

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы «Измерение
образцовых деталей на контактном
интерферометре ИКПВ (Уверского)»
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

г. Севастополь
2005

УДК 325.5:621.382.049.001.63

Методические указания к выполнению лабораторной работы «Измерение образцовых деталей на контактном интерферометре ИКПВ (Уверского)» по дисциплине «Основы теории и проектирования измерительных приборов»

/ Разраб. А.Г. Колбасников. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2005. – 12 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении лабораторной работы. В методических указаниях изложена методика проведения измерения концевых мер длины при помощи контактного интерферометра.

Методические указания предназначены для студентов специальности: 7.090901 – «Приборы точной механики».

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Автоматизированные приборные системы» 17 июня 2005 г., протокол №12

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: А.П. Васютенко, канд. техн. наук, доц. кафедры «Автоматизированные приборные системы»

Измерение каждой концевой меры производится не менее пяти раз, количество измеряемых концевых мер – пять (включая образцовую).

Среднее значение длины измеренной концевой меры равно

$$l_{\text{ср}} = \frac{\sum l_i}{N},$$

где N – количество измерений одной концевой меры.

Все результаты измерений и расчетов внести в таблице 2 журнала лабораторных работ.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От каких величин зависит цена деления интерферометра.
2. Объясните назначение компенсационной пластины в схеме интерферометра.
3. Объяснить назначение светофильтра в конструкции интерферометра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измерительные приборы в машиностроении/ А.Г. Иванов и др. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 496с.
2. Точность и производственный контроль в машиностроении/ Под редакцией А.К. Кутая – Л.: Машиностроение, 1983. – 367с.

б) юстировочными винтами зеркала *11* (рисунок 2, а) добиться вертикального расположения интерференционных полос и заданной их ширины. При этом следует иметь в виду, что вращение зеркала вокруг горизонтальной оси приводит к изменению наклона полос, а вокруг вертикальной оси – к изменению ширины полос.

При установке образцовой концевой меры на измерительный стол и соприкосновении контактного наконечника с этой мерой ахроматическая черная полоса при выключенном интерференционном свето-фильтре должна находиться в центре шкалы, а при подъеме контактного наконечника должна двигаться в сторону «плюс». Если интерференционные полосы при подъеме контактного наконечника перемещаются в сторону «минус», то нужно переместить вершину воздушного клина на противоположную сторону. Для этого поворачивается зеркало *11* таким образом, чтобы ширина полос возрастала. После достижения максимума ширина их вновь начинает уменьшаться.

Измерение концевых мер длины. Измерение или проверка концевых мер длины производится сравнительным методом.

Номинальные значения концевых мер длины, выбранные для измерения, должны отличаться друг от друга не более, чем на $\pm 0,01$ мм.

Для установки контактного интерферометра на нуль выбирается концевая мера со средней номинальной длиной. Перемещая кронштейн прибора и работая винтом микроскопического перемещения интерференционного стола, добиваются такого положения, чтобы при соприкосновении контактного наконечника с концевой мерой ахроматическая темная полоса в поле зрения окуляра находилась вблизи центра шкалы.

Принимая меру, по которой производится установка прибора, за образцовую, можно произвести поверку остальных концевых мер, для этого на измерительный стол последовательно помещаются измеряемые меры и производится отсчет смещения ахроматической полосы интерференционной картины.

Разница длин измеряемой меры и меры образцовой определяется из выражения

$$\Delta l_i = c n_i,$$

где c – цена деления шкалы прибора, n_i – количество делений, на которые сместилась ахроматическая полоса.

Длина измеряемой концевой меры равна

$$l_i = l_0 + \Delta l_i,$$

где l_0 – длина образцовой меры, мм.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	4
2. Описание приборов	4
3. Порядок проведения работы	9
4. Контрольные вопросы	11
Библиографический список	11

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомление со способом построения интерференционных схем приборов, конструкцией контактного интерферометра Уверского и принципом его работы.

2. ОПИСАНИЕ ПРИБОРОВ

Создание интерференционной картины во всех интерференционных приборах основано на принципе разделения пучка лучей на несколько пучков (два или более), которые после прохождения внутри оптической системы по разным путям снова сводятся в один пучок.

