

# АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ПНВ И ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ПРИБОРЫ

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ

**С**егодня для наблюдения в сложных условиях видимости, в том числе в темноте и при пониженной прозрачности атмосферы, или при воздействии световых помех, широко применяются специальные активно-импульсные (АИ) приборы ночного видения (ПНВ), а также тепловизионные (ТПВ) приборы. В данной статье автор пытается определить разумные границы применения АИ ПНВ и ТПВ-приборов на основе сравнительного анализа их технических возможностей.

Активно-импульсные приборы ночного видения (АИ ПНВ) и тепловизионные (ТПВ) приборы уже получили широкое распространение. Они используются для наблюдения за объектом в условиях плохой видимости, при пониженной прозрачности атмосферы и при воздействии световых помех. В данной статье проведен сравнительный анализ технических возможностей АИ ПНВ и ТПВ-приборов и определены разумные границы их применения.

АИ ПНВ и ТПВ-приборы применяются для обеспечения спасательных работ, вождения транспорта любого вида в условиях плохой видимости, разведки и добычи полезных ископаемых, монтажных и ремонтных работ в сложных условиях: в сумерки и ночью, при пониженной прозрачности атмосферы (дымка, дождь, туман, снегопад, пыльная буря и пр.).

АИ ПНВ- и ТПВ-приборы по сравнению с другими типами оптоэлектронных приборов наблюдения обладают наиболее широкими возможностями при работе в указанных выше условиях.

Принцип действия АИ ПНВ основан на импульсном методе наблюдения, а именно: с импульсным подсветом наблюда-

емого объекта короткими импульсами лазерного излучения и синхронизированным с ним импульсным управлением (стробированием) электронно-оптического преобразователя (ЭОП), установленного в приемной части АИ ПНВ [1]. Внешний вид типичного АИ ПНВ дан на рис.1. АИ ПНВ гарантирует повышение дальности обнаружения и распознавания объектов, работает как при нормальной, так и пониженной прозрачности атмосферы, в условиях воздействия мощных световых помех и обеспечивает точное измерение дальности до объекта наблюдения.

Принцип действия ТПВ-приборов основан на восприятии теплового излучения от объекта и окружающего его фона, формировании теплового изображения объекта и преобразовании его в видимое [2]. Внешний вид типичного ТПВ-прибора и характер наблюдаемого с его помощью изображения представлены на рис.2. ТПВ-приборы также обеспечивают обнаружение и распознавание объектов наблюдения в сложных условиях видимости.

При наличии двух типов приборов аналогичного назначения возникает вопрос: "Какому из них следует отдать предпочтение, а если явных предпочтений нет, то каковы разумные

границы их применения?" Для ответа на поставленный вопрос сравним возможности этих приборов, учитывая, что они могут быть выполнены в носимом (портативном), переносном (устанавливаемом на треноге) и возимом (устанавливаемом на транспортных средствах) исполнении. Сравнительные параметры типичных образцов таких приборов приведены в таблице. Основываясь на них и данных, приведенных в работах [3–9], можно провести сравнительный анализ возможностей АИ ПНВ и ТПВ-приборов.

АИ ПНВ могут работать в пассивном (без подсвета), активно-непрерывном (с подсветом наблюдаемого объекта лазерным излучением, но без стробирования ЭОП) и в активно-импульсном (АИ) режиме (импульсный подсвет в сочетании со стробированием ЭОП). ТПВ-приборы работают в пассивном режиме. Наибольшая дальность обнаружения и распознавания при любой прозрачности атмосферы, любом уровне естественной ночной освещенности (ЕНО) и при воздействии световых помех может быть обеспечена в АИ ПНВ только при их работе в АИ-режиме. Следовательно, недостаток АИ ПНВ по сравнению с ТПВ-приборами – возможность демаскировки их излучения. Однако для большинства применений в народном хозяйстве факт демаскировки не играет роли. К тому же поиск и обнаружение объектов может осуществляться в пассивном, а их сравнительно кратковременное распознавание – в АИ-режиме.

