

УДК 535.317; 681.7

**МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА ИК ВАРИООБЪЕКТИВА
В ПП OPTICSTUDIO**

Артюхина Н.К.¹, Чергейко С.В.², Марчик В.А.²

¹Белорусский национальный технический университет

²ОАО «Пеленг»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Усовершенствована методика автоматизированного синтеза объективов с плавным изменением фокусного расстояния с использованием OpticStudio; установлены особенности габаритного расчета.
Ключевые слова: вариообъектив, фокусные расстояния, подвижки компонентов, качество изображения.

**TECHNIQUE OF AUTOMATED SYNTHESIS OF IR ZOOM LENS
IN SOFTWARE OPTICSTUDIO**

Artioukhina N.K., Charheika S.², Marchik V.²

¹Belarusian National Technical University

²JSC "PELENG"

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The technique of automated synthesis of smooth the focal length change lenses using OpticStudio has been improved; the features of dimensional calculation have been established.

Key words: zoom lens, focal length, component movements, image quality.

Адрес для переписки: Чергейко С.В., ул. Макаёнка 25, Минск 220114, Республика Беларусь
e-mail: ich0@bk.ru

В современном оптическом приборостроении находят достаточно широкое применение оптические системы с плавным изменением фокусного расстояния. Обсуждению темы габаритного расчета вариообъектива посвящено значительное количество публикаций, описывающих разные методы синтеза [1, 2]. Первая группа методов использует экспертные системы, основанные на поиске в базе данных наиболее подходящего аналога. Подход позволяет игнорировать этап параксиального синтеза, но не дает положительного результата при значительном изменении диапазона фокусных расстояний для получения нового решения. Вторая группа использует в синтезе методы нелинейного программирования. Подход требует наличия стартовой системы, которая требует трудоемкого патентного поиска. К третьей группе можно отнести методы, основанные на разработке специализированных алгоритмов, учитывающих специфику решаемых задач. Отметим, что методы не универсальны и не позволяют в полной мере выполнить параксиальный синтез системы переменного увеличения, поэтому исследование и разработка новых подходов к поиску решений является актуальной научной и практической задачей.

Цель настоящей работы – установить особенности габаритного расчета и усовершенствовать метод автоматизированного параксиального синтеза ИК вариообъективов в тонких компонентах с последующей оптимизацией.

Рассмотрим этапы предложенной методики, включающей синтез в тонких компонентах с использованием компьютерного моделирования и оптимизации в ПП OpticStudio (ранее ПП Zemax).

На первом этапе осуществлен выбор прототипа (базовой схемы, максимально подходящей по задаваемым параметрам), описание которого дано в работе [3]. Использована базовая схема из пяти компонентов, два из которых имеют подвижку, предназначенную для плавного изменения фокусного расстояния. Положение элементов схемы в тонких компонентах рассчитаны с помощью углов α_k и высот h_k нулевого луча (рис. 1).

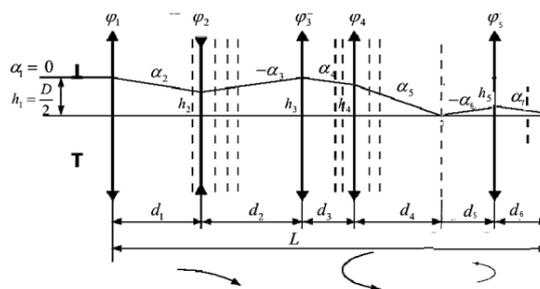


Рисунок 1 – Оптический модуль вариообъектива в тонких компонентах

Фокусные расстояния оптической системы, состоящей из бесконечно тонких линз, являются лишь первым приближением решения задачи расчета объектива. Габаритные размеры и размеры подвижек выбираются, чтобы удовлетворить требования к длине L .

Переход к компонентам конечной толщины сводится к минимизации оценочной функции: RMS (среднеквадратическое значение) поперечной аберрации в плоскости изображения. Формируя оценочную функцию, задаем положение и диаметр входного зрачка вариообъектива, а также поле зрения в пространстве предметов в угловой

мере 2ω для двух крайних и нескольких 5–10 промежуточных положений.