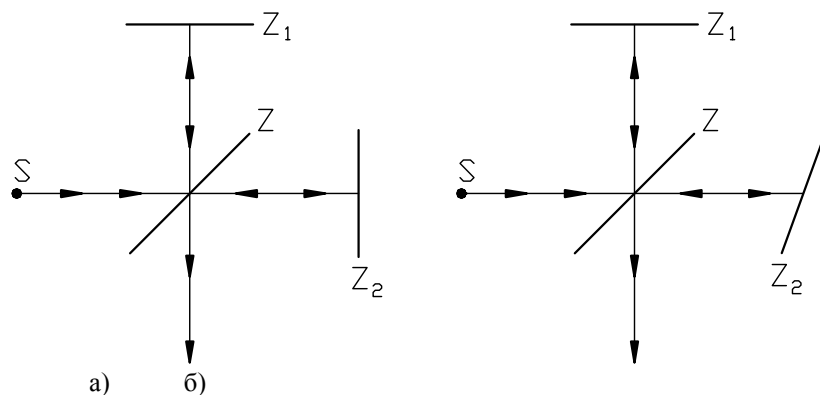


Рисунок 1 – Схема интерферометра Майкельсона

На рисунке 1, а, б показана интерференционная схема Майкельсона, на рисунке 1, а — схема для наблюдения полос равного наклона, концентрических светлых и темных колец; на рисунке 1, б — схема полос равной толщины, параллельных ребру воздушного клина, образованного отражающими зеркалами Z_1 и Z_2 . Разделение пучка на два производится с помощью полупрозрачной плоскопараллельной пластинки Z .

Контактный интерферометр ИКПВ (Уверского) предназначен для контроля плоскопараллельных концевых мер и особо точных деталей относительным методом.

Прибор построен по интерференционной схеме Майкельсона.

Свет от источника света 9 (рисунок 2, а), расположенного в фокальной плоскости конденсора 8, проходит через этот конденсор и параллельным пучком направляется на щель 7.

Питание лампы интерферометра производится от трансформатора, входящего в комплект прибора.

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Определение цены деления шкалы. Цена деления шкалы прибора зависит от угловой величины воздушного клина между зеркалами интерферометра.

Цена деления шкалы в длинах волн зависит от отношения $\frac{k}{n}$, где

k — число полос интерференции, поместившихся на участке шкалы в n делений.

Ширина одной интерференционной полосы (расстояние между двумя соседними максимумами или минимумами интерференции) равна половине длины волны света, пропускаемого интерференционным светофильтром.

Следовательно, если вместо безразмерной величины k взять $k \frac{\lambda}{2}$,

то цена деления шкалы c , мкм, определяется по формуле

$$c = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{k}{n},$$

где λ — длина волны света, мкм, для интерферометра типа ИКПВ

$$\lambda = \frac{2in}{k}, \text{ мкм.}$$

Цену деления шкалы можно устанавливать в пределах от 0,2 до 0,05 мкм.

Для получения определенной цены деления задаются величиной k и определяют n по формуле

$$n = \frac{\lambda k}{2c}.$$

Примечание!

Изложенные ниже приемы юстировки «а», «в» приведены для справки.

Изложенные ниже приемы не производить!

Прибор отъюстирован в метрологической лаборатории.

Установка требуемой цены деления производится следующим образом:

а) включить в ход лучей оптической схемы интерференционный светофильтр, расположенный в верхней части интерференционной трубки;

На рисунке 3 представлен общий вид контактного интерферометра ИКПВ.

На жестком литом основании 1 прибора укреплена стойка 10, по направляющим которой может перемещаться при помощи кремальеры 9 кронштейн 8, несущий зрительную трубу 7 интерферометра. Винт 6 позволяет перемещать шкалу окуляра зрительной трубы в пределах ± 10 делений шкалы. На трубе 7 закреплен теплозащитный экран 5.

Измерительный стол 4, в целях установки измеряемого объекта на необходимой высоте, имеет возможность перемещаться в вертикальном направлении с помощью микровинта 3. Закрепление стола в необходимом положении производится стопорным винтом 2.

