**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Кафедра электронной техники и технологии**

**РЕФЕРАТ**

**На тему:**

**«Измерение фокусных, вершинных фокусных и рабочих расстояний оптических систем»**

**МИНСК, 2008**

В процессе изготовления ЭОС приборов осу­ществляется контроль их оптических характеристик. Остановимся на некоторых из них, в частности, на определении фокусных рас­стояний f', вершинных фокусных расстояний *S'F* и рабочих рас­стояний А, т.е. расстояний от опорного торца оправы системы до фокальной плоскости.

Вершинные фокусные расстояния обычно контролируют при изготовлении отдельных и склеенных линз.

Фокусные расстояния проверяют в более сложных оптиче­ских системах, например, в объективах.

Рабочие расстояния измеряют в тех случаях, когда нужно знать расположение фокуса объектива относительно его опор­ного торца для последующего соединения испытуемой системы с какой-либо другой оптической или механической системой (рис.1).

В отличие от вершинных фокусных расстояний рабочее рас­стояние объектива можно изменять подрезкой опорного торца оправы или какого-либо промежуточного торца. Методику изме­рения указанных параметров выбирают в зависимости от поставленной в каждом конкретном случае задачи.

При контроле изготовления некоторых оптических деталей необходимо сравнивать измеренные и расчетные вершинные фокусные расстояния.

В чертежах на оптические детали обычно приводятся вели­чины фокусных расстояний и вершинных фокусных расстояний для параксиальных лучей, т. е. лучей, достаточно близких к оп­тической оси, для монохроматического света для линии нат­рия *D ( =* 589,3 нм). Поэтому при измерении целесообразно диафрагмировать контролируемые детали, пропуская сквозь них узкие центральные пучки монохроматического света, создаваемого, например, с помощью интерференционного фильтра. Это особенно существенно при измерении несклеенных деталей, у которых сферическая и хроматическая аберрации весьма велики.



При определении фокусного расстояния и рабочего расстояния оптических систем целесообразно за положение фокальной пло­скости принимать плоскость, в которой получается наилучшее изображение, соответствующее наилучшему распределению энер­гии в изображении точки.

Местоположение этой плоскости зависит от остаточных аберра­ций системы и от применяемых при измерениях источников света и приемников излучений.

Поэтому при подобных измерениях, если это не обусловлено специальными требованиями, желательно контролируемую си­стему не диафрагмировать, а источник света и приемник излуче­ний подбирать так, чтобы их спектральные характеристики были близки к тем, которые имеют место в реальных условиях эксплуатации, в противном случае необходимо учитывать соответствующую разницу в положениях фокальной плоскости.

Например, при переходе от рабочего расстояния объектива, измеренного визуальным или фотоэлектрическим методом к фото­графическому рабочему расстоянию всегда учитывается величина смещения. Фокальной плоскости объектива.

**Измерение вершинных фокусных расстояний**

*Измерение на оптической скамье*. Вершинные фокусные рас­стояния положительных оптических деталей и систем измеряют на оптических скамьях типа ОСК-2, ОСК-3, а также на скамьях иностранных фирм.

При измерении вершинного фокусного расстояния микроскоп сначала фокусируют на заднюю поверхность контролируемой детали, а затем на изображение сетки, расположенной в фокаль­ной плоскости объектива коллиматора.

В обоих положениях ми­кроскопа снимают отсчеты по шкале с помощью иониуса. Разность отсчетов определяет вершинное фокусное расстояние.

Сетку коллиматора освещают электрической лампой через молочное или матовое стекло и светофильтр.

Фокусировку па поверхность линзы осуществляют по име­ющимся на ней мельчайшим царапинам. Поверхность линзы освещают источником света, располо­женным сбоку.

Если царапины видны плохо, то на поверхность наносят не­сколько пылинок ликоподия, мела или пудры; иногда на поверхность достаточно подышать и затем фоку­сировать по пузырькам воды.

В большинстве случаев достаточ­но применять увеличение микроско­па порядка 20—30х. При измерении отрицательных систем либо объектив микроскопа заменяют длиннофокус­ной положительной линзой, либо весь микроскоп заменяют зрительной тру­бой с положительной насадкой.

В этом случае наблюдательный прибор после наведения на поверхность следует перемещать в сторону коллиматора, а не в противоположную сторону, как это имеет место при измерении положительных систем. Погрешность опре­деления положительных вершинных фокусных расстояний, с превышает 1%, что вполне достаточно для сравнения полученных. результатов с расчетными данными.

Точность определения отри­цательных вершинных фокусных расстояний вообще меньше точности положительных и уменьшается с увеличением абсолютных величин вершинных расстояний.

При испытании хорошо корригированной системы точность измерений можно значительно повысить, если ее не диафрагмировать. В этом случае она зависит от качества коррекции системы и её апертуры.

При достаточно совершенной контролируемой системе ошибку наведения можно определить в мкм:



где *и* - апертурный угол испытуемой системы.