Дальность действия АИ ПНВ при нормальной прозрачности атмосферы и работе в АИ-режиме составляет (обнаружение/распознавание): по ростовой фигуре человека – 1,2/0,8 км, по автомашине – 10/6 км, по кораблю – 50/30 км. Дальность действия ТПВ-приборов при нормальной прозрачности атмосферы составляет (обнаружение/распознавание): 1,5/0,4; 10/3; 30/10 км. Таким образом, по дальности действия АИ ПНВ в

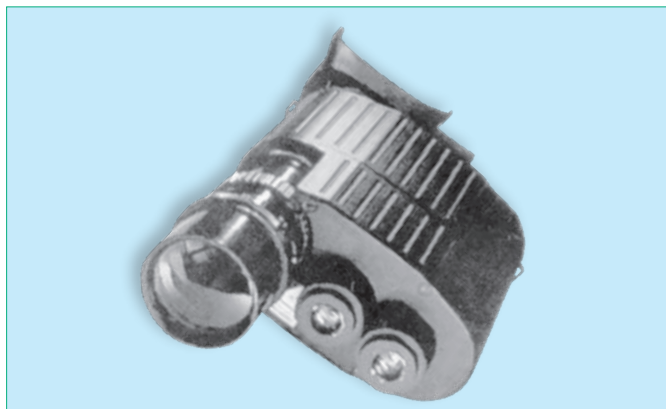


Рис.1 АИ ПНВ (модель СЛ-210 компании "ТУРН")

целом превосходят ТПВ-приборы. Это вызвано следующими причинами:

- за счет отсекающего видения фона АИ ПНВ обеспечивают существенно более высокий контраст в изображении по сравнению с ТПВ-приборами, в которых изображение фона сохраняется;
- благодаря более высокой геометрической разрешающей способности АИ ПНВ по сравнению с ТПВ-приборами (30–50 штрихов/мм, тогда как в ТПВ-приборах – 15 штрихов/мм).

Однако все зависит от характера и размеров рассеивающих частиц. АИ ПНВ работают в ближней инфракрасной (ИК) области спектра, чаще всего в области 0,4–0,9 мкм, реже в области 0,4–1,2 мкм. ТПВ-приборы работают в средней ИК-области спектра: 3–5 или 8–12 мкм. В этих областях спектра меньше рассеяние излучения в атмосфере по сравнению с традиционными спектральными областями АИ ПНВ.

Это обеспечивает определенное преимущество ТПВ-приборов перед АИ ПНВ, в особенности при работе при пониженной прозрачности атмосферы. В частности, ТПВ-приборы

