Значение параметра Ra измеряют при помощи профилометра ГОСТ 19300-86 1 степени точности на базовых длинах, соответствующих указанным в ГОСТ 9378-93. Значения параметра Ra_i каждого участка образца заносят в протокол.

Вычисляют среднее арифметическое результатов измерений

$$\overline{Ra} = \frac{\sum_{i=1} Ra_i}{N}$$

Вычисляют отклонение $\delta = \frac{\overline{Ra} - R_{ном}}{Ra_{ном}} \cdot 100\%$.

Полученное значение δ не должно превышать допустимых значений по ГОСТ 9378-93.

Оценка S среднеквадратического отклонения σ вычисляется:

$$S_{Ra} = \frac{1}{Ra} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ra_i - \overline{Ra})^2}{n(n-1)}} \cdot 100\%$$

Вычисляют σ среднее квадратическое отклонение, приведенное к нормированной длине трассы.

$$\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{K}},$$

где K – отношение числа базовых длин на трассе ошупывания к 5 – требуемое число базовых длин на трассе.

Должно выполняться неравенство $S \leq \sigma_{дон}$, где $\sigma_{дон}$ – допускаемое среднее квадратическое отклонение по ГОСТ 9378-93.

Результаты измерений заносятся в протокол.

R _{ном.} мкм	Вид обработки	Отсечка шага, мм	Число участков	Измеренные значения параметра Ra _i , мкм	\overline{Ra} , мкм	δ , %	S, %	Заключение о годности

4.6 Профилограммы и их обработка.

Для записи результатов измерений неровностей поверхности исследуемого изделия служат профилографы. Запись производится в прямоугольной системе координат электротермическим способом на диаграммной ленте в виде профилограммы (рисунок 4.2).

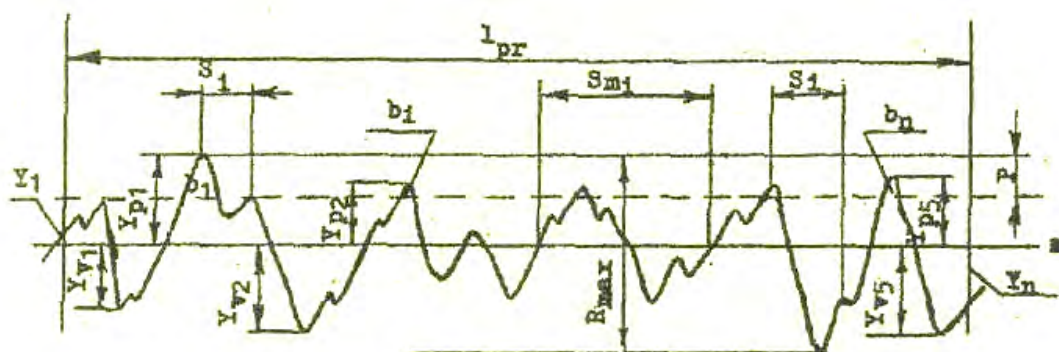


Рисунок 4.2

Ординаты профилограммы измеряют в прямоугольной системе координат, ось абсцисс которой располагается на поверхности ленты с записью профилограммы в направлении перемещения ленты. Измерения ординат производятся

при помощи, например, диаграммной сетки, линейки металлический измерительной, циркуля, универсального измерительного микроскопа, автоматизированных считывающих устройств.

Участок измерения L_{pr} должен содержать не менее 5 базовых участков. На каждом базовом участке, длина которого $l_{pr} = l \cdot V_h$, определяется базовой длиной (мм) и горизонтальным увеличением, проводят вспомогательную среднюю линию визуальным методом (так, чтобы она была параллельна общему направлению профиля, а площади по обеим сторонам от средней линии до профиля были равны между собой).

Значение параметра Rz вычисляют по формуле

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5V_v} 10^3, \text{ мкм},$$

где y_{pi} - высота i -го наибольшего выступа профиля на базовом участке профилограммы, мм;

y_{vi} - глубина i -й наибольшей впадины профиля на базовом участке профилограммы, мм;

V_v - вертикальное увеличение профилографа.

Параметра $Rmax$ определяется как расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой с учетом вертикального увеличения.