Трубка интерферометра, установленная в кронштейне 8, оснащается сменным контактным наконечником (плоским или сферическим).

Величина перемещения кронштейна 8 по направляющим стойки 10 составляет 150 мм.

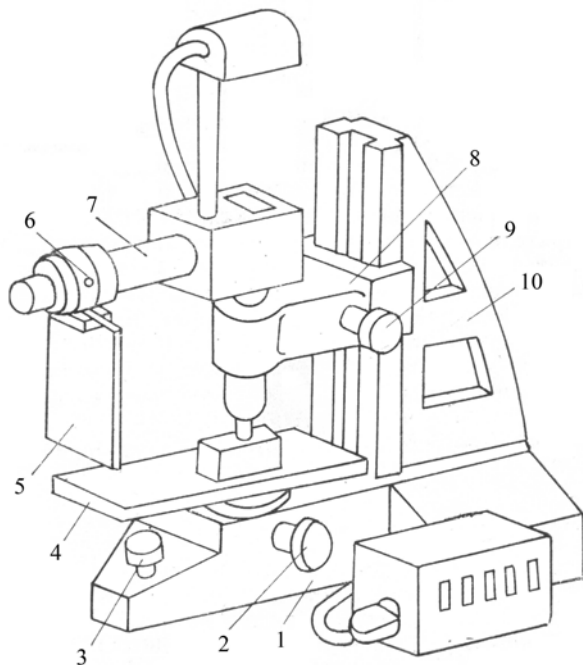


Рисунок 3 – Общий вид контактного интерферометра Уверского

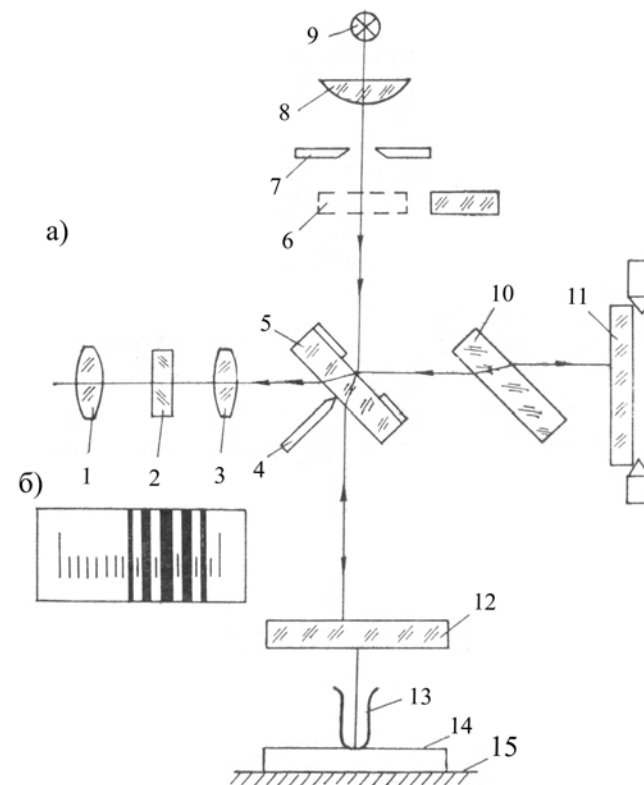


Рисунок 2 – Схема контактного интерферометра Уверского

За щелью располагается интерференционный светофильтр 6, который включается при градуировке прибора, а при измерениях выводится из пучка лучей.

После щели пучок параллельных лучей попадает на плоскопараллельную разделительную пластину 5, разделительная поверхность которой полупосеребрена.

Таким образом, пучок лучей разделяется на два: один отражается от разделительной пластины, второй проходит сквозь нее.

Отраженный пучок лучей, пройдя через компенсатор 10 и отразившись от зеркала 11, вновь проходит через компенсатор 10, раздели-

тельную пластинку 5 и направляется в зрительную трубу, состоящую из объектива 3, сетки 2 и окуляра 1.

Пучок лучей, прошедший через разделительную пластину 5, доходит до зеркала 12 и отражается от него. На обратном пути этот пучок лучей испытывает частичное отражение от разделительной поверхности пластины 5 и также попадает в зрительную трубу.

