

АНАЛИЗ ПЕРЕПАДА ФОКУСНЫХ РАССТОЯНИЙ В ОБЪЕКТИВАХ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ

Даниил Сергеевич Завьялов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (999)463-13-79, e-mail: ottenokkirpicha@gmail.com

Татьяна Николаевна Хацевич

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, профессор кафедры фотоники и приборостроения, тел. (383)343-29-29, e-mail: khatsevich@rambler.ru

Отмечается тенденция реализации режимов широкого и узкого полей зрения в тепловизионных приборах. Целью исследования является выявление перепада фокусных расстояний и полей в объективах тепловизионных приборов, построенных на основе неохлаждаемых матричных приемников излучений. Проведен анализ информации, полученной из научно-технической литературы и электронных ресурсов. В рамках исследованной выборки установлен диапазон перепада от 3,0 до 5,6^x при среднем значении 3,6^x. Результаты исследования будут использованы для разработки прибора в рамках магистерской работы.

Ключевые слова: инфракрасный объектив, тепловизионный прибор, фокусное расстояние, угловое поле, смена полей.

ANALYSIS OF FOCAL LENGTH DIFFERENCES IN THE LENSES OF THERMAL IMAGING DEVICES

Daniil S. Zavyalov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (999)463-13-19, e-mail: ottenokkirpicha@gmail.com

Tatiana N. Khatsevich

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (383)344-29-29, e-mail: khatsevich@rambler.ru

A tendency of wide and narrow field of view modes can be seen in many thermal imaging devices. The purpose of the study is to identify differences in focal lengths and fields in the zoom lenses of thermal imaging devices based on uncooled matrix radiation receivers. The study analyzes information obtained from scientific and technical literature, and electronic resources. Differential range from 3.0 to 5.6^x with average value of 3.6^x was determined within the studied sample. The study will be further used for the development of a device for master thesis.

Key words: infrared zoom lens, thermal imaging device, focal length, angular field, field change.

Введение

Тепловидение изучает методы, физические основы, приборы, обеспечивающие возможность наблюдения за объектами с различной температурой поверхности. Рабочий спектральный диапазон тепловизионных приборов находится в средневолновом (от 3 до 5 мкм) и длинноволновом (от 8 до 14 мкм) инфракрасных диапазонах, что позволяет создавать изображение наблюдаемых объектов, используя их тепловое излучение [1]. В соответствии со спектральным диапазоном тепловизионные приборы делятся на приборы средневолнового MWIR и длинноволнового LWIR диапазонов спектра [2]. Тепловизионные приборы классифицируются по различным признакам:

- в соответствии с методом создания двумерного изображения наблюдаемого предмета, тепловизионные системы делятся на две группы: тепловизионные камеры и тепловизионные сканеры;

- в зависимости от сферы применения различают тепловизоры для наблюдения и измерений;

- в зависимости от используемого фотоприемного устройства (ФПУ) тепловизионные системы делятся на тепловизоры с неохлаждаемыми и с охлаждаемыми ФПУ;

- в тепловизионных системах можно выделить системы с постоянными оптическими характеристиками и со сменными оптическими характеристиками.

Современные тепловизионные приборы способны решать множество задач военного и гражданского назначения: видеонаблюдение и рекогносцировка подразделений противника, целеуказание, мониторинг и охрана объектов, выявление скрытых очагов пожаров, проверка состояния электрооборудования, поиск и оценка теплотерь в конструкциях сооружений, дистанционное измерение температуры и т. д.

Тепловидение – одно из самых быстро развивающихся направлений в сфере оптико-электронных устройств [3]. В последние десятилетия производство инфракрасных ФПУ вышло на высокий уровень и улучшение параметров ФПУ таких, как: увеличение формата, уменьшение размеров пикселя многоэлементных ФПУ, появление двух и многодиапазонных ФПУ – повлияло на повышение требований к качеству оптики и оптико-механическим элементам [4]. Поэтому разработка новых оптических систем тепловизионных приборов является актуальной задачей.

Методы и материалы

Для получения результатов использовались поиск, анализ и классификация информации, полученной из научно-технической литературы и электронных ресурсов по теме исследования.

