



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет

**«СБОР И ЗАПОЛНЕНИЕ БАЗЫ
ИСХОДНЫХ ДАННЫХ К АЛГОРИТМУ
РАСЧЕТА НА ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЗМА
МИНИМЕТРА»**

Методические указания
к лабораторной работе № 3 по дисциплине
«Основы теории и проектирования
измерительных приборов»
для студентов специальности
7.090901 – "Приборы точной механики"
дневной и заочной форм обучения

Заказ № _____ от « _____ » _____ 200 ____ . Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ

Севастополь
2007

УДК 325.5:621.382.049.001.63

«Сбор и заполнение базы исходных данных к алгоритму расчета на точность механизма миниметра» методические указания к лабораторной работе № 3 по дисциплине «Основы теории и проектирования измерительных приборов»
/Разраб. А.Г. Колбасников, А.И. Балакин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007. – 20 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторной работы. В методических указаниях изложена методика поверки миниметра и получения базы исходных данных для его расчета на точность.

Методические указания предназначены для студентов специальности: 7.090901 – «Приборы точной механики», дневной и заочной форм обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Автоматизированные приборные системы» 21 июня 2006 г., протокол №10

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: А.П. Васютенко, канд. техн. наук, доц. кафедры «Автоматизированных приборных систем».

Приложение А

Титульный лист

**Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет**

Кафедра автоматизированных
приборных систем

Отчет

по лабораторной работе №_3_
тема _____

Выполнил:
Студент группы П - _____

Принял:

Дата

Севастополь
200_ г.

2. Точность и производственный контроль в машиностроении/
Под редакцией А.К. Кутая – Л.: Машиностроение, 1983. – 367 с.

3. Зайцев С.А. Контрольно-измерительные приборы и
инструменты / С.А. Зайцев. – М.: Изд-во Академия, 2003. – 464с.

4. Марков Н.Н. Нормирование точности в машиностроении / Н.Н.
Марков. – М.: Изд-во Академия, 2001. – 335с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и постановка задачи	4
2. Теоретические сведения об устройстве миниметра и его поверки	5
2.1. Измерения, проводимые с помощью миниметра	7
2.2. Элементы и средства поверки миниметров	7
2.3. Оформление поверки	14
2.4. Анализ действующих ошибок	15
3. Порядок выполнения лабораторной работы	15
4. Содержание отчета по лабораторной работе	17
5. Контрольные вопросы для самопроверки	17
Библиографический список	17
Приложение А	19

1. ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является закрепление теоретического материала по дисциплине «Основы теории точности и проектирования измерительных приборов»

В ходе выполнения работы студенту необходимо:

- На основании сведений об устройстве, принципе работы и полученных результатов поверки конструкции миниметра осуществить заполнение столбцов 3, 4 таблицы 1, являющейся базой исходных данных к алгоритму расчета на точность механизма миниметра. Таблица 1 является составной частью отчета по лабораторной работе, прилагаемой к протоколу поверки.

Таблица 1 – База исходных данных к алгоритму расчета на точность ИП

№ ист очн ика	Источники возникновения погрешностей механизма ИП	Конкретизация причин возникновения с ссылкой на позиции рисунков конструкции или схемы	Характер проявления погрешности и предполагаемый закон распределения
1	2	3	4
1	Функциональная ошибка механизма	Укажите причины несоответствия ФПМ и ФПДМ	Укажите по п. п. 1 ... 5 характер проявления погрешности (случайный, систематический). Предположительно, согласно РТМ-ОКБ-026, укажите предполагаемый закон распределения случайной погрешности (нормальный, равномерный, Релея, композиционный).
2	Первичные ошибки механизма	Укажите элементы кинематических пар, отклонения размеров которых являются первичными ошибками	
3	Деформация элементов конструкции ИП	Укажите конкретные элементы конструкции и причины их деформаций	
4	Трение в кинематических парах механизма ИП	Укажите места возникновения сил и моментов трения	
5	Воздействие окружающей среды (температурные погрешности)	Укажите температурные изменения, вызывающие погрешность показаний	