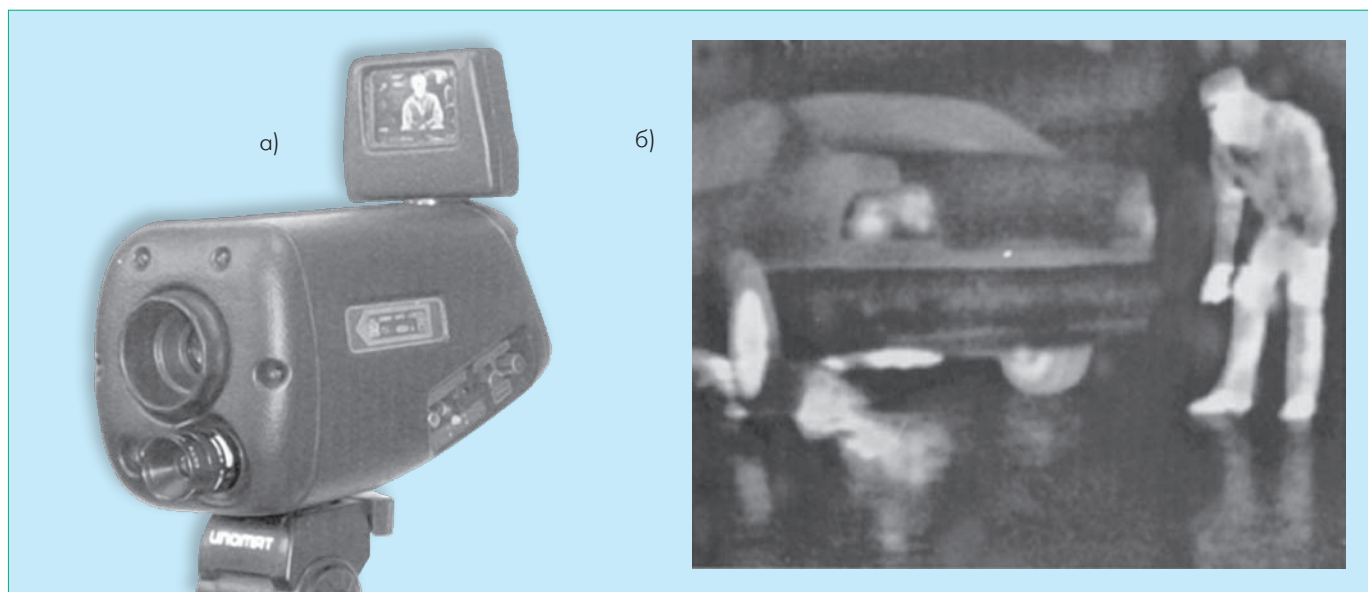


Рис.2 ТВП-прибор (а) (модель ТН-460МП компании НИИИ "Спектр") и изображение в нем (б)

могут работать при задымлении, когда АИ ПНВ в своих традиционных областях спектра неработоспособны.

Однако в последние годы АИ ПНВ стали работать и в области спектра 0,8–1,7 мкм благодаря использованию лазерной подсветки на длине волны 1,54 мкм [9]. В результате значительно улучшилась их работа при пониженной прозрачности атмосферы, в том числе и при воздействии дымов. Если размеры рассеивающих частиц соизмеримы с рабочей длиной волны ТПВ-прибора, то его дальность действия тоже уменьшается. Многочисленные эксперименты, проведенные в натуральных условиях, показали, что в тех туманах и дождях, где работоспособны АИ ПНВ, ТПВ-приборы снижают свою работоспособность, и наоборот. В связи с этим представляется целесообразным объединить АИ ПНВ в единый комплекс, что позволит компенсировать недостатки одного канала достоинствами другого [1].

Поисковые возможности приборов во многом зависят от угла поля зрения. При работе в пассивном режиме угол поля зрения АИ ПНВ может достигать 6–10°, а при работе в АИ-режиме он равен углу подсвета лазерного осветителя. Из энергетических соображений этот угол обычно составляет от 0,5×1,0° до 2×4°. В ТПВ-приборах могут быть использованы два угла поля зрения: широкий – для обнаружения объектов (6×10°, 10×15°) и узкий – для их распознавания (3×4°). Пассивный режим работы АИ ПНВ обеспечивает достаточную для поиска дальность действия только при нормальной прозрачности атмосферы, при уровне ЕНО не ниже нормируемо-

го значения ( $E_{НО} \geq 3 \cdot 10^{-3}$  лк) и при отсутствии в поле зрения прибора световых помех. ТПВ-приборы могут работать и при неблагоприятных условиях при любом поле зрения. Таким образом, поисковые возможности ТПВ-приборов (при изменении внешних условий в широком диапазоне) выше, чем у АИ ПНВ. В последних осуществлять поиск при работе в АИ-режиме нельзя не только из-за узости угла поля зрения, но и из-за того, что для поиска объекта по глубине нужно менять задержку между импульсом подсвета и импульсом, стробирующим ЭОП.

Таким образом, задача поиска в этих условиях сводится к просмотру наблюдаемого пространства с узким полем зрения по фронту и с узким стробом по глубине, а это связано с неприемлемыми затратами времени.

