

К. С. Редколес^{1}, И. О. Михайлов¹,*

Разработка модуля позиционирования линз для устройства селективной сборки биноклярных приборов

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: redkoles20@mail.ru

Аннотация. На данный момент в мире биноклярные устройства являются самыми популярными оптическими приборами. Наиболее важной составной частью оптического узла биноклярных приборов является объектив. Для обеспечения требуемой точности многокомпонентных объективов биноклярных устройств можно и нужно воспользоваться селективными методами подбора необходимых комплектующих. Смысл такого подбора и его значение – взаимная компенсация отклонений параметров комплектующих изделия от номинальных значений. Методы селективной сборки относятся к классу современных новейших технологий. К основным характеристикам объектива, требующим измерения и аттестации, в первую очередь, относится фокусное расстояние. В настоящее время в практике оптической измерительной лаборатории чаще используются фотоэлектрические методы контроля, чем визуальные. Весомым преимуществом автоматизированных контрольно-измерительных приборов, предназначенных для оптических измерений, является возможность модернизации, встраивание их в автоматические контрольно-измерительные и контрольно-разбраковочные комплексы. Цель работы заключается в разработке модуля позиционирования линз для устройства селективной сборки многокомпонентных объективов биноклярных приборов. Задачи исследования сводятся к изучению и анализу, особенностей и характеристик биноклярных приборов, и методов измерения фокусных расстояний оптических систем, а также принципов селективной сборки. Объектом исследования является измерительное устройство, а именно – модуль позиционирования линз. Предметом исследования являются методы измерения фокусных расстояний, математическая модель функционирования устройства, принцип работы кинематической схемы и т. д. В процессе работы был выполнен анализ существующих методов по измерению фокусных расстояний оптических деталей. разработана принципиальная схема системы подбора пар объективов при селективной сборке биноклярных оптических приборов. Представлен общий вид устройства с изображением функциональных узлов и измерительным модулем.

Ключевые слова: биноклярный прибор, селективная сборка, фокусное расстояние

K. S. Redkoles^{1}, I. O. Mikhailov¹*

Development of a lens positioning module for the selective assembly of binocular devices

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: redkoles20@mail.ru

Abstract. At the moment, binocular devices are the most popular optical devices in the world. The most important component of the optical assembly of binocular instruments is the lens. To ensure the required accuracy of multi-component lenses of binocular devices, it is possible and necessary to use selective methods for selecting necessary components. The meaning of such a selection and its significance is the mutual compensation of deviations of the parameters of the component parts from the nominal values. Selective assembly methods belong to the class of modern latest technologies.

The main characteristics of the lens that require measurement and certification are primarily the focal length. At present, in the practice of an optical measuring laboratory, photoelectric control methods are more often used than visual ones. A significant advantage of automated control and measuring instruments intended for optical measurements is the possibility of modernization, their integration into automatic control and measuring and control and sorting complexes. The aim of the work is to develop a lens positioning module for the selective assembly of binocular devices. The objectives of the study are reduced to the study and analysis of the features and characteristics of binocular devices, and methods for measuring the focal lengths of optical systems, as well as the principles of selective assembly. The object of research is a measuring device, namely a lens positioning module. The subject of the study is the methods of measuring focal lengths, the mathematical model of the operation of the device, the principle of operation of the kinematic scheme, etc. In the process of work, an analysis of existing methods for measuring the focal lengths of optical was made. In the course of the work, a schematic diagram of a system for selecting pairs of lenses for the selective assembly of binocular optical devices was developed. A general view of the device was presented with the image of functional units and a measuring module.

Keywords: binocular device, selective assembly, focal length

Введение

На данный момент в мире бинокулярные устройства являются самыми популярными оптическими приборами. У каждого человека в своей жизни найдется ситуация, где можно их использовать. Бинокулярные устройства имеют определенные преимущества по сравнению с монокулярными приборами.

Наиболее важной составной частью оптического узла бинокулярных приборов является объектив. Для удовлетворения современных требований применяют многолинзовые объективы более сложной конструкции, чем используемых ранее, состоящие из трех и более линз.