5. Осуществить анализ действующих ошибок, размерности свести в таблицу № 3

Таблица 3

№ ошибки	Наименование составляющей действующей ошибки прибора	Значение, мкм	Характер проявления	Является критерием точности механизма прибора

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- титульный лист;
- описание схемы прибора;
- метрологические характеристики прибора;
- таблицу элементов и средств поверки;
- протокол поверки прибора;
- таблицу анализа действующих ошибок.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Из каких составляющих складывается погрешность показаний прибора?
2. Каким критерием точности (ошибкой положения механизма, ошибкой положения ведомого звена, ошибкой перемещения механизма, ошибкой перемещения ведомого звена) является погрешность показаний прибора на данном интервале его поверки?
3. Включает ли погрешность показаний прибора ошибку схемы?
4. Какая из составляющих погрешности показаний данного прибора будет являться доминирующей?
5. Каким методом измеряют с помощью данного прибора?
6. Укажите основные показатели метрологической характеристики прибора (цену деления, пределы измерения, диапазон показаний, значение допускаемой погрешности).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.Г. Измерительные приборы в машиностроении / А.Г. Иванов. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 496 с.

Протокол

Представлен _____

Дата _____ Завод-Изготовитель _____

Заводской номер _____ Предел измерений _____

Фамилия поверителя _____

№ эле- мен- та	Поверяемый элемент	Метод и средства поверки	Результат поверки							
1	Внешний вид									
2	Измерительное усилие, создаваемое прибором		Усилие в начале хода, Н	Усилие в середине хода, Н			Усилие в конце хода, Н			
3	Ширина штрихов шкалы отсчетного устройства, мм									
4	Отклонение от плоскостности		Стола					Наконечника		
5	Показания прибора		Ин- тервал деле- ний, мм	Раз- мер меры, мм		Показа- ния прибора, мм			Погреш- ность, мм	
6	Вариация показаний			1	2	3	4	5	Вариаци- я	
			Начало Середина Конец							

Заключение по результатам поверки _____

Поверитель _____

- Ознакомится с конструкцией прибора;
- Научится пользоваться прибором при измерении линейных размеров;
- Проанализировать характер проявления и причины возникновения действующих ошибок механизма прибора.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ УСТРОЙСТВЕ МИНИМЕТРА И ЕГО ПОВЕРКИ

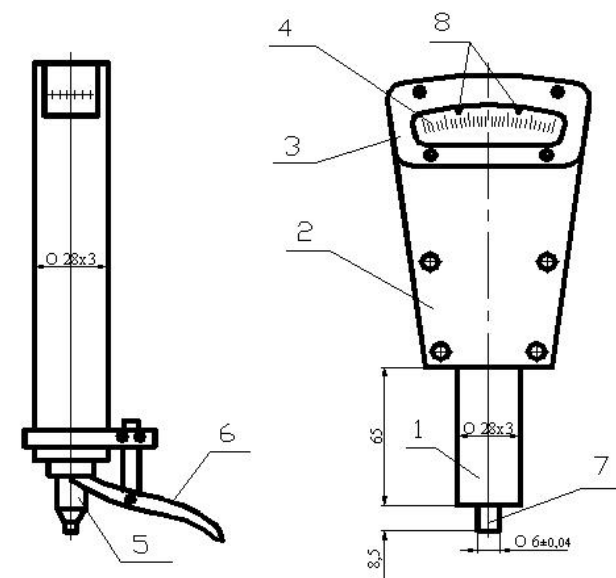


Рисунок 1 – Общий вид миниметра

Миниметр состоит из двух основных частей: головки (рисунок 1) и стойки (рисунок 2)

В головке миниметра преобразование поступательных перемещений измерительного стержня и угловые перемещения стрелки осуществляются с помощью рычажной передачи (рисунок 3).

Измерительный стержень 1 через качающийся нож 2 воздействует на рычаг 3, поворачивая его вокруг неподвижного ножа 4. Рычаг 3 представляет собой сочетание двух регулируемых друг относительно друга призм, образующих малое плечо a , с которым жестко соединена стрелка миниметра. Большим плечом рычага служит стрелка длиной L .

Головки миниметра разделяются на узкошкальные и широкошкальные (рисунок 1).