Средний шаг неровностей профиля Sm вычисляют по формуле

$$Sm = \frac{1}{V_v \cdot n} \sum_{i=1}^n Sm_i, \text{ мм}$$

где Sm_i - i -я измеренная длина шага неровности профиля в мм;

V_v - горизонтальное увеличение профилографа;

n - число шагов неровностей профиля на базовом участке профилограммы.

Шаг местных выступов профиля S вычисляют по формуле

$$S = \frac{1}{V_v \cdot n} \sum_{i=1}^n S_i, \text{ мм},$$

где S_i - i -я измеренная длина шага местного выступа неровности профиля в мм;

n - число местных выступов на базовом участке профилограммы.

Для определения параметра t_p на каждом базовом участке профилограммы эквидистантно средней линии проводят линию выступов и линию пересекающую профиль на заданном уровне p , отсчитываемом от линии выступов. Измеряют отрезки b_i в мм, отсекаемые на уровне p в материале (металле) выступов измеряемого профиля.

Значение параметра t_p находят по формуле

$$t_p = \frac{1}{l_{pr}} \sum_{i=1}^n b_i, \text{ мм}$$

где n - число отрезков b_i .

5 ПОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

5.1 Система допусков и нормы точности цилиндрических зубчатых колес

Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности.

ГОСТ 1643-81 «Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» устанавливает 12 степеней точности цилиндрических зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности с 1 по 12.

Для каждой степени точности зубчатых колес и передач устанавливаются нормы:

- кинематической точности;
- плавности работы;
- контакта зубьев в передаче, а также виды сопряжений и допуски на боковой зазор.

ГОСТ 1643-81 для каждой нормы точности устанавливает показатели точности, которые необходимо выбирать в зависимости от области применения зубчатых колес и передач.

В соответствии с ГОСТ 6512-74 «Колеса зубчатые измерительные цилиндрические прямозубые. Технические условия», зубчатые колеса 3; 4; 5 степени точности относятся к измерительным. Измерительные зубчатые колеса применяются для контроля зубчатых колес соответственно 5-6; 7 и 8-10 степеней точности.

5.2 Поверочная схема для средств измерений параметров эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба

Поверочная схема для средств измерений параметров эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба регламентирована ГОСТ 8.181-2014 «Государственная поверочная схема для средств измерений параметров эвольвентных поверхностей и угла наклона линии зуба».

Во главе поверочной схемы стоит межгосударственный первичный специальный эталон, который предназначен для воспроизведения, хранения и передачи размера единицы длины при помощи рабочих эталонов 1; 2 и 3 разрядов рабочим средствам измерений.

5.3 Эталон единицы длины для измерений параметров зубчатых колес Республики Беларусь

Эталон создан и исследован в период 2009 г. - 2010 г. в Республиканском унитарном предприятии «Белорусский государственный институт метрологии» и утвержден приказом Госстандарта №193 от 30.12. 2010. Общий вид эталона приведен на рисунке 5.1.

Эталон предназначен:

- для хранения и передачи единицы длины в области измерений параметров зубчатых колес рабочим средствам измерений, применяемым в народном хозяйстве, с целью обеспечения единства и достоверности измерений;
- для поверки и калибровки эталонных измерительных зубчатых колес эвольвентных мер и мер угла наклона линии зуба;
- для измерений с высокой точностью геометрических параметров объектов произвольной формы, имеющих габариты, не превышающие диапазон измерений эталона.

