

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

УДК 535.317; 681.7

**АЛГОРИТМ РАСЧЕТА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАНКРАТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТИВА ИЗ ТРЕХ КОМПОНЕНТОВ**  
**Шкадаревич А.П.<sup>1</sup>, Артюхина Н.К.<sup>2</sup>, Чернавчиц Д.А.<sup>2</sup>, Альмахмуд Шуаиб Хассан<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>НТЦ «Лазеры в экологии, медицине и технологиях» БелОМО, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Al-Bath University, Al-Bath, Syria

В настоящее время широкое распространение получили оптические системы (ОС) переменного увеличения, позволяющие изменять поле зрения путем перемены относительных положений компонентов. Такая оптика имеет ряд функциональных преимуществ. Современные разработки активно используются в военно-технической сфере и других областях. Существует классификация таких ОС: вариобъективы, трансфокаторы, объективы с механической и оптической компенсацией изображения [1, 2].

В работе рассмотрена новая модель трехкомпонентной системы панкратического объектива с подвижным первым компонентом (рисунок 1).

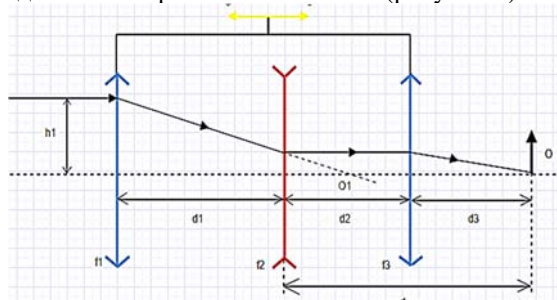


Рисунок 1 – Оптическая схема трехкомпонентного объектива переменного увеличения

Основная композиция представлена тремя компонентами, два из которых подвижны. Исследованы схемы объективов с механической и оптической компенсацией изображения. Установлено, что композиция с подвижным первым компонентом обеспечивает малые габариты.

Рассмотрим основную композицию, в которой второй компонент фиксирован; положение его определено расстоянием между его главной плоскостью и плоскостью изображения:  $d = d_2 + d_3$ .

На первом этапе структурного анализа была определена композиция оптической схемы объектива и ее основные характеристики (значение перепада увеличения и диапазон изменения фокусного расстояния), а также такие параметры, как число компонентов; фокусные расстояния и закон движения компонентов, определяющий расстояния между ними, величина осевого смещения плоскости изображения. На втором этапе – конструктивные параметры ОС, которые позволяют получить необходимые абберационные характеристики: число и тип отдельных компонентов (склейка, триплет и т.д.), показатели преломления материалов, радиусы кривизны поверхностей и толщины

линз, расстояния между линзами, параметры асферических поверхностей.

Предложенный алгоритм расчета основан на формулах, определяющих:

– параксиальный отрезок до плоскости Гаусса

$$a' = (1 - \beta)f';$$

– расстояние от неподвижного компонента 2

$$d = (1 - \beta_2)f_2' + (2 - \beta_3 - \frac{1}{\beta_3})f_3';$$

– связь увеличений для компонентов 2 и 3

$$\beta_3 = \frac{f'}{f_1' \cdot \beta_2};$$

– осевые расстояния

$$d_2 = (f_1' - \beta_2 \cdot f_2' \cdot f_1'^2 + f_2'), \quad d_3 = (1 - \beta_3) \cdot f_3'; \quad (1)$$

– линейное увеличение  $\beta_2$

$$(1 - \beta_2)f_2' + (2 - \frac{f'}{f_1' \cdot \beta_2} - f_1' \cdot \frac{\beta_2}{f'})f_3' - d = 0.$$

Получен закон движения компонентов (основное уравнение трехкомпонентной системы):

$$k_1\beta_2^2 + k_2\beta_2 + k_3 = 0, \quad (2)$$

где коэффициенты  $k_1, k_2, k_3$  определяются следующими формулами:  $k_3 = f_3' f'^2$ ;

$$k_1 = (f_1'^2 f_3' + f_1' f_2' f'); \quad k_2 = (f_2' + 2f_3' - d)f_1' f'.$$

Из возможных решений уравнения (2) только одно дает практический результат с положительными по знаку расстояниями  $d_2$  и  $d_3$ .

Параметрический синтез завершается определением параметра  $d_1$ . На основании предложенных формул выбраны параметры композиции с подвижным первым компонентом и дан расчет конструктивных параметров панкратического объектива из трех компонентов.

Для проектного расчета был выбран трехкомпонентный объектив (первый и третий компонент подвижные) с механической компенсацией. Рассчитанный панкратический объектив обеспечивает перепад фокусных расстояний  $f'$  от 70 до 160мм и развивает относительное отверстие  $D/f'$  в пределах 1:2 – 1:6 при угловом поле зрения  $2\omega = 4^\circ - 2^\circ$  при удовлетворительном качестве изображения по полю изображения.