Характеристики шкал миниметров приведены в таблице 2.

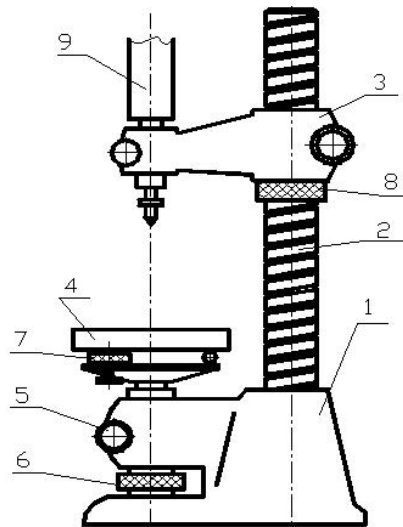


Рисунок 2 – Стойка миниметра

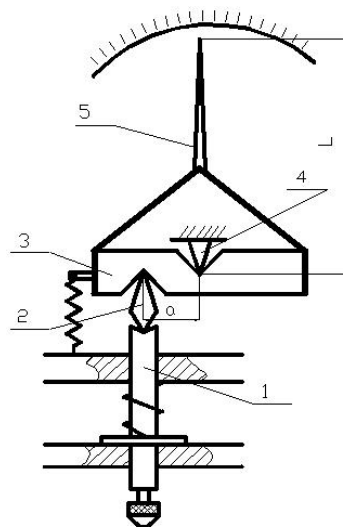


Рисунок 3 – Кинематическая схема миниметра

Таблица 2 – Характеристики шкал миниметров

Характеристики шкалы	Типы миниметров	
	Узкошкальные миниметры	Широкошкальные миниметры
Цена деления, мм	0,01 0,005 0,002 0,001	0,01 0,005 0,004 0,002
Предел измерения, мм	0,2 0,1 0,04 0,02	0,6 0,3 0,12 0,06

Миниметр снабжен арретиром и наконечниками со сферической формой и плоской измерительными поверхностями.

Широкошкальные миниметры имеют переставные указатели допусков.

Инструкция распространяется также на миниметры других конструкций, цена деления которых соответствует таблице 2.

2.4. Анализ действующих ошибок

Анализ действующих (проявляющихся в работе прибора) ошибок осуществляется в процессе поверки механизма прибора на основе знания его конструкции и теоретического материала по курсу "Теория, расчет и проектирование измерительных приборов".

Получая в результате измерений и вычислений значения погрешностей показаний прибора, студент должен объяснить причины возникновения этой ошибки, установить, каким критерием точности эта ошибка является (ошибкой положения или перемещения), определить характер ее проявления (систематический, случайный), количественно сравнить со значением допускаемой ошибки, изучить конструкцию устройств компенсации этой ошибки.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Нарисовать схему прибора и дать её описание.
2. Указать элементы подлежащие поверке и занести их в таблицу №1.

Таблица № 1

№ элемента	Операции, производимые при поверке микрометров	Средства поверки		Виды поверки		
		Наименование	Технические характеристики	При выпуске из производства	При выпуске из ремонта	Находящиеся в применении

3. Ознакомится с основными метрологическими характеристиками прибора и занести их в таблицу.

Таблица № 2

№ параметра	Наименование составляющей действующей ошибки прибора	Значение в мкм	Характер проявления	Является критерием точности механизма прибора

4. Произвести проверку миниметра и составить протокол поверки.

Правая часть шкалы	Поверяемый участок шкалы, мм	Меры, входящие в пары (группа пар)	Измеренная разность в каждой паре мер, мкм	Погрешность на данном участке шкалы, мкм $\delta = \frac{\pm \sum_{i=1}^3 r_i \pm (L_n - L_i) \cdot 1000}{3}$
	0 + 0,01	1 - 1,01 1,01 - 1,02 1,02 - 1,03	+ 10,1	+ 0,1
			+ 10,3	
			+ 9,9	
			+ 30,3	
	0 + 0,02	1 - 1,02 1,02 - 1,04 1,04 - 1,05	+ 20,3	+ 0,2
			+ 20,2	
			+ 20,1	
			+ 60,6	
	0 + 0,03	1 - 1,03 1,03 - 1,06 1,06 - 1,09	+ 30,4	+ 0,3
			+ 30,3	
			+ 30,2	
			+ 90,9	
Левая часть шкалы	0 - 0,01	1,03 - 1,02 1,02 - 1,01 1,01 - 1	- 10,2	- 0,1
			- 10,1	
			- 10,0	
			- 30,3	
	0 - 0,03	1,09 - 1,06 1,06 - 1,03 1,03 - 1	- 30,3	- 0,3
			- 30,2	
			- 30,4	
			- 90,9	
	0 - 0,02	1,06 - 1,04 1,04 - 1,02 1,02 - 1	- 20,1	- 0,2
			- 20,0	
			- 19,6	
			- 59,7	

