

## Переносной комбинированный прибор всепогодного и круглосуточного действия

В. Г. Волков, Н. Ф. Кошавцев, В. И. Лелейкин

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

*Изложены основные принципы разработки комбинированных приборов наблюдения всепогодного и круглосуточного действия. Приборы состоят из отдельных каналов, построенных на различных физических принципах: лазерного активно-импульсного низкоуровневого телевизионного, дневного телевизионного, тепловизионного, радиолокационного. Показаны оптимальные сочетания различных каналов для решения широкого круга задач.*

В настоящее время серьезной проблемой является создание всепогодных и круглосуточных приборов наблюдения. Такие приборы необходимы для выполнения строительно-монтажных, ремонтных и спасательных работ в сложных условиях видимости, для обеспечения разведки и добычи полезных ископаемых в этих условиях, для вождения транспортных средств ночью и при пониженной прозрачности атмосферы и пр. Поскольку ни один из известных приборов не в состоянии решить такой круг проблем, то представляется целесообразным создание многоканального комбинированного прибора. В нем недостатки одного канала компенсируются достоинствами другого. В связи с этим обеспечивается круглосуточная и всепогодная работа прибора с высокой эффективностью [1]. Анализ показал, что наиболее целесообразно сочетание активно-импульсного телевизионного с тепловизионным каналом либо с радиолокационным каналом [2, 3].

Рассмотрим схемные решения переносных комбинированных приборов на базе сочетания указанных каналов.

На рис. 1 представлена схема прибора, сочетающего дневной телевизионный (ДТВ), активно-импульсный низкоуровневый телевизионный (АИ-НТВ) и тепловизионный (ТПВ) каналы.

В дневных условиях при нормальной прозрачности атмосферы работает ДТВ-канал. ДТВ-камера 24 вместе с короткофокусным объективом 23 (его фокусное расстояние  $f = 45$  мм) встроена в ТПВ-камеру 19 и служит для поиска и обнаружения объектов наблюдения в широком угле поля зрения  $8 \times 6^\circ$ . После обнаружения объекта для его опознавания вместо ДТВ-камеры 24 включается ДТВ-камера 17. Ее длиннофокусный объектив ( $f = 450$  мм) 14 с помощью плоских зеркал 15, 16 создает изображение в узком угле поля зрения  $0^\circ 44' \times 0^\circ 36'$ , обеспечивая при этом распознавание объекта типа автомашина (борт)

на дальности до 5 км. Обе ТВ-камеры формата 1/2 дюйма по выбору могут обеспечивать цветное или черно-белое изображение на экране ТВ-монитора 11. Если пониженная прозрачность атмосферы (туман, дождь, снегопад и пр.), то вместо ДТВ-камер включается ТПВ-канал. Его ИК-объектив 19 создает изображение в угле поля зрения  $4 \times 3^\circ$  на пироэлектрической матрице ФПУ (21), работающей в области спектра 8–13 мкм. Сигнал с ее выхода обрабатывается в блоке электронной обработки 22 и поступает в ТВ-монитор 11. В качестве ТПВ-канала (элементы 19–24) используется ТПВ-камера ТН-4604 [4].

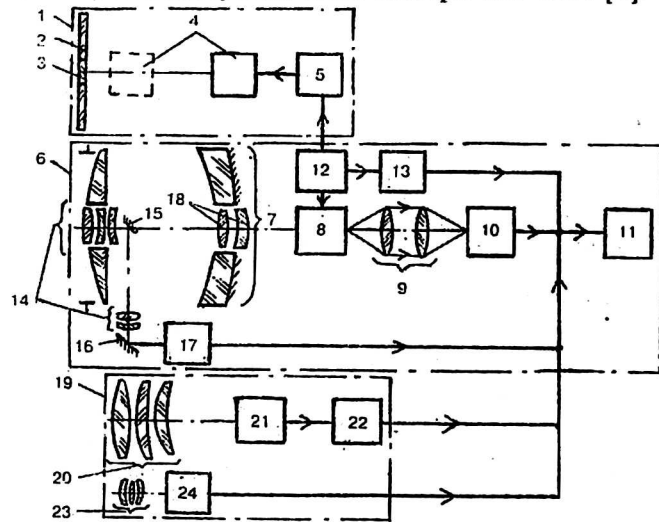


Рис. 1. Схема переносного комбинированного прибора, содержащего ДТВ-, АИ-НТВ- и ТПВ-каналы:

- 1 — импульсный лазерный осветитель; 2 — длиннофокусная линза Френеля; 3 — короткофокусная линза Френеля;
- 4 — импульсный лазерный полупроводниковый излучатель (ИЛПИ); 5 — блок накачки; 6 — ТВ-прибор наблюдения;
- 7 — зеркально-линзовый объектив; 8 — электронно-оптический преобразователь (ЭОП); 9 — оптика переноса; 10 — блок стробирования;
- 11 — ТВ-монитор; 12 — измеритель временных интервалов (ИВИ); 13 — длиннофокусный линзовый объектив ДТВ-канала; 14 — плоские зеркала; 15, 16 — плоские зеркала ДТВ-камеры; 17 — ДТВ-камера; 18 — компенсатор полевых aberrаций объектива 7, он же — второй компонент линзового объектива АИ-НТВ-канала; 19 — ТПВ-канал; 20 — ИК-объектив; 21 — матричное фотоприемное устройство (ФПУ); 22 — блок электронной обработки; 23 — короткофокусный объектив ДТВ-канала; 24 — вторая ДТВ-камера

В ночных условиях работает АИ НТВ-канал. При нормальной прозрачности атмосферы и при уровне естественной ночной освещенности (ЕНО) не ниже нормированной величины  $3 \cdot 10^{-3}$  лк АИ НТВ-канал работает в пассивном режиме. При этом функционирует короткофокусный линзовый объектив ( $f = 150$  мм). Он состоит из первого линзового компонента, находящегося в центральном нерабочем отверстии линзы-зеркала зеркально-линзового объектива 7 (и является одновременно первым линзовым компонентом длиннофокусного объектива 14) и из линзового компенсатора 18 полевых аберраций объектива 7 [5]. Этот линзовый объектив создает изображение в угле поля зрения  $4^{\circ}52' \times 3^{\circ}40'$  на фотокатод ЭОП (8) "Рассвет". ЭОП преобразует изображение в видимое и усиливает его по яркости. Изображение с экрана ЭОП (8) передается с помощью оптики переноса 9 на матрицу ПЗС НТВ-камеры [6]. Сигнал с ее выхода передается в ТВ-монитор 11. Дальность распознавания автомашины (борт) доходит до 1,5 км. При пониженном уровне ЕНО и низкой прозрачности атмосферы вместо АИ НТВ-канала, работающего в пассивном режиме, работает ТПВ-канал, обеспечивающий обнаружение объекта на дальности до 3 км в угле поля зрения  $4 \times 3^{\circ}$ . После обнаружения объекта в том или другом канале для распознавания используется АИ НТВ-канал, работающий в активно-импульсном (АИ) режиме. При этом включаются импульсный лазерный осветитель 1 и блок 12 стробирования. Последний запускает синхроимпульсами блок 5 накачки, который возбуждает ИЛПИ (4), находящийся в положении, показанном на рис. 1 сплошной линией. ИЛПИ (4) (модель ИЛПИ-114) генерирует импульсы излучения, которые коллимируются линзой 2 Френеля ( $f = 200$  мм). В результате на объекте наблюдения формируется пятно подсвета. Импульсы излучения, отраженные от объекта, поступают в объектив 7 ( $f = 450$  мм), который создает изображение на фотокатод ЭОП (8). Чтобы изображения, создаваемые объективом 7 и коаксиальным по отношению к нему линзовым объективом, не накладывались друг на друга, линзовый объектив перекрывается заслонкой при работе объектива 7, а при работе линзового объектива — объектив 7 перекрывается ирисовой диафрагмой. К моменту прихода на фотокатод ЭОП (8) импульса излучения, отраженного от объекта, ЭОП (8) заперт и отпирается в этот момент импульсом напряжения (импульсом строба) со 2-го выхода блока 12 стробирования на время, равное или несколько превышающее длительность импульса подсвета. В результате в ЭОП 8 создается только изображение объекта, подсвечиваемое излучением ос-

