

УДК 621.384.326.23

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Н. Ф. Кощавцев, С. Ф. Федотова

Государственное унитарное дочернее предприятие "Специальное конструкторское бюро техники ночного видения", Москва, Россия

Кратко изложено современное состояние развития приборов ночного видения и тепловизионных приборов, показаны пути и концепции дальнейшего развития этих видов техники, перечислены важнейшие ведущиеся разработки новых видов ночной техники на базе новейших достижений в разработке и создании электронно-оптических преобразователей (ЭОП) и фотоприемных устройств (ФПУ). Дан сравнительный анализ оснащения приборами ночного видения и тепловизионными приборами российской и зарубежных армий.

Видение в темное время суток в основном обеспечивается приборами ночного видения (ПНВ) на электронно-оптических преобразователях (ЭОП) и тепловизионными приборами на фотоэлектрических приемниках. Приборы ночного видения просты конструктивно и в эксплуатации, имеют высокое разрешение и относительно низкую стоимость. Но в то же время их дальность действия сильно зависит от характеристик внешних условий (особенно от уровня естественной ночной освещенности, прозрачности атмосферы и контраста цель-фон); они имеют низкую помехозащищенность. Обычно даже современные приборы ночного видения на ЭОП Super Gen и 3-го поколения имеют вероятность обеспечения дальности действия не выше 80—85 %. (Вероятность обеспечения дальности действия определяется вероятностью обеспечения необходимого уровня освещенности, прозрачности атмосферы и уровня контрастов). В закрытых помещениях (туннели, линии метро, подвалы и т. д.) либо в условиях сильно закрытого горизонта (лес, лесные просеки, горные ущелья; улицы, города без освещения) приборы ночного видения работают лишь при использовании специально организованной подсветки.

Тепловизионные приборы работают по температурному контрасту, и поэтому лишены многих недостатков ПНВ. Их дальность действия не зависит от освещенности, более слабо зависит от состояния атмосферы в связи с работой в более длинноволновой области спектра. Они обладают большей помехозащищенностью, но в неблагоприятных погодных условиях тепловизионные приборы также не обеспечивают требуемой дальности действия. К неблагоприятным условиям относятся случаи, когда объекты наблюдения сильно покрыты влагой и грязью, при наличии тумана, плотной дымки, пыли и дыма. Тепловизионные приборы обладают меньшей разрешающей способностью, более сложны конструктивно, более сложны в эксплуатации, более дороги, чем ПНВ аналогичного назначения. Тепловизионные приборы имеют вероятности обеспечения дальности действия 90—92 %. Вероятность обеспечения дальности действия определяется вероятностью обеспеченности температурного контраста, которая, кроме погодных условий, определяется еще и предысторией объекта.

Приборы ночного видения подразделяются на поколения в соответствии с поколениями ЭОП. Нулевое поколение на ЭОП стеклянной конструкции — с многощелочным фотокатодом чувствительностью до 220 мкА/лм, оптическими элементами (ВОЭ) на входе и выходе, одно- и многокаскадные. Второе поколение на ЭОП — с ВОЭ на входе и выходе, микроканальным усилителем (МКУ) и многощелочным фотокатодом чувствительностью до 300 мкА/лм. Второе поко-

ление подразделяется на инверторные ЭОП и бипланарные ЭОП, представляющие собой два промежутка с параллельным электростатическим полем: фотокатод-МКП и МКП-экран. Бипланарные ЭОП в зависимости от чувствительности многощелочного фотокатода подразделяются на ЭОП 2-го поколения (чувствительность фотокатода $S < 300$ мкА/лм), 2⁺ поколения ($S < 450$ мкА/лм), 2⁺⁺ поколения ($S < 600$ мкА/лм). Третье поколение — это бипланарные ЭОП с полупроводниковым фотокатодом из AsGa.

В настоящее время в России завершены опытно-конструкторские работы по созданию электронно-оптических преобразователей бипланарной конструкции с многощелочным фотокатодом поколений 2, 2⁺ и 2⁺⁺, а также третьего поколения с фотокатодом A_3B_5 . В частности, завершены разработки и освоены в мелкосерийном производстве АО "Катод" ЭОП ЭПМ-42Г ("Калитка"), ЭПМ-53Г ("Рассвет"), ЭПМ-62Г ("Каликон-2 РА"), АО "Геофизика-НВ" ЭПМ 50 Г—А ("Кольт"), ЭПМ-50Г ("Баул"); ЭОП ЭПМ-42Г осваивается на заводе "Экран".