2.3. Оформление поверки

2.3.1. Оформление результатов поверки миниметра органами ОТК завода – изготовителя путем выдачи выпускного аттестата.

2.3.2. Оформление результатов периодической (ведомственной) поверки производится путем отметки в паспорте, составленном органами ведомственного надзора за мерами и измерительными приборами.

2.3.3. При несоответствии требованиям, изложенным в настоящей инструкции, миниметр к выпуску и применению не допускается.

2.1. Измерения, проводимые с помощью миниметра

Миниметр – прибор относительного метода измерения.

Чтобы измерить деталь, нужно знать её номинальный размер, который определяется из чертежа детали или измерением с помощью прибора непосредственного метода измерения (например микрометром).

Если номинальный размер детали известен, концевую меру, размер которой равен номинальному размеру детали, помещают на измерительный столик 4 (рисунок 2) под измерительный наконечник головки миниметра. Гайкой грубой настройки 8 перемещают кронштейн 3 с головкой миниметра 9, максимально приближая измерительный наконечник к концевой мере. С помощью винта пиноли 6 столик с мерой перемещают вверх до соприкосновения с измерительным наконечником и устанавливают стрелку на «0». Стопором 5 закрепляют положение столика 4. Арретируя измерительный стержень, меру вынимают и на её место устанавливают деталь и снимают показание по шкале прибора.

Размер детали равен

$$D = A \pm B,$$

где А – значение размера меры, мм; В – показания прибора.

2.2. Элементы и средства поверки миниметров

Поверке подлежат следующие элементы миниметров, указанные в таблице 3.

Примечания:

1. Температура помещения, в котором производится поверка миниметров, не должна отклоняться от 20°C более чем на + 6°C при цене деления 0,001 мм и ± 8° С при большей цене деления.

2. Головка миниметра может быть предъявлена к поверке без стойки.

Таблица 3 – Элементы миниметров подлежащие поверки

Таблица 5. Элементы миниметров подлежащие поверке						
№ эле- мен- та	Наименовани- е элементов, подлежащих поверке	Номера пунктов настоящей инструкци и	Наименование		Техническ ие характери стики	
1	Внешний вид	2.2.1				
2	Взаимодейств ие частей	2.2.2				
3	Измерительно е усилие (поверка производится после выпуска из производства и ремонта)	2.2.3	Циферблатные весы		ГОСТ 13882-68	
4	Плоскостност ь рабочих поверхностей столика и плоского наконечника	2.2.4	Плоская стеклянная пластина для интерференционн ых измерений		ГОСТ 2923-59	
5	Ширина штрихов шкалы (поверка производится после выпуска из производства)	2.2.5	Инструментальный микроскоп		ТИП ИТ или БМИ	
6	Вариация показаний	2.2.6	Цена деления минимет ра, мм.	Концевые меры		
7	Показания миниметров	2.2.7		По классу (ГОСТ 9038- 59)	По размеру (инструкц ия 100-60)	
				0,001	0	3
				0,002	1	4
				0,005	2	5
			0,010	2	5	

применения так называемого "парного" метода поверки.

Этот метод заключается в том, что для поверки данного участка шкалы применяет попарно (в данном случае $n = 4$) концевых мер.

Размеры концевых мер подбирают так, чтобы из них можно было нить ($n - 1$) пар с разностью размеров в каждой паре, номинальной величине хода измерительного стержня, соответствующей поверяемому участку шкалы. При этом вторая мера предыдущей пары должна явиться первой мерой последующей пары.

