

ПРИБОРЫ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ В ТРАДИЦИОННОМ И ДНЕВНО-НОЧНОМ ИСПОЛНЕНИИ

ВИКТОР ВОЛКОВ,

д. т. н., профессор кафедры РЛ2 МГТУ им. Н. Э. Баумана, академик РАЕН
volkvik2009@yandex.ru

В статье рассматриваются приборы ночного видения для применения в системах охраны и безопасности. Они могут содержать дневной канал для круглосуточного наблюдения. Перечислены наиболее характерные виды устройств и их основные параметры. Показаны возможности приборов и перспективы их дальнейшего развития.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИБОРОВ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ И ИХ ВОЗМОЖНОСТИ

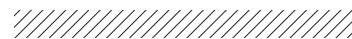
Принцип действия приборов ночного видения (ПНВ) основан на преобразовании с помощью электронно-оптического преобразователя (ЭОП) инфракрасного (ИК) излучения в видимое и на усилении низких уровней яркости, создаваемых на наблюдаемом объекте свечением ночного неба, звезд и луны в видимой и ближней ИК-области спектра [1]. ПНВ нашли широкое применение для наблюдения, прицеливания и вождения транспортных средств как в военной, так

и в гражданской технике. Они широко используются для обеспечения работы пограничных, таможенных, спасательных служб, применяются для производственного технологического контроля, обеспечения добычи полезных ископаемых, в научных исследованиях, для наблюдения за поведением животных, ночного ориентирования на местности, для астрономических наблюдений и др. Особого внимания заслуживает применение ПНВ для обеспечения охраны и работы служб безопасности, спецподразделений МВД, ФСБ и др. ПНВ позволяют скрытно в сумерках и ночью обеспечить наблюдение, а при необходимости — и стрельбу

с высокой точностью. ПНВ обладают низкой стоимостью, высокой надежностью, малыми массо-габаритными показателями, простотой в обращении и обслуживании, высокими эксплуатационными характеристиками, значительным временем непрерывной работы. Все это привело к широкому применению ПНВ в системах охраны и безопасности.

ТИПИЧНЫЕ ПНВ ДЛЯ СИСТЕМ ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ

Рассмотрим сначала портативные ПНВ. К ним относятся ночные монокуляры (НМ) и очки ночного видения (ОНВ).



Ночные монокуляры

НМ при наблюдении может удерживаться в руке или крепиться на шлеме либо на специальном универсальном ремешком оголовье. По желанию заказчика предусмотрена возможность закрепления НМ на шлемах (касках) различных конструкций с помощью специального универсального крепления.

НМ «Альфа-9022» (рис. 1) [2] имеет дальность распознавания ростовой фигуры человека (РФЧ) при уровне естественной ночной освещенности (ЕНО), равном 3×10^{-3} лк (безоблачная звездная ночь), $D_{\text{рас.}} = 200$ м, угол поля зрения $2\omega = 40^\circ$, увеличение $\Gamma = 1^\times$ для обеспечения нормальной пространственной ориентации. Прибор формирует изображение высокого качества, равномерное по всему полю зрения, благодаря использованию в его конструкции ЭОП 2+ или третьего поколения. В ЭОП использован микроканальный усилитель, встроенный высоковольтный источник питания, автоматическая регулировка яркости и защита от мощных источников засветки. Для повышения дальности действия до 300 и 400 м монокуляр может комплектоваться оптическими афокальными насадками с $\Gamma = 2,5^\times$ и, соответственно, $\Gamma = 4^\times$, адаптером, позволяющим вести ночную видео- и фотосъемку (рис. 2), а также внешним ИК-осветителем «Альфа-8011» (рис. 3), позволяющим значительно улучшить видимость через НМ в условиях низких уровней естественного ночного освещения и обеспечить видение в полной темноте на дальности до 150 м. При работе в «полной» темноте на небольших расстояниях (до 10 м) предусмотрена встроенная система местной ИК-подсветки в угле подсвета 40° . В конструкции НМ предусмотрена наводка в пределах ± 4 диоптрий и фокусировка объектива в пределах $0,25 \text{ м} - \infty$. Такая перефокусировка необходима для наблюдения как удаленных, так и близлежащих объектов (например, карты местности, инструмента для ремонта, приборной панели). Напряжение питания составляет 2,5 В, масса НМ 0,35 кг, его габариты $115 \times 70 \times 40$ мм. Конструкция НМ обеспечивает необходимую защиту от пыли и влаги, соляного тумана.