Результаты габаритного расчета одной из конструктивных композиций, сведены в таблицу, где  $\Delta$  – смешение изображения от нулевого состояния.

При расчете радиусов кривизны поверхностей линз отдельных компонентов и введении конечных

толщин для различных комбинаций стекол были использованы наиболее эффективные методики расчета [3, 4].

Таблица – Результаты параметрического синтеза для четырех положений

$f'$ , мм	$\beta_2$	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$L$ , мм	$\Delta$ , мм
70	0,389	17,19	33,35	67,16	0
90	0,444	41,080	24,2	91,25	0,025
110	0,498	59,39	18,19	109,44	-0,032
160	0,598	84,6	7,11	130	0,099

К примеру, рассчитанный первый компонент по методике [4] с оптическими характеристиками: фокусное расстояние  $f' = 135$  мм, диафрагменное число  $f'/D = 3,75$  обеспечивает совершенную коррекцию сферической aberrации и комы 3-го порядка.

Система		Работа-RT				Снар-0 View 13:36 OPAL-PC	
N	S1	S2	S3	S4	S5	S1xp	S2xp
1	94233	-58790	36677	56953	-58361	-00903	00000
2	-3.54175	-88641	-22185	-16941	-09786	03362	00032
3	2.58741	1.46168	82573	32964	65242	-02466	-00045
sum	-01201	-01263	97066	72976	-02905	-00007	-00012

Рисунок 2 – Суммы Зейделя для первого компонента

Компьютерное моделирование данного объектива в программной среде Орал показало, что объектив обладает допустимыми значениями осевых и внеосевых aberrаций ( $2\omega = 4^\circ$ ) для всего диапазона изменения фокусного расстояния (70-145 мм).

Отметим, что получена ортоскопическая коррекция aberrаций (величина относительной дисторсии во всех позициях не превышает 1%).

Установлено, что базовые композиции трехкомпонентной системы панкратического объектива, рассчитанные в диапазоне фокусных расстояний  $f' = 160-70$  мм при относительном отверстии  $D/f' = 1:2$ , поле зрения  $2\omega = 40^\circ$ , обладают минимальными значениями неизопланатизма и сферической aberrации, а также допустимыми значениями волновой aberrации и астигматической разности в спектральном диапазоне  $\lambda = 380...680$  нм.

УДК 06.35.27

## ON THE METHODOLOGY OF SUPPORTING MAINTENANCE DEPARTMENT WORK AT A STRATEGIC LEVEL USING MES INFORMATION SYSTEM

Patalas-Maliszewska J., Skrzyszewska M.

University of Zielona Góra, Poland

Employees within the maintenance department in a manufacturing company, especially at the strategic level, have to use innovative methods and tools, in order to work in accordance with the company's development strategy. The tool, that supports the execution of business processes at the operational level and also at the strategic level may be the information system, namely Manufacturing Execution System (MES).

Providing research in the area of the effective use of the MES system in the maintenance department at the strategic level is important due to need the company's management regarding knowledge about the cur-

Объективы ахроматизованы при заданной спектральной эффективности.

Полученные формулы для трехкомпонентной системы можно успешно использовать для расчета композиций из четырех и пяти компонентов. Для расчёта сложных систем переменного увеличения были использованы некоторые теоретические положения метода гауссовых скобок [5].

Область применения предложенной методики можно расширить не только по количеству компонентов, но и для объективов дискретного типа. В этом случае в алгоритме будут изменения в законах движения компонентов, были получены необходимые дополнительные формулы. Расчет объектива с дискретным изменением фокусного расстояния представляет значительный интерес. На основании предложенных формул выполнен расчет объектива дискретного типа с десятикратным перепадом. Проведено габаритное моделирование объектива дискретного типа с перепадом  $10^x$ - базовую схему, которую можно использовать при проектном расчете объектива, работающим в ИК области или для других применений.

### Литература

- Запрягаева, Л.А. Расчет и проектирование оптических систем / Л.А. Запрягаева, И.С. Свешникова. – М.: Логос, 2000.
- Clerk, A.D. Zoom lenses / A.D. Clerk. – London, 1973.
- Antonin, M. Method of zoom lens design / M.Antonin, P. Novak // Applied optics journal – 2008. – V.47, No 32.
- Кириченко, Е.В. Принцип построения ОС из бесконечно тонких компонентов /Е.В. Кириченко // Оптико-механическая промышленность. – 1978. С. 17–23.
- Herzberger, M. Gaussian Optics and Gaussian brackets / M. Herzberger // Journal of the optical society of America. 1943. – V.33 – P. 615-625.

rently state of computerization and automation of the enterprise. The effective use of the MES system may enable further activities in the company related to production automation and also can be the first element of enterprise development according with the Industry 4.0 concept.

The MES system supports the execution of production processes and at the same time it is used to support activities carried out in the maintenance department within the production company.

MES systems enable effective collection of data and information in real time from production business