Задача усложняется еще и тем, что объект наблюдения и объект-носитель АИ ПНВ могут перемещаться по глубине. Следовательно, для удержания изображения объекта в пределах узкой зоны просматриваемого по глубине пространства при коротком стробе нужно непрерывно изменять задержку. Это отвлекает оператора от выполнения других функций, например вождения транспортного средства. Для устранения этого недостатка создана схема АИ ПНВ, обеспечивающего автоматическое изменение задержки при взаимном перемещении объекта наблюдения и самого прибора по глубине и по фронту [10]. Тем не менее, ТПВ-прибор имеет преимущество по сравнению с АИ ПНВ с точки зрения поиска объекта наблюдения.

Сравнительные параметры АИ ПНВ и ТПВ-приборов

Исполнение прибора	Носимый			Переносной			Возимый		
	АИ ПНВ [3]	ТПВ-прибор [12]	ТПВ-прибор [13]	АИ ПНВ [3]	ТПВ-прибор [6]	ТПВ-прибор [14]	АИ ПНВ [3]	ТПВ-прибор [5]	ТПВ-прибор [5]
Тип прибора	АИ ПНВ [3]	ТПВ-прибор [12]	ТПВ-прибор [13]	АИ ПНВ [3]	ТПВ-прибор [6]	ТПВ-прибор [14]	АИ ПНВ [3]	ТПВ-прибор [5]	ТПВ-прибор [5]
Страна	РФ	РФ	США	РФ	РФ	США	РФ	РФ	Великобритания
Компания	"Дедал-НВ"	"Альфа"	Raytheon	"Орион"	КОМЗ	TI	"Точприбор"	Красногорский з-д	Barr and Stroud
Модель	DM-740	БТ	W1000-9	Беркут	ТПН-1	Escort-2	1ПН61	Агава	IR-26
Поколение	2	2	3	2+	2	3	2	2	2
Спектральный диапазон, мкм	0,4–0,9	3–5	8–12	0,4–0,9	8–14	8–14	0,4–0,9	8–14	8–12
Дальность действия, м	Распознавание Пассивный режим (человек/авто) АИ-режим	Обнаружение	Обнаружение	Распознавание	Обнаружение	Обнаружение	Распознавание	Обнаружение	Обнаружение
	400/- 1000/-	1200/3000 –	1000/2400 –	-/1600 -/2000	-/2500 –	1600/2400 –	-/1300 -/2500	-/2400 –	с Г=8× (Г=2,8×) -/6140 (-/2900)*
Угол поля зрения, град	Пассивный режим АИ-режим	3,8×2,7 –	15×11,25 –	5,13 1,5×0,75	1,0/2,5** –	2,2×1,1/6,8×3,4** –	3,67 1,0×0,5	4×2,5/12×7,5** –	4,75×3,11/13,6×8,9** –
Увеличение, крат	2,5	3,0	3,1	7	7	7	7	–	8 и 2,8
Точность измерения дальности, м	±10	–	–	±10	–	–	±20	–	–
Температурная чувствительность, К	–	0,1	0,1	–	0,2	0,1	0,1	–	–
Масса, кг	2,2	1,6	1,7	20,58	19	18	80	<56	36,4
Габариты, мм	290×180×75	260×145×120	360×110×120	430×300×255	580×520×320	549×244×210	750×538×325	–	310×284×510
Постоянное напряжение питания, В	9 или 12	9	12	12	10,5–14,5	12	22–29	22–29	28
Энергопотребление, Вт	14,4	6	–	34,3	9–11	–	300	<500	650
Стоимость, тыс. руб.	60	–	695	–	–	1325	–	–	2650

\* Только для пассивного режима; \*\* узкое/широкое поле зрения

Поскольку в АИ ПНВ отсекается изображение фона, то создается трудность привязки изображения наблюдаемого объекта к окружающей местности и ориентации по линии горизонта. Однако фон, окружающий объект, и в ТПВ-приборах виден довольно плохо, что также создает аналогичные проблемы.