ветителя 1. Все остальное отсекается задержкой, вводимой между импульсом запуска блока 5 накачки и импульсом строба. Усиленное по яркости изображение передается в ТВ-монитор 11, как описывалось выше. Плавно регулируемая задержка, вводимая в блок стробирования, преобразуется в блоке 13 в цифровой код, соответствующий значению дальности до объекта. Величина дальности измеряется с точностью  $\pm 5$  м и передается в ТВ-монитор 11, с экрана которого она представляется в цифровом виде. АИ НТВ в АИ-режиме работает при любом уровне ЕНО как при нормальной, так и при пониженной прозрачности атмосферы и в присутствии в поле зрения световых помех. При этом дальность распознавания автомашины (борт) составляет до 3 км в угле поля зрения  $0^{\circ}52' \times 0^{\circ}26'$ . АИ НТВ-канал при работе в АИ-режиме может обеспечивать обнаружение объектов наблюдения по бликам лазерного излучения, отраженного от оптических или оптико-электронных средств этих объектов. Для этого ИЛПИ (4) перемещается в положение, показанное на рис. 1 пунктиром. При этом ИЛПИ (4) оказывается в фокальной плоскости линзы Френеля 3 ( $f = 43$  мм), а угол подсвета осветителя 1 увеличивается до  $4 \times 2^{\circ}$ . В нем и ведется поиск объектов наблюдения по бликам. Дальность их обнаружения достигает до 5 км. В случае применения линзы 3 с  $f = 21,5$  мм возможно увеличение угла подсвета до  $8 \times 4^{\circ}$ . Это позволит увеличить поле зрения АИ НТВ-канала в режиме поиска по бликам до  $4 \times 3^{\circ}$ , а также при работе по бликам днем на дальности до 1 км с помощью ДТВ-канала обеспечить угол поля зрения  $8 \times 4^{\circ}$ . Коаксиальные линзы Френеля 2 и 3 не влияют на работу друг друга. Подробно принцип их действия и возможности описаны в работе [7]. Масса всего прибора не превышает 15 кг, а энергопотребление при питании от напряжения 12 В постоянного тока составляет 25 Вт.

Для обнаружения и распознавания объектов на дальности не менее 5 км может быть использован прибор по схеме рис. 2. В нем вместо ТПВ-канала применяется радиолокационный (РЛ) канал, например "Фара-1" [8]. Он обеспечивает дальность обнаружения автомашины не менее 5 км при автоматическом поиске в секторе обзора 24, 45, 90, 120°. Точность измерения дальности в РЛ-канале составляет 15 м, а угла азимута — 15 мрад. Сигнал, пропорциональный измеренной дальности, с выхода блока 27 передается в БРЗ (7), вводя в нем предварительную задержку еще до переключения АИ НТВ-канала в АИ-режим. Это позволяет сразу ввести в пределы глубины просматриваемого пространства изображение объекта при включении АИ-режи-

ма работы. Это избавляет оператора от необходимости поиска объекта по глубине за счет регулировки задержки при работе АИ НТВ-канала в АИ-режиме. РЛ-канал обладает широкими возможностями поиска в любое время суток независимо от уровня ЕНО, наличия световых помех и при пониженной прозрачности атмосферы.

