

УДК 621.3.049

Комбинированные приборы ночного видения

В. М. Белоконев, В. Г. Волков, В. Л. Саликов, Л. В. Шмакова

Рассмотрены методы и схемы построения комбинированных приборов ночного видения на основе электронно-оптических преобразователей, тепловизионных, низкоуровневых телевизионных и лазерно-дальномерных каналов.

PACS: 85.60.-q

Ключевые слова: прибор ночного видения, электронно-оптический преобразователь, схема.

Введение

В настоящее время необходимо создание высокоэффективных многофункциональных приборов ночного видения (ПНВ), которые должны обеспечивать круглосуточную и всепогодную работу. Для этой цели могут быть использованы комбинированные ПНВ, состоящие из отдельных, взаимно дополняющих друг друга каналов*.

Схемы построения комбинированных ПНВ

На рис. 1 представлена схема комбинированного ПНВ, состоящего из канала на базе электронно-оптического преобразователя (ЭОП) и тепловизионного (ТПВ) канала. Ночной канал на базе ЭОП состоит из зеркально-линзового объектива 1 (фокусное расстояние 100 мм, относительное отверстие эффективное 1:1,5, угол поля зрения 10°), ЭОП 2 поколения 2⁺ или 3 и окуляра 3 с увеличением 10^{\times} и линейным полем зрения 18 мм, выполненного под правый глаз оператора. ТПВ-канал состоит из инфракрасного (ИК) линзового объектива 4 (фокусное расстояние 26 мм, относительное отверстие эффективное 1:1, угол поля зрения $11 \times 8^\circ$, рабочая область спектра 8—12 мкм), ТП-модуля 5, состоящего из фокально-плоскостной матрицы микроболлометров с числом пикселей

320×240 и подключенного к ней электронного блока усиления и обработки изображения. Выход модуля 5 подключен к светодиодному индикатору 6 на базе матрицы органических светодиодов (OLED-светодиодов). На индикатор 6 сфокусирован окуляр 7 с увеличением 10^{\times} и угловым полем зрения $11 \times 8^\circ$, выполненный под левый глаз оператора. Дальность распознавания ростовой фигуры человека в ночной канал на базе ЭОП составляет в нормированных условиях не менее 500 м, угол поля зрения равен 10° . Дальность обнаружения через ТПВ-канал ростовой фигуры человека составляет не менее 500 м, угол поля зрения равен $11 \times 8^\circ$. Масса прибора не превышает 1,5 кг. Его питание обеспечивается от постоянного напряжения 3 В.

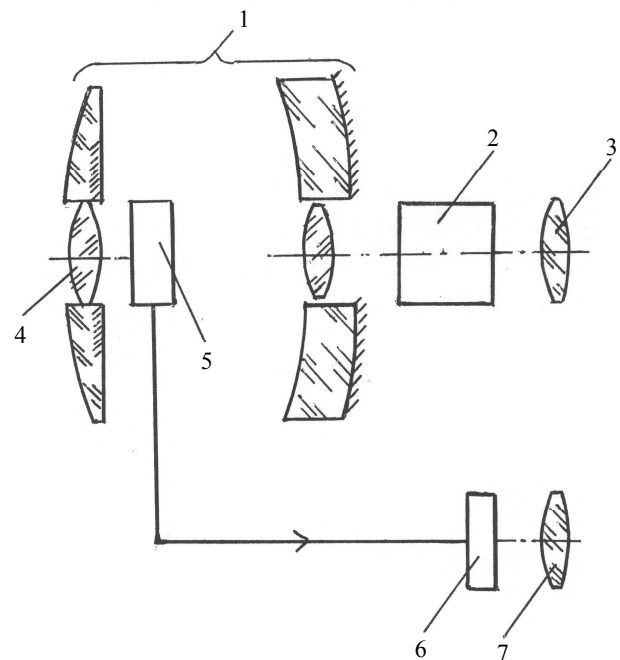


Рис. 1. Схема ПНВ, состоящего из ночного канала на базе ЭОП- и ТПВ-канала на базе матрицы микроболлометров:

1 — зеркально-линзовый объектив; 2 — ЭОП;
3 — 1-й окуляр; 4 — ИК-объектив; 5 — ТП-модуль;
6 — индикатор; 7 — 2-й окуляр

* Гейхман И. Л., Волков В. Г. Видение и безопасность. — М.: Новости, 2009.

