

И. А. Ницаков^{1}, В. С. Ефремов¹*

Тепловизионный коллиматорный прицел

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

Аннотация. Анализ существующих оптико-электронных систем сухопутных войск и подразделений специального назначения в процессе боевого применения выявил их несоответствие современным требованиям и отставание по техническим характеристикам от зарубежных аналогов. Ведущие зарубежные страны активно проводят научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области разработки принципиально новой экипировки военнослужащих. Приоритетным направлением является разработка и внедрение в серийное производство высокотехнологичных прицельных комплексов с улучшенными основными параметрами, несмотря на их высокую стоимость и значительные затраты на внедрение.

Ключевые слова: прицел, тепловизор, коллиматорный прицел

I. A. Nishchakov^{1}, V. S. Efremov¹*

The thermal reflex sight

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

Abstract. An analysis of the existing optoelectronic systems of the ground forces and special forces units in the process of combat use revealed their inconsistency with modern requirements and lagging in technical characteristics from foreign analogues. Leading foreign countries are actively conducting research and development work in the field of developing fundamentally new equipment for military personnel. The priority direction is the development and introduction into mass production of high-tech sighting complexes with improved basic parameters, despite their high cost and significant implementation costs.

Keywords: scope, thermal vision, reflex sight

Введение

По мнению источника [1], анализ существующих оптико-электронных систем сухопутных войск и подразделений специального назначения в процессе боевого применения выявил их несоответствие современным требованиям и отставание по техническим характеристикам от зарубежных аналогов. В настоящее время ситуация меняется. Ведущие зарубежные страны активно проводят научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области разработки принципиально новой экипировки военнослужащих. Приоритетным направлением является разработка и внедрение в серийное производство высокотехнологичных прицельных комплексов с улучшенными основными параметрами, несмотря на их высокую стоимость и значительные затраты на внедрение. Похожие работы ведутся и в Российской Федерации.

Описание существующего патента

В патенте RU 2682988 присутствует устройство, [2] содержащее коллиматорный и тепловизионный каналы. На рисунке 1 приведено схемное решение такого прицела.

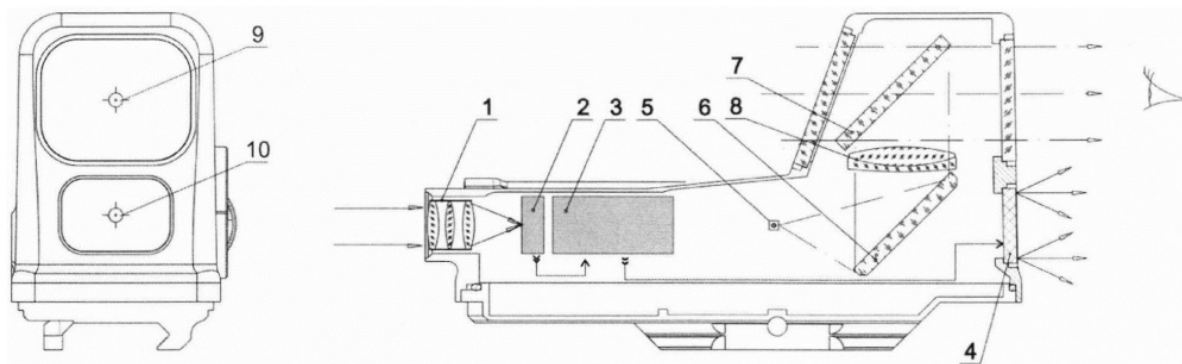


Рис. 1. Схема из патента RU 2682988:

1 – тепловизионный объектив; 2 – микроболометрическая матрица; 3 - блок обработки изображения; 4 – микродисплей; 5 – излучатель для формирования прицельной марки; 6 – зеркало; 7 - светоделительная пластина или призма для направления изображения марки в глаз наблюдателя; 8 - линза или группа линз для перевода светового потока от марки в параллельные пучки; 9 – прицельная марка визуального канала; 10 - дисплей тепловизионного канала с электронной прицельной маркой

Особенностью данного устройства является возможность одновременного наблюдения в двух различных спектральных диапазонах, благодаря интеграции тепловизора и канала для наблюдения в видимой области спектра в одном корпусе. Устройство содержит тепловизионный объектив и фотоприемник на основе оксида ванадия, дисплей для вывода изображения от тепловизионного канала, а так же излучатель, два зеркала и объектив, переводящий свет от излучателя в параллельный пучок лучей [2].