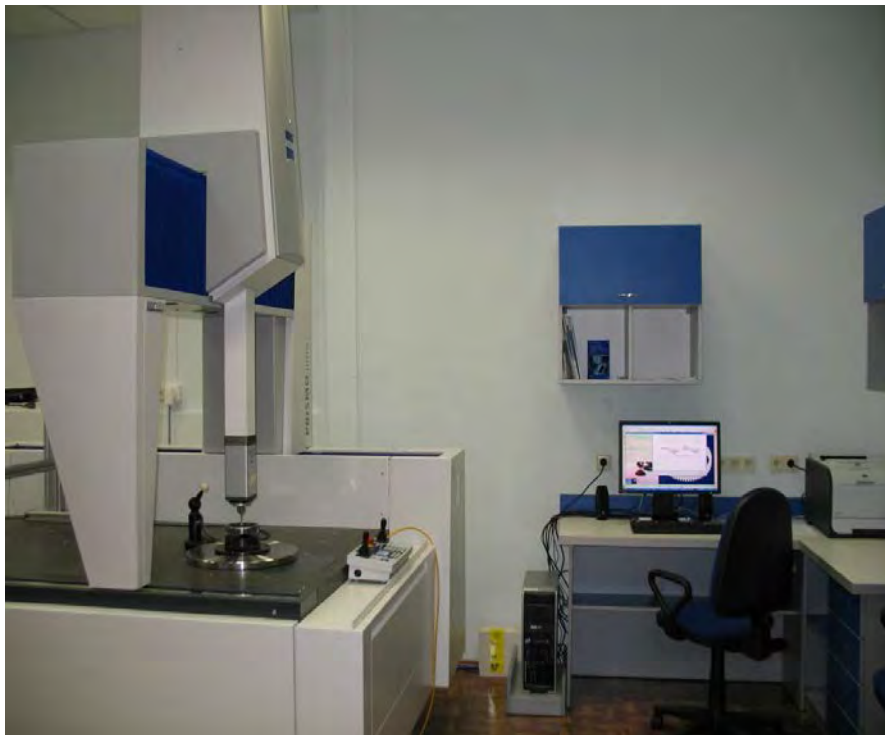


Рисунок 5.1

Состав эталона:

В состав эталона входит следующее основное оборудование:

- машина координатная измерительная PRISMO[®] ultra фирмы «Carl Zeiss» (Германия) со встроенным поворотным столом;
- головка измерительная сканирующая VAST gold[®];
- набор щупов для измерений параметров зубчатых колес;
- эталонный комплект KMG-CHECK для определения метрологических характеристик поворотного стола;
- комплект принадлежностей для поворотного стола;
- комплект эталонов: эталонная эвольвентная мера, эталонное зубчатое колесо;
- программное обеспечение: CALIPSO 5.0 - базовое; GEAR PRO 3.4 involute – для измерений прямозубых и косозубых цилиндрических колес; GEAR PRO 3.4 bevel - для измерений конических зубчатых колес; CMM-Check - для измерений эталонного комплекта KMG-CHECK.

Метрологические характеристики эталона

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений по координатным осям, мм	900 1300 700
Х	
У	
Z	
Границы суммарной абсолютной погрешности, мкм	$\pm (0,6+L/500)$ где L – измеряемая длина, мм
Погрешность касания, мкм	0,6
Погрешность при измерении формы, мкм	0,6
Погрешность касания при сканировании, мкм / время сканирования, с	1,5/45
Погрешность поворотного стола, мкм	1,9 мкм

5.4 Поверка колес зубчатых измерительных

Поверка колес зубчатых измерительных проводится по ГОСТ 8.235-77 «Колеса зубчатые измерительные. Методы и средства поверки».

При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции:

- внешний осмотр;
- определение шероховатости поверхности;
- определение отклонений диаметра посадочного отверстия;
- определение радиального биения зубчатого венца F_{rr} ;
- определение накопленной погрешности шага по колесу F_{pr} ;
- определение отклонения размера M по роликам;
- определение погрешности профиля зуба f_{fr} ;
- определение погрешности направления зуба $F_{\beta r}$;
- определение колебания длины общей нормали $F_{vWr..}$.

При выполнении операций должны применяться следующие средства поверки:

- образцы шероховатости поверхности (сравнения), или профилометры;
- нутромеры с ценой деления 0,001 мм;
- микрометры гладкие МК по ГОСТ 6507;
- проволочки и ролики по ГОСТ 2475;
- универсальные зубоизмерительные приборы;
- универсальные эвольвентомеры;
- координатные измерительные машины (КИМ).

Внешний осмотр.

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие колес требованиям ГОСТ 6512-74.

Определение шероховатости поверхности.

Шероховатость поверхности определяют у посадочного отверстия и зубьев колеса визуальным сравнением с образцами шероховатости поверхности.

При возникновении спорных вопросов шероховатость поверхности колес определяют с помощью профилометра. Шероховатость поверхности посадочного отверстия и зубьев колеса должна соответствовать требованиям ГОСТ 6512-74.

