



Много- функциональный бинокль

И. П. Шишкин, А. П. Шкадаревич
НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО, Минск, Республика Беларусь

Дано описание оптических каналов цифрового многофункционального бинокля. Представлена конструкция компактных и легких: телевизионного объектива с переменным фокусным расстоянием, объективов с внутренней фокусировкой ночного и инфракрасного спектрального диапазона. Показаны варианты построения окулярной части бинокля.

Ключевые слова: многофункциональный бинокль, объектив с переменным фокусным расстоянием, объектив с внутренней фокусировкой, псевдобинокуляр.

Статья получена: 19.09.2023

Статья принята: 30.11.2023

Multifunctional Binoculars

I. P. Shishkin, A. P. Shkadarevich
LEMT Scientific and Technical Center of BelOMO,
Minsk, Republic of Belarus

The paper provides the optical channel description for digital multifunctional binoculars. The design of low-profile and lightweight television variable focus (zoom) lens and night vision and infrared lenses with internal focusing is given. The design options for the eyepiece assembly of binoculars are shown.

Keywords: multifunctional binoculars, variable focus (zoom) lens, internal focusing lens, pseudo-binocular.

Article received: 19.09.2023

Article accepted: 30.11.2023

ВВЕДЕНИЕ

Цифровые технологии изменили функциональность современных наблюдательных приборов. С появлением миниатюрных источников света, сенсоров, дисплеев появилась возможность объединять каналы, работающие в разных спектральных диапазонах. Во многих приборах есть функция измерения дальности и вывода информации в поле зрения. Увеличился диапазон кратности и рабочих температур. Приборы стали более компактными и легкими.

Приступая к разработке многофункционального бинокля [1-2] необходимо определить оптимальную конструкцию объектива каждого канала с учетом ряда параметров бинокля: увеличения, поля зрения, разрешения и дальности наблюдения. Исходя из этих параметров определяются необходимое фокусное расстояние объектива, светосила и диапазон фокусировки. Подбирается формат сенсора и дисплея. Все каналы при этом должны быть согласованы между собой. Известно, что детали наблюдаемого объекта, его идентификация существенно зависят от спек-

INTRODUCTION

Digital technologies have changed the functionality of present-day observation tools. With the advent of miniaturized light sources, sensors, and displays, it has become possible to combine various channels operating in different spectral ranges. Many devices have a range tracking function and possibility to display information in the field of view. The range of magnification and operating temperatures have been increased. The devices have become more discreet and lighter.

When starting to develop multifunctional binoculars [1-2], it is necessary to determine the optimal design of the lens for each channel with due regard to a number of binocular parameters, such as magnification, field of view, resolution and observer-target range. Based on these parameters, the required lens focal length, aperture ratio and focusing range are determined. The type of the sensor and display is selected. All channels must be consistent with each other. It is well-known that the details of the observed object and its identification significantly depend on the spectral

трального диапазона и от освещенности окружающей среды. С одной стороны, применение того или иного канала может значительно расширить возможности бинокля в зависимости от условий наблюдения: времени суток, погоды и дальности. С другой стороны, объединение 3-5 оптических каналов в одном приборе ведет к увеличению габаритов и веса.

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ОБЪЕКТИВ С ПЕРЕМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ

В телевизионном канале современных наблюдательных приборов применяются объективы с переменным фокусным расстоянием. Диапазон изменения фокусного расстояния между коротким фокусом (широкое поле) и длинным фокусом (узкое поле) может достигать 30-90 крат. Такие объективы имеют сложную конструкцию с применением большого количества асферических линз. Для стационарных приборов, где допустимый вес прибора 5-10 кг, применение подобных объективов вполне оправдано. В случае, когда общий вес прибора не должен превышать 1-2 кг необходимо уменьшать габариты объектива, а значит и диапазон фокусных расстояний.

На рис. 1 приведен пример компактного телевизионного объектива с переменным фокусным расстоянием 8-50 мм, который имеет достаточно простую конструкцию для зум-объектива (всего 11 линз) и выполнен без асферических поверхностей. Изменение фокусного расстояния и фокусировка на ближнюю дистанцию производится с помощью перемещения двух групп линз. Длина объектива ~100 мм, а его вес по линзам не превышает 70 г. Объектив обладает большой светосилой ($F/1.25$ - $F/1.4$) и разрешением 80 лин/мм, что позволяет использовать его для сенсора с форматом 1/2" (1920×1080).

