

УДК 621.384.326.3

Новые объективы с двумя фокусными расстояниями для приборов ночного видения

В. Г. Волков, Ю. А. Добровольский, Н. Ф. Коцавцев,
М. А. Кускова, Г. А. Леонова, Т. Г. Обедкова

Государственное унитарное дочернее предприятие "Специальное конструкторское бюро техники ночного видения" Государственного унитарного предприятия «НПО "Орион"»,
Москва, Россия

Рассмотрены схемы построения объективов, которые допускают наличие двух полей зрения в приборах ночного видения (ПНВ) для реализации режима поиска и обнаружения, а также режима опознавания, соответственно. Предложены простые схемы линзовых и зеркально-линзовых объективов со ступенчато изменяемым фокусным расстоянием, главным образом, без перемещения оптических компонентов.

Процесс наблюдения в ПНВ складывается из поиска, обнаружения и опознавания объектов наблюдения. Для поиска и обнаружения необходим сравнительно большой угол поля зрения, а для опознавания необходимо значительное увеличение, причем величина угла поля зрения уже не играет существенной роли. В связи с этим необходимо, чтобы современные ПНВ имели два угла поля зрения: широкий — для поиска и обнаружения объектов при малом увеличении и узкий — для их опознавания при значительном увеличении. Для реализации этого условия в принципе могут быть использованы сменные телескопические насадки, объективы с плавно меняющимся фокусным расстоянием (вариообъективы) и объективы с дискретно изменяющимся фокусным расстоянием. Телескопические насадки [1] достаточно громоздки, а производить всякий раз их монтаж и демонтаж для перехода от режима поиска и обнаружения к режиму опознавания весьма неудобно. Вариообъективы с высокой светосилой, необходимой для ПНВ (1:1,2—1:1,8), достаточно сложны, обладают значительной массой и стоимостью [1]. Поэтому

му большой интерес представляют линзовые и зеркально-линзовые объективы со ступенчато изменяемым фокусным расстоянием (рис. 1). Они существенно проще и дешевле, чем вариообъективы. Переключение фокусных расстояний в таких линзовых объективах достигается поворотом группы линзовых компонентов на 90° (см. рис. 1, а). При их положении на входе лучей имеем максимальное фокусное расстояние, при выводе из хода лучей — минимальное. В частности, были рассчитаны объективы с фокусным расстоянием 750/250 мм, углом поля зрения $1^\circ 44'/5^\circ 16'$, относительным отверстием 1:3,7/1:1,25, а также с фокусным расстоянием 600/200 мм, углом поля зрения $1^\circ/5^\circ$, относительным отверстием 1:4,41/1:1,47 [1]. Более компактны зеркально-линзовые объективы со ступенчато-изменяемым фокусным расстоянием [1] (см. рис. 1, б). Введением компонентов 2 на вход лучей обеспечивается меньшее, а компонентов 1 — большее фокусное расстояние. Для таких объективов предъявляются достаточно высокие требования к механической конструкции по точности, жесткости и температурной стабильности. Были рассчитаны объективы такого типа с фокусным расстоянием 450/150 мм, углом поля зрения $2^\circ/7^\circ$, относительным отверстием 1:3,4 эф./1:1,1 эф., а также с фокусным расстоянием 1200/300 мм, углом поля зрения $1^\circ/4^\circ 35'$, относительным отверстием 1:5 эф./1:1,5 эф. При этом продольный габарит первого объектива не превышает 230 мм, а второго — 438 мм.

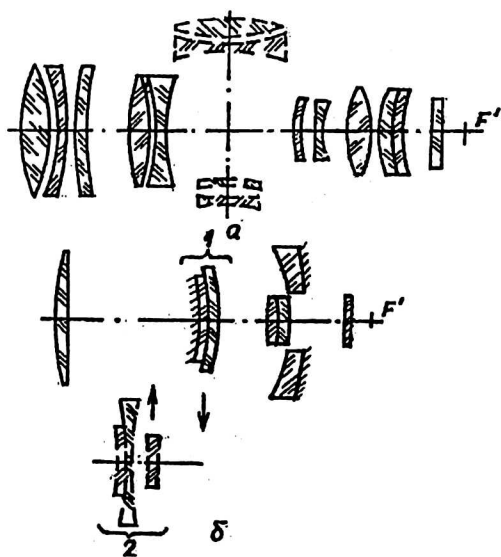


Рис. 1. Схема построения линзового (а) и зеркально-линзового (б) объектива со ступенчато-изменяемым фокусным расстоянием