За рубежом в США освоены в серийном производстве ЭОП бипланарной конструкции 3-го поколения с поворотом и без поворота изображения; фирмы Европы и Израиля освоили и серийно выпускают ЭОП бипланарной конструкции поколений 2⁺ и 2⁺⁺.

Отечественные электронно-оптические преобразователи в основном соответствуют зарубежным, несколько уступая им по разрешающей способности (34 штр/мм у нас и 36 штр/мм — за рубежом) и существенно по наработке (3000 ч у нас и более 10 000 ч — за рубежом), часть из которых освоена в серийном производстве.

На основе бипланарных ЭОП разработан и частично освоен в серийном производстве комплекс приборов ночного видения нового поколения. В частности, псевдобинокулярные очки ночного видения ("Наглазник"), псевдобинокулярный ночной бинокль ("Лидер"), ночной прицел для стрелкового оружия, авиационные очки ночного видения ("Скосок"), прицел для противотанковой пушки 1 ПН 92 и прибор разведки 1 ПН 92-2, прицел для крупнокалиберного пулемета и гранатомета, прицел для перспективного танка "Буря-М" и прицел прибора командира "Агат-М".

Помимо перечисленных приборов, на новом поколении ЭОП разработано большое количество разнообразных приборов с достаточно оригинальными характеристиками. В частности, низкопрофильные ОНВ, широкопольные ОНВ (поле зрения до 60°), низкоуровневый телевизионный прибор разведки с активным-импульсным каналом, дальнометрированием и передачей изображения на расстояние, прибор разведки с тепlopеленгационным каналом, более легкий прицельный комплекс, прицел с переменным увеличением и другие типы приборов. Разработку приборов начали вести не только предприятия, занимающиеся этим вопросом традиционно, но и огромное число предприятий, возникающих в последнее время.

За рубежом в США разработан комплекс приборов на основе ЭОП 3-го поколения, страны НАТО в основном ведут разработки приборов на основе ЭОП поколения 2⁺⁺. По основным параметрам зарубежные приборы соответствуют отечественным. Преимущество приборов на ЭОП 3-го поколения реализуется лишь при освещенности, существенно ниже нормированной ($E < 1 \cdot 10^{-3}$ лк). При этих освещенностях приборы на ЭОП 3-го поколения превосходят по дальности действия приборы на ЭОП поколения 2⁺⁺. На открытых местностях освещенность ниже $1 \cdot 10^{-3}$ лк обычно составляет 10—15 % от всего темного времени суток. Стоимость приборов на ЭОП 3-го поколения по сравнению с аналогами на ЭОП поколения 2⁺⁺ в ~ 1,5—2 раза выше.

Перспективы развития приборов ночного видения связаны с созданием чувствительных элементов 4-го поколения. ЭОП 4-го поколения должен иметь спектральную чувствительность до 1,5 мкм, разрешающую способность 64 штр/мм, чувствительность на длине волны $\lambda = 1,0$ мкм $S > 100$ мА/Вт, отношение сигнал-шум более 63 единиц. Освещенность на фотокатоде, соответствующая уровню шумов, $(3 \div 5) \cdot 10^{-10}$ Вт/см².

В настоящее время разработаны бипланарные ЭОП с фотокатодом, чувствительным до 1,1 мкм, разработаны микроканальные и волоконно-оптические пластины, обеспечивающие получение разрешающей способности до 54 штр/мм. Чувствительными элементами приборов 4-го поколения могут являться и твердотельные преобразователи изображения (ТПИ). Они должны по параметрам соответствовать ЭОП. Работы по созданию ТПИ ведутся в нашей стране. Созданы образцы ТПИ с чувствительностью до 1,7 мкм, пороговым разрешением 20 штр/мм и с пороговой освещенностью до 10^{-7} Вт/см². На основе новых типов чувствительных элементов представляется возможность создания поколения приборов ночного видения, обеспечивающих повышение основных технических параметров в 1,5—2 раза по дальности действия и по полям зрения, и обеспечить работу в течение всего времени суток практически в любых естественных условиях, благодаря более высокой (на два порядка) естественной ночной освещенности, чем в освоенном диапазоне спектра. Такие приборы обеспечивают более высокую помехозащищенность, так как большинство световых помех имеет спектр излучения в видимой и ближней ИК-области спектра ($\lambda < 0,9$ мкм). Приборы на ТПИ в принципе обладают практически идеальной помехозащищенностью из-за резко нелинейной характеристики "свет-свет". За рубежом, в США, интенсивно ведутся работы по созданию ЭОП 4-го поколения. В 1997 г. получены бипланарные ЭОП поколения 3⁺ (разрешающая способность до 64 штр/мм, чувствительность фотокатода до 1,1 мкм, пороговая освещенность $2,5 \cdot 10^{-10}$ Вт/см², чувствительность на длине волны $\lambda = 830$ нм до 100 мА/Вт, диаметр фотокатода 17,5 мм).