Для обеспечения требуемой точности многокомпонентных объективов бинокулярных устройств можно и нужно воспользоваться селективными методами подбора необходимых комплектующих. Смысл такого подбора и его значение – взаимная компенсация отклонений параметров комплектующих изделия от номинальных значений. Методы селективной сборки относятся к классу современных новейших технологий.

К основным характеристикам объектива, требующим измерения и аттестации, в первую очередь, относится фокусное расстояние. В настоящее время в практике оптической измерительной лаборатории чаще используются фотоэлектрические методы контроля, чем визуальные. Весомым преимуществом автоматизированных контрольно-измерительных приборов, предназначенных для оптических измерений, является возможность модернизации, встраивание их в автоматические контрольно-измерительные и контрольно-разбраковочные комплексы.

Цель работы заключается в разработке модуля позиционирования линз для устройства селективной сборки многокомпонентных объективов бинокулярных приборов. Задачи исследования сводятся к изучению и анализу, особенностей и характеристик бинокулярных приборов, и методов измерения фокусных расстояний оптических систем, а также принципов селективной сборки.

Объектом исследования является измерительное устройство, а именно модуль позиционирования линз. Предметом исследования являются методы измерения фокусных расстояний, математическая модель функционирования устройства, принцип работы кинематической схемы и т. д.

Методы и материалы

Исходными данными является литература, собранная в период преддипломной практики.

Известные многочисленные способы измерения фокусных расстояний объектов условно можно подразделить на две большие группы с использованием установок, в состав которых входит коллиматор, и с использованием установок, не содержащих коллиматор. К первой группе относятся следующие методы: регламентируемые государственным стандартом метод увеличения и метод Фабри-Юдина, а также различные модификации этих методов; прямой метод, метод коллиматора и трубы с фокусировкой. Ко второй группе можно отнести угломерный метод (также регламентируемый государственным стандартом) и его модификации, автоколлимационный метод Русинова и другие автоколлимационные методы.

Традиционные способы дополняются различными изобретениями. Визуальный метод контроля – метод оптического неразрушающегося контроля, основанный на наблюдении и анализе объекта контроля непосредственно глазами оператора без использования оптических устройств и приборов. Визуально-оптический метод – метод оптического неразрушающегося контроля, основанный на наблюдении и анализе объекта контроля с помощью оптических устройств и приборов, в котором имеет место непрерывный ход лучей между глазами оператора и объектом контроля.

Оптико-электронными называются приборы (системы), в которых информация об исследуемом или наблюдаемом объекте переносится оптическим излучением или содержится в оптическом сигнале, а ее первичная обработка сопровождается преобразованием энергии излучения в электрическую энергию. В оптико-электронных приборах приемником изображения может служить светочувствительный слой фото- или кинопленки, различные фотоэлектронные устройства (фотокатод телевизионного приемника или ЭОП, ПЗС-матрица и т.п.) [1–10].

Для разработки принципа работы и создания оптической схемы устройства необходимо взять реальный многокомпонентный объектив биноклярного прибора. Среди биноклярных наблюдательных устройств самое широкое распространение получили призмённые бинокли. Оптическая схема системы представлена на рисунке 1.

