БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

кафедра электронной техники и технологии

РЕФЕРАТ

на тему:

«Фокусировка приборов. Параллакс и его устранение»

МИНСК, 2008

В процессе юстировки многих ОЭС одной из основных задач является получение резкого изображения наблюдаемого или измеряемого предмета в заданном месте, в котором может располагаться плоскость визирной сетки (марки) или измерительной шкалы.

В процессе сборки телескопических приборов может быть нарушено взаимное расположение оптических деталей, проектирующих изображение предмета в плоскости сетки, т.е. плоскость изображения бесконечно удаленного

Предмета не будет совпадать с плоскостью сетки на некоторую величину x´. Допустимая величина этого смещения определяется глубиной резкого изображения, образуемого оптической системой данного прибора.

Положение предметной плоскости, определяемое минимальным расстоянием от объектива прибора до предмета, изображение которого будет при этом резко видно в задней фокальной плоскости объектива, принято называть началом бесконечности.

Бесконечно удаленный предмет изображается объективом 1 зрительной трубы в плоскости P´ совмещения заднего фокуса F´об объектива и переднего фокуса Fок окуляра 3; за окуляром изображение предмета будет находиться в бесконечности. Плоскость М сетки 2 удалена от плоскости P´ на величину x´ в сторону окуляра. Это явление несовпадения двух одновременно наблюдаемых плоскостей принято называть *продольным параллаксом*.

При поперечном смещении глаза в пределах выходного зрачка, диаметр которого больше диаметра зрачка глаза, будет наблюдаться поперечное смещение центра С сетки 2 как более близкого предмета относительно изображения бесконечно удаленного предмета на величину y´. Перспективное (кажущееся) смещение рассматриваемого объектива, вызванное изменением точки наблюдения, принято называть *поперечным параллаксом*. Поперечное смещение сетки 2 относительно изображения предмета на величину y´ будет наблюдаться за окуляром под углом εок, служащим мерой *углового параллакса*.

Как видно плоскость М сетки 2 изображается окуляром 3 в плоскости фокуса М´, расположенной на расстоянии xок от заднего фокуса F´ок окуляра. Для упрощения расчетов предположим, что плоскость выходного зрачка зрительной трубки совпадает с задним фокусом F´ок окуляра. Тогда угловой параллакс εок за окуляром можно определить из следующего соотношения:

, (1)



где - величина поперечного смещения зрачка глаза в плоскости выходного зрачка прибора; 3438 – число угловых минут в одном радиане.



Применив формулу Ньютона к плоскостям М и М´, находим

,



где - фокусное расстояние окуляра.



Подставив в формулу (1) найденное значение получаем



(1а)



Если известно действительное значение углового параллакса (его измеряют в процессе юстировки прибора), то, как следует из формулы (1а), параллакс можно устранить путем продольного перемещения сетки на величину :



.



Размер зрачка глаза обычно несколько меньше размера выходного зрачка прибора (dвых.зр>dгл=2 мм), вследствие этого смещение зрачков может происходить с диафрагмированием или без диафрагмирования. Практически при наблюдении параллакса глаз перемещают не на величину h, равную половине выходного зрачка, а на величину kh=(0.50.8)h. Выразив также в угловых минутах, получаем формулу для определения параллакса в следующем виде:



(1б)



Продольный параллакс можно выразить в диоптриях, если величину смещения плоскости сетки 2 относительно плоскости изображения бесконечно удаленного предмета определить аналогично соотношению для перемещения окуляра при диоптрийной наводке его с учетом аметропии глаза:



, (2)



где - число диоптрий, на которое необходимо изменить сходимость лучей окуляра; знаки плюс и минус характеризуют положение изображений по правилу знаков прикладной оптики. Подставив в формулу (1б), получим следующее значение углового параллакса:



(3)



Отсюда можно найти выражение для определения несовпадения плоскости сетки с плоскостью изображения бесконечно удаленного предмета в диоптриях:



(3а)



Величина углового параллакса перед объективом (в пространстве предметов) зависит от величины и от величины входного зрачка объектива. Эта зависимость может быть выражена следующим соотношением:



где - фокусное расстояние объектива прибора; 206265 – коэффициент, равный числу угловых секунд в одном радиане.



Условный угол, под которым из центра удаленного объекта виден радиус входного зрачка телескопического прибора, называется *параллактическим углом* в пространстве предметов. При юстировке прибора этот угол определяют по формуле:



,



где - угловой параллакс за окуляром, выраженный в секундах; Г – угловое увеличение прибора.



Технологический прием, выполняемый в процессе сборки приборов для устранения в них параллакса, принято называть *фокусировкой*.

Процесс фокусировки заключается в перемещении вдоль оптической оси некоторых оптических деталей (объективов, линз оборачивающих систем, окуляров, сеток, зеркал и др.), вызывающих соответствующее продольное смещение изображений.

Допустимая величина параллакса устанавливается частными техническими условиями на прибор.