Недостаток такого технического решения - необходимость стрелка прерывать наблюдение изображения в видимом спектре для переключения на работу с тепловизионным каналом.

Предлагаемое схемное решение устройства

Для решения проблемы схемного решения, приведенного на рис. 1 предложена новая структурная схема и вариант размещения компонентов устройства. На рис. 2 представлена структурная схема прицельного устройства, вариант компоновки – на рис. 3.

Техническое предложение состоит из объектива тепловизионного, блока зеркал, видеоконтрольного устройства (дисплей), фотоприемного устройства, блока обработки изображения, источника питания.

Изображение с микродисплея проецируется в глаз наблюдателя окуляром через блок зеркал, за счет чего имеется возможность наблюдать обоими глазами за

полем боя, используя при этом преимущество тепловизора в плане обнаружения теплых объектов на фоне окружающей среды. Присутствует так же возможность применения данного прибора без тепловизионного канала, за счет проецирования прицельной марки микродисплеем, при включенном тепловизионном модуле, что экономит заряд источников питания.

Конструкция сделана по модульному принципу, блок зеркал возможно снять и использовать прицел только как тепловизионный, так же тепловизионный модуль в корпусе возможно использовать в сочетании с другим объективом, что увеличит дальность действия прибора. Материалами для линз тепловизионного объектива являются германий и селенид цинка. Посадочное место унифицированное, возможно установить на него кронштейны на ласточкин хвост и планку пикатинни. Масса прибора составляет около 700 грамм. Увеличение тепловизионного канала составляет 1,9 крат, поле зрения в пространстве предметов – 13,7°.

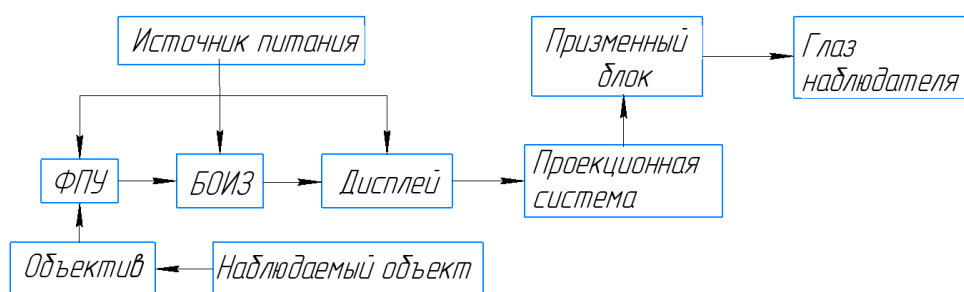


Рис. 2. Структурная схема устройства:

БОИЗ – блок обработки изображения, ФПУ – фотоприемное устройство

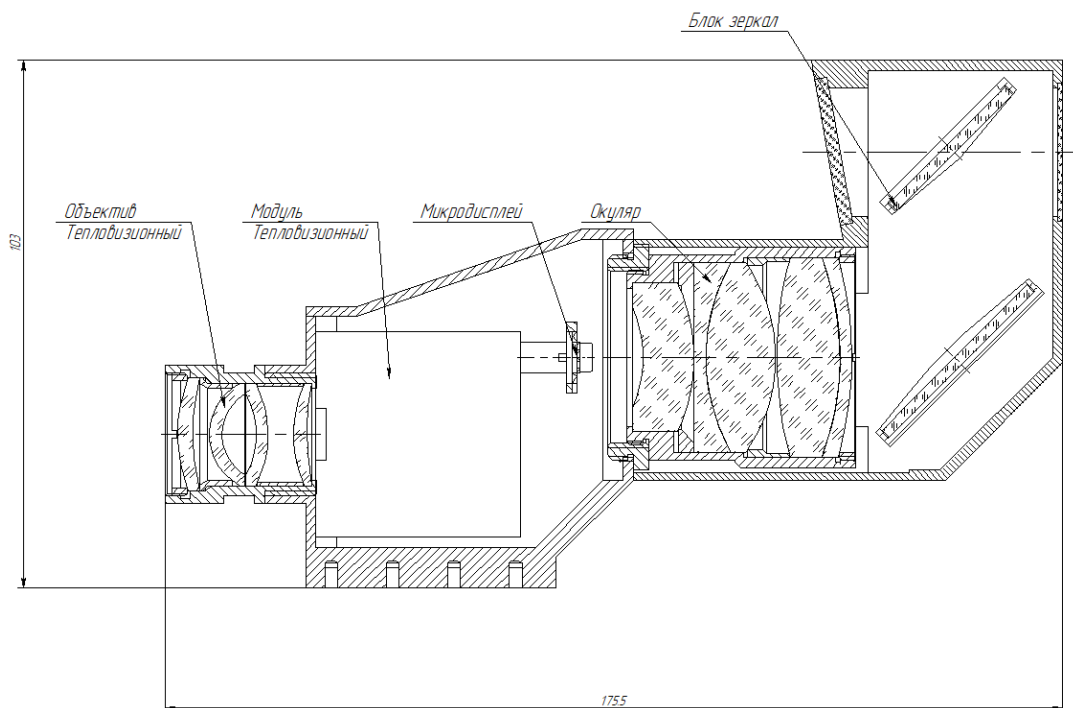


Рис. 3. Компоновка устройства

Проверочный расчет объектива

В начале, для спектрального диапазона 8-14 мкм был выбран распространяемый ФПУ GWIR 0304X2A, материалом чувствительного элемента которого является оксид ванадия. Размер пиксела фотоприемного устройства составляет 17 мкм, разрешение 640×480 пикселей. Далее был произведен расчет требуемого диаметра входного зрачка объектива, он составляет не менее 20 мм, относительное отверстие объектива составляет 1:1, поле зрения в пространстве предметов по диагонали равно 13,7° (рис. 4). Далее, используя графики, показанные на рис. 5 и 6, был выполнен анализ дисторсии объектива и концентрации энергии в геометрическом приближении.

