

И. А. Ницаков^{1}, В. С. Ефремов¹*

Разработка тепловизионного коллиматорного прицела

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

Аннотация. Основная проблема существующего прицельно-приборного оснащения подразделений сухопутных войск и частей специального назначения заключается в существенном отставании технических характеристик существующих оптико-электронных средств наблюдения, разведки и прицеливания. В ведущих зарубежных странах проводятся активные работы, направленные на модернизацию существующей и создание новой экипировки для военнослужащих. Одной из важных задач является снижение ее стоимости и внедрение в процесс серийного производства новых технологий, часть которых весьма дорогостояща. При этом их применение также требует значительных затрат. Задачей исследования является поиск схемного решения прицельного устройства, объединяющего преимущества коллиматорного прицела и тепловизионного прибора. Методами исследования являются: методы расчета и анализа оптических систем, автоматизированные методы проектирования. Вывод: предложено схемное решение нового прицельного устройства, обеспечивающего возможность одновременного наблюдения сцены в видимом и в инфракрасном диапазонах.

Ключевые слова: прицел, тепловизор, коллиматорный прицел

I. A. Nishchakov^{1}, V. S. Efremov¹*

Engineering of the Thermal Reflex Sight

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

Abstract. The main problem of the existing sighting and instrument equipment of ground forces units and special purpose units is a significant lag in the technical characteristics of the existing optical-electronic means of surveillance, reconnaissance and aiming. In leading foreign countries, active work is being carried out aimed at modernizing the existing and creating new equipment for military personnel. One of the important tasks is to reduce its cost and introduce new technologies into the mass production process, some of which are very expensive. At the same time, their use also requires significant costs. The objective of the study is to find a schematic solution of a sighting device that combines the advantages of a collimator sight and a thermal imaging device. The research methods are: methods of calculation and analysis of optical systems, automated design methods. Conclusion: a schematic solution of a new sighting device is proposed, which provides the possibility of simultaneous observation of the scene in the visible and infrared ranges.

Keywords: scope, thermal vision, reflex sight

Введение

Основная проблема существующего прицельно-приборного оснащения подразделений сухопутных войск и частей специального назначения заключается в существенном отставании технических характеристик существующих оп-

тико-электронных средств наблюдения, разведки и прицеливания [1]. В ведущих зарубежных странах проводятся активные работы, направленные на модернизацию существующей и создание новой экипировки для военнослужащих. Одной из важных задач является снижение ее стоимости и внедрение в процесс серийного производства новых технологий, часть которых весьма дорогостояща. При этом их применение также требует значительных затрат.

Обзор существующих устройств

Прицел по патенту RU 2682988 (год публикации 2019) [2] содержит коллиматорный и тепловизионный каналы. Устройство прицела поясняется схемой, приведенной на рис. 1.

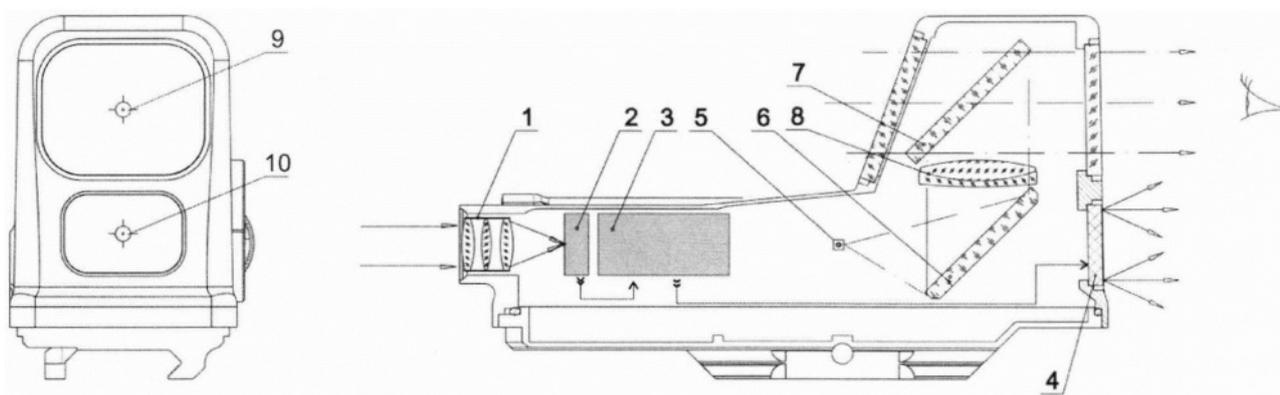


Рис. 1. Схема из патента RU 2682988:

1 - инфракрасный объектив, 2 - фотоприемное устройство, 3 - блок обработки изображения, 4 – дисплей, 5 - устройство формирования оптической 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 - окно коллиматорного канала с оптической прицельной маркой, 10 - дисплей тепловизионного канала с электронной прицельной маркой

Коллиматорный тепловизионный прицел, содержащий коллиматорный канал в видимом диапазоне спектра, отличается из аналогов тем, что для одновременного наблюдения в двух спектральных диапазонах дополнительно содержит в одном корпусе инфракрасный объектив и фотоприемное устройство в виде матрицы микроболометров в фокальной плоскости объектива с областью чувствительности не менее 0,8 и не более 17 мкм, блок обработки сигнала и формирования электронной прицельной марки и матричный дисплей разрешением не менее 324x256 пикселей, причем оптическая ось коллиматорного канала и направление на дисплей параллельны с отклонением не более 15 градусов [2].