По степени защиты от световых помех и возможности сохранения видимости объекта наблюдения при их воздействии АИ ПНВ и ТПВ-приборы имеют приблизительно равные возможности. В АИ ПНВ защищенность от воздействия световых помех достигается за счет их подавления в число крат, равное скажности работы АИ ПНВ (то есть в  $10^3$ – $10^4$  раз) и за счет спектральной селекции объекта наблюдения при использовании в приемной части АИ ПНВ узкополосного фильтра с полосой пропускания, соответствующей рабочей области спектра лазерного осветителя. В ТПВ-приборах помехозащищенность достигается за счет работы в средней ИК-области спектра, где мощность световых помех сравнительно невелика.

АИ ПНВ обеспечивают точное измерение дальности до объекта наблюдения по величине задержки. Точность измерения составляет в зависимости от типа АИ ПНВ  $\pm 5$  м или  $\pm 10$  м. Это соответствует точности измерений современных лазерных дальномеров. При этом в АИ ПНВ исключено ложное измерение дальности, так как все предметы, которые могут вызвать ложный сигнал (ветви деревьев, кустов и пр.), отсекаются задержкой. ТПВ-приборы вообще не обеспечивают точное измерение дальности. Однако в ТПВ-приборах можно измерять температуру объектов наблюдения и их отдельных фрагментов с точностью 0,05–0,1К, что невозможно в АИ ПНВ\*.

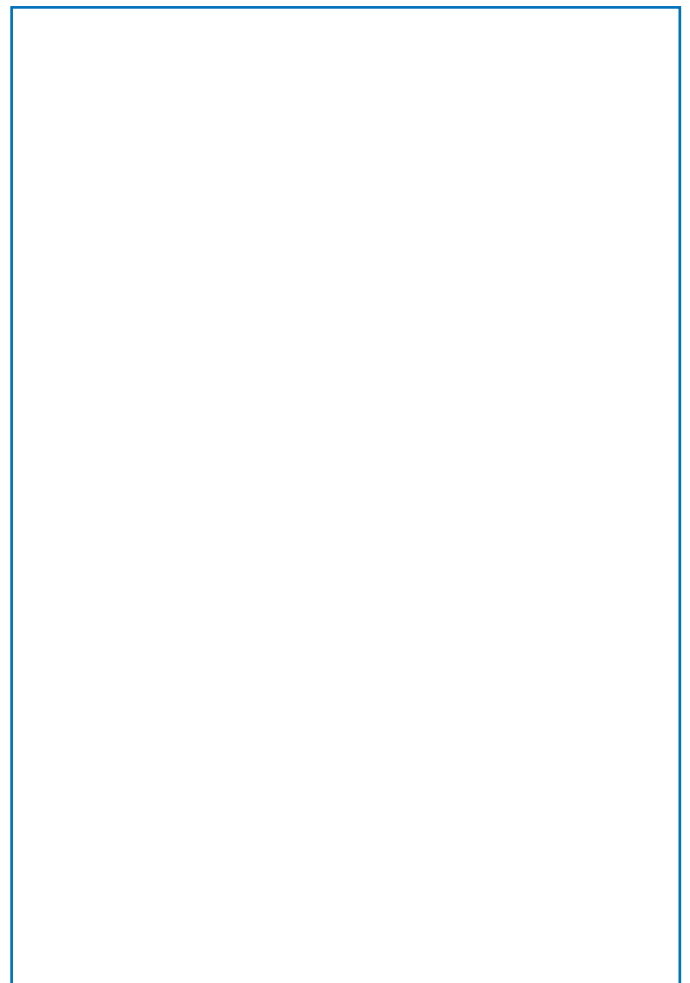
ТПВ-приборы имеют своеобразный характер изображения, так как в них видны только нагретые участки наблюдаемых объектов. Это требует определенной подготовки оператора, более длительной, чем подготовка при работе с АИ ПНВ.