На разделительной поверхности пластины 5 встречаются оба пучка и интерферируют между собой.

Зеркало 11 в схеме является неподвижным, оно имеет перемещения, предназначенные только для регулировки и юстировки прибора. Зеркало 12 связано с контактным наконечником 13, который упирается в поверхность контролируемого изделия 14, установленного на столике прибора 15.

Изменение размера контролируемого изделия вызывает перемещение как контактного наконечника, так и жестко связанного с ним плоского зеркала 12. Следовательно, с изменением размера контролируемого изделия меняется длина пути, проходимого пучком лучей от поверхности разделительной пластинки 5 до зеркала 12 и обратно. Длина же пути, проходимого пучком лучей от разделительной пластинки до зеркала 11 и обратно, в процессе измерения остается неизменной. Таким образом, между двумя пучками лучей возникает разность хода, зависящая от размера контролируемой детали, приводящая к смещению интерференционной картины в поле зрения окуляра зрительной трубы.

В контактном интерферометре ИКПВ для измерения используются интерференционные полосы равной толщины. Как было сказано выше, в этом случае, зеркала 11 и 12 должны быть расположены под углом $90^\circ \pm \alpha$, где α — весьма малый угол, исчисляемый несколькими угловыми минутами.

Ранее также было указано, что интерференционные полосы равной толщины в схеме Майкельсона параллельны ребру воздушного клина, возникающего между двумя зеркалами.

Следовательно, для того чтобы можно было проводить измерения смещения интерференционной картины относительно штрихов шкалы зрительной трубы (рисунок 2, б), ребро воздушного клина между зеркалами должно быть параллельно штрихам шкалы. Для этой цели зеркало 11 (рисунок 2, а) снабжено двумя юстировочными винтами, позволяющими производить поворот зеркала относительно двух взаимно перпендикулярных осей.

Компенсационная пластина 10 выполняет в схеме прибора две задачи. Во-первых, она компенсирует разность хода между двумя пучка-

ми, возникающую от неполной эквивалентности двух ветвей интерферометра. Действительно, пучок, отраженный от разделительной поверхности пластины 5, проходит толщину этой пластины один раз, при поступлении в зрительную трубу. Другой же пучок, направляемый на зеркало 12, проходит эту пластину трижды. Компенсационная пластина 10 имеет такую же толщину, как разделительная пластина 5 и расположена почти параллельно ей. Первый пучок лучей дважды проходит через толщину компенсационной пластины и обе ветви интерферометра становятся эквивалентными.

Второе назначение компенсационной пластины — сделать ахроматическую полосу интерференционной картины темной, для удобства выполнения отсчетов.

Если у нас оптические пути для обоих пучков совершенно одинаковы, то ахроматическая полоса, возникающая при интерференции пучков белого света, светлая. По обе стороны от нее расположены две темные полосы, являющиеся минимумами интерференции первого порядка.

Отсчет смещения интерференционной картины, как правило, производится по темным полосам, и наличие двух темных полос может вызвать у наблюдателя затруднения и ошибки. Введение в одну из ветвей интерферометра дополнительной разности хода делает ахроматическую полосу темной, 10 по обе стороны от которой расположены окрашенные полосы. Это обстоятельство устраняет все затруднения при отсчете и делает его однозначным.

Создание дополнительной разности хода производится путем поворота компенсационной пластины на небольшой угол относительно оси, перпендикулярной оптической.

Ширма 4 выполняет роль экрана, преграждающего доступ в зрительную трубу лучам, отраженным от нижней поверхности разделительной пластины.

Интерференционный светофильтр 6 предназначен для аттестации шкалы 2 интерферометра. Для определения цены деления шкалы нам необходимо знать количество интерференционных полос, укладываемых в определенном количестве делений шкалы. Однако при работе в белом свете интерференционная картина состоит только из нескольких цветных полос и такая аттестация не может быть произведена достаточно точно. Введением в ход лучей интерференционного светофильтра мы выделяем из пучка узкий спектральный интервал, свет становится монохроматическим, а образуемая интерференционная картина — одноцветной и заполняет все поле зрения окуляра зрительной трубы.