ОБЪЕКТИВ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ С ВНУТРЕННЕЙ ФОКУСИРОВКОЙ

Объективы ночного видения широко используются в современных наблюдательных приборах. Традиционно они применяются в комбинации с электронно-оптическими преобразователями, работающими в спектральном диапазоне 400-900 нм. Такая конструкция ночного прибора имеет довольно большие габариты, поэтому ее трудно применить в многофункциональном бинокле. Если в качестве чувствительной матрицы применить цифровой сенсор - низкоуровневую (low light) камеру, то

range and on the ambient light illumination. On the one part, application of one or another channel can significantly expand the capabilities of binoculars depending on the observing conditions: time of day, weather and range. On the other part, combination of 3-5 optical channels in one device leads to an increase in its dimensions and weight.

TELEVISION VARIABLE FOCUS (ZOOM) LENS

The television channel of modern observation devices uses the lenses with variable focal lengths. The range of variation in the focal length between short focus (wide field of view) and long focus (narrow field of view) can reach 30-90 times. Such lenses have a comprehensive design with a large number of aspherical lenses. For the fixed

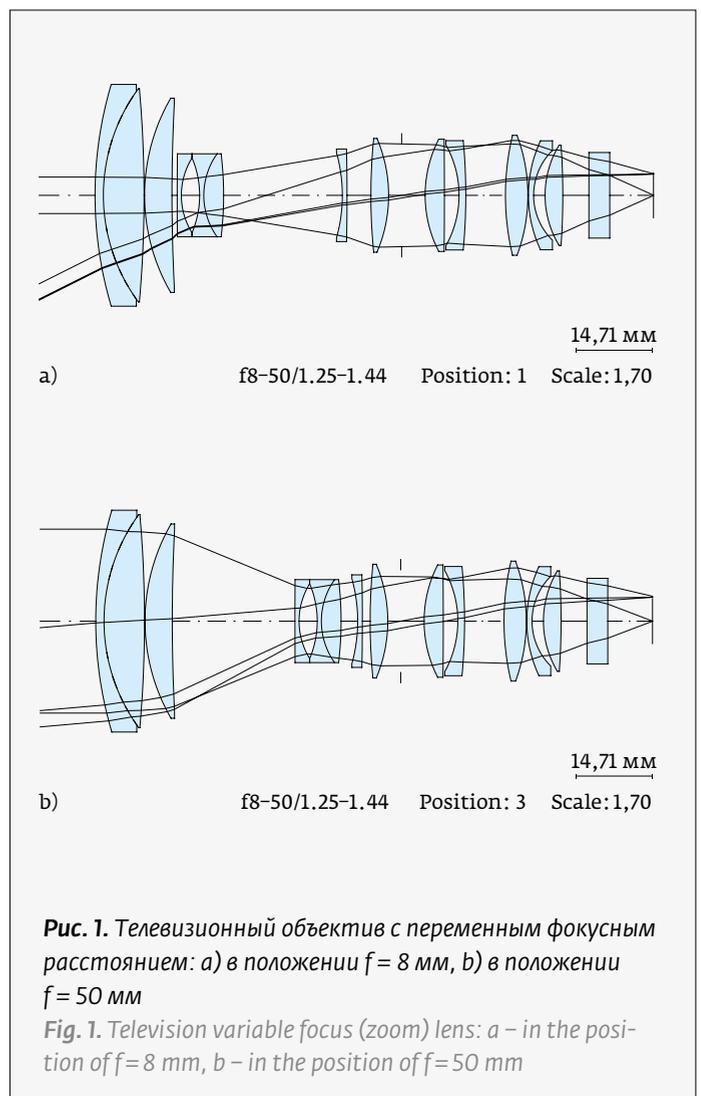
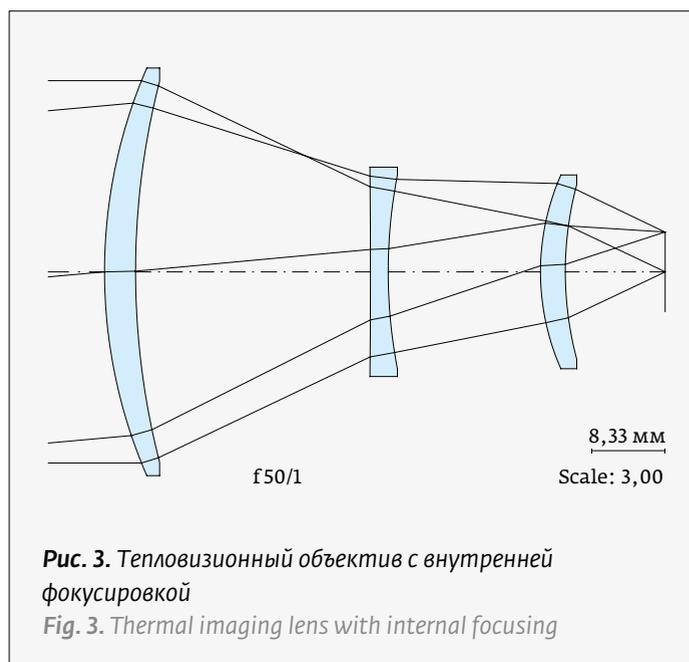
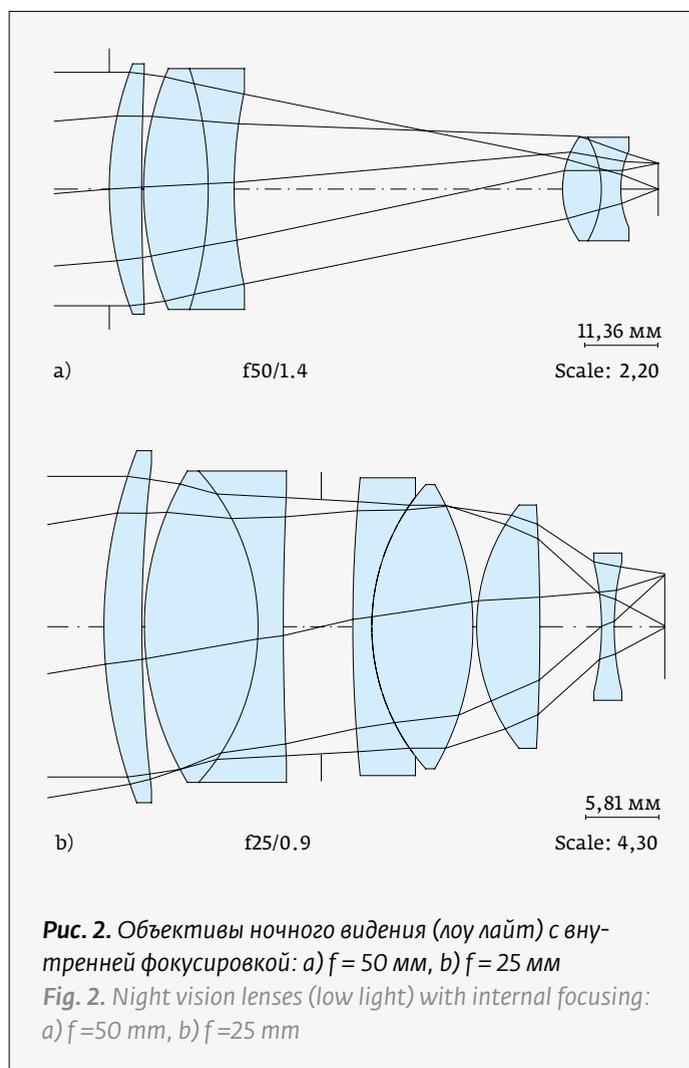


Рис. 1. Телевизионный объектив с переменным фокусным расстоянием: а) в положении $f = 8$ мм, б) в положении $f = 50$ мм

Fig. 1. Television variable focus (zoom) lens: a – in the position of $f = 8$ mm, b – in the position of $f = 50$ mm



instruments, where the permissible weight of the device is 5-10 kg, application of such lenses is completely justified. If the total weight of the device should not exceed 1-2 kg, it is necessary to reduce the lens dimensions, and therefore the range of focal lengths.