Недостатком данного технического решения является необходимость стрелка отвлекаться от наблюдения в видимом канале для работы с тепловизионным каналом.

Схемное решение устройства

Для устранения недостатка устройства, приведенного выше на рис. 1, предложена новая структурная схема и вариант компоновки устройства. Структурная схема предложенного устройства представлена ниже на рис. 2, а вариант компоновки устройства – на рис. 3.

Предложенное схемное решение включает в себя следующие модули: излучатель, объектив тепловизионный, объектив коллиматорного канала, видеоконтрольное устройство (дисплей), блок обработки изображения, устройство преобразования изображения, усилитель, предусилитель, фотоприемное устройство, блок питания, источник питания.

Совмещение изображений видимого и инфракрасного диапазонов осуществляется путём проецирования микродисплея тепловизионного модуля в поле зрения коллиматорного прицела.

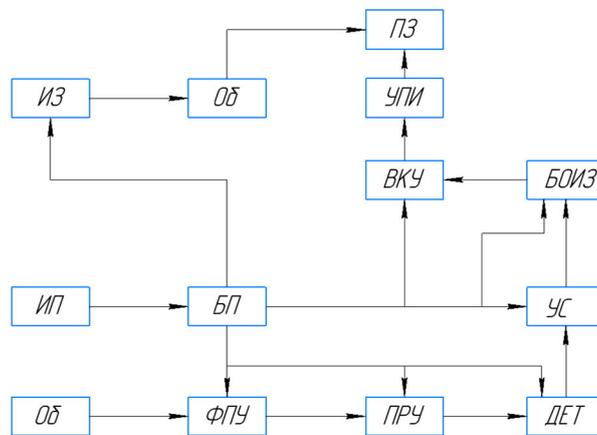


Рис. 2. Структурная схема устройства:

ИЗ – излучатель, Об – объектив, ПЗ – поле зрения, ВКУ - видеоконтрольное устройство (дисплей) БПИЗ – блок обработки изображения, УПИ – устройство преобразования изображения, УС - усилитель, ДЕТ – детектор, ПРУ – предусилитель, ФПУ – фотоприемное устройство, БП – блок питания, ИП – источник питания.

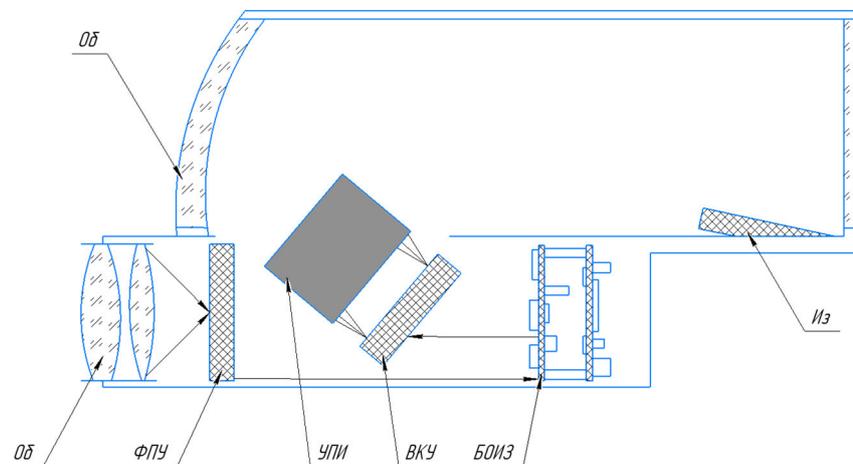


Рис. 3. Вариант компоновки устройства

Проверочный расчёт объектива

По выбранному ФПУ GWIR 0203X1A на основе оксида ванадия [3] с разрешением 384x288 и размером пиксела 20x20 мкм по методике [4] был произведен энергетический расчёт, на основании которого выбран диаметр входного зрачка объектива: не менее 50 мм. В [5] был выбран объектив с требуемым диаметром входного зрачка и относительным отверстием 1:1,2, оптическая схема которого с ходом лучей приведена на рис. 4. Совместно с вышеуказанным приемником объектив обеспечивает поле зрения в пространстве предметов 9,6°. На рис. 5 приведен график дисторсии объектива, на рис. 6 – графики функции концентрации энергии в геометрическом приближении, без учета дифракции.