Белоконев Виктор Михайлович, заместитель директора.
Волков Виктор Генрихович, ведущий научный сотрудник.
Саликов Вячеслав Львович, начальник КБ-5.
Шмакова Любовь Викторовна, ведущий инженер.
ФГУП "Альфа".

Россия, 111123, Москва, ул. Плеханова, 2/46.
Тел. (495) 672-31-74. E-mail: gup-alpha@mtu-net.ru

Статья поступила в редакцию 22 ноября 2010 г.

© Белоконев В. М., Волков В. Г., Саликов В. Л.,
Шмакова Л. В., 2011

На рис. 2 представлен другой вариант схемы построения комбинированного ПНВ. Его канал на базе ЭОП выполнен под левый глаз оператора и состоит из съемной афокальной оптической насадки 1 с увеличением 4^x , линзового объектива 2 (фокусное расстояние 26 мм, относительное отверстие эффективное 1:1,2, угол поля зрения 40°), ЭОП 3 и окуляра 4 с увеличением 10^x .

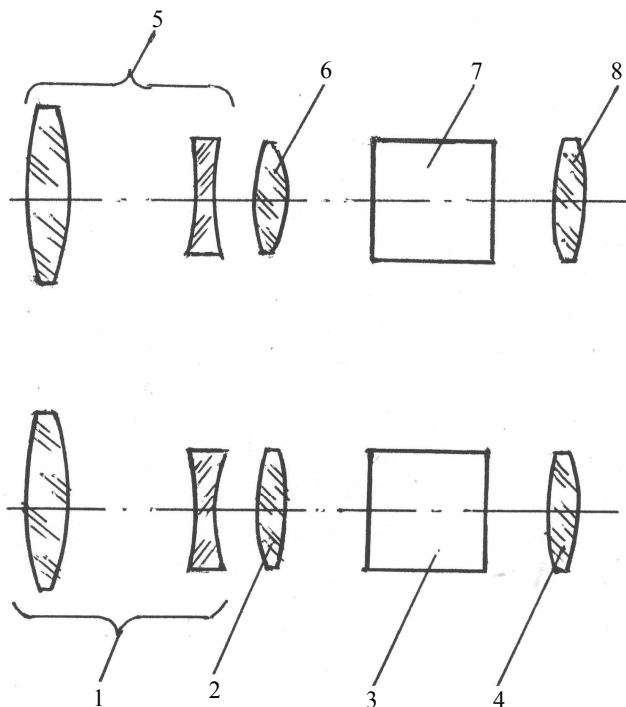


Рис. 2. Схема ПНВ, преобразуемого в очки ночного видения или в ночной бинокль:

- 1 — сменная афокальная насадка; 2 — объектив; 3 — ЭОП;
- 4 — 1-й окуляр; 5 — ИК-афокальная насадка;
- 6 — ИК-объектив; 7 — ТПВ-модуль; 8 — 2-й окуляр