Поверка данного участка шкалы производится по каждой паре мер, миниметр каждый раз, от пары к паре, устанавливается на нуль по меньшей мере - при поверке правой части шкалы и по большей мере - если повернется левая часть шкалы.

Погрешность показаний в микронах на данном участке шкалы определяется из результатов измерений по формуле

$$\sigma = \frac{\pm \sum_{i=1}^{n-1} r_i \pm (L_n - L_i) \cdot 1000}{n-1},$$

где r_i – разность размеров мер каждой пары, определенная на миниметре, мкм, L_n и L_i – номинальные (при пользовании мерами по их классу) или действительные (при пользовании мерами по разряду) размеры наибольшей и наименьшей мер, мм.

Разности r_i положительны на правой части шкалы и отрицательны на левой части.

Пример: Поверке подвергаются широкошкальный миниметр с ценой деления 0,001 мм.

Подбираем следующий ряд концевых мер 1-го класса (или 4-го разряда)

Для поверки участка 0 – 0,01 мм – 1; 1,01; 1,02; 1,03 мм

Для поверки участка 0 – 0,02 мм – 1; 1,02; 1,04; 1,06 мм

Для поверки участка 0 – 0,03 мм – 1; 1,03; 1,06; 1,09 мм

Всего 7 мер.

При поверке получились следующие данные:

Таблица 4 – Размеры концевых мер

Цена деления, мм	Размеры концевых мер при поверке миниметров, мм									
	Широкошкальные							Узкошкальные		
0,001	1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1	1,01	1,02
0,002	1	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1	1,02	1,04
0,005	1	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1	1,05	1,10
0,010	1	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1	1,10	1,20

На стержне головки укрепляют измерительный наконечник со сферической рабочей поверхностью, а на столик стойки устанавливают ребристый столик либо концевую меру размером 10 - 20 мм того же класса или разряда, к которым относятся меры, предназначенные для поверки показаний. На ребристый столик или концевую меру, размер которой выделен в таблице 3 (назовем ее для краткости "начальной" мерой) и устанавливает на приборе нулевой отсчет.

После этого, сняв "начальную" меру и пользуясь при этом арретиром, последовательно кладут на ее место остальные меры, размеры которых расположены в таблице 3 по обе стороны от нее, и наблюдают показания миниметра.

Допускается также поверка миниметров, сокращенным числом концевых мер, но при этом требуется дважды установить на приборе нулевой отсчет.

Например, при поверке миниметра с ценой деления 0,002 мм первый раз прибор устанавливается на нуль по "начальной" мере допустим 1,06 мм (см. таблицу 4), после чего последовательно помещая на ее место меры размерами 1,04; 1,02 и 1 мм производят поверку левой части шкалы. Далее, не снимая меру 1 мм устанавливают по ней прибор на нуль, после чего, помещая на его место эти же меры в обратном порядке, производят поверку правой части шкалы.

Если погрешность показаний миниметра в какой-либо точке шкалы равна допустимой погрешности или меньше ее на величину, не превышающую вариации показаний данного миниметра, производится дополнительное 3-кратное арретирование измерительного стержня на концевую меру. Миниметр признается годным, если полученное при этом отклонения не превышают допустимого.

При поверке миниметров с ценой деления 0,001 и 0,002 мм классы или разряды концевых мер, применяемых для поверки, могут быть снижены на один против указанных в таблице 2 при условии

2.2.1. Поверяемый элемент - внешний вид миниметра

а) Требования, предъявляемые к внешнему виду прибора

Штрихи шкалы должны быть четкими, с ровными краями. Ширина стрелки в части, которая находится над шкалой, должна быть в пределах ширины штрихов. Стекло должно быть прозрачным, чистым, без пузырей, царапин и других дефектов, искажающих отсчет показаний.

Конец стрелки должен находиться в пределах длины коротких штрихов шкалы.

На рабочих поверхностях прибора не должно быть царапин, забоин и следов коррозии.

В свободном положении стрелка должна находиться вне царапин слева.

б) Метод поверки внешнего вида прибора

Требования, перечисленные в п. 4а), проверяются наружным осмотром.