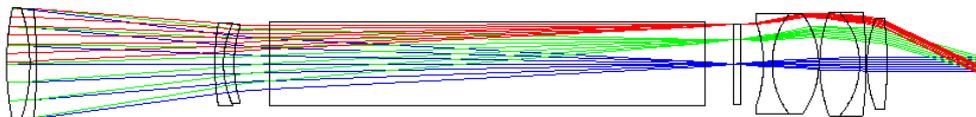
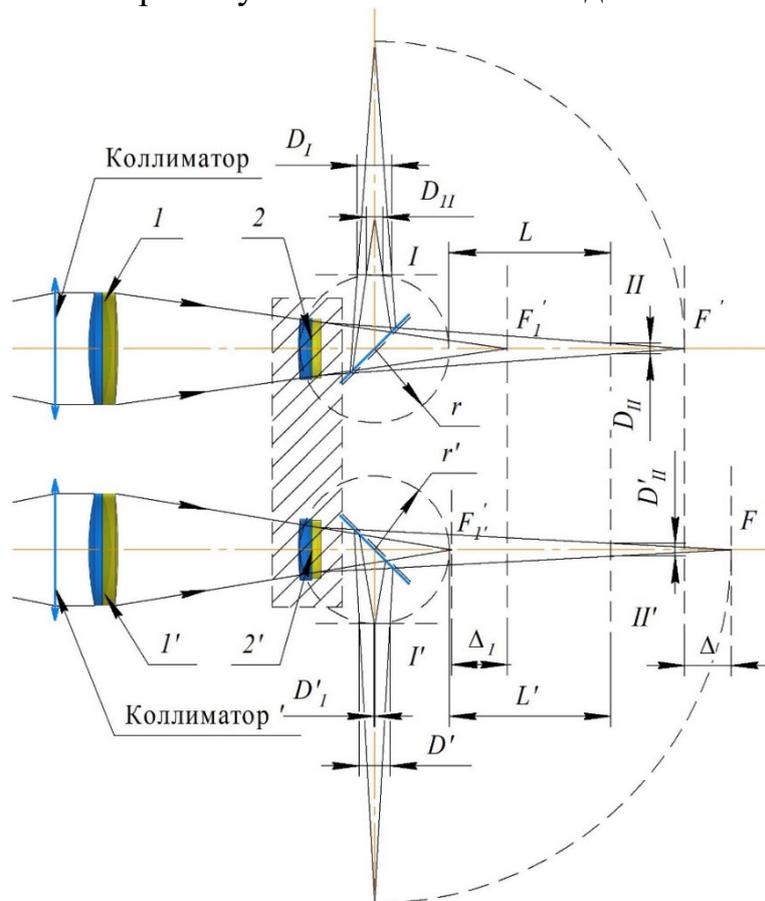


Рис. 1. Оптическая схема системы

Принцип работы измерительного устройства приведен на рисунке 2. Два измерительных канала формируются параллельными пучками лучей от коллиматоров. Возможен вариант применения двух пар узких пучков лучей, формируемых лазерными светодиодами. Пучки лучей падают на контролируемую деталь и проходят через первый компонент объектива 1 и фокусирующий компонент объектива 2. После того как лучи проходят через полупрозрачное зеркало и делятся, то в первом случае луч идет по главной оси, отклоняется на некоторый угол вследствие прохождения через контролируемую деталь и пересекает измерительную плоскость II, где определяются координаты следов световых пучков. Во втором случае, когда ось луча меняется, луч пересекает уже измерительную плоскость I, где определяются координаты следов световых пучков. Расстояние L между плоскостями заранее установлено с необходимой точностью.



1, 1' – первый компонент объектива; 2, 2' – второй компонент объектива;
 I, I' – первая измерительная плоскость; II, II' – вторая измерительная плоскость;

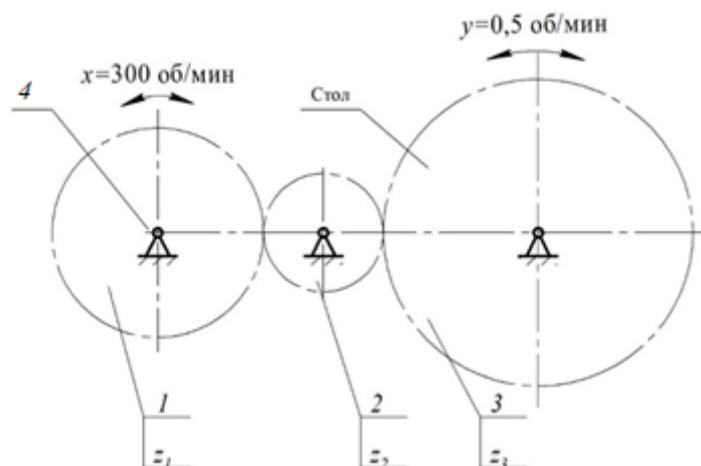
D_I, D_{II}, D'_I, D'_II – диаметры световых пучков в плоскости I и II соответственно;

L – расстояние между измерительными плоскостями; F, F' – точки фокусов объективов;

Δ, Δ_I – разница фокусных расстояний объективов; r, r' – расстояние от светоделительного элемента до первой измерительной плоскости

Рис. 2. Принципиальная схема устройства

Кинематическая схема устройства, в соответствии с рисунком 3, содержит три зубчатых колеса.