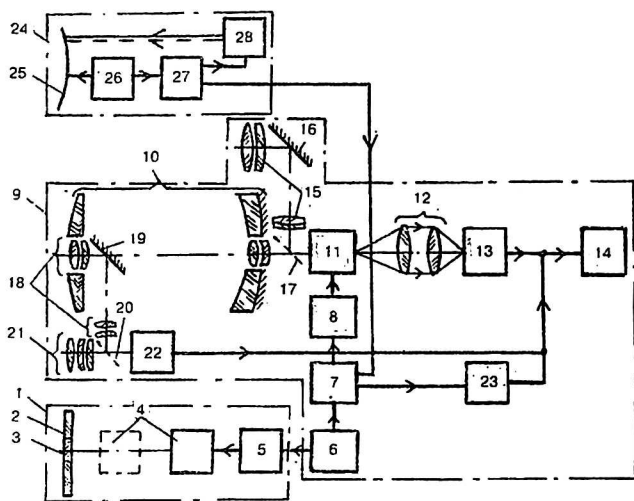


Рис. 2. Схема переносного комбинированного прибора, содержащего ДТВ-, АИ НТВ- и РЛ-каналы:

1—5 — см. рис. 1; 6 — задающий генератор импульсов (ЗГИ); 7 — блок регулируемой задержки (БРЗ); 8 — формирователь стробующих импульсов (ФСИ); 9 — ТВ-прибор наблюдения; 10 — зеркально — линзовый объектив; 11 — ЭОП; 12 — оптика переноса; 13 — НТВ-канал; 14 — ТВ-монитор; 15 — линзовый объектив АИ НТВ-канала; 16 — плоское зеркало; 17 — плоское выдвижное зеркало; 18 — длиннофокусный линзовый объектив ДТВ-канала; 19 — плоское зеркало; 20 — выдвижное зеркало; 21 — короткофокусный объектив; 22 — ДТВ-камера; 23 — ИВИ; 24 — РЛ-канал; 25 — антенна; 26 — блок приемопередающий; 27 — блок электронной обработки; 28 — электромеханический блок сканирования антенны

Для обеспечения дальности распознавания в АИ-режиме 5 км зеркально-линзовый объектив 10 имеет  $f = 800$  мм, а линза Френеля 2—245 мм. Это обеспечивает угол поля зрения (подсвета)  $42' \times 21'$ . Для обеспечения поиска объекта по бликам линза 3 Френеля имеет  $f = 43$  мм. Это обеспечивает угол подсвета  $4 \times 2^\circ$  и, соответственно, дальность обнаружения 5 км.

При работе на небольших дальностях АИ НТВ-канал работает в пассивном режиме. Он обеспечивается с помощью линзового объектива 15, который сопрягается с фотокатодом ЭОП (11) с помощью вводимого зеркала 17. (Параметры пассивного режима те же, что и в схеме на рис. 1).

Для работы днем используется ДТВ-камера 22. В зависимости от наличия или отсутствия в ходе лучей выдвижного зеркала 20 она работает либо с длиннофокусным ( $f = 450$  мм), либо с корот-

кофокусным ( $f = 45$  мм) объективом, обеспечивая те же параметры канала, что и в схеме на рис. 1. В остальном прибор по схеме рис. 2 работает так же, как и по схеме рис. 1. Масса прибора не превышает 20 кг, энергопотребление — 20 Вт при питании от напряжения 12 В постоянного тока.