ТПВ-канал выполнен под правый глаз оператора и состоит из съемной афокальной ИК-насадки 5 с увеличением 4^x , ИК-объектива 6 (фокусное расстояние 26 мм, относительное отверстие эффективное 1:1, угол поля зрения $11 \times 8^\circ$), ТПВ-модуля 7, включающего фокально-плоскостную матрицу микроболметров с числом пикселей 320×240 , подключенный к ней электронный блок усиления и обработки изображения с его выводом на светодиодный индикатор 6 на базе OLED-светодиодов, и окуляра 8, аналогичного окуляру 7 с той лишь разницей, что окуляр 7 имеет диапазон ахроматизации $0,53-0,56$ мкм, а окуляр 8 — $0,38-0,75$ мкм. Если насадки 1 и 5 сняты, то ПНВ превращается в очки ночного видения с увеличением 1^x . Их ночной канал на базе ЭОП имеет дальность распознавания ростовой фигуры человека в нормированных условиях не менее 200 м, угол поля зрения равен 40° . Дальность распознавания через ТПВ-канал ростовой фигуры человека составляет не ме-

нее 200 м, угол поля зрения равен $11 \times 8^\circ$. При установке насадок 1 и 5 на соответствующие объективы ПНВ превращается в ночной бинокль с увеличением 4^x . В нем ночной канал на базе ЭОП обеспечивает дальность распознавания ростовой фигуры человека в нормированных условиях не менее 500 м, угол поля зрения равен 10° . Дальность распознавания в ТПВ-канал ростовой фигуры человека составляет не менее 500 м, угол поля зрения равен $2,75 \times 2^\circ$. Масса очков ночного видения не превышает 0,6 кг, ночного бинокля — 1,4 кг. Питание ПНВ обеспечивается от постоянного напряжения 3 В.

В тех случаях, когда необходим ПНВ, работающий в области спектра $0,4-0,9; 3-5$ и $8-12$ мкм, может быть предложена схема по рис. 3.

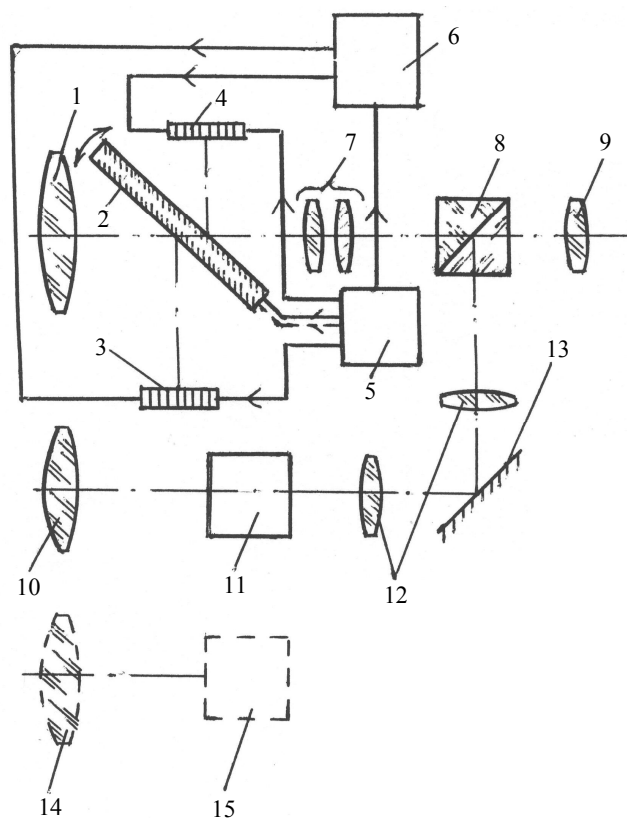


Рис. 3. ПНВ с использованием ТПВ-каналов для области спектра $3-5$ мкм, $8-12$ мкм и ночного канала на базе ЭОП:

- 1 — 1-й ИК-объектив; 2 — сканирующее плоское зеркало;
- 3 — ФПУ; 4 — СДИ; 5 — блок синхронизации; 6 — блок электронной обработки; 7 — 1-я оптика переноса; 8 — куб-призма; 9 — окуляр; 10 — объектив; 11 — ЭОП;
- 12 — 2-я оптика переноса; 13 — плоское зеркало;
- 14 — 2-й ИК-объектив; 15 — ТПВ-модуль