Общим недостатком всех предложенных объективов является необходимость перемещения оптических компонентов. Была предложена серия объективов с двумя фокусными расстояниями, где такие перемещения отсутствуют. В зеркально-линзовом объективе (рис. 2) плоская зеркально отражающая поверхность А выполнена дихроичной: она отражает излучение в области спектра $0,7-0,92$ мкм (пассивный режим работы ПНВ для поиска и обнаружения), за исключением спектральной полосы излучения лазерного подсвета ($0,82-0,86$ мкм) для работы ПНВ в активно-импульсном (АИ) режиме. В этой полосе покрытие пропускает излучение. При работе объектива в пассивном режиме излучение проходит через линзу-зеркало 1, отражается от дихроичного покрытия А, проходит через двуллинзовый компенсатор полевых

аббераций 3 и формирует изображение в фокальной плоскости объектива. При работе объектива в АИ-режиме с лазерным подсветом излучение проходит через линзу-зеркало 1, зеркало Манжена 2, часть линзы зеркала 4, на которую нанесено дихроичное покрытие А, двухлинзовый компонент 5 отражается от второго зеркала Манжена 6, снова проходит через компонент 5, центральную часть линзы зеркала 4 без дихроичного покрытия, двухлинзовый компенсатор 3 и формирует изображение в той же фокальной плоскости. При этом оба изображения не мешают друг другу, поскольку:

при работе в АИ-режиме яркость "пассивного" изображения ослабляется в число крат, равное скважности;

при работе в пассивном режиме функционирует короткофокусный канал объектива, а одновременно создаваемое изображение в длиннофокусном канале не влияет на изображение короткофокусного из-за пренебрежимо малой яркости в изображении последнего, обусловленной как большим масштабом изображения, так и меньшей светосилой длиннофокусного канала.

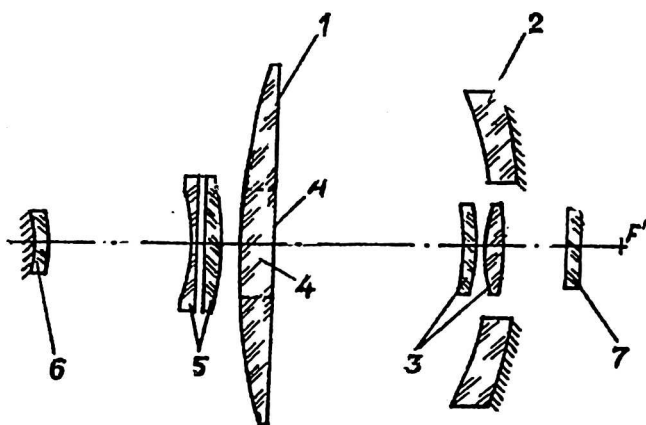


Рис. 2. Схема зеркально-линзового объектива с двумя фокусными расстояниями без перемещения оптических компонентов:

- 1 — линза-зеркало; 2 — первое зеркало Манжена; 3 — двухлинзовый компенсатор;
4 — центральная часть линзы-зеркала; 5 — двухлинзовый компенсатор;
6 — второе зеркало Манжена; 7 — фильтр; А — дихроичное покрытие

Разработаны объективы такого типа с фокусным расстоянием 999/201 мм, углом поля зрения $1^\circ/8^\circ$, относительным отверстием 1:5 эф./1:1,1 эф., продольным габаритом 214 мм, а также с фокусным расстоянием 1500/300 мм, углом поля зрения $0^\circ 40'/5^\circ$, относительным отверстием 1:7,5 эф./1:1,5 эф., продольным габаритом 300 мм.

Для полностью пассивных или пассивно-активных ПНВ предложены схемы объективов, изображенные на рис. 3, 4. Зеркально-линзовый объектив по схеме рис. 3, а содержит зеркально-линзовый длиннофокусный канал и линзовый короткофокусный канал. Длиннофокусный канал содержит кольцевую регулирующую ирисовую диафрагму 1, линзу-зеркало 2, зеркало Манжена 3, двухлинзовый компенсатор 4 полевых aberrаций, фильтр 5. Короткофокусный канал содержит регулирующую ирисовую диафрагму 6, трехлинзовый компонент 7, образующий вместе с двухлинзовым компенсатором 4 и фильтром 5 объектив. Последний имеет фокусное расстояние 20 мм, относительное отверстие 1:1,3, угол поля зрения 48° , а объектив 3 — соответственно, 100 мм, 1:1,5, 5° .