Результаты

Постоянно расширяющийся круг задач, для решения которых привлекаются тепловизионные приборы, способствует развитию оптических и электронных си-

стем тепловизионных приборов. Основными критериями для тепловизора является дальность обнаружения и распознавания [4]. Для повышения указанных параметров требуется оптимальное сочетание оптической системы, параметров ФПУ и электронной системы обработки изображений.

Объективы для тепловизионных приборов можно разделить на две группы: объективы с фиксированным фокусным расстоянием и объективы со сменным фокусным расстоянием (с дискретным изменением фокусного расстояния и панкратические).

Тепловизионные приборы, в которых применяются объективы со сменным фокусным расстоянием, имеют ряд преимуществ перед приборами с фиксированным фокусным расстоянием. Эти преимущества связаны с тем, что пользователь имеет возможность при наблюдении объектов переключать режимы широкого или узкого поля зрения. В режиме широкого поля зрения осуществляется обзор пространства предметов и поиск (обнаружение) объекта, в режиме узкого поля зрения – детальное распознавание найденного объекта. Одновременно со сменой размера поля зрения в приборе осуществляется и смена увеличения. В режиме узкого поля зрения обеспечивается больший масштаб изображения объектов. Согласно критерию Джонсона, дальность распознавания объектов возрастает пропорционально увеличению масштаба изображения. Однако указанная пропорциональность соблюдается только при условии, что для каждого из значений фокусного расстояния в объективе обеспечивается дифракционное качество изображения. Исходя из инварианта:

$$f'_1 \operatorname{tg} \omega_1 = f'_2 \operatorname{tg} \omega_2,$$

где f'_1, f'_2 – фокусные расстояния соответственно при узком и широком полях зрения;

$2\omega_2, 2\omega_1$ – соответственно значения узкого и широкого угловых полей.

При введении коэффициента K , показывающего во сколько раз (крат) отличаются фокусные расстояния объектива в дискретных положениях:

$$f'_1 = K \cdot f'_2,$$

формула для определения зависимости углов ω_2 и ω_1 при смене фокусного расстояния в ортоскопическом объективе примет вид:

$$\operatorname{tg} \omega_2 = K \cdot \operatorname{tg} \omega_1 .$$

Полученная формула демонстрирует, что отношение $2\omega_2 / 2\omega_1$ будет несколько меньше, чем K . Конструктивно дискретная смена фокусного расстояния осуществляется различными приемами: перемещением компонентов вдоль оптической оси, изменением последовательности линз в оптической системе, вы-

водом линз из хода луча. Это приводит к тому, что конструкция объектива становится сложнее: увеличивается количество линз, появляются механизмы перемещения линз, усложняется юстировка.

Если при панкратической смене фокусного расстояния объект не теряется из поля зрения при смене увеличения, и наблюдатель непрерывно адаптируется к изменяемым условиям наблюдения, то при дискретной смене происходит потеря объекта на время переключения, и возникает необходимость скачкообразной перестройки зрительной системы к новым условиям наблюдения. Вероятно, с одной стороны, время переключения должно быть согласовано со временем инерции зрения, с другой – высказывается гипотеза, что время инерции зависит от перепада увеличений, резко изменяющего угловые размеры наблюдаемого объекта. Поэтому представляется целесообразным выяснить, какие значения K применяют разработчики тепловизионной оптики и приборов в своих изделиях.

Для проведения анализа объективов по патентным и литературным источникам была составлена табл. 1, в которую вошли объективы для тепловизионных приборов, ориентированные на применение с неохлаждаемыми матричными ФПУ, чувствительность которых находится в диапазоне от 8 до 14 мкм, и имеющиеся на рынке тепловизионные приборы со сменными полями зрения. Объективы и приборы выбирались так, чтобы в источнике имелись характеристики, позволяющие определить коэффициент K .

