

К. С. Редколес^{1✉}, И. О. Михайлов¹

Концепция автоматизации складирования линз и устройство измерения их фокусных расстояний

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

Аннотация. Статья посвящена автоматизации процесса складирования линз и созданию устройства для измерения их фокусных расстояний с целью повышения эффективности селективной сборки объективов биноклярных приборов. В центре внимания находится разработка информационно-измерительного комплекса, который обеспечивает высокую точность измерений (погрешность не превышает 0,05 %) и автоматизацию всех связанных с этим процессов. Статья посвящена принципу работы устройства, основанного на бесконтактном дифференциальном методе измерения с применением эталонной линзы для калибровки измерительного модуля. Для оптимизации процесса складирования и подбора пар линз с требуемыми параметрами, предназначенных для сборки сложных объективов, предлагается схемное решение опико-электронного измерительного модуля, разработана базовая конструкция автоматизированной измерительной системы. Автоматизация производственных процессов на всех этапах позволяет добиться существенного повышения точности, сократить производственные издержки и минимизировать количество бракованной продукции.

Ключевые слова: измерительное устройство, биноклярный прибор, селективный подбор, фокусное расстояние, объектив, массовое производство

K. S. Redkoles^{1✉}, I. O. Mikhailov¹

Concept of automation of lens storage and device for measuring their focal lengths

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

Abstract. The article is devoted to automation of the lens stacking process and creation of a device for measuring their focal lengths and increasing the efficiency of selective assembly of binocular device objectives. The focus is on the development of an information and measuring complex that ensures high measurement accuracy (the error does not exceed 0.05%) and automation of all related processes. The article is devoted to the operating principle of the device based on a contactless differential measurement method using a reference lens to calibrate the measuring module. To optimize the process of stacking and selecting pairs of lenses with the required parameters intended for assembling complex objectives, a circuit solution for an optical-electronic measuring module is proposed, and the basic design of an automated measuring system is developed. Automation of production processes at all stages allows for a significant increase in accuracy, a reduction in production costs and a minimization of the number of defective products.

Keywords: measuring device, binocular device, selective selection, focal length, lens, mass production

Введение

В современных бинокулярных приборах точное измерение фокусных расстояний линз является ключевым фактором при сборке объективов. Однако традиционные методики измерения часто не обеспечивают требуемой скорости и точности, что негативно сказывается на эффективности процесса и повышает риск возникновения ошибок.

В условиях массового производства автоматизация этих процессов приобретает первостепенную важность. Необходимо разработать систему, обеспечивающую не только точное измерение фокусных расстояний, но и эффективную организацию хранения, учета и сортировки линз.

Задача данной работы заключается в разработке концепции автоматизированного складирования линз и создании устройства для измерения их фокусных расстояний. Такая реализация позволит оптимизировать производственные процессы, повысить эффективность работы, сократить количество бракованной продукции и улучшить качество выпускаемых оптических приборов благодаря внедрению инновационных технологий.

Принцип измерения фокусных расстояний линз

Основой предлагаемого измерительного комплекса является разработанный авторами оптико-электронный измерительный модуль, отличающийся простотой принципа действия, который поясняется на рис. 1. Дифференциальный метод измерений фокусных расстояний f' линз, положенный в основу работы модуля, предполагает его калибровку по эталонной линзе с заранее известным с необходимой степенью точностью фокусным расстоянием f'_3 и вычисления погрешности фокусного расстояния контролируемой линзы $\Delta f'$. Осветитель измерительного модуля формирует два параллельных пучка лучей на расстоянии a один от другого, падающих на эталонную линзу, за которой на некотором расстоянии в плоскости измерений располагается приемник сигнала, содержащий ПЗС-линейку [2]. Линейка позволяет измерить расстояние l_3 между энергетическими центрами световых пятен за эталонной линзой. Это расстояние фиксируется в электронном блоке обработки информации и учитывается для вычисления b_3 :

