

УДК 535.317; 681.7

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВИЗИОННОГО МОДУЛЯ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТИВА

Артиухина Н.К., Бурдо М., Побожный А.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Представлен анализ базовой схемы и результаты расчета оценки качества в геометрическом и волновом представлении.

Ключевые слова: объектив, коррекция аберраций, качество изображения.

MODERNIZATION OF THE THERMAL IMAGING MODULE DUE TO OPTIMIZATION LENS PARAMETERS

Artioukhina N.K., Burdo M., Pobozhny A.A.

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The analysis of the basic scheme and the results of the calculation of the quality assessment in geometric and wave representation are presented.

Key words: Lens, aberration correction, image quality.

Адрес для переписки: Бурдо М., ул. Я. Коласа, 22 – 604, а, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
e-mail: art49@mail.ru

С каждым годом номенклатура выпускаемых оптических приборов расширяется, создаются новые конструкции, непрерывно совершенствуются серийные образцы. В современном приборе используют последние достижения науки и техники по механике, оптике и электронике. Тепловизионные модули расширяют область применения приборов в различных областях спектра; использование ПЗС-матриц дают дополнительные преимущества.

Специальные задачи, например, наблюдение за объектом, находящимся в сложных условиях (температура и пр.) требуют специально рассчитанной оптики. В то время, как серийно выпускаемые объективы не всегда подходят для конкретных задач ввиду их избыточной сложности и, следовательно, высокой стоимости, а также недостаточным качеством изображения для узко специализированной задачи. Поэтому компаниям, выпускающим оптико-электронные приборы, приходится самостоятельно рассчитывать объективы для своих изделий.

Работа тепловизионного монокуляра построена на принципе регистрации теплового излучения в инфракрасном спектре от объектов и его преобразовании в двухмерное изображение в видимом спектре.

К оптическим элементам тепловизионных модулей можно отнести следующие. Объектив тепловизора формирует на сенсоре температурную карту (или карту разности мощности излучения) всей наблюдаемой в поле зрения области. Микропроцессор и другие электронные компоненты конструкции считывают данные с матрицы, обрабатывают их и формируют на дисплее прибора

изображение, являющееся визуальной интерпретацией этих данных, которое напрямую или через окуляр рассматривает наблюдатель.

Объектив – оптическая система, формирующая действительное изображение объекта наблюдения на светочувствительной площадке приемника. Обычно объектив состоит из набора линз, рассчитанных для взаимной компенсации аберраций. Обычно объективы изготавливаются из различных материалов, самым распространенными из которых являются монокристаллический германий и халькогенидные стекла.

Цель работы – проектирование, расчет и оптимизация объектива с заданным углом поля зрения и контрастом изображения для модернизации тепловизионного модуля. Объектив должен обеспечивать контраст изображения на частоте Найквиста не менее 0,4.

Таблица. Технические характеристики объектива

Параметры	Численное значение
Увеличение	1,1 ^x
Фокусное расстояние	29 мм
Относительное отверстие	1:1
Угловое поле	$2\omega = 15^\circ \times 12^\circ$
Спектральный диапазон	от 8 до 12 мкм

Проектирование и синтез схемы объектива проводился по предложенному алгоритму с использованием проработанных пакетов (ПП) Опал и Земакс. На первом этапе осуществлялся поиск базовой схемы.

На рисунке 1 представлена оптическая схема базового ИК объектива тепловизора: фокусное расстояние объектива 40 мм, который рассчитан для спектральной длины волны 10 мкм.