Для прицельных и измерительных приборов параллактическое смещение изображения предмета относительно любого знака сетки при перемещении глаза в плоскости выходного зрачка должно быть меньше допустимой ошибки наводки визирной линии на цель.

Перед объективом коллиматора помещают испытуемый прибор, сетка которого должна быть установлена на резкое видение по глазу наблюдателя.

В фокальной плоскости объектива коллиматора обычно размещается сетка с допусковыми штрихами в виде черных полос или квадрата на светлом (прозрачном) фоне.

Перемещая глаз (покачивая головой в пределах выходного зрачка проверяемого прибора), наблюдают смещение изображения шкалы коллиматора относительно выбранного знака сетки этого прибора; по делениям шкалы коллиматора определяют величину параллакса в секундах со стороны объектива данного прибора.

По направлению смещения изображения сетки коллиматора относительно сетки испытуемого прибора и направлению движения глаза можно определить место расположения плоскости изображения сетки коллиматора относительно плоскости сетки прибора.

Если плоскость сетки проверяемого прибора смещена к объективу, т.е. находится между объективом и его фокальной плоскостью, то при поперечном движении глаза изображения сетки коллиматора смещается в направлении движения глаза (рис. 3а). Такой параллакс принято называть параллаксом “за глазом”.

Для устранения параллакса объектив в проверяемом приборе следует удалить от сетки на величину , установив между корпусом прибора и оправой объектива компенсационное кольцо толщиной, равной величине . Кроме того, если это предусмотрено в конструкции прибора, параллакс можно устроить смещением сетки с окуляром 3 в обратном направлении на такую же величину.



Если плоскость с делением сетки прибора смещена от последней поверхности объектива и находится за его фокальной плоскостью, то при поперечном движении глаза изображение сетки коллиматора будет смещаться в противоположном направлении. Такой параллакс принято называть параллаксом “против глаза”.

Для устранения параллакса “против глаза” объектив прибора необходимо приблизить к сетке на величину или удалить окуляр с сеткой на эту же величину.



Пример. Требуется определить величину и направление перемещения объектива испытуемого прибора, угловой параллакс которого со стороны объектива и если наблюдается он “за глазом”. Увеличение прибора , фокусное расстояние окуляра мм, диаметр выходного зрачка мм.



Определим величину смещения плоскости изображения сетки коллиматора относительно сетки прибора по формуле



. (4)



Примем, что , а коэффициент . Подставляя эти значения в выражение (4), найдем величину перемещения объектива:



мм.



Так как в приборе наблюдается параллакс “за глазом”, т.е. его сетка стоит перед плоскостью изображения сетки коллиматора, то между корпусом прибора и оправкой объектива необходимо установить компенсационное кольцо высотой 1,5мм.

Объективы коллиматоров, предназначенных для определения параллакса в телескопических приборах, должны иметь световой диаметр, превышающий диаметр объективов испытуемых приборов (). Так как сетки в коллиматорах относительно фокальной плоскости объектива устанавливаются с некоторой погрешностью, то для уменьшения влияния этой погрешности на измерение параллакса фокусное расстояние коллиматора выбирают больше фокусного расстояния объектива проверяемого прибора.



Ошибку в определении параллакса , обусловленную погрешностью установки сетки коллиматора , вычисляют по формуле:



,



где - фокусное расстояние объектива коллиматора; - фокусное расстояние объектива испытуемого прибора.



**Другие способы определения параллакса**. Существуют и другие способы определения параллакса при фокусировке телескопических систем. Например, фокусировка коллиматорных приборов и отдельных оптических систем (телескопов, бинокуляров и др.) дальномеров осуществляется с помощью зрительной трубы методом наводки последней на резкое изображение сетки (марки) испытуемого прибора по схеме, показанной на рис.4.

Перед началом работы астрономическая зрительная труба, имеющая кремальерную подвижную окулярную часть, должна быть отъюстирована на бесконечность. Это положение трубы отсчитывается по миллиметровой шкале, нанесенной на подвижном тубусе окулярной части, с помощью нониуса.

Если в испытуемом приборе 2 сетка, подсвечиваемая осветителем 1, установлена в фокальной плоскости объектива, то ее изображение в окуляре зрительной трубы 3, установленной в положение “бесконечность”, будет резким.

Если сетка относительно фокальной плоскости будет смещена в сторону объектива (на рис.4 показано штриховой линией) на величину , то из объектива испытуемого прибора будут выходить расходящиеся пучки лучей, и изображение сетки прибора 2 в зрительной трубе не будет резким. Для получения резкого изображения сетки необходимо кремальерной подвижкой сместить окулярную часть трубы от ее объектива на величину , отсчитав ее по шкале окулярной части с точностью ±0,1 мм.



Для исправления параллакса сетку проверяемого прибора необходимо сместить в сторону, противоположную смещению окулярной части зрительной трубы, на величину



где - фокусное расстояние объектива прибора; - фокусное расстояние объектива зрительной трубы.