Здесь ТПВ-канал, работающий в области спектра $3-5$ мкм, состоит из ИК-объектива 1 (фокусное расстояние 100 мм, относительное отверстие эффективное 1:1, угол поля зрения $6 \times 4^\circ$, сканирующее плоское зеркало 2 с двусторонним отражением, фотоприемного устройства (ФПУ) 3

(линейка из 128 фотодетекторов на основе селенида свинца, работающая при термоэлектрическом охлаждении), светодиодного индикатора (СДИ) 4 (линейка светодиодов красного цвета свечения с числом элементов 128), блока синхронизации 5, обеспечивающего синхронную кадровую развертку, создаваемую зеркалом 2 и строчную развертку, создаваемую последовательным включением с помощью блока 5 элементарных фотодетекторов ФПУ 3 и СДИ 4, оптики переноса, сфокусированной на СДИ 4 и сопряженной через куб-призму 7 с окуляром 8 с увеличением $10\times$. Ночной канал на базе ЭОП состоит из объектива 9 (фокусное расстояние 100 мм, относительное отверстие эффективное 1:1,5, угол поля зрения 10°), ЭОП 10 и оптики переноса 11, которая через плоское зеркало 12 и куб-призму 7 сопряжена с окуляром 8. Вместо объектива 9 может быть использован взаимозаменяемый с ним ИК-объектив 13 (фокусное расстояние 100 мм, относительное отверстие эффективное 1:1,2; угол поля зрения $2,75\times 2^\circ$, рабочая область спектра 8—12 мкм), а вместо ЭОП 10 — взаимозаменяемый с ним ТПВ-модуль 14 того же типа, что и в схеме по рис. 2. Дальность обнаружения ростовой фигуры человека в нормированных условиях составляет 800—1000 м, угол поля зрения равен $6\times 4^\circ$, через ТПВ-канал, работающего в области спектра 8—12 мкм, дальность обнаружения, соответственно, 1000—1200 м при угле поля зрения $2,75\times 2^\circ$. Дальность распознавания ростовой фигуры человека в тех же условиях составляет через эти каналы, соответственно, 400—500 и 50—600 м. Дальность обнаружения в канале на базе ЭОП ростовой фигуры человека в нормированных условиях составляет не менее 600—800 м, дальность распознавания — не менее 400—500 м, угол поля зрения равен 10° . Масса прибора не превышает 2,2 кг, питание обеспечивается от постоянного напряжения 9 В.

Возможно создание комбинированного ПНВ по схеме рис. 4. ПНВ состоит из ТПВ-канала с теми же элементами 1—3,5, что и в схеме по рис. 3. Здесь выходное изображение создается на индикаторе 6, выполненном на базе OLED-светодиодов. В состав ПНВ входит также низкоуровневый ТВ-канал, состоящий из объектива 8 (фокусное расстояние 100 мм, относительное отверстие эффективное 1:1,5; угол поля зрения 6°), ЭОП 9, состыкованного через фоко́н 10 с матрицей ПЗС ТВ-камеры 11, выход которой подключен к индикатору 6 на базе OLED-светодиодов. Изображение с индикатора 6 наблюдается через окуляр 7. Дальность обнаружения, распознавания и угол поля зрения ТПВ-канала те же, что и у ПНВ по схеме рис. 3. Дальность обнаружения в низкоуровневый ТВ-канал ростовой фигуры человека в нормиро-

ванных условиях составляет 800 м, распознавания — 400 м при угле поля зрения $6\times 4^\circ$. Масса ПНВ не превышает 1,8 кг, питание обеспечивается от постоянного напряжения 9 В. Низкоуровневый ТВ-канал может быть исключен из состава ПНВ. В этом случае ТПВ-канал используется автономно и может быть применен, например, в качестве ночного ТПВ-прицела для легкого стрелкового оружия.