Таблица 1

Характеристики объективов и приборов со сменными полями зрения

Источник информации	Фокусное расстояние, мм	Относительное отверстие	Спектральный диапазон, мкм	Угол поля зрения, градус	Количество линз	Длина, мм	K
Пат. 2538067 [5]	24 и 72	1:1,3 и 1:1,2	от 8 до 12	30,0/9,6	6	104	3,2
Пат. 2400784 [6]	70 и 210	1:2	от 7,7 до 10,3	10,5/3,34	11	–	3,1
SupIR [7]	45 и 135	1,1 и 1,6	от 8 до 14	14,3/4,6	–	142	3,1
LightIR [8]	15 и 75	1:1,2	от 8 до 14	43,4/8,2	–	88	5,6
Arbel AD [9]	45 и 135	–	от 7,5 до 14	14,3/4,6	–	–	3,1
FS-UR30-90R [10]	30 и 90	1:1	от 8 до 14	15,4/5,2	–	–	3,0
FS-UR37-148R [11]	37 и 148	1:1,1 и 1:1,2	от 8 до 14	12,5/3,1	–	–	4,0

Обсуждение

На основании анализа характеристик выборки инфракрасных объективов и тепловизионных приборов со сменными полями зрения, приведенных в таблице 1, отмечается, что коэффициент K находится в диапазоне от 3,0 до 5,6^x при среднем значении 3,6^x, при этом наибольшие поля зрения объективов со сменой поля зрения лежат в диапазоне от 43,4 до 10,5°, наименьшие – от 8,2 до 3,1°. Можно

предположить, что выявленный диапазон коэффициента K является результатом некоторого компромисса между усложнением оптической системы для реализации сменного поля зрения и комфортом наблюдателя при переключении полей. Информация об отечественных серийно выпускаемых тепловизионных приборах на не охлаждаемых ФПУ со сменными полями зрения не найдена.

Заключение

Выявленный на основе анализируемой выборки перепад фокусных расстояний в объективах тепловизионных приборов со сменными полями может служить целевым показателем для разработки новых оптических систем инфракрасных объективов с дискретной сменой фокусного расстояния, сопрягаемых с не охлаждаемыми матричными ФПУ, с конкурентноспособными характеристиками. Результаты исследования будут использованы для разработки тепловизионного прибора в рамках магистерской работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Chrzanowski K. Testing thermal imagers. – Publisher: Military University of Technology, 00-908 Warsaw, Poland, 2010. – 164 p.
2. Волков, В. Г. Тепловизионные приборы для спецтехники [Текст] / В. Г. Волков // Спецтехника и связь. – 2011. – № 1. – С. 2–10.
3. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Современное состояние и перспективы развития зарубежных тепловизионных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 3. – С. 1–13.
4. Балоев В.А., Бездидько С.Н., Бельский А.Б., Герасимов Г.Н., Дирочка А.И., Максин С.В., Пономаренко В.П., Тарасов В.В., Тупиков В.А., Филачёв А.М., Якушенков Ю.Г. Развитие новых направлений в отечественном оптическом и оптико – электронном приборостроении. // Оптический журнал, 2010. – Т.77, №8. – С. 75–80.
5. Пат. 2538067 Российская Федерация МПК G02B13/14; Светосильный объектив с изменяемой величиной поля зрения для тепловизора (варианты) [Текст] /Т.Н. Хацевич, Е.В. Дружкин; заявитель и патентообладатель Хацевич Татьяна Николаевна, Терешин Евгений Александрович. – 2013128063/28; заявл. 18.06.2013; опубл. 10.01.2015
6. Пат. 2400784 Российская Федерация МПК G02B13/14; Инфракрасный объектив с двумя полями зрения и вынесенной апертурной диафрагмой [Текст] /Т.Н. Хацевич, Е.В. Дружкин; заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения РАН. – 2009131779/28; заявл. 21.08.2009; опубл. 27.09.2010
7. SupIR 45/135mm f/1.1, f/1.6 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.ophiropt.com/infrared/lenses/supir-45-135mm-f-1-1-f-1-6/>. – Загл. с экрана.
8. LightIR 15-75mm f/1.2 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.ophiropt.com/infrared/lenses/lightir-15-75mm-f-1-2/>. – Загл. с экрана.
9. Opgal Arbel AD [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.opgal.com/products/arbel-ad/>. – Загл. с экрана.
10. FS-UR30-90R [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.foshvision.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=68&id=60>. – Загл. с экрана.
11. FS-UR37-148R [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.foshvision.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=68&id=59>. – Загл. с экрана.

© Д. С. Завьялов, Т. Н. Хацевич, 2020