В процессе работы АИ НТВ-канала в АИ-режиме возникает необходимость непрерывной регулировки задержки в процессе перемещения объекта наблюдения по глубине для удержания его изображения в пределах строба. Чтобы не отвлекать на это оператора, предложена схема АИ НТВ-канала на рис. 3 [9]. После обнаружения объекта наблюдения, ввода его изображения в пределы строба и распознавания АИ, НТВ-канал переводится в режим автоматического сопровождения. При этом блок 23 выполняет в регистре 22 суммирование и вычитание нескольких импульсов с частотой, например, 30 и 10 Гц, соответственно. Этим обеспечивается дополнительная глубина просматриваемого пространства перед объектом с частотой строба 10 Гц и за объектом — с частотой 30 Гц. При приближении по глубине к прибору объект выходит за пределы основного строба и попадает в дополнительный строб с частотой 10 Гц. При этом излучение с экрана ЭОП (7) переносится с помощью объектива 16 на светочувствительную площадку ФПУ (17) и вызывает на его выходе сигнал, поступающий на вход УПУ (18) и (19). В УПУ создается уровень напряжения, определяемый величиной ожидаемого сигнала и регулируемый в зависимости от дальности до объекта наблюдения с помощью управляющего сигнала, подаваемого на УПУ (18) и (19) с выхода БРЗ (13). Этот сигнал определяет порог срабатывания УПУ. С выхода УПУ (18) и (19) сигналы поступают на вход фильтров 20 и 21, выделяющих, соответственно, частоты 10 и 30 Гц. При наличии сигнала с частотой 10 Гц импульс с выхода фильтра 18 поступает на вычитающий вход регистра 22. Это приводит к уменьшению напряжения на его выходе. Следовательно, уменьшается и время задержки, т. е. основной строб 24 переместится по дальности (в данном случае ближе к оператору) до тех пор, пока сигнал с частотой 10 Гц не исчезнет, т. е. когда объект наблюдения окажется в пределах основного строба 24. Аналогичным образом при удалении объекта от прибора он попадет в дополнительный строб 25 с частотой 30 Гц. Тогда на выходе фильтра 20 появится сигнал с частотой 30 Гц, который поступит на суммирующий вход регистра 22. Это приведет к возрастанию напряжения на его выходе, увеличению времени задержки и вводу объекта в основной строб 24.

Поскольку частоты 10 и 30 Гц пренебрежимо малы по сравнению с основной частотой лазерного осветителя (5,2 кГц), то практически не происходит снижения помехозащищенности АИ НТВ-канала по отношению к воздействующим на него световым помехам. При наличии дополнительных стробов не происходит также и снижения точности измерения дальности до объекта наблюдения.

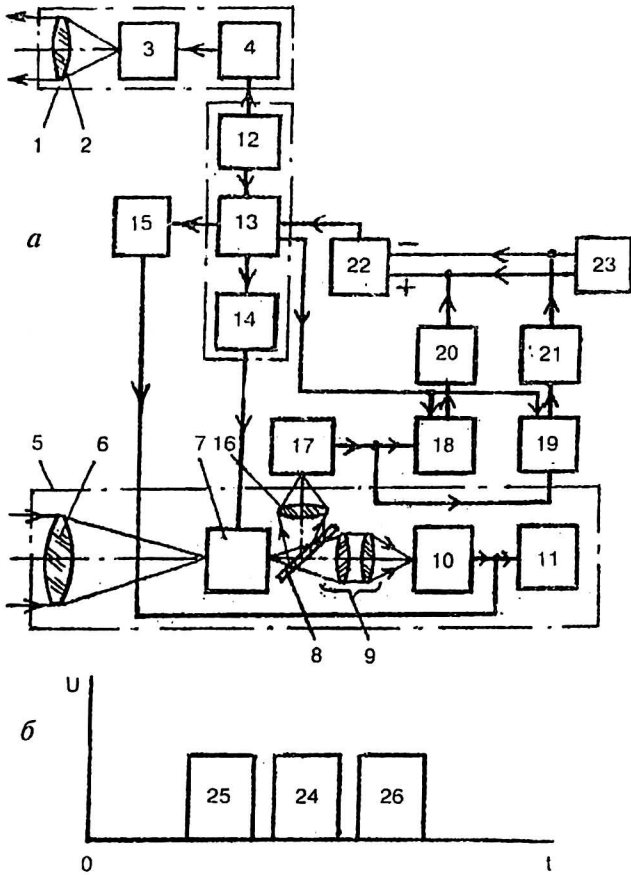


Рис. 3. Схема АИ НТВ-канала с автоматическим удержанием в пределах строба изображения подвижного по глубине объекта наблюдения (а) и график, связывающий положение основного и дополнительных стробов (б):