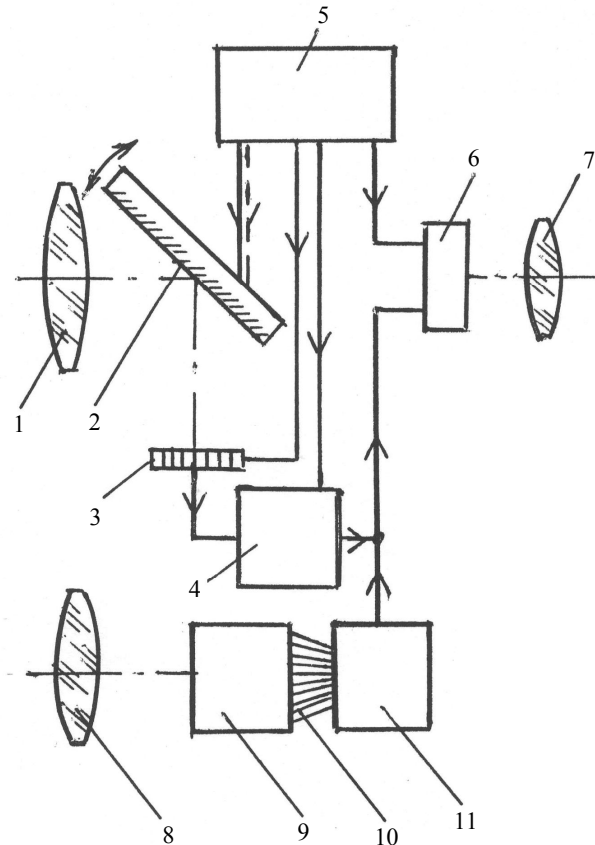


Рис. 4. ПНВ с использованием ТПВ и низкоуровневого ТВ-каналов:

- 1 — ИК-объектив; 2 — сканирующее зеркало; 3 — ФПУ; 4 — блок электронной обработки; 5 — блок синхронизации; 6 — индикатор; 7 — окуляр; 8 — объектив ТВ-канала; 9 — ЭОП; 10 — фоко́н; 11 — ТВ-камера

На рис. 5 представлена схема комбинированного ПНВ круглосуточного действия. В нем используется ТПВ-канал того же типа, что и в ПНВ по схеме рис. 4. ТПВ-канал работает в области спектра 3—5 мкм. Окуляр 7 выведен под правый глаз оператора. Ночной канал на базе ЭОП состоит из ночного объектива 8, 1-го дихроичного зеркала 9, пропускающего в области спектра 0,4—0,9 мкм и отражающего на длине волны 1,55 мкм, ЭОП 10, микроскопа 11, в состав которого входит дихроичное зеркало 12, пропускающее в области спектра свечения экрана ЭОП 0,53—0,56 мкм и отражающее в видимой области спектра 0,38—0,75 мкм. Объектив 8 одновременно является приемным объективом лазерно-дальномерного канала, оптически сопряженным через 1-е дихроичное

зеркало 9 с ФПУ 13. Дневной объектив 14 является одновременно передающим объективом лазерно-дальномерного канала.