$$b_3 = \frac{f'_3(a - l_3)}{a}. \quad (1)$$

Далее осветитель и приемник сигнала синхронно перемещаются к первой контролируемой линзе в кассете и выполняется измерение интервала l . Фокусное расстояние вычисляется по формуле:

$$f' = \frac{ab_3}{a - l}. \quad (2)$$

ординате y , осуществляется также за счет применения цилиндрических направляющих, системы ременных передач и шагового электродвигателя. После измерения эталонной линзы кассета передвигается на следующую координату x для измерения ряда линз. После измерения всей партии линз кассета передвигается в зону складирования. Элементы конструкции монтируются на основании 5. Можно отметить, что конструкция системы построена на стандартных профилях.

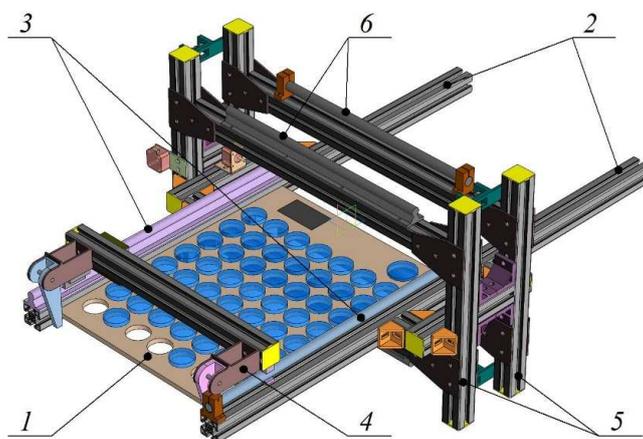


Рис. 2. Конструкция информационно-измерительного устройства

Вычисленное фокусное расстояние каждой линзы и его погрешность фиксируется в базе данных с привязкой к кассете и номеру гнезда кассеты, что позволяет автоматизировать компьютерный поиск необходимого фокусного расстояния для комплектования пар линз при селективной сборке объективов биноклярных приборов.

Концепция автоматизации складирования линз

Посредством автоматизированного перемещения кассета с линзами поступает в зону измерения. Вертикальное положение линз строго фиксируется в кассете, так чтобы задняя главная плоскость эталонной линзы и всех контролируемых линз в кассете находилась в одной плоскости в пределах допустимой погрешности. Положение линз в кассете показан она рис. 3.

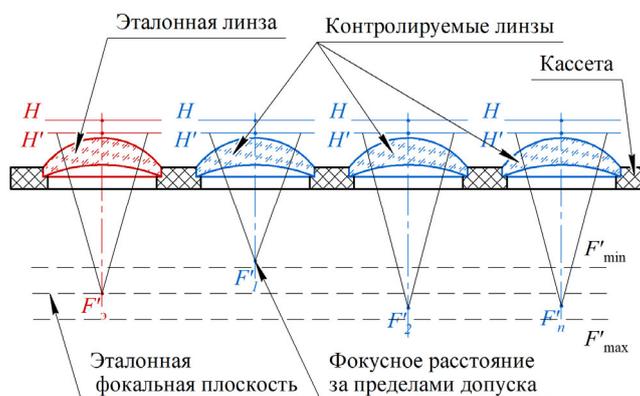


Рис. 3. Положение линз в кассете

При размещении линз в кассете необходимо позиционировать их одинаково по отношению к поверхности (одинаковыми поверхностями в одну сторону), что усложняет и замедляет загрузку линз в кассету. Для исключения названного усложнения заполнения кассеты можно предложить использование двух эталонных линз на кассете в разных положениях (рис. 4).