Определение отклонений диаметра посадочного отверстия.

Диаметр посадочного отверстия колеса измеряют в трех сечениях по оси посадочного отверстия (у торцев и посередине), а также в двух взаимно перпендикулярных направлениях в каждом сечении. Предельные отклонения диаметра посадочного отверстия не должны превышать значений, указанных в ГОСТ 6512-74.

Для измерений диаметра посадочного отверстия колеса применяют нутромеры с ценой деления 0,001 мм или КИМ.

Определение радиального биения зубчатого венца F_{rr} .

Измерения проводят по всем впадинам колеса. Наибольшая алгебраическая разность показаний отсчетного устройства соответствует значению радиального биения зубчатого венца. Измерения проводят при двух положениях колеса на оправке, повернутого на 180° вокруг оси. Среднее арифметическое радиального биения при двух положениях колеса на оправке не должно превышать значений F_r , указанных в ГОСТ 1643-72 для определенной степени точности. Для измерений применяют универсальные зубоизмерительные приборы или КИМ.

Определение накопленной погрешности шага по колесу F_{pr} .

Накопленную погрешность шага по колесу определяют на универсальных зубоизмерительных приборах или КИМ. При измерениях приборы настраивают на нуль по зубу колеса, обозначенному цифрой 1. Шаг измеряют по всем зубьям колеса по правым и левым профилям по диаметру делительной окружности. Алгебраическая разность максимального и минимального показаний прибора является накопленной погрешностью шага по колесу.

Накопленная погрешность шага по колесу не должна превышать значений F_p , указанных в ГОСТ 1643-72 для определенной степени точности.

Определение отклонения размера M по роликам.

Два ролика, размеры которых выбраны в зависимости от модуля и числа зубьев колеса помещают в диаметрально противоположные впадины между зубьями колеса и микрометром и измеряют размер M по роликам. Измерения проводят по всему колесу, последовательно помещая ролики во все впадины. Отклонения размера M по роликам не должны превышать значений, указанных в ГОСТ 6512-74.

Отклонение размера M по роликам определяют также на КИМ, используя программное обеспечение КИМ.

Определение погрешности профиля зуба f_f .

Погрешность профиля зуба определяют на универсальных эвольвентомерах или КИМ. Приборы устанавливают на радиус основной окружности колеса, определяемый по формуле

$$r_b = \frac{m}{z} \cos 20^\circ$$

где m – модуль, мм;

z – число зубьев колеса.

Профиль зуба измеряют не менее, чем на трех зубьях, равномерно расположенных по окружности колеса в направлении от ножки к головке зуба по правым и левым профилям. Число повторных измерений каждого профиля зуба не менее трех – для колес 3 степени точности и не менее двух для колес 4 и 5 степени точности.

Погрешность профиля зуба не должна превышать значений f_f указанных в ГОСТ 1643-72.

Определение погрешности направления зуба $F_{\beta r}$.

Погрешность направления зуба определяют на универсальных эвольвентомерах или КИМ. Измерительный наконечник прибора перемещают вдоль образующей зуба от одного торца колеса к другому и снимают показания. Погрешность направления зуба определяют на трех зубьях колеса по правым и левым профилям. Погрешность направления зуба не должна превышать значений F_{β} , указанных в ГОСТ 1643-72.

Определение колебания длины общей нормали F_{wr} .

Для измерения колебания длины общей нормали универсальный зубоизмерительный прибор настраивают по группе зубьев исходя из формулы

$$z_n = 0,111 \cdot z + 0,6$$

и проводят измерения по всему венцу колеса, поворачивая его каждый раз на один зуб.

Колебание длины общей нормали измеряют также на КИМ, используя программное обеспечение КИМ.

Разность между наибольшим и наименьшим показаниями прибора не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 1643-72.

Список использованных источников

1. Жагора Н.А., Ковалев Л.Д., Суровой С.Н. Приборы для измерения линейных и угловых величин. Минск: Изд-во Гревцова, 2011.

1 Коротков В.П., Тайц Б.А., Основы метрологии и теории точности измерительных устройств М.: Изд-во стандартов, 1978.

2 . Цидулко Ф.В. Специальные приборы для линейно-угловых измерений и их поверка. М.: Изд-во стандартов, 1983.

4. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1979.