Figure 1 shows an example of a low-profile television lens with a variable focal length of 8-50 mm that has a fairly simple design for a zoom lens (in total 11 lenses) and is made without any aspherical surfaces. Any changes in the focal length and focusing at close distances are provided by moving two groups of lenses. The lens length is ~100mm, and its lens weight does not exceed 70 g. The lens has a large aperture ratio (F/1.25 - F/1.4) and a resolution of 80 lines/mm that allows it to be used for a sensor with a 1/2" format (1920×1080).

NIGHT VISION LENS WITH INTERNAL FOCUSING

The night vision lenses are widely used in the up-to-date observing devices. Conventionally, they are applied in combination with the electron-optical converters operating in the spectral range of 400-900 nm. This design of a night vision device has rather large dimensions, so it is difficult to use it in the multifunctional binoculars. If a digital sensor, namely a low light camera, is used as a sensing matrix, it is possible to significantly reduce the dimensions and weight of the binoculars.

The examples of lightweight and low-profile lenses that are used for low-light cameras are given in Fig. 2. Both lenses focus at close distances up to 5 m while maintaining the high image quality. In a lens with a focal length of 50 mm and a relative aperture of 1:1.4, focusing is provided by moving the last component; in a lens with a focal length of 25 mm and a relative aperture of 1:0.9, the last lens is moving. The lens resolution is 40 lines/mm, and such lenses are designed for a 1/2" sensor (8 mm diagonal). The angular field of view of the lenses is 10° and 20°, and the their weight is no more than 70 g and 45 g.

THERMAL IMAGING LENS WITH INTERNAL FOCUSING

A view of a thermal imaging lens with internal focusing operating in the 812 μm range is shown in Fig. 3. The achromatized thermal imaging lens [3, 4] has a triple-lens design. In this structure, the outer lenses are made of germanium, and the middle lens is made of zinc selenide. Internal focusing is achieved by moving the middle lens. The weight of

можно значительно сократить габариты и вес бинокля.

Примеры легких и компактных объективов, которые применяются для низкоуровневой камеры, представлены на рис. 2. Оба объектива имеют фокусировку на ближнюю дистанцию до 5 м с сохранением высокого качества изображения. В объективе с фокусным расстоянием 50 мм и относительным отверстием 1:1.4 фокусировка осуществляется с помощью подвижки последнего компонента, в объективе с фокусным расстоянием 25мм и относительным отверстием 1:0.9 движется последняя линза. Разрешение объективов составляет 40 лин/мм и рассчитаны они для сенсора 1/2" (диагональ 8 мм). Угловое поле зрения объективов 10° и 20°, а вес линз не более 70 г и 45 г.

ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ ОБЪЕКТИВ С ВНУТРЕННЕЙ ФОКУСИРОВКОЙ

Вид тепловизионного объектива с внутренней фокусировкой, работающего в диапазоне 812 мкм представлен на рис. 3. Ахроматизированный тепловизионный объектив [3, 4] имеет 3-линзовую конструкцию, в котором крайние линзы сделаны из германия, а средняя линза выполнена из селенида цинка. Внутренняя фокусировка осуществляется с помощью подвижки средней линзы. Вес линз объектива не превышает 30 г, а его длина 65 мм. Основные характеристики объективов приведены в таблице.

ПСЕВДОБИНОКУЛЯР

Наблюдение удаленных предметов двумя глазами более комфортно и естественно для человека. По этой причине многие производители телескопических приборов используют бинокулярную или псевдобинокулярную схему в конструкции. Псев-