2.2.2. Поверяемый элемент - взаимодействие частей миниметра

а) Требования, предъявляемые к взаимодействию частей прибора

Ход движущейся части стойки и головки в любом ее положении должен быть плавным, без задержек и заеданий.

Стрелка при снятии осевого давления с измерительного стержня

Должна свободно возвращаться в исходное положение.

При закреплении измерительного столика стопором изменение показаний должно быть не более 0,0005 мм у миниметров, выпускаемых из производства и 0,001 мм - у миниметров, находящихся длительное время в применении.

б) Метод поверки

Требования, перечисленные в п.5а), проверяются опробованием, т.е. путем плавного арретирования измерительного стержня при различных положениях головки (при положении измерительного наконечника внизу, вверху и в горизонтальной плоскости), а также перемещением кронштейна и столика.

Измерение показаний прибора от закрепления столика стопором определяется при контакте измерительного наконечника головки, укрепленной на стойке, с плоскостью столика или концевой меры,

установленной на нем. В этом же положении производится плавное перемещение измерительного стержня путем медленного подъема и опускания измерительного столика, наблюдая одновременно за плавностью перемещения стрелки.

2.2.3. Поверяемый элемент – измерительное усилие

а) Требования, предъявляемые к измерительному усилию прибора

Измерительное усилие не должно превышать 400 гс. Колебание измерительного усилия одного миниметра не должно превышать 100 гс.

б) Метод поверки

Измерительное усилие головки миниметра проверяется с помощью циферблатных весов при контакте измерительного наконечника с верхней поверхностью площадки.

Опуская головку миниметра либо нагружая вторую площадку весов (при неподвижной головке), определяют измерительное усилие в (начале, середине и конце шкалы миниметра).

2.2.4. Поверяемый элемент - плоскость измерительных поверхностей плоского наконечника и измерительного столика

а) Требования, предъявляемые к плоскостям измерительных поверхностей

Отклонения от плоскости рабочей поверхности не должны превышать 0,0003 мм - у наконечника и 0,001 мм - у столика.

б) Метод поверки

Плоскость измерительных поверхностей плоского наконечника и измерительного столика проверяется интерференционным методом с помощью плоской стеклянной пластины.

2.2.5. Поверяемый элемент - ширина штрихов шкалы

а) Требования, предъявляемые к ширине штрихов шкалы прибора

Ширина штрихов должна быть в пределах 0,1 - 0,15 мм.

б) Метод поверки

Измерение ширины штрихов производится на инструментальном микроскопе. На каждой проверяемой головке миниметра должно быть

измерено не менее 3 штрихов. При предъявлении к поверке партии вновь изготовленных головок миниметров допускается выборочная поверка ширины штрихов у 3 - 4 приборов из всей партии.

2.2.6. Поверяемый элемент - вариация показаний

а) Требования, предъявляемые к вариации показаний прибора

Поверка вариации показаний не должна превышать 1/3 деления шкалы

б) Метод поверки

Поверка вариации показаний миниметров производится при трех положениях стрелки: на среднем (нулевом) и ближних к крайним штрихам шкалы, путем 5-ти кратного арретирования сферического наконечника на поверхность столика или параллельной концевой меры.

Разность между наибольшим и наименьшим показаниями в данном положении измерительного стержня принимают за вариацию показаний.

2.2.7. Поверяемый элемент – показания миниметров

а) Требования, предъявляемые к погрешности показаний прибора

Погрешность показания миниметров при поверке от нулевого (среднего штриха не должна превышать:

При цене деления 0,001 мм $\pm 0,0005$ мм

При цене деления 0,002 мм $\pm 0,001$ мм

При цене деления 0,005 мм $\pm 0,002$ мм

При цене деления 0,01 мм $\pm 0,0025$ мм

б) Метод поверки

Поверка показаний миниметра производится с помощью плоскопараллельных концевых мер, классы, и разделы которых указаны в таблице 3 настоящей инструкции.

Размеры и количество концевых мер должны быть такими, чтобы поверка производилась в отметках шкалы, расположенных одна от другой через 10 делений (согласно таблице 4)