Светодиодный ИК-осветитель «Альфа-8111» [2] выпускается в двух модификациях: «Альфа-8111-1»

и «Альфа-8111-2». Они имеют мощность излучения 35 и 20 мВт на длине волны 820 нм при токе питания 250–350 мА и 160–220 мА соответственно. Остальные их параметры идентичны: угол подсвета $4-9^\circ$, напряжение питания 3 В, габариты $\varnothing 22 \times 120$ мм, диапазон рабочих температур $-40 \dots +40$ °С. Осветитель снабжен креплением, обеспечивающим быстрый съем и установку на ПНВ. ИК-осветитель «Альфа-

8011» предназначен для подсвета объектов, наблюдаемых в ночное время при недостаточной естественной освещенности: облачное небо при отсутствии света луны и звезд, складки рельефа местности, лесной массив, подвал и т. д.

Для совместной работы с НМ или с ОНВ используются лазерные целеуказатели (ЛЦ), монтируемые на индивидуальном оружии (например, автомате). ЛЦ предназначен для ведения



РИС. 1. ◀ НМ «Альфа-9022» и насаженный на его корпус с помощью крепления «ласточкин хвост» ИК-осветитель «Альфа-8111-2» (справа)

РИС. 2. ◀ Сопряжение НМ «Альфа-9022» с видеокамерой с помощью специального адаптера



РИС. 3. ◀ Светодиодный ИК-осветитель «Альфа-8111-1»



РИС. 4. ▲
Лазерный целеуказатель
«Альфа-7115»

РИС. 5. ▼
Ночной прицельный
комплекс «Альфа-1962»
в рабочем положении

прицельной стрельбы из огнестрельного оружия с использованием наголовного ПНВ в условиях пониженной естественной освещенности ночью и в сумерках. ЛЦ служит для создания на цели светового пятна (пятна



подсвета), наблюдаемого в ПНВ, но практически невидимого невооруженным глазом. ЛЦ «Альфа-7115» (рис. 4) [2] обеспечивает плавное изменение интенсивности излучения до 50 раз в зависимости от конкретных условий наблюдения цели и пятна подсвета. Контроль режимов работы и разрядки источников питания обеспечивают встроенные светодиодные индикаторы. ЛЦ имеет мощность излучения 2 мВт, рабочую длину волны 850 нм, угловую расходимость излучения 0,5 мрад, напряжение питания 2,4–3 В (два элемента типа АА), массу 0,31 кг, габариты 120×110×42 мм. ЛЦ предназначен для работы в диапазоне температур –40...+50 °С и относительной влажности до 98%. По желанию заказчика кнопка включения целеуказателя может жестко устанавливаться на крепежном кронштейне либо размещаться на гибком выносном манжете.

Комплекс прицельный универсальный ночного видения КПУ НВ «Альфа-1962» (рис. 5) [2] предназначен для ведения прицельной стрельбы из огнестрельного оружия, чтения карт, вождения транспортных средств, ремонтных работ и т. д. в условиях пониженной освещенности ночью и в сумерках. Комплекс незаменим для бойцов спецподразделений служб безопасности. В состав комплекса входят:

- НМ «Альфа-9022»;
- ЛЦ «Альфа-7115»;
- насадка афокально-оптическая с $\Gamma = 4^{\circ}$;
- ИК-осветитель «Альфа-8111-2»;
- нашлемное крепление;
- зарядное устройство.

НМ «Альфа-9022» крепится на специальном оголовье или защитном шлеме-каска. Крепление допускает быстрый перевод НМ из рабочего положения в нерабочее и наоборот. НМ может использоваться и независимо от шлема, «с руки». В этом случае он комплектуется внешним ИК-осветителем «Альфа-8111» для видения в абсолютной темноте на дальности до 150 м, а также оптической афокальной насадкой с $\Gamma = 4^{\circ}$ для увеличения дальности видения в 1,5 раза. Кроме того, по желанию заказчика НМ может укомплектовываться адаптером, дающим возможность вести ночную видео- и фотосъемку. ЛЦ создает ИК-пятно подсвета, наблюдаемого в НМ «Альфа-9022», но практически невидимое невооруженным глазом. Достаточно придать оружию положение, при котором пятно подсвета совпадает с целью, и можно открывать огонь. Это позволяет вести стрельбу из любого положения оружия и с ходу. Устройство зарядное обеспечивает зарядку аккумуляторов первичных источников питания НМ, ЦЛ и осветителя от напряжения 12 и 27 В, ~220 В, 50 Гц.