АИ ПНВ и ТПВ-приборы могут обеспечить наблюдение мало-контрастных и даже замаскированных объектов. Например, АИ ПНВ в одном из экспериментов позволил наблюдать объект, находящийся за толстым слоем марли. Достигается это за счет отсекающей задержкой пространства между прибором и объектом наблюдения. В дневные приборы наблюдения и пассивные ПНВ такой объект не обнаруживался. Это позволяет наблюдать объекты и за маскировочной сеткой, при условии, что она пропускает лазерное излучение подсветки. Благодаря пространственному отсекающему задержкой изображению фона можно наблюдать малоконтрастные объекты, например людей в белых халатах на фоне снежной целины.

ТПВ-приборы также позволяют обнаруживать и распознавать подобные объекты по разности их температур с окружающим фоном при условии, что тепловое излучение проходит через маскирующую среду (например, маскирующую сеть, кустарник, высокую траву и пр.).

АИ ПНВ обеспечивают обнаружение объектов наблюдения по бликам – отражениям от оптических и оптоэлектронных средств этих объектов при их подсветке лучом лазерного осветителя [11]. Это позволяет обнаружить снайперов, оснащенных оптическим или ночным прицелом, что играет огромную роль при проведении антитеррористических операций и при выявлении скрытых видеокамер, установленных в помещениях [11]. ТПВ-приборы не обеспечивают такой возможности. Даже если их оснастить средствами подсветки в области спектра 3–5 или 8–12 мкм, они не смогут решить такую задачу, так как такое среднее ИК-излучение не проходит через оптическую систему ПНВ, оптических приборов, фото- и видеокамер.

При вождении транспортных средств АИ ПНВ позволяют уверенно наблюдать изображение пространства с мельчайшими подробностями. При этом в АИ ПНВ устанавливается постоянная задержка, отсекающая небольшую зону перед транспортным средством, а длительность строба увеличивается для видения большого по глубине участка пространства.



\*Мировая практика, в частности операция "Буря в пустыне", показала преимущество танковых (танк "Шерман", США) ТПВ-приборов по дальности обнаружения ночью танков противника, оснащенных ПНВ, что не оставило последним никаких шансов на выживание. (Прим. ред.).



ТПВ-приборы вождения из-за своей низкой пространственной разрешающей способности не выявляют мелких подробностей наблюдаемого пространства. Но самое главное – в ТПВ-приборы видны только те объекты, температура которых отличается от температуры окружающего фона, т.е. при наличии температурного контраста. Например, камень, находящийся на проезжей части или бревно, лежащее поперек дороги, не будут видны в ТПВ-прибор, если они холодные. Это свойство особенно важно при вождении судов. Таким образом, АИ ПНВ имеет преимущество с точки зрения вождения транспортных средств.

С компьютером, фото- или видеокамерой могут быть сопряжены как АИ ПНВ, так и ТПВ-приборы. Масса, габариты и энергопотребление у АИ ПНВ ниже, чем у ТПВ-приборов аналогичного класса. АИ ПНВ при включении начинает работать практически мгновенно. ТПВ-приборы имеют определенное время выхода на режим. Так, при микрокриогенном охлаждении оно достигает 3–5 минут, а при термоэлектрическом охлаждении – 0,5 минут.

Длительность непрерывной работы АИ ПНВ в пассивном режиме существенно больше, чем у ТПВ-приборов (24 часа против 4–6 часов). При работе в АИ-режиме оно определяет только емкостью батарей.

Эксплуатационные характеристики АИ ПНВ и ТПВ-приборов: стойкость к механическим, климатическим и прочим воздействиям примерно одинаковы. Однако ТПВ-приборы существенно сложнее в сборке, юстировке и ремонте, а их надежность хуже, чем АИ ПНВ. Стоимость АИ ПНВ значительно ниже, чем ТПВ-приборов аналогичного класса.