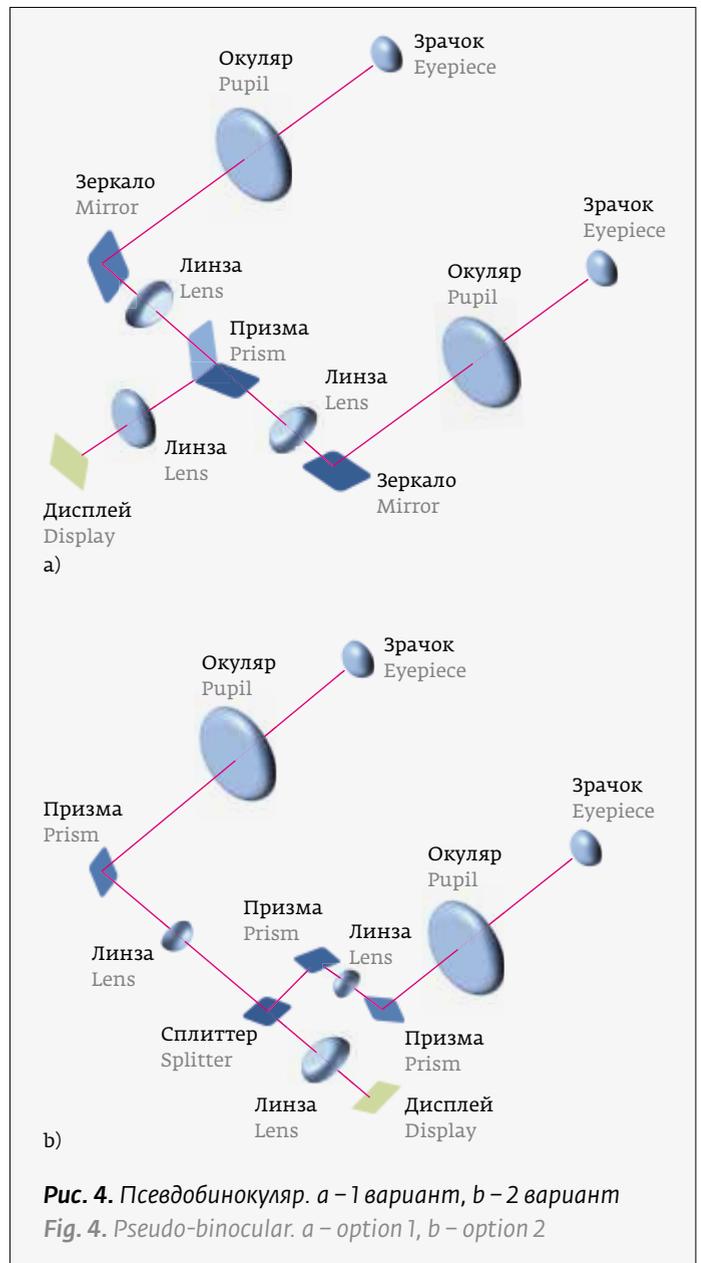


Таблица 1. Основные характеристики объективов

Table 1. Main specifications of lenses

Объектив Lens	Фокусное расстояние, мм Focal length, mm	Светосила Aperture	Фокусировка, м Focusing, m	Длина, мм Length, mm	Разрешение, лин/мм Resolution, line/mm	Вес, г Weight, g	Угловое поле, ° Angular field, °
Телевизионный Television	8–50	F/1.25 – F/1.4	∞ – 5	100	80	70	50–10
Ночного видения Night vision	25–50	F/0.9 – F/1.4	∞ – 5	45–75	40	45–70	20–10
Тепловизионный Thermal imaging	50	F/1	∞ – 5	65	40	30	12



добинокулярная схема компактнее и легче и ей дается предпочтение при создании современных цифровых приборов. На рис. 4а показана хорошо известная схема псевдобинокуляра для прибора ночного видения. За счет применения асферики в ней максимально сокращено количество линз и тем самым значительно упрощена конструкция. На рис. 4б показан более компактный вариант псевдобинокуляра с оригинальной компоновкой призм и светоделительной пластины (сплиттера). Оба варианта работают с видимым увеличением 10–15х и выходным зрачком 5–6 мм, дисторсия не превышает 1–2% при поле зрения 40° за окуляром.