Очки ночного видения

Различают бинокулярные и псевдобинокулярные ОНВ (табл. 1) [1]. Бинокулярные ОНВ состоят из двух идентичных ночных каналов под правый и левый глаз оператора. Каждый канал состоит из объектива, ЭОП и окуляра. В ОНВ обеспечивается плавная регулировка расстояния между зрачками глаз

ТАБЛИЦА 1. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗЛИЧНЫХ ОНВ

Модель	GN-2	Lucie	1ПН105*	AN/GVS-21*	ПН-14Н**	ПН-14Н***
Страна-изготовитель	Норвегия	Франция	Россия	США	Россия	
2 ω , град	40	50	45,5 (по горизонту), 38 (по вертикали)	40±2 (канал на базе ЭОП); для дневного канала — 165 по горизонту и 90 по вертикали	40 при ЕНО = (3–5)×10 ⁻³ лк	10
Напряжение питания, В	3	1,5–3,6	1,1–1,6	1,5–3,6	1,5 (один элемент типа АА)	
Диапазон диоптрийной регулировки	(–6)–(+2)	(–5)–(+3)	±4		±4	
D _{рас.} , м			200		180	350 при ЕНО = (3–5)×10 ⁻³ лк
Увеличение (Г)					1*	3,6*
Диапазон рабочих температур, °С					–35...+35	
Вес, кг	0,45	0,39	0,55	0,76	0,53 (с оголовьем 0,77)	0,88
Габариты, мм		155×73×58	116×116×68		182×124×64	250×124×75

Примечание: * — низкопрофильные, ** — псевдобинокулярные, *** — в виде бинокля после замены объектива с фокусным расстоянием 27 мм на зеркально-линзовый с фокусным расстоянием 100 мм.

(базы глаз) в пределах 52–72 мм. Бинокулярные ОНВ формируют стереоскопическое изображение. Это удобно для ночного вождения транспортных средств. Однако наибольшее распространение получили псевдобинокулярные ОНВ, в особенности для обеспечения охраны и безопасности. В них используется один объектив и один ЭОП. С экрана последнего изображение разводится на оба глаза с помощью псевдобинокулярного микроскопа. По сравнению с бинокулярными такие ОНВ обладают минимальной массой и стоимостью. Примером псевдобинокулярных ОНВ может служить модель ПН-14К (рис. 6) [3]. Если вместо объектива с фокусным расстоянием 27 мм поставить зеркально-линзовый объектив с фокусным расстоянием 100 мм, то данные ОНВ преобразуются в ночной бинокль (рис. 7) [3].

Общим недостатком наиболее распространенных традиционных ОНВ являются их значительные продольные габариты. Из-за них возникает большой опрокидывающий момент. Он создает нагрузку на шейные и лицевые мышцы оператора, вызывая утомление. Поэтому усилия разработчиков направлены на создание низкопрофильных («плоских») ОНВ с минимальным продольным габаритом. Типичными их представителями являются ОНВ GN-2 фирмы Simrad (Норвегия) [4] и ОНВ Lucie фирмы ANGENIEUX (Франция) [5]. Расстояние от первой поверхности ОНВ до зрачка глаза не превышает 80 мм, в то время как для традиционных ОНВ этот габарит колеблется от 135 до 200 мм. В России созданы низкопрофильные ОНВ 1ПН105 (рис. 8) [6].

В США созданы низкопрофильные ОНВ AN/GVS-21 (рис. 9) [7]. Они предназначены для бойцов спецподразделений. Благодаря окулярной системе ОНВ имеют низкий профиль и, соответственно, продольный габарит не более 80 мм. ОНВ допускают «сквозное» видение за счет наличия дневного канала с $\Gamma = 1^\circ$. В их состав входит модуль цветного OLED-дисплея, на который передается тепловизионное изображение. При этом наблюдатель одновременно видит совмещенное изображение с экрана ЭОП и тепловизионное



РИС. 6. ◀
Псевдобинокулярные
ОНВ ПН-14К



РИС. 7. ◀
Псевдобинокулярные
ОНВ ПН-14К с зеркально-
линзовым объективом

изображение объекта наблюдения. Пределы фокусировки 0,33 м–∞, разрешение 1,25 штр/мрад, диапазон регулировки базы глаз 55–75 мм. Возможен монокулярный вариант построения прибора.