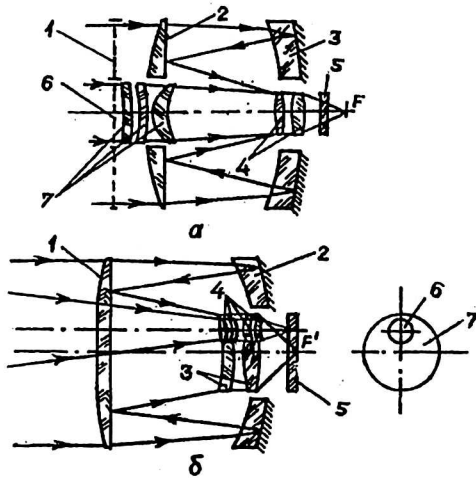


Рис. 3. Схема зеркально-линзовых объективов с двумя фокусными расстояниями:

- a* — комбинация зеркально-линзового и линзового объектива с общим двухлинзовым компенсатором: 1 — кольцевая ирисовая диафрагма; 2 — линза-зеркало; 3 — зеркало Манжена; 4 — двухлинзовый компенсатор; 5 — фильтр; 6 — круговая ирисовая диафрагма; 7 — трехлинзовый компонент;
- б* — зеркально-линзовый объектив с периферическим линзовым объективом: 1 — линза-зеркало; 2 — зеркало Манжена; 3 — двухлинзовый компенсатор; 4 — линзовый объектив; 5 — фильтр; 6 — поле поиска; 7 — поле опознавания

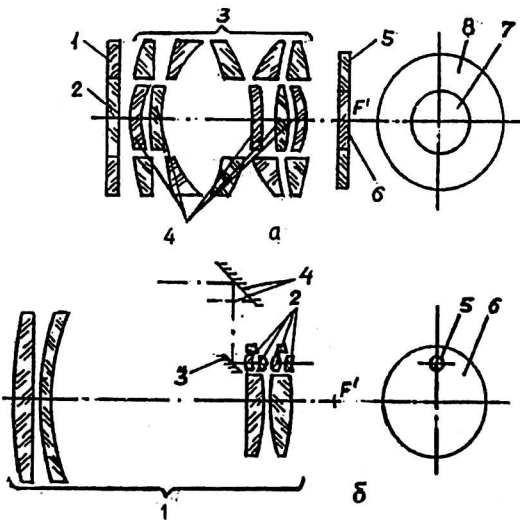


Рис. 4. Схемы линзовых объективов с двумя фокусными расстояниями:

- a* — длиннофокусный линзовый объектив с периферическим короткофокусным линзовым объективом: 1 — линзовый длиннофокусный объектив; 2 — линзовый короткофокусный объектив; 3, 4 — плоские зеркала; 5 — поле поиска; 6 — поле опознавания;
- б* — коаксиальная схема сочетания линзовых объективов: 1 — кольцевой фильтр на область спектра 0,78—0,92 мкм; 2 — круговой фильтр на область спектра 0,4—0,75 мкм; 3 — длиннофокусный объектив; 4 — короткофокусный объектив; 5 — кольцевой фильтр на область спектра 0,4—0,75 мкм; 6 — круговой фильтр на область спектра 0,78—0,92 мкм; 7 — поле опознавания; 8 — поле поиска

Для одновременного формирования широко- и узкопольного изображений в низкоуровневой телевизионной (ТВ) системе можно использовать один объектив, один ЭОП и две ТВ-камеры (рис. 5). Здесь зеркально-линзовый объектив 1—3 создает изображение на фотокатоде ЭОП (4). Изображение с экрана ЭОП в пределах угла охвата 45° передается через оптику 5 переноса с увеличением $\times 1$ в ТВ-камеру 6. Так формируется крупномасштабное узкопольное изображение. Изображение с экрана ЭОП в пределах угла охвата от 45 до 90° с помощью зеркала Манжена 7, центральной зеркальной части линзы-зеркала 1 и трехлинзового компонента 9 передается с увеличением $0,5\times$ в ТВ-камеру 10. Так формируется маломасштабное широкопольное изображение. При этом зеркальное покрытие 8 выполнено дихроичным. Оно отражает в области спектра $0,65\text{--}0,92\text{ мкм}$ и пропускает излучение в области спектра свечения экрана ЭОП, т. е. $0,53\text{--}0,56\text{ мкм}$. В такой системе узко- и широкопольные изображения могут наблюдаться с экрана ТВ-монитора одновременно или попеременно. Объектив 1—3 имеет фокусное расстояние 200 мм , эффективное относительное отверстие $1:1,08$, угол поля зрения 5° .