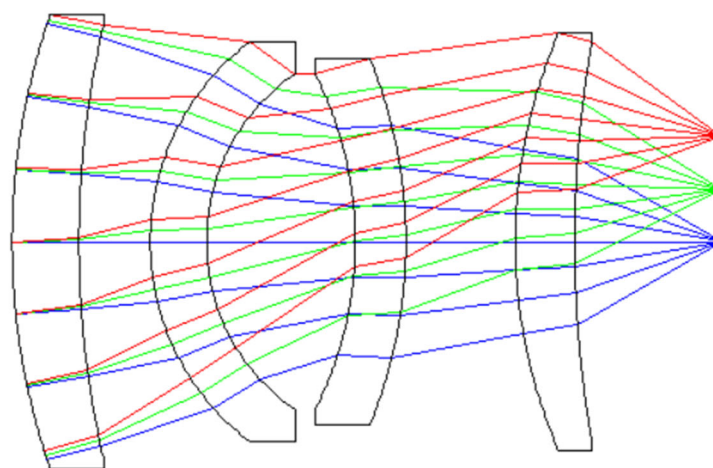


Рис. 4 . Ход лучей в объективе тепловизионного канала



Рис. 5. Дисторсия объектива в процентах

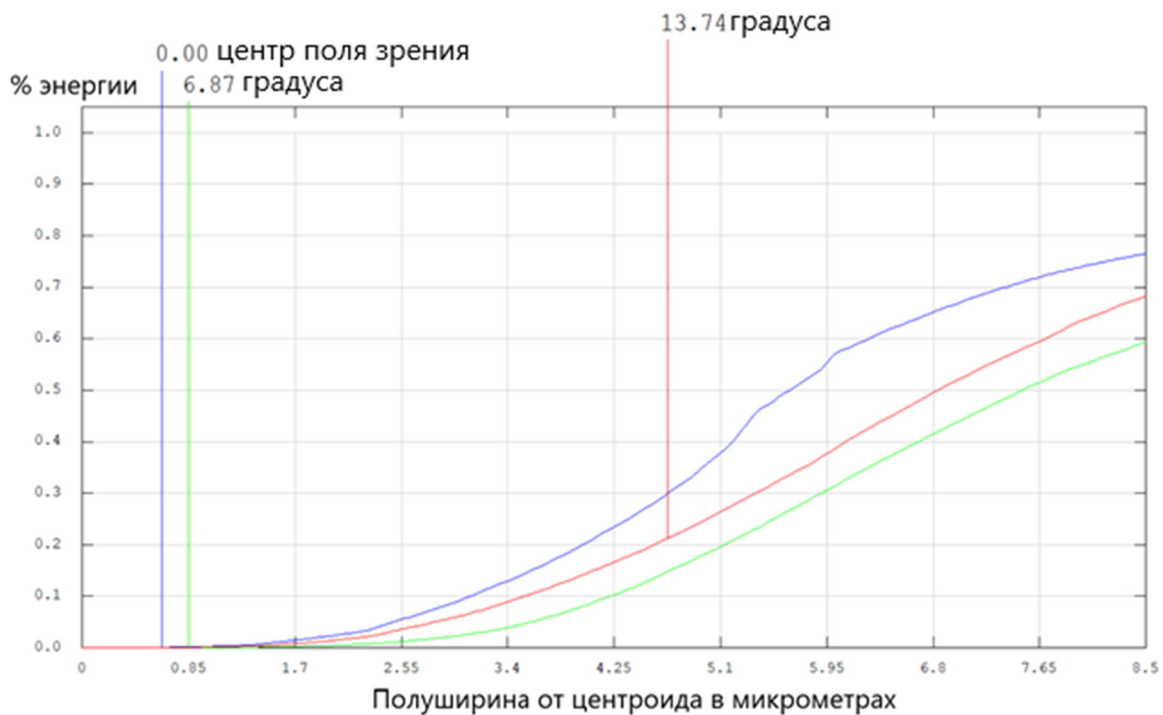


Рис. 6. График концентрации энергии

Исходя из графика на рис. 6, концентрация энергии в пикселе шириной 17 микрон, составляет 60 до 80%, что является хорошим результатом коррекции геометрических aberrаций. Дисторсия находится в пределах 0,8 %. На рис. 7 представлен ход лучей в окулярной части прибора. Окуляр работает с дисплеем диагональю 12.5 мм, размером по горизонтали 10.78 мм и по вертикали 6.07 мм с разрешением 1920×1080 точек. Фокусное расстояние получившегося окуляра равно 32,6 мм, задний фокальный отрезок равен 32,53 мм.

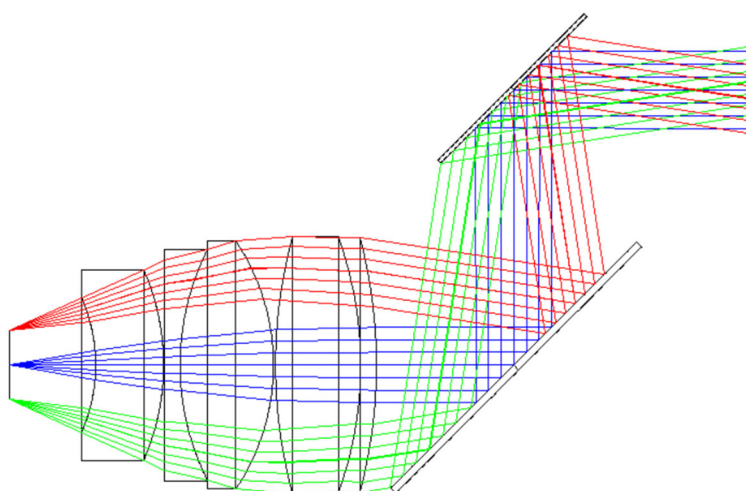


Рис. 7. Ход лучей в окулярном блоке

Анализируя график дисторсии в окуляре (рис. 8), видно, что дисторсия не превышает 5%, что является удовлетворительным показателем.

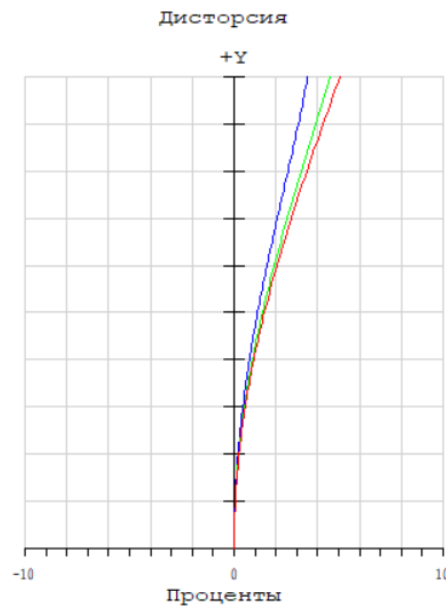


Рис. 8. График дисторсии в окуляре

На рис. 9 представлен график концентрации энергии передаваемой окуляром от микродисплея.