Бинокль «день–ночь»

Бинокль «день–ночь» БДН-9С (рис. 10) [7] предназначен для круглосуточного ведения визуальной разведки местности, обнаружения и распознавания целей в дневных условиях и в условиях ЕНО. Дневной светосильный канал БДН построен по классической стереоскопической схеме. В ночном канале БДН применен малогабаритный герметизированный ЭОП поколения 2+ с прямым переносом изображения, с микроканальным усилением и встроенным высоковольтным



РИС. 8. ◀
Низкопрофильные
ОНВ 1ПН105



РИС. 9. ◀
Дневно-ночные
ОНВ AN/GVS-21

РИС. 10. ►
Бинокль «день-ночь»,
модель БДН-9



источником питания. Усиленное по яркости изображение предметов на экране ЭОП рассматривается далее наблюдателем с помощью оптической системы, состоящей из проекционного объектива, отражателя, оборачивающих линзовых систем и окулярных блоков. Включение и выключение ночного канала БДН производится поворотом руч-

ки переключения режимов работы. Дальномерная сетка БДН позволяет определять расстояние до объектов при работе как дневным, так и ночным каналами. Характеристики БДН-9С приведены в таблице 2.

Активно-импульсные приборы ночного видения

Все указанные выше ПНВ не могут работать при пониженной прозрачности атмосферы (дымка, туман, дождь, снегопад, пыльная буря и др.) и при воздействии мощных световых помех (фары встречного транспорта, излучение прожекторов и др.). Для преодоления этого недостатка были созданы лазерные активно-импульсные приборы ночного видения (АИ ПНВ). Их принцип действия основан на импульсном подсвете наблюдаемого объекта излучением импульсного лазерного осветителя и синхронизированным с ним импульсным управлением (стробированием) ЭОП [1]. АИ ПНВ могут работать в пассивном (без подсвета) режиме, в активно-непрерывном режиме (работает осветитель, ЭОП

не стробируется) и в активно-импульсном (АИ) режиме (работает осветитель, ЭОП стробируется). Характеристики АИ ПНВ моделей ННП-130 («НИИ «Полус» [9]) и «Титан 720» («Медитон» [10]) приведены в таблице 3. Внешне АИ ПНВ выглядят так же, как ночной бинокль с осветителем. Благодаря высокой степени защиты от световых помех АИ ПНВ могут работать даже в дневных условиях (в АИ режиме).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На основании изложенного выше можно утверждать, что в настоящее время существуют достаточно эффективные ПНВ для целей охраны и безопасности. Возможно обеспечение с их помощью даже круглосуточной работы, а в случае применения АИ ПНВ — еще и работы при пониженной прозрачности атмосферы. Это позволяет надежно обеспечить охрану от злоумышленников в широком диапазоне изменения внешних условий. Применение таких ПНВ целесообразно как для работников охраны, так и для бойцов спецподразделений, решающих сложные боевые задачи в ограниченных условиях видимости.

ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

В настоящее время фотокатоды ЭОП работают в области спектра 0,4–0,9 мкм. Однако смещение рабочей области спектра в ИК-диапазон (1,4–1,8 мкм) открывает перед ПНВ новые возможности. Средняя величина ЕНО в безлунную ночь для области спектра 0,4–0,9 мкм достигает $(1,5-3) \times 10^{-9}$ Вт/см², а в области спектра 1,4–1,8 мкм — $(1,5-2) \times 10^{-7}$ Вт/см², т. е. на два порядка выше. В дополнение к этому улучшается прозрачность атмосферы: при метеорологической дальности видимости 10 км пропускание толщи атмосферы 1 км на длине волны 0,6 мкм составляет 0,72, а в центре области спектра 1,4–1,8 мкм — 0,93. При этом яркость атмосферной дымки снижается больше чем на порядок в области спектра 1,4–1,8 мкм по сравнению с видимой областью спектра. Величина контраста объекта наблюдения с фоном в этой ИК-области спектра более стабиль-

ТАБЛИЦА 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ БИНОКЛЯ «ДЕНЬ-НОЧЬ» БДН-9С