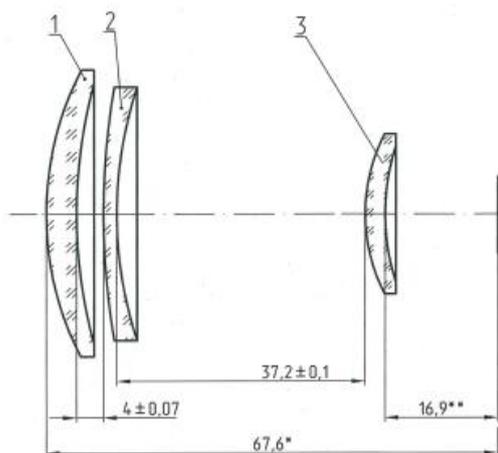


Рисунок 1 – Базовая схема

Проведены абберационные расчеты объектива $f' = 40$ мм и объектива $f' = 29$ мм. Цель расчета: определение изменения по качеству изображения, опираясь на абберации. Оценка проведена по четырем параметрам: MTF поля, точка рассеяния, кривизна поля и дисторсия.

Расчеты проведены в ПП Земакс: рассчитаны характеристики и абберации исследуемой системы. С помощью инструмента Lens Data Editor заданы радиусы, толщины и марки линз.

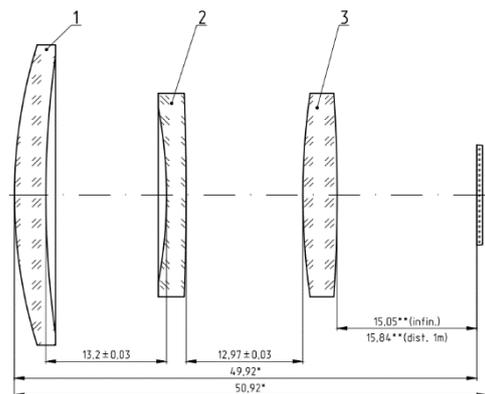


Рисунок 2 – Объектив $f' = 29$ мм

Для объектива тепловизора $f' = 29$ мм также исследованы Spot Diagram (величины GEO, RMS), MTF поля, кривизна и дисторсия. Представим график модуляционной передаточной функции (MTF) поля.

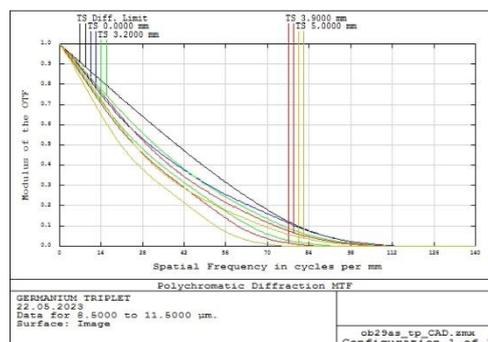


Рисунок 3 – MTF поля

Получены результаты.

Анализ геометрических аббераций и волновых критериев изображения показал, что объектив $f' = 40$ мм уступает по качеству объективу $f' = 29$ мм. Размеры пятна рассеяния для объектива $f' = 29$ мм составляют значения порядка 8,5 нанометров, в то время как размер пятна рассеяния объектива $f' = 40$ мм – до 30 нанометров. Сравнивая графики MTF отметим, что для пространственной частоты в 30 мм^{-1} для объектива $f' = 40$ мм и для частоты в 42 мм^{-1} для объектива $f' = 29$ мм значение контраста составляет 0,5–0,6; однако расстояния между сагитальными и тангенциальными составляющими в среднем у объектива $f' = 29$ мм меньше (астигматизм меньше), т. е. объектив лучше по полю. Это значит, что при отклонении пучков лучей от оси они не вызовут ухудшения или искажения изображения.

При сравнении графиков кривизны поля и дисторсии отметим, что эти абберации исправлены лучше в тепловизионном объективе $f' = 29$ мм по сравнению с базовым объективом $f' = 40$ мм.

Можно сделать вывод, что объектив $f' = 29$ мм превосходит по качеству изображения своего предшественника.

Литература

1. Запрыгаева, Л.А. Расчет и проектирование оптических систем / Л.А. Запрыгаева, И.С. Свешникова. – М. : Логос, 2000. – 584 с.
2. Артюхина, Н.К. Основы компьютерного моделирования оптических систем различных классов: учебно.-мет. пособие для вузов / Н.К. Артюхина. – Минск : БНТУ, 2016. – 182 с.