Более эффективным средством, обеспечивающим видимость в темное время, является тепловидение. У нас в стране в серийном производстве освоены тепловизионные приборы нулевого поколения ("Пособие-1") и первого поколения ("Пособие-2", "Агава-2"). "Пособие-1" — тепловизионный прибор разведки на 50-элементном фотоприемнике из JnSb для разведывательного пункта. Дальнейшее развитие прибора разведки "Пособие-1" — прибор "Поколение-2" на основе фотоприемного устройства "Невесомость-64", представляющего 64-элементную линейку из КРТ. Выпускается серийно тепловизионный прицел "Агава-2" на базе фотоприемного устройства "Арча" на основе 128-элементного фоторезистора из КРТ.

Благодаря усилиям ГИПО разработана концепция построения тепловизионных приборов на линейках с малым числом элементов (от 10 до 32). На основе этой концепции серийно выпускались и выпускаются прицелы для стрельбы ПТУРС, "Тракт", "Мулат", "Метис", носимый прибор разведки "Акцент". На основе спрайт-приемника разработан прицел для наведения ПТУРС большой дальности действия "Корнет". При всей заманчивости концепции построения тепловизоров на малоэлементных фотоприемниках они уступают зарубежным на 60-элементных фотоприемниках.

В рамках Федеральной программы развития средств ночного видения усилия ряда предприятий МО и промышленности была разработана концепция модульного принципа конструирования тепловизионных приборов. Большинство дулей в виде отдельных образцов изготовлены для четырех классов теплови-

зоров. Образцы тепловизоров на основе модулей не изготовлены, не проведены их испытания. Завершение этих работ позволило бы решить проблему широкого внедрения приборов в интересах всех потребителей.

За рубежом, в армии США, стран НАТО, полностью обеспечено решение всех задач ночного видения с помощью тепловизоров 1-го поколения. Это — прицелы для стрельбы ПТУРС, прицелы для танков, прицельно-навигационные системы для вертолетов, прицельные станции для самолетов и кораблей, приборы механика-водителя танка, приборы для подвижных разведывательных пунктов.

Абсолютно во всех приборах принят принцип модульного конструирования. По насыщенности тепловизионными приборами армии США и стран НАТО существенно опережают Российскую Армию.

Дальнейшее развитие тепловидения связано с четко выделенным делением на четыре поколения:

1-е поколение: тепловизоры на одиночных линейках фотоприемников на основе КРТ с двумерной разверткой;

2-е поколение: тепловизоры на субматрицах на основе КРТ с суммированием сигналов не менее чем по 2 элементам и одномерной разверткой;

3-е поколение: тепловизоры на матрицах CdHgTe с размером чувствительных элементов 20 мкм. Чрезвычайно высокая чувствительность таких фотоприемников $> 1 \cdot 10^{11} \text{ см} \cdot \text{Гц}^{1/2} \cdot \text{Вт}^{-1}$ позволяет получить температурную чувствительность тепловизионного прибора $T < 0,07 \text{ }^\circ\text{C}$;

4-е поколение: тепловизоры на тепловых неохлаждаемых матрицах на основе микроболометров из кремния, а также на основе пироэлектрических матриц и других материалов (типа VO). В тепловизорах 4-го поколения отсутствуют сканер и система глубокого охлаждения.

Более низкая чувствительность тепловых матриц требует использования сверхсветосильной оптики (1:0,7÷1:0,5) для получения необходимой пороговой чувствительности прибора.