	Дневной канал	Ночной канал
Дальность обнаружения РФЧ, м (не менее)	850	
Распознавание РФЧ, м (не менее)	500	
Увеличение (Г)	14,5*	5*
2ω, град	4,5	14
Питание, В	3 (два элемента типа АА)	
Регулировка по базе глаз (в пределах 56–74 мм)	вращение окулярных блоков	
Диоптрийная регулировка	вращение окулярных муфт	
Диапазон температур окружающей среды, °С	50...+50	
Относительная влажность воздуха, % (при температуре +25 °С)	до 100	
Разрешающая способность	5"	60"
Вес, кг	1,55	
Габариты, мм	235×168×74	

ТАБЛИЦА 3. ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТИВНО-ИМПУЛЬСНЫХ ПНВ

Характеристики		Модель	
		ННП-130	Титан 720
D _{рас.} , М	Пассивный режим	300–400	500
	АИ режим	800	1000
2ω, град	Пассивный режим	8	15°
	АИ режим	2×1	4,8×2,4
Напряжение питания, В		10–14	9–12
Энергопотребление, Вт		3,5	14,4
Вес, кг		3	2
Габариты, мм		300×160×110	330×170×85



на и выше в 1,4–1,5 раза, чем в области спектра 0,4–0,9 мкм. Кроме того, если в этой области спектра ЕНО меняется от 10^{-5} до $2,5 \times 10^{-9}$ Вт/см², то в области 1,4–1,8 мкм — от $1,6 \times 10^{-4}$ до $(3-4) \times 10^{-7}$ Вт/см² при тех же условиях ЕНО, т. е. почти на два порядка. Процент обеспеченности освещенностью в течение всего года для ЕНО в пределах 5×10^{-3} – 5×10^{-4} лк для области спектра 1,4–1,8 мкм также почти вдвое выше, чем для 0,4–0,9 мкм [1]. В области спектра 1,4–1,8 мкм можно работать в тумане, до определенной степени — в некоторых дымах и в пыли, а также визуализировать излучение современных лазерных целеуказателей-дальномеров, работающих на длине волны 1,55 мкм и 1,7 мкм. Весьма результативно использование ПНВ, работающих в области спектра 1,4–2,0 мкм, для демаскировки объектов: разница в отражательной способности обмундирования позволяет в области спектра 1,4–2,0 мкм не только обнаружить солдата на фоне зелени, но и отличить своего от чужого.

Известно, что камуфляж позволяет замаскировать различные объекты на фоне окружающего пространства. Однако камуфляж, разработанный для видимой области спектра, может быть неэффективен для области спектра 1,4–1,8 мкм. Для нее узор камуфляжа исчезает, и обнаруживается силуэт замаскированного объекта [1].

Другим перспективным направлением совершенствования ПНВ является использование для их производства 3D-печати [11]. На ее основе возможно создание микроминиатюрных лазерных целеуказателей, ИК-осветителей, а также твердотельных преобразователей изображения взамен традиционных ЭОП. Для ПНВ использование 3D-печати позволит создать сверхминиатюрные электронные схемы с высоким быстродействием, а также первичные источники питания в интегральном исполнении. В свою очередь, это приведет к сокращению массы, габаритов и энергопотребления ПНВ, а также к повышению их надежности. Уровень развития 3D-печати,

достигнутый за последнее время, позволяет рассчитывать на дальнейшее совершенствование ПНВ уже в ближайшие годы. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Гейхман И. Л., Волков В. Г. Видение и безопасность. М.: Новости. 2009.
2. Специальные наблюдательные приборы предупреждения катастроф и обеспечения аварийно-спасательных работ. М.: ОАО «Швабе-Фотоприбор». 2014.
3. Приборы ночного видения. Каталог. Новосибирск: ОАО «Швабе Оборона и Защита». 2014.
4. Night Vision Goggles GN-2, GN-3. Проспект фирмы Simrad Optronics. Норвегия. 2004.
5. Night Vision Goggles Lucie. Проспект фирмы ANGENIEUX S.A. Франция. 2004.
6. Каталог продукции специального и гражданского применения. ОАО РОМЗ. Ростов Великий. 2012.
7. Hewish M. Image in everthing // Jane's International Defense New. 1999.
8. Бинокль день-ночь БДН-9С. Проспект ОАО РОМЗ. Моск. обл., Сергиев Посад. 2014.
9. Активно-импульсный прибор ночного видения М.: Проспект ОАО «НИИ «Полос». 2002.
10. Активно-импульсный прибор ночного видения. М.: Проспект ОАО «Медитон». 2002.
11. Профессиональные 3D-принтеры. www.3d.globebatek.ru.