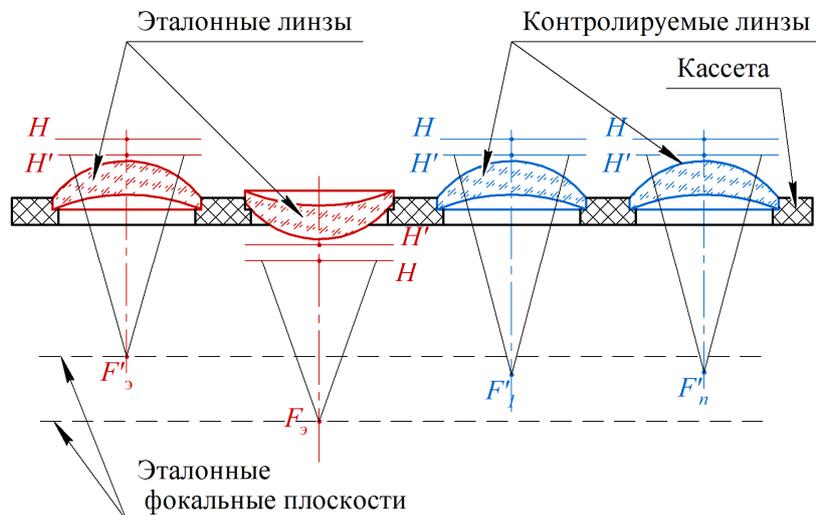


Рис. 4. Вариант размещения двух эталонных линз в кассете

При этом будут сравниваться заднее фокусное расстояние или переднее фокусное расстояние. В этом случае в алгоритме обработки сигнала предусматривается наличие двух положений фокальных областей эталонной линзы, и соответственно предусмотрен выбор одного из двух положений в процессе измерений. Предлагаемый принцип требует дополнительных исследований, не предусмотренных в данной работе [1].

Заключение

Измерительный модуль, состоящий из источника и приемника излучения, по рабочей формуле устройства определяет и рассчитывает полученные значения координат линз и их фокусного расстояния (2) и погрешности фокусного расстояния (3). Результаты автоматически записываются в базу данных, адрес которых доступен через QR-код, с привязкой к позиции линзы в кассете. После измерения кассета перемещается в зону складирования, представляющую собой отдельные ячейки в контейнере, и освобождает рабочую зону для следующей кассеты. Контейнеры имеют QR-код для считывания. Механизм перемещения представляет собой роботизированную систему-конвейер, использует направляющие с минимальным зазором для предотвращения повреждений кассеты. База данных содержит в себе информацию о каждом контейнере, каждой кассете, находящейся в контейнере и каждой линзе в кассете. По запросу можно отсортировать подходящие пары линз для объективов бинокулярного прибора.

Разработанная концепция автоматизированного складирования линз и устройства для определения их фокусных расстояний обладает большим потенциалом для оптимизации производства оптических приборов. Использование информационно-измерительного комплекса, построенного на бесконтактном дифференциальном методе, обеспечивает высокую точность измерений с погрешностью, не превышающей 0,05 %, что является ключевым фактором для успешного массового производства. Автоматизация всех процессов, от транспортировки кассет с линзами до их измерения и сортировки, не только увеличивает точность, но и оптимизирует производственные затраты, сокращая количество брака. Внедрение такой автоматизированной системы в производственный цикл повысит качество выпускаемой оптики и обеспечит более эффективную работу предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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, аэрофотосъёмки и картографии. – 4 с.

2. Редколес К. С., Михайлов И. О. Разработка модуля позиционирования линз для устройства селективной сборки бинокулярных приборов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь : XIX Международный научный конгресс, Новосибирск, 17–19 мая 2023 г. : сборник материалов в 8 т. - Новосибирск : СГУГиТ, 2023. - Т. 7: МОЛОДЕЖЬ. ИННОВАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ : Международная научно-технологическая конференция студентов и молодых ученых, № 1. – С. 105-111.

3. Редколес К. С., Михайлов И. О. Разработка принципа складирования линз и работы информационно-измерительного комплекса для селективной сборки бинокулярных оптических приборов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь : XX Международная выставка и научный конгресс, 15–17 мая 2024 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. - Новосибирск : СГУГиТ, 2024. - Т. 6: Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке». – С. 229-233.

© К. С. Редколес, И. О. Михайлов, 2025