Таким образом, из анализа возможностей АИ ПНВ и ТПВ-приборов можно сделать следующие выводы:

- оба прибора не свободны от недостатков и не решают в полной мере всего круга практических задач;
- по своим свойствам эти приборы хорошо дополняют друг друга, поэтому наиболее целесообразно создание комплекса, объединяющего АИ и ТПВ-каналы.

Если же говорить о самостоятельном применении этих приборов, то можно рекомендовать следующее.

АИ ПНВ целесообразно использовать в системах вождения, для разведки объектов наблюдения по бликам, для работы на повышенных дальностях действия и при необходимости точного измерения дальности до объекта наблюдения. АИ ПНВ хорошо зарекомендовали себя для обеспечения разведки и добычи полезных ископаемых, в частности каменного угля шахтным и открытым способом [1]. АИ ПНВ хорошо использовать для обеспечения ночной посадки вертолетов на неподготовленные площадки, так как провода линий электропередач бликуют, что исключает опасность гибели вертолета при столкновении с проводами.

ТПВ-приборы целесообразно использовать при проведении спасательных работ (поиск пострадавших при стихийных

бедствиях по тепловому излучению), при поиске по тепловому излучению мин, зарытых в грунт, для контроля утечек тепла в зданиях и помещениях, для контроля качества и работоспособности высоковольтных трансформаторов, линий электропередач и трубопроводов, в медицине, экологии и для промышленного технологического контроля.

Наряду с ТПВ-приборами АИ ПНВ могут быть использованы в системах охраны различных объектов как стационарно, так и при патрулировании.

При выборе конкретного типа прибора нужно принимать во внимание его стоимость, время выхода на режим, время непрерывной работы и прочие характеристики. Существуют также различные виды оценки по критерию "эффективность–стоимость", например в работе [12]. Можно, однако, констатировать, что приведенный в статье анализ дает полное представление о возможностях АИ ПНВ и ТПВ-приборов и разумных границах их применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гейхман И.Л., Волков В.Г. Основы улучшения видимости в сложных условиях. – М.: Недра-Бизнес-центр, 1999. – 286 с.
2. Макаров А.С., Омелаев А.И., Филиппов В.Л. Введение в технику разработки и оценки сканирующих тепловизионных систем. – Казань: "Унипресс", 1998. – 320 с.
3. Волков В.Г. Активно-импульсные ПНВ. – Специальная техника, 2002, №3, с.2–11.
4. Волков В.Г., Ковалев А.В., Федчишин В.Г. Тепловизионные приборы нового поколения. – Специальная техника, 2001, №6, с.16–21; 2002, №1, с.18–26.
5. Волков В.Г. Тепловизионные и многоканальные приборы наблюдения для бронемашин. – Специальная техника, 2005, №1, с.2–20.
6. Волков В.Г. Тепловизионные приборы средней дальности действия. – Специальная техника, 2005, №4, с.2–17.
7. Волков В.Г. Корабельные ПНВ. – Специальная техника, 2006, №1, с.2–8; 2006, №2, с.2–14.
8. Волков В.Г. Авиационные ПНВ. – Специальная техника, 2006, №3, с.2–20; 2006, №4, с.2–12.
9. Aebi V., Vallianos P. Laser-illuminated viewing provides long-range detail. – Laser Focus World, 2000, No.9, pp.147–150.
10. Волков В.Г. Активно-импульсные ПНВ с повышенной адаптивностью. – Оборонный комплекс – н.т. прогрессу России, 2000, №4, с.41–47.
11. Волков В.Г. ПНВ для обнаружения бликов. – Специальная техника, 2004, №2, с.2–9.
12. Специальные наблюдательные приборы предупреждения катастроф и обеспечения аварийно-спасательных работ. Тепловизионный бинокль БТ. – М.: Каталог ФГУП "Альфа", 2006.
13. W1000 Uncooled Thermal Weapon Sight. – Проспект фирмы Raytheon, США, 2004.
14. Волков В.Г. Ночные приборы наблюдения. – Специальная техника, 2004, №4, с.2–15.