1, 2, 3 – зубчатые колеса; 4 – ось

Рис. 3. Кинематическая схема

В разделе разработки принципа работы и схемы устройства была разработана оптическая схема бинокля в программе Zemax, на основе которой была спроектирована оптическая схема устройства. Был рассмотрен вопрос обоснования селективной сборки, в котором была доказана необходимость использования селективного метода сборки. В ходе работы над подразделом принципа устройства была создана принципиальная схема и выведена математическая модель устройства, на основе которой была предложена оптическая схема устройства.

Отдельным подразделом стоит выделить работу над проектированием кинематической схемы устройства, спроектирован редуктор с использованием зубчатых механизмов. Была выведена функция преобразования движения редуктора и создана его кинематическая схема. Также был выбран шаговый электродвигатель и был произведен вывод функции преобразования движения устройства на основе полученных данных.

Результаты

В конструкцию загрузочного модуля входят редуктор 1, стол загрузочный 2 и основание 3. Твердотельная модель модуля загрузочного показана на рисунке 4.

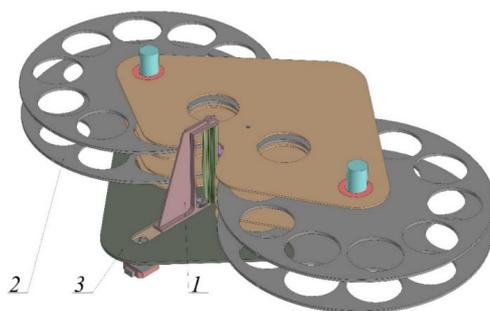


Рис. 4. Твердотельная модель модуля загрузочного

Немаловажной характеристикой в телескопических системах является хроматическая aberrация, которая, в свою очередь, влияет на качество изображения. Воздушные промежутки системы напрямую влияют на показатель хроматической aberrации, следовательно, нужно контролировать воздушный промежуток между оптическими компонентами объектива. В разработанном устройстве контроль осуществляется через промежуточное кольцо 1. Установка воздушного промежутка между оптическими компонентами объектива показана на рисунке 5 [13, 14].