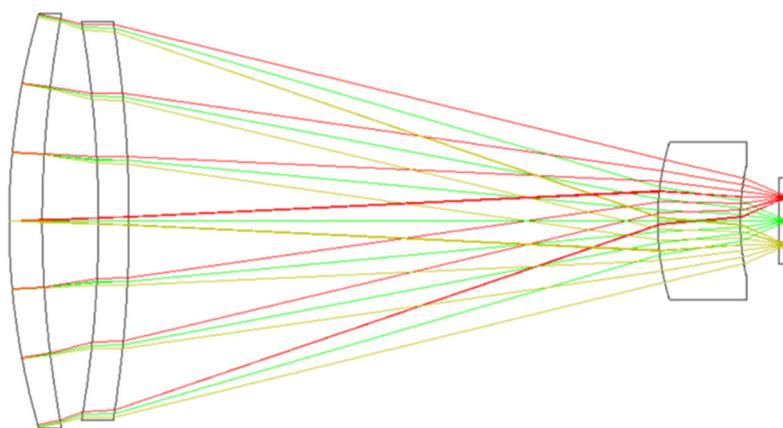


Рис. 4 . Оптическая схема объектива тепловизионного модуля

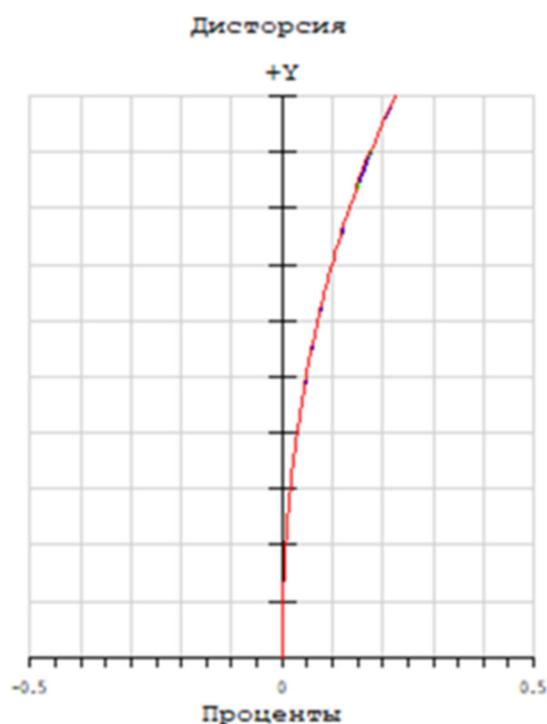


Рис. 5. График дисторсии объектива

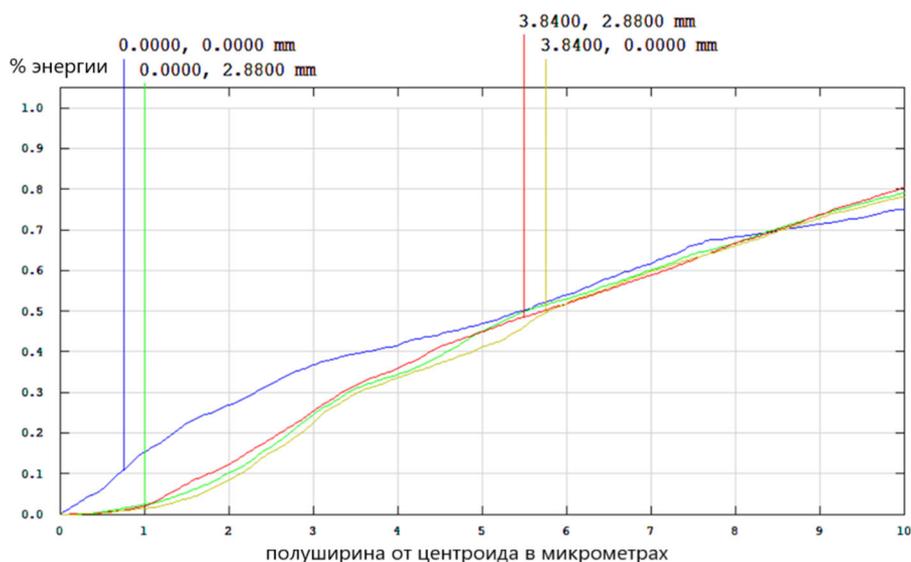


Рис. 6. График концентрации энергии

Дисторсия не превышает 0,3 %. На квадратной площадке размером 20×20 мм уровень концентрации энергии для различных точек поля составляет от 75 до 80 %, что характеризует высокую степень коррекции геометрических aberrаций в оптической системе объектива и возможность его применения в разрабатываемом устройстве [6].

Заключение

Вывод: предложено схемное решение нового прицельного устройства, обеспечивающего возможность одновременного наблюдения сцены в видимом и в инфракрасном диапазонах спектра.

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, 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. – Текст : непосредственный
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. – М.: Сов. радио, 1978. – 400 с.
5. Хацевич Т. Н. Компьютерные методы проектирования оптических систем : учебник для обучающихся по направлению подготовки 12.04.02 Опотехника (уровень магистратуры). – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 156 с..
6. Запрягаева Л.А., Свешникова И.С. Расчет и проектирование оптических систем: учебник для вузов. – Москва: Логос – 2000.

© И. А. Ницаков, В. С. Ефремов, 2023