Для повышения точности установки сетки в проверяемом приборе при помощи зрительной трубы ее наводят на резкое видение изображения нескольких раз, и смещение тубуса с окулярной частью определяют как среднее арифметическое из нескольких результатов измерений.

При юстировке телескопических систем, имеющих объективы с большими световыми диаметрами, для которых требуется высокая точность установки сетки в фокальной плоскости, применяют фокусировку при помощи зрительной трубы и пентапризмы .

Перед объективом испытуемого прибора 1 устанавливают пентапризму 2 с хорошим качеством изображения и фокусностью не менее 15-20 км. Пентапризмы выставляется по уровню и закрепляется на столике, который перемещается по направляющим перпендикулярно оси объектива прибора. Изображение сетки прибора рассматривают через зрительную трубу 3, имеющую окулярный микрометр или сетку со шкалой, при помощи которых можно отсчитывать смещение изображения сетки контролируемого прибора в горизонтальной плоскости.

Если из объектива проверяемого прибора выходит параллельный пучок лучей (сетка установлена точно в фокальной плоскости объектива), то при перемещении пентапризмы из положения I в положение II изображение сетки прибора остается неподвижным относительно сетки зрительной трубы.

В том случае, если сетка испытуемого прибора не установлена в фокальной плоскости, то из объектива будет выходить пучок лучей с некоторым углом сходимости. Допустим, что сетка смещена от фокальной плоскости в сторону объектива (см. штриховые линии на рис.4) на величину . Тогда из объектива будет выходить расходящийся пучок лучей. Этой величине расфокусировки будет соответствовать параллакс с углом .



При установке пентапризмы в положение I изображение центра сетки контролируемого прибора будет проектироваться на сетку зрительной трубы смещенным в горизонтальной плоскости в точку А´1. При установке пентапризмы в положение II изображение сетки будет проектироваться в точку А´2. Зная угловую цену деления шкалы сетки зрительной трубы, можно определить величину параллакса .



Величину перемещения объектива вдоль оси, необходимо для получения параллельного пучка лучей, выходящих из проверяемого прибора, можно определить по следующей формуле:



,



где - фокусное расстояние объектива испытуемого прибора; - линейное перемещение пентапризмы; - угловой параллакс в секундах.



Пример. Определить необходимое перемещение объектива в коллиматорной системе, если при перемещении пентапризмы на величину мм изображение сетки проверяемой системы перемещается из точки А´2 (при нахождении пентапризмы в положении I) в точку А´1 (при нахождении пентапризмы в положении II) на величину мм (измерено окуляр-микрометром). Фокусное расстояние испытуемого объектива мм. Зрительная труба имеет фокусное расстояние мм.



Определим угловой параллакс по формуле:

.



Определим необходимое перемещение объектива коллиматорной системы вдоль оптической оси:

мм.



Так как смещение изображения сетки коллимационной системы происходило влево при нахождении пентапризмы и положении I и вправо – при положении II, то можно заключить, что из объектива проверяемой системы выходит сходящийся пучок лучей. Следовательно, сетка находится дальше фокальной плоскости объектива.

При фокусировке некоторых телескопических приборов, например длиннофокусных зрительных труб, коллиматоров и автоколлимационных зрительных труб, применяют автоколлимационный метод проверки параллакса. Перед объективом проверяемой системы 1 устанавливают плоское зеркало 2 (рис.6) с хорошим качеством изображения и с фокусностью не менее 20-30 км. Диаметр зеркала должен быть больше диаметра объектива испытуемой системы: .



За окуляром испытуемой системы, перед глазом наблюдателя, устанавливают вспомогательную стеклянную пластину 3 с лампой 4.

Свет от лампы 4, отразившись от пластины 3, проходит окуляр контролируемой системы и освещает сетку 5. Затем пучок лучей выходит из объектива и направляется на зеркало 2, отразившись от которого, лучи вновь попадают в объектив, и в плоскости сетки проектируется ее автоколлимационное изображение.

Если сетка фокусируемого прибора установлена точно в фокальной плоскости М объектива, то ее автоколлимационное изображение будет наблюдаться резко и без параллакса относительно сетки 5. Если сетка 5 не лежит в фокальной плоскости объектива проверяемого прибора и смещена, например, за задний фокус на величину , то из объектива будут выходить пучки лучей с углом сходимости . Отраженные от зеркала лучи возвратятся в объектив под углом , но с другим знаком сходимости, например сходящимся пучком.



Автоколлимационное изображение сетки будет в плоскости в другую сторону к объективу от заднего фокуса на расстоянии от самой сетки.



В итоге автоколлимационный метод фокусировки в 2 раза точнее, чем с помощью зрительной трубы (рис.4).

Для устранения наблюдаемого параллакса подрезают оправу объектива или устанавливают прокладное кольцо в зависимости от величины и знака параллаксного смещения.

**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.