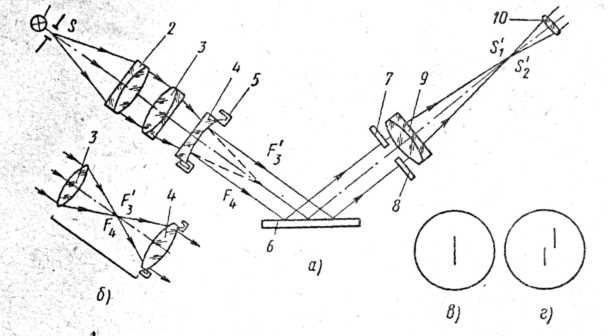


Схема измерений вершинных фокусных расстояний, предложенная Ю.В. Коломийцовым.

В этих случаях необходимо, чтобы апертура наблюдательного микроскопа была не меньше апертуры контролируемой системы.

*Измерение по методу Ю. В. Коломийцова.* Схема установки, предложенная Ю.В. Коломпйцовым, предназначена для быстрого относительного контроля положительных и отрицательных вер­шинных фокусных расстояний в условиях массового производства.

Пучок лучей, выходящих из щели S коллиматора, освещаемой лампой накаливания 1, проходит объектив коллиматора 2, допол­нительный объектив 3, контролируемую линзу 4и, отразившись от зеркала 6, сходится в фокальной плоскости объектива зритель­ной трубы 9*.*

Полученное таким образом изображение S' щели коллиматора с помощью двух клиньев 7 и 8разденется на две части, разведенные относительно друг друга по высоте (и ).



Дополнительный объектив 3 является сменным и рассчиты­вается отдельно для каждого типа испытуемых линз с компенса­цией их сферических и хроматических аберраций.

Изображения щели и будут расположены точно Друг над другом *в,* если фокус линзы 4совпадает с фокусом дополнительного объектива.



В этом случае при отрицательной контролируемой линзе линза 4и дополнительный объектив *3* образуют галилеевскую оптическую систему (*а)* при положительной испытуемой линзе — кеплеровскую систему (*б).*

Если фокусы линзы 4 и объектива 3не совпадут, то изображения щели разойдутся (рис. 4*, г*), тогда их можно совме­стить перемещением дополнительного объектива 3.

Объектив 3перемещается с помощью микрометренного меха­низма, по которому это смещение отсчитывают.

Вершинные фокусные расстояния измеряют следующим обра­зом. В прибор, юстированный по эталонной линзе, вставляют контролируемую, линзу указанным выше способом, вновь совме­щаются изображения щели; полученное при этом смещение допол­нительного объектива 3, измеренное по шкале микрометренного механизма, равно величине отступления вершинного фокусного расстояния контролируемой линзы от эталонной.

Точность измерения на приборе весьма велика. Так, по экспе­риментальным данным, максимальная погрешность при вершин­ном фокусном отрезке линзы, равном 25 мм, составила 0,04%.

**Измерение фокусных расстояний**

Метод увеличения на коллиматоре.

Визуальное определение фокусных расстоянийвыполняют по схеме*.* В фокальной плоскости коллиматорного объектива 2расположена сетка 1с несколькими вертикальными штрихами. Ее изображение получается в фокальной плоскости испытуемого объектива 3*.* Это изображение рассматривают посредством микро­скопа и измеряют с помощью окуляр-микрометра.

,



отсюда (1)



Обозначив =С = const, получим



Если фокусное расстояние коллиматорного объектива неиз­вестно, то можно сразу определить постоянную С.

Для этого необходимо измерить с помощью теодолита угол, под которым видно расстояние между штрихами сетки со стороны объектива коллиматора.

Фокус­ное расстояние объектива коллиматора равно 750 мм. В его фокальной плоскости расположена сетка с шестью параллельными штри­хами; расстояния, между ними от 6 до 60 мм. Измерительный ми­кроскоп установки имеет два сменных объектива с увеличением 3 и 6х и окуляр-микрометр с увеличением 10х.

В зависимости от величины фокусного расстояния испытуемой системы измерения выполняют либо окуляр-микрометром, если в поле зрения микро­скопа видна сразу симметричная пара штрихов коллиматорной сетки, либо перемещением всего микроскопа.

Для этой цели микроскоп устанавливают на специальной каретке, снабженной микро-метренным винтом.

Первый способ применяется для измерения объективов с фо­кусными расстояниями до 40 мм, второй — для объективов с большими фокусными расстояниями.

Суммарная погрешность измерения обычно составляет 0,2—0,3%. измеряемой величины.



Кроме указанных ошибок на точность измерений может влиять неточность установки сетки в фокальной плоскости объектива коллиматора, однако эта ошибка уменьшается пропорционально отношению квадратов фокусных расстояний контролируемого и коллиматорного объективов.

Таким образом, относительная погрешность при измерении фокусного расстояния составит 0,3—0,6%.

Фотографическое определение фокусных расстояний отличается от визуального только тем, что изображение сетки коллиматора, полученное в фокальной плоскости испытуемого объектива, вос­принимается фоточувствительным слоем, а затем измеряется па компараторе.

Таким методом обычно определяют фокусные расстояния фото­графических объективов, причем фокусное расстояние измеряют одновременно с определением фотографической разрешающей силы.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Малов А.Н., Законников Обработка деталей оптических приборов. Машиностроение, 2006. - 304 с.
2. Бардин А.Н. Сборник и юстировка оптических приборов. Высшая школа, 2005. - 325с.
3. Кривовяз Л.М., Пуряев Д.Т., Знаменская М.А. Практика оптической измерительной лаборатории. Машиностроение, 2004. - 333 с.