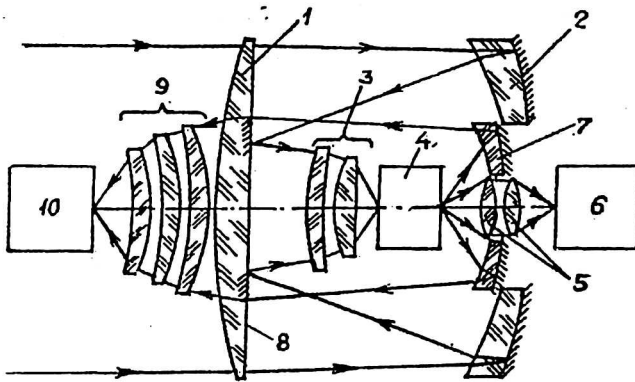


Рис. 5. Схема зеркально-линзового объектива с двумя полями зрения и оптикой переноса изображения:

- 1 — линза-зеркало; 2 — первое зеркало Манжена; 3 — двухлинзовый компенсатор полевых aberrаций; 4 — ЭОП; 5, 7 — вторые зеркала Манжена; 6 — первая ТВ-камера; 8 — дихроичное покрытие; 9 — трехлинзовый компонент; 10 — вторая ТВ-камера

В схеме на рис. 6 один и тот же зеркально-линзовый объектив может одновременно обслуживать два различных фотоприемника — формирователя и преобразователя изображения. В схеме объектива имеется плоское зеркало 3 с дихроичным покрытием, пропускающим один спектральный диапазон и отражающий другой. В частности, рассчитаны зеркально-линзовые объективы с фокусным расстоянием 200 мм , углом поля зрения 7° и относительным отверстием $1:1,5$ эф. в обоих каналах. Рассчитаны три варианта объектива, объединяющие следующие спектральные диапазоны [2]:

- $0,7\text{--}0,92$ и $0,7\text{--}1,7\text{ мкм}$;
 $0,7\text{--}0,92$ и $8\text{--}14\text{ мкм}$;
 $3\text{--}5$ и $8\text{--}14\text{ мкм}$.

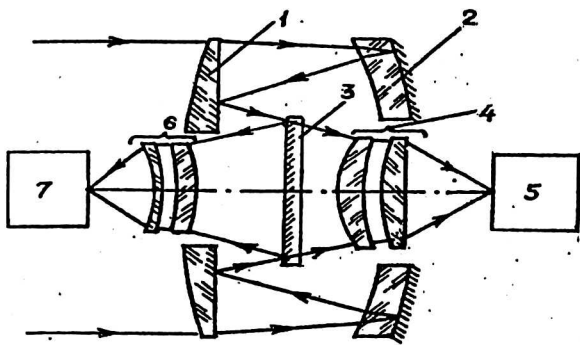


Рис. 6. Зеркально-линзовый объектив с двумя фокусными расстояниями для различных спектральных областей:

1 — линза-зеркало; 2 — зеркало Манжена; 3 — плоскопараллельная пластина с дихроичным покрытием; 4 — первый двухлинзовый компенсатор полевых aberrаций; 5 — первый фотоприемник; 6 — второй линзовый компенсатор полевых aberrаций; 7 — второй фотоприемник

Благодаря этому стало возможным объединение изображений с ЭОП, работающего в области спектра 0,7—0,92 мкм и изображений, преобразуемых матричными фотоприемниками, работающими в областях спектра 0,7—1,7, 3—5 и 8—14 мкм.

Таким образом, имеем одинаковые фокусные расстояния для обоих каналов, но разные спектральные их диапазоны.

Предложенные схемы объективов отвечают существующим и перспективным требованиям к оптике ПНВ и позволяют оптимизировать процессы поиска, обнаружения и опознавания.

Л и т е р а т у р а

1. Волков В. Г., Бабищев В. Ф., Коцавцев Н. Ф. Оптические системы приемной части активно-импульсных оптико-электронных приборов наблюдения//Вопросы оборонной техники. Сер. 11. 1994. Вып. 1—2 (140—141). С. 22—28.

2. Волков В. Г., Бабищев В. Ф., Коцавцев Н. Ф. Принципы построения и направления схемной реализации многоканальных приборов визуализации изображений//Там же. С. 12—18.

New objectives with two focal distances for night-vision devices

V. G. Volcov, Yu. A. Dobrovolsky, N. F. Koschavtsev,
M. A. Kuskova, G. A. Leonova, T. G. Objedcova

Special Design Office of Night-Vision Devices of State Unitary Enterprise «RD&P Centre «Orion»»,
Moscow, Russia

Circuits of designing objectives with admit the availability of field of view in night-vision devices for realizing a search and detection mode and an acquisition mode correspondingly are discussed. Simple circuits of lens and mirror-lens objectives with a stepped changeable focal distance mainly without replacing optical components are offered.