На основе субматрицы из четырех столбцов по 128 элементов с шахматным расположением площадок, на основе матрицы и матрицы из КРТ (128x128 элементов) в НПО "Орион" разработаны тепловизоры с достаточно хорошей системой обработки сигналов.

За рубежом в виде образцов существуют тепловизоры всех поколений. В частности, бинокль Sophie французской фирмы CSF на основе субматрицы 4x288 элементов 0,03x0,03 мм массой 2 кг, панкратическим объективом с полем зрения 4x3 град и 8x6 град. Дальность опознавания человека 1200—1300 м. На базе этого типа фотоприемника разработан тепловизионный прибор вождения различных военных машин, прицел для ПТУРС, прибор корректировки огня. На основе этой же субматрицы разработана тепловизионная панорама для командира танка "Леклерк" с дальностью действия до 2,5 км, прицельно-навигационная система для вертолета и прицел для танка "Леклерк" с дальностью опознавания 3,5 км.

На основе матрицы пироэлектрических фотоприемников фирмой Delft Sensor Systems разработан бинокль с дальностью опознавания 790—800 м, массой 2 кг, полем зрения 10x5 град, тепловой матрицей производства фирмы Mulard (Великобритания) с числом элементов 512x250.

Фирмы Texas Instrumentms, Hughes (США) разработали гамму тепловизионных приборов на основе микроболометрических и пироэлектрических матриц. В частности, прицел для стрелкового оружия массой 1,77 кг и дальностью действия 800 м, прицел для крупнокалиберного пулемета и гранатомета массой 3,2 кг и дальностью действия 1200 м, прибор разведки с массой 5 кг и дальностью действия до 2,5 км.

Фирма "Инфраметрик" (США) на основе матриц из InSb с микрохолодильником разработала гамму приборов для решения военных задач. Но в то же время тепловизоры обладают рядом недостатков, которые можно восполнить другими средствами видения в темное время суток. Поэтому наиболее эффективными являются комбинированные и комплексные приборы. В частности, сопрягаются низкоуровневый телевизионный, тепловизионный и активно-импульсный каналы. Информация с таких каналов обрабатывается совместно, обеспечивая высококачественное изображение за счет восстановления изображения по сигналам с различных каналов. Наиболее полное решение проблемы видения реализуется при включении в состав комплексного прибора радиолокационного канала. При этом полностью решаются проблемы всепогодности, круглосуточности, помехозащищенности видимости через дымы и в условиях пыли. У нас был проведен ряд работ по созданию таких систем для подвижных разведывательных пунктов, прицельной системы для самоходной артиллерии, системы управления огнем перспективного танка.

За рубежом разработан ряд комплексных систем. Все корабельные системы и системы для авиации имеют обязательно низкоуровневый телевизионный и тепловизионный канал с совместной обработкой информации.

Для разведывательных целей осуществляется совмещение тепловизионного, низкоуровневого телевизионного и радиолокационного каналов. В частности, такая система с выносной мачтой разработана в Великобритании и представляет сочетание низкоуровневого телевизора, тепловизора и радиолокатора. В переносном комплексном приборе разведки предусмотрен радиолокатор и тепловизор (Raptor), что обеспечивает дальность опознавания до 6,5 км.

В России особенно быстрыми темпами вились работы по созданию приборов гражданского применения, которые интенсивно покупаются за рубежом. Количество разработок ПНВ и ТПВ традиционными разработчиками и вновь возникшими на базе традиционных предприятий уже перевалило за сотню. Бурно проводились также работы по созданию приборов гражданского применения, которые интенсивно покупаются за рубежом. К сожалению, ничего нового в этих разработках нет.

STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF NIGHT-VISION ENGINEERING

N. F. Koschavtsev, S. F. Fedotova

The State Unitary Affiliate Enterprise "Special Design Office of Night-Vision Engineering",
Moscow, Russia

A modern state of development of night-vision devices and thermal-imaging devices is briefly given, ways and concepts of further development of these types of engineering are shown, the most important developments of new types of night-vision engineering carried out on the basis of new achievements in development and making of electron-optical image intensifiers (II) and photodetective assemblies (PDA) are listed. A comparative analysis of equipping Russian and foreign armies by night-vision devices and thermal-imaging devices is given.