Результаты 1 этапа: сформирована оптическая система из компонентов, фокусные расстояния которых оптимизированы с использованием ограничений на световые диаметры, общий габарит и воздушные промежутки. Получены расчеты для 2 крайних положений (рис. 2) и определены промежуточные конфигурации при изменении фокусного расстояния системы с шагом 12,5 мм.

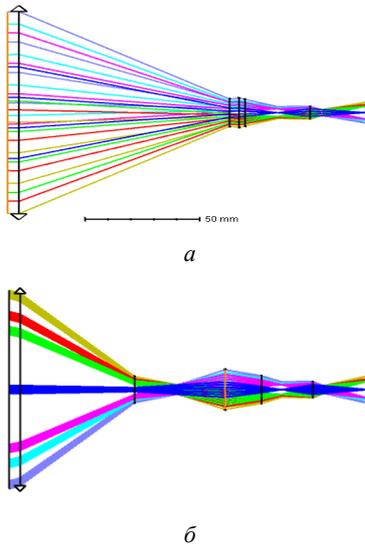


Рисунок 2 – Схемные решения вариообъектива в тонких компонентах для двух крайних положений

Получив конструкцию, переходим ко второму этапу расчета – синтез по компонентам при минимизации aberrаций каждого компонента в отдельности. В рассчитанной системе пять компонентов: первый, третий, четвертый и пятый положительные, второй отрицательный. Пятый компонент представляет собой проекционную систему. Создано пять новых покомпонентных систем с известными фокусными расстояниями и оптическими материалами линз. Для положительных линз компонентов использован кремний с относительно низким показателем преломления, для отрицательных линз компонента – германий с более высоким показателем преломления.

Использован последовательный расчет 1–4 и 5 компонентов согласовывая положения зрачков при заданных ограничениях, а также учете необходимых подвижек и расстояний между линзами для механического крепления их в оправках.

На 3 этапе объединяем все в единую систему и оптимизируем с использованием ПП OpticStudio. Компоновки системы после расчета отдельных компонентов недостаточно. Необходимо выполнить aberrационный расчет системы в целом, компенсируя aberrации одного компонента другим. Aberrационный расчет выполнен также в программной среде OpticStudio.

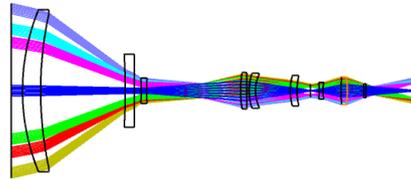


Рисунок 3 – Объединенная система вариообъектива после aberrационного расчета для положения с фокусным расстоянием 25 мм

На 4 этапе произведен расчет вариообъектива сначала по геометрическим aberrациям, далее по волновым.

Предложенная методика автоматизированного синтеза была использована для расчета вариообъектива, работающего в средней инфракрасной области спектра (3,5–5,0) мкм с приемником с охлаждаемой диафрагмой. Технические характеристики вариообъектива: диапазон изменения фокусного расстояния $f_{\max} = 300$ мм, $f_{\min} = 25$ мм; угловое поле зрения от $2,34^\circ$ до $27,6^\circ$ относительное отверстие 1:5,5.

В ПП OpticStudio произведена оценка рассчитанной системы на технологичность, результаты подтвердили, что данное техническое решение возможно реализовать [4].

Литература

1. Запрягаева, Л. А. Расчет и проектирование оптических систем / Л. А. Запрягаева, И. С. Свешникова. – М.: Логос, 2000. – 584 с.
2. Зверев, В. А. Идеи композиции как принцип построения рациональной конструкции оптической системы / В. А. Зверев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2002. – № 5. – С. 56–71.
3. Varioptic [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.varioptic.com>. – Дата доступа: 20.09.2021.
4. Чергейко, С. В. Вариообъектив для систем технического зрения / С. В. Чергейко, Н. К. Артюхина, Д. С. Шарко – «Приборостроение–2021». Материалы 14-й МНТК, Минск, 17–19. 11. – 2021. – С. 387–389.