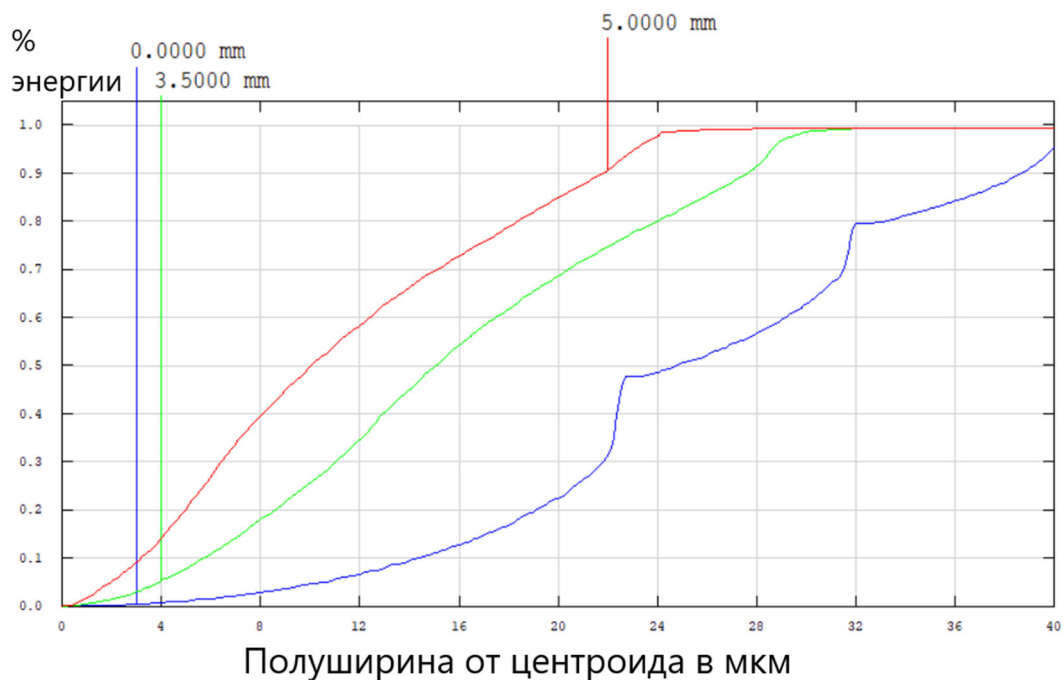


Рис. 9. График концентрации энергии

Исходя из графиков, представленных на рисунках 8, 9, можно сделать вывод о том, что окуляр обладает приемлимым качеством изображения, концентрация

энергии на площадке размером 40×40 мм составляет от 60 %, что является удовлетворительным результатом, однако дальнейшая коррекция аберраций позволит улучшить качество изображения.

Заключение

Предложена концепция оптического прицела, с модульной конструкцией, в котором проблема отсутствия возможности одновременного наблюдения в видимом и тепловизионном спектральных диапазонах, решена путем совмещения в одном корпусе коллиматорного и тепловизионного прицелов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Комбаров М. С., Кузнецов М. М. Современные оптико-электронные средства наблюдения, разведки и прицеливания для стрелкового оружия нормального калибра Интерэкспо Гео-Сибирь, 2017. – С. 104–107.

2 Пат. RU2682988 Российская Федерация; Старцев В.В., МПК F41G 1/00. Коллиматорный тепловизионный прицел ; № 2017113935 ; заявл. 21.04.2017; опубл. 25.03.2019 / Старцев В. В. ; заявитель и патентообладатель: АО «Оптико-механическое конструкторское бюро «Астрон». – 10 с.

3 НПК фотоника [Электронный ресурс] / НПК фотоника.–Режим доступа: <https://www.npk-photonica.ru/>. – Загл. с экрана. (дата обращения 10.05.2023).

4 Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. / Л.З. Криксунов. – М.: Сов. радио, 1978. – 400 с.

5 Хацевич Т. Н. Компьютерные методы проектирования оптических систем : учебник для обучающихся по направлению подготовки 12.04.02 Оптическое приборостроение (уровень магистратуры). – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 156 с..

© И. А. Ницаков, В. С. Ефремов, 2024