

УДК 621.383

Приборы ночного видения

*Н. Ф. Кощавцев, Ю. Г. Эдельштейн, В. Г. Волков, А. А. Толмачев,
С. Ф. Федотова, Т. К. Курчевская*

Государственное унитарное дочернее предприятие «Специальное конструкторское бюро техники ночного видения» государственного унитарного предприятия «НПО «Орион», Москва, Россия

Рассматриваются история и перспективы развития приборов ночного видения в Государственном унитарном предприятии «НПО «Орион»: приборы на основе электронно-оптических преобразователей, активно-импульсные лазерные, низкоуровневые телевизионные и тепловизионные приборы и др.

Введение

Приборы ночного видения (ПНВ) на протяжении уже нескольких десятилетий занимают важное место в современной технике. ПНВ широко используются в военной технике для обеспечения боевых действий ночью (разведка, прицеливание, вождение боевых машин всех типов). За последние годы ПНВ активно применяются и в гражданской технике для разведки и добычи полезных ископаемых, спасательных работ, астрономических исследований, производственного и экологического контроля, ночной навигации и вождения автотранспортных средств в специальных климатических и погодных условиях, ночной видеосъемки, работы спецслужб, правоохранительных органов и таможенных служб, в медицине, для ночной охоты и рыбной ловли, в системах охраны и пожаротушения и др.

Развитие ПНВ широкого применения в нашей стране стало возможным благодаря творческим усилиям коллектива НИИ прикладной физики, впоследствии НПО «Орион», из которого выделилось СКБ техники ночного видения. Его коллектив создал научно-технические основы разработки ПНВ, обеспечил их практическое внедрение на предприятиях нашей страны, сформировал коллективы КБ на предприятиях и до настоящего времени играет ведущую роль в развитии этой техники.

Краткая история развития приборов ночного видения

Развитие ПНВ в основном началось с создания НИИ-801, что было вызвано необходимостью оснащения Вооруженных Сил техникой, обеспечивающей ведение боевых действий ночью. Одним из двух подразделений организованного института явился отдел спецтехники, затем отдел № 4, на базе которого в 1983 г. было образовано отделение 1100 НПО «Орион», в 1991 г. ставшее Специальным конструкторским бюро техники ночного видения (СКБ ТНВ).

Костяк отдела спецтехники в 1946 г. составили специалисты, начавшие работу в этой области еще перед Великой Отечественной войной и являвшиеся пионе-

рами ночного видения (В. В. Юдкевич, П. Х. Лихтман, В. Г. Нырыков, И. В. Куренков, С. В. Рюпичев, К. С. Ясиновский — в Ленинграде, Е. С. Ратнер, М. А. Шесминцев, В. В. Новопашин — в Москве).

В годы войны ими были созданы несколько типов приборов для пеленгации навигационных ИК огней и сигнализации для военно-морского флота. Применение этих приборов резко снизило потери наших кораблей.

Среди первых сотрудников отдела спецтехники были Г