1 — импульсный лазерный осветитель; 2 — объектив формирования излучения; 3 — ИЛПИ; 4 — блок накачки; 5 — ТВ-прибор наблюдения; 6 — объектив; 7 — ЭОП; 8 — светоделительное зеркало; 9 — оптика переноса; 10 — НТВ-камера; 11 — ТВ-монитор; 12 — ЗГИ; 13 — БРЗ; 14 — ФСИ; 15 — ИВИ; 16 — объектив ФПУ; 17 — ФПУ; 18, 19 — первый и второй усилители с пороговым устройством (УПУ), соответственно; 20, 21 — первый и второй фильтры, соответственно; 22 — регистр; 23 — блок управления регистром; 24 — основной строб; 25, 26 — вспомогательные стробы

Вопрос о ее повышении всегда остается актуальным. В связи с этим предлагается схема АИ НТВ-канала на рис. 4, а. В ней используется ЭОП поколения 2<sup>+</sup> с двумя МКП (по типу ЭОП V4183U фирмы Hamamatsu, Япония) [10]. Блок стробирования содержит блоки 5—10, 17. В нем предусмотрена возможность плавной регулиров-

ки длительности импульса строба с помощью блока 6. В схеме используется первый ФСИ (9), с одного выхода которого ЭОП (13) стробируется прямоугольными импульсами напряжения по фотокатоду ЭОП (13), а с другого выхода ЭОП (13) стробируется по первой МКП.

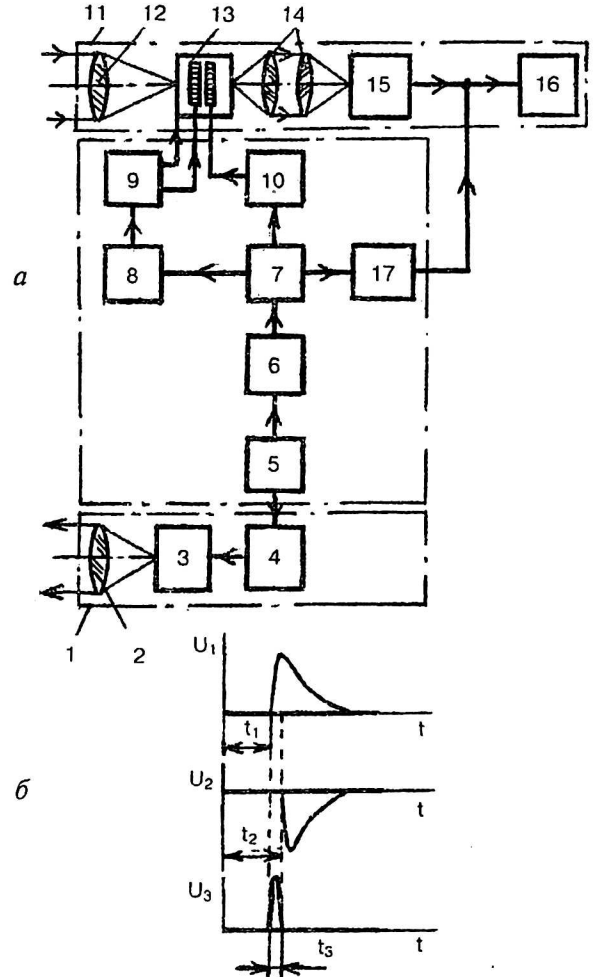


Рис. 4. Схема АИ НТВ-канала с повышенной точностью измерения дальности (а) и диаграмма работы его блока стробирования (б):