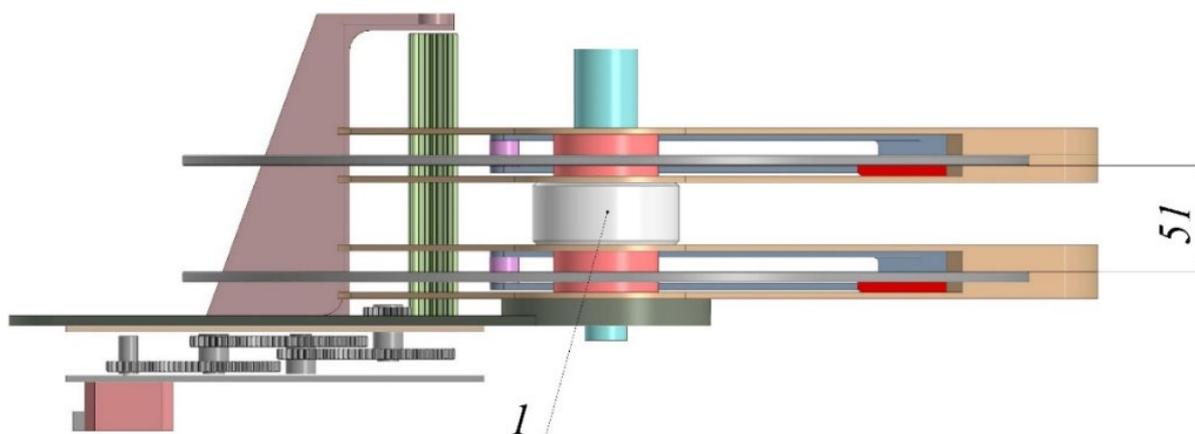


Рис. 5. Установка воздушного промежутка между оптическими компонентами объектива

Заключение

В процессе работы был выполнен анализ существующих методов по измерению фокусных расстояний оптических деталей. Наиболее перспективным из них является бесконтактный метод измерения. В сконструированном приборе был применен автоматизированный бесконтактный метод, основанный на измерении расстояния между сходящимися пучками лучей за контролируемым объективом. Отличительной способностью прибора является одновременный контроль сразу пары объективов. Поскольку устройство автоматизировано, в него входит электронный блок управления, в котором могут быть заданы поправки. Прибор работает в связке со стационарным компьютером или может встраиваться в контрольно-разбраковочные комплексы цехов и лабораторий приборостроительных предприятий.

В ходе работы была разработана принципиальная схема системы подбора пар объективов при селективной сборке биноклярных оптических приборов. Был представлен общий вид устройства с изображением функциональных узлов и измерительным модулем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении / Под ред. Н.М. Капустина. — М.: Машиностроение, 1985.

- 2 Аксененко, М. Д., Бараночников, М. Л., Смолин, О. В. Микроэлектронные фотоприемные устройства - М.: Энергоатомиздат. 1984.
- 3 Афанасьев, В. А. Оптические измерения : учебник для вузов / В. А. Афанасьев; под ред. Д.Т. Пуряева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1981. – 229 с.: ил. Текст : непосредственный.
- 4 ГОСТ 13095-82. Объективы. Методы измерения фокусного расстояния [Текст]. – Введ. 1984 – 01 – 01. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 12 с.
- 5 Еськова, Л.М. Оптические измерения. Учебное пособие. Л. ЛИТМО. 1984.
- 6 Креопалова, Г. В. Оптические измерения [Текст]: учебник для вузов / Г. В. Креопалова, Н. Л. Лазарева, Д. Т. Пуряев. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
- 7 Кузнецов, А. К. Метрология [Текст]: / учебник для вузов / А. К. Кузнецов, А. Н. Исаяев, И. И. Шайко. – М.: Наука, 2006. – 345с.
- 8 Математическая модель фокометра. : сайт. – URL: http://mikron.narod.ru/special/stati/stat_03/index.htm (дата обращения : 01.05.2022). Режим доступа : открытый. – Текст : электронный.
- 9 Патент 1428968 СССР, G01M 11/00. Фокометр; № 4106503; заявл. 16.04.1986; опубл. 07.10.1988/ Пизюта, Б.А., Сырова, Г.А., Шульженко, П.Ф.; заявитель и патентообладатель Новосибирск. институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. – 7 с.: ил. – Текст: непосредственный.
- 10 Патент 1428969 СССР, G01M 11/00. Фокометр; № 4111334; заявл. 16.04.1986; опубл. 07.10.1988/ Пизюта, Б.А., Сырова, Г.А., Шульженко, П.Ф.; заявитель и патентообладатель Новосибирск. институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. – 9 с.: ил. – Текст: непосредственный.
- 11 Патент 1383127 СССР, G01M 11/00. Фокометр; № 4710068; заявл. 12.05.1989; опубл. 30.11.1991/ Пизюта Б.А.; заявитель и патентообладатель Новосибирск. институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. – 5 с.: ил. – Текст: непосредственный.
- 12 Патент 1048346 СССР, G01M 11/00. Фокометр; № 4810194; заявл. 22.06.1989; опубл. 12.02.1992/ Пизюта Б.А., Сырова Г.А.; заявитель и патентообладатель Новосибирск. институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии. – 4 с.: ил. – Текст: непосредственный.
- 13 Пизюта, Б. А. Новые оптико-электронные приборы для оптических измерений [Текст] : учеб. пособие для вузов / Б. А. Пизюта, И. О. Михайлов. – Новосибирск: СГГА, 1996. – 77 с.
- 14 Погарев, Г.В. Юстировка оптических приборов/ Г.В. Погарев. – М.-Л.: Машиностроение, 1968.

© К. С. Редколес, И. О. Михайлов, 2023