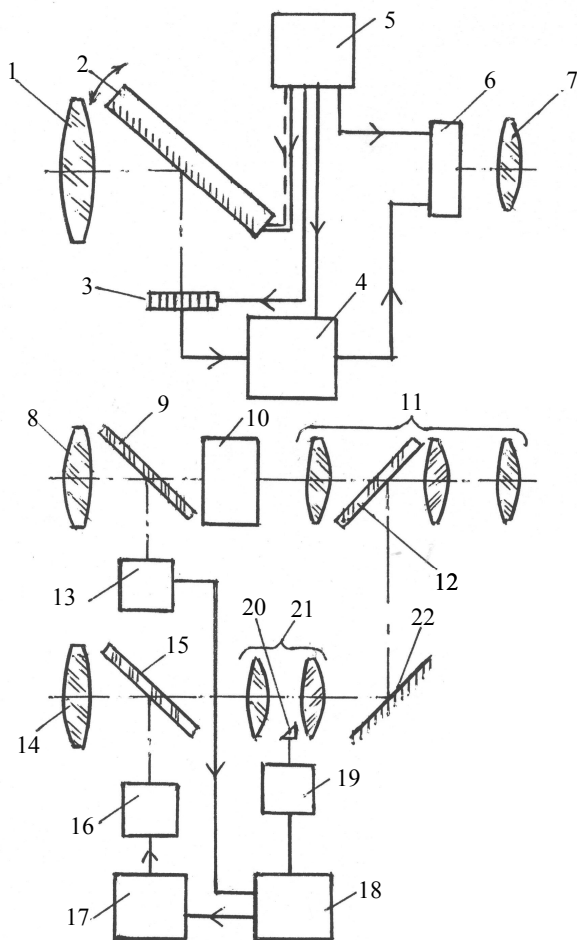


Рис. 5. ПНВ с использованием ТПВ, лазерно-дальномерного, дневного и ночного на базе ЭОП-каналов:

- 1 — ИК-объектив; 2 — сканирующее зеркало; 3 — ФПУ;
- 4 — блок электронной обработки; 5 — блок синхронизации;
- 6 — индикатор; 7 — окуляр; 8 — объектив ночного канала;
- 9 — 1-е дихроичное зеркало; 10 — ЭОП; 11 — микроскоп;
- 12 — 2-е дихроичное зеркало; 13 — ФПУ лазерно-дальномерного канала; 14 — объектив дневного канала;
- 15 — 3-е дихроичное зеркало; 16 — ИЛПИ; 17 — блок накачки; 18 — блок электронной обработки; 19 — цифровой индикатор дальности; 20 — прямоугольная призма; 21 — оборачивающая система; 22 — плоское зеркало

Через 3-е дихроичное зеркало 15, пропускающее в области спектра 0,38—0,75 мкм и отражающее на длине волны 1,55 мкм, объектив 14 оптически сопряжен с ИЛПИ 16, подключенным к запускающему его блоку накачки 17. Его вход и выход ФПУ 13 подключены к блоку 18 электронной обработки. Выход блока подключен к цифровому индикатору дальности 19. Последний через прямоугольную призму 20 оптически сопряжен со вторым по ходу лучей линзовым компонентом оборачивающей системы 21. Эта система через плоское зеркало 22 и 2-е дихроичное зеркало 12 оптически сопряжена с микроскопом 11.

Таким образом, в состав ПНВ входит ТПВ-канал с теми же параметрами, что и в ПНВ по схеме рис. 4, ночной канал на базе ЭОП, дневной канал наблюдения и лазерно-дальномерный канал, работающий на длине волны 1,55 мкм. Ночной канал на базе ЭОП имеет те же параметры, что и в ПНВ по схеме рис. 3. Лазерно-дальномерный канал имеет диапазон измерения дальности 20—2000 м с точностью ± 1 м. Дневной канал наблюдения обеспечивает дальность распознавания ростовой фигуры человека не менее 2000 м, увеличение 7^x и угол поля зрения 7° . Масса прибора не превышает 1,8 кг при питании от постоянного напряжения 9 В.

Заключение

Проведенный анализ показывает, что существует значительное число вариантов исполнения схем комбинированных ПНВ. Их схемы допускают модульное построение приборов и гибкую возможность их адаптации для широкого диапазона применений.

Combined night vision devices

V. M. Beloconev, V. G. Volcov, V. L. Salicov, L. V. Shmacova

Federal State Unitary Enterprise "ALPHA", 2/46 Plekhanov str., Moscow, 111123, Russia

E-mail: gup-alpha@mtu-net.ru

Perspective combined night vision devices are considered in this article. The devices are using image intensifiers, infrared imagers, low-level TV canals, and laser rangefinders.

PACS: 85.60.-q

Keywords: night vision device, electron-optical image intensifier, scheme.

Bibliography — 1 references.

Received November 22, 2010

* * *