1—4 — см. рис. 3; 5 — ЗГИ; 6 — регулятор длительности импульса строба; 7 — БРЗ основной; 8 — БРЗ дополнительный; 9, 10 — первый и второй ФСИ, соответственно; 11 — ТВ-прибор наблюдения; 12 — объектив; 13 — ЭОП с двумя микроканальными пластинами (МКП); 14 — оптика переноса; 15 — НТВ-камера; 16 — ТВ-монитор

В схеме предусмотрен второй ФСИ (10), стробирующий ЭОП (13) по второй МКП. Форма стробирующих импульсов напряжения первого ФСИ (9) ( $U_1$ ) и второго ФСИ (10) ( $U_2$ ) показана на диаграмме рис. 4, б. В дополнительном БРЗ (8) предусмотрена плавно-регулируемая задержка  $t_2$  между находящимися в противофазе стробирующими импульсами  $U_1$  и  $U_2$ , в то время как основной БРЗ (7) вводит задержку  $t_1$  по отношению к синхроимпульсу с выхода ЗГИ (5).

В результате формируется результирующий короткий импульс строба  $U_3$  с длительностью  $t_3 < 10$  нс. Это позволяет повысить точность измерения дальности с  $\pm 10$  до  $\pm 2$  м. Благодаря тому, что для импульсов строба  $U_1$  и  $U_2$  нет жестких требований к заднему фронту и сколу, данная схема реализуется сравнительно просто. За счет двойного стробирования возрастает степень защиты от помех благодаря увеличению коэффициента запирающего ЭОП до  $10^{10}$ .

Предложенные схемы комбинированных приборов обеспечивают не только круглосуточную и всепогодную работу, но и достаточно высокие параметры.

#### Литература

1. Волков В. Г., Коцавцев Н. Ф. Построение многоканальных приборов визуализации изображения с повышенными характеристиками// Вопросы оборонной техники. Сер. 11. 1998. Вып. 1—2. С. 44—45.

2. Волков В. Г., Коцавцев Н. Ф., Лелейкин В. И., Плешков А. А. Активно-импульсный переносный телевизионный прибор наблюдения с дистанционной передачей изображения// Прикладная физика, 1999. Вып. 2. С. 146—150.

3. Волков В. Г. Многоканальные приборы видения наземного применения// Специальная техника, 2001. № 2. С. 13—20.

4. Неохлаждаемые тепловизоры ТН-4604 МП и ТН-4604 МБ: Проспект НИИИИ МНПО "Спектр". М., 2002.

5. Волков В. Г., Добровольский Ю. А., Коцавцев Н. Ф., Кускова М. В., Обьедкова Т. Г. Новые объективы с двумя фокусными расстояниями для приборов ночного видения// Прикладная физика, 2000. № 5. С. 44—49.

6. Системы телевизионного наблюдения: Прайс-лист полный. Проспект фирмы Солинг. М., апрель 2002.

7. Волков В. Г. Применение линз Френеля в качестве объективов формирования излучения лазерных осветителей, используемых в технике ночного видения// Вопросы оборонной техники. Сер. 11. 1996. Вып. 1—2 (148—149). С. 33—36.

8. Радиолокационная станция "Фара-1": Проспект НИИ "Стрела 2". Тула, 2002.

9. Волков В. Г. Активно-импульсные приборы ночного видения для одновременного наблюдения близких и дальних, а также подвижных объектов// Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. М., 2001. № 1. С. 89—95.

10. Image Intensifiers: Проспект фирмы Hamamatsu, Япония, 2002.

## The transferred device for observing in the all-weather and day/night condition

V. G. Volcov, N. F. Koshavtsev, V. I. Leleycin  
State Enterprise Special Designer Bureau for Night Vision Engineering  
of the ORION R&P Association, Moscow, Russia

*It was reported about transferred devices for observing in the all-weather and day/night condition. The device contain a few canals: laser gated viewing low light level TV canal, day TV canal, thermovision canal or radiolocation canal. It was described the ideology of devices, its schema, the ground characteristics. It was showed the optimal combination of different canals for solution of wide circle problems.*