Межзрачковое расстояние может изменяться в пределах 58–72 мм за счет перемещения компонентов, находящихся в параллельном ходе лучей (в 1-м варианте это пространство между линзами и призмой, во 2-м – за счет перемещения правого канала относительно сплиттера).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в статье решения могут найти применение не только при создании multifunctional биноклей, но и использованы при разработке широкого класса оптических устройств, в которых легкий вес и компактность являются приоритетами.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.hewei-defense.com/intelligent-multi-function-binocular-product/>
2. <https://www.infraredcore.com/quality-14464832-multifunctional-uncooled-vox-thermal-imaging-binoculars>
3. **Shishkin I. P., Shkadarevich A. P.** Achromatized Lenses of Thermal Imagers. *Photonics Russia*. 2020. Т. 14. № 4. С. 360–367.
4. **Shishkin I. P., Shkadarevich A. P.** Thermally Stabilized Thermal Imaging Lenses. *Photonics Russia*. 2021. Т. 15. № 2. С. 154–159.

ОБ АВТОРАХ

Шишкин Игорь Петрович, к. т.н, shipoflens@mail.ru, НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО, Минск, Республика Беларусь.
ORCID ID: 0000-0002-4592-1060
Шкадаревич Алексей Петрович, НТЦ «ЛЭМТ», БелОМО, Минск, Республика, Беларусь.

ВКЛАД ЧЛЕНОВ АВТОРСКОГО КОЛЛЕКТИВА

Статья подготовлена на основе работы всех членов авторского коллектива. Разработка и исследования выполнены за счет собственных средств НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

lenses does not exceed 30 g, and its length is 65 mm. The main specifications of the lenses are shown in the table.

PSEUDO-BINOCULAR

Observation of distant objects with two eyes is more comfortable and natural for a person. For this reason, many manufacturers of telescopic devices use a binocular or pseudo-binocular design in their work. The pseudobinocular circuit is more discreet and lightweight, therefore it is preferred when developing the up-to-date digital devices. Figure 4a shows a well-known layout of a pseudo-binocular for a night vision device. Due to the use of aspherics, the number of lenses is reduced as much as possible and thus the design is significantly simplified. Figure 4b shows a more discreet option of a pseudobinocular with an original arrangement of prisms and a beam splitter (splitter). Both options can be applied with an apparent magnification of 10–15x and an exit pupil of 5–6 mm, its distortion does not exceed 1–2% with a field of view of 40° behind the eyepiece.

The interpupillary distance can vary within 58–72 mm due to the movement of components located within a parallel path of the rays (in the 1st option, this is the space between the lenses and the prism, in the 2nd option, this is achieved due to the right channel movement of relative to the splitter).

CONCLUSION

The solutions given in the article can be used not only for the development of multifunctional binoculars, but also for the creation of a wide range of optical devices when the light weight and compactness are priorities.

ABOUT AUTHORS

Shishkin Igor Petrovich, Candidate of Technical Sciences, shipoflens@mail.ru, RTC "LEMT" BelOMO, Minsk, Republic of Belarus.
ORCID ID: 0000-0002-4592-1060
Shkadarevich Alexey Petrovich, Doctor of Technical Sciences, RTC "LEMT" BelOMO, Minsk, Republic of Belarus.

CONTRIBUTION BY THE MEMBERS OF THE TEAM OF AUTHORS

The article was prepared on the basis of many years of work by all members of the team of authors. Development and research are carried out at the expense of RTC "LEMT" BELOMO.

CONFLICT OF INTEREST

The authors claim that they have no conflict of interest.



XXI Международная конференция «ОПТИКА ЛАЗЕРОВ» ISLO 2024

г. Санкт-Петербург, Россия, 01-05 июля 2024 г.

Твердотельные лазеры
Высокомощные лазеры
Полупроводниковые лазеры, материалы и устройства
Управление лазерным излучением
Сверхсильные поля и сверхбыстрые процессы
**Лазеры и системы для визуализации,
зеленой фотоники и устойчивого развития**
**Лазеры для космических систем связи,
локации, геодезии и навигации**
Нелинейная фотоника
Оптические наноматериалы
Лазеры на свободных электронах
Нелинейная квантовая фотоника
Биофотоника

Выставка

Официальный язык конференции - английский

[https://www.laseroptics.org/
conference@laseroptics.org](https://www.laseroptics.org/conference@laseroptics.org)
Тел.: +7 (812) 323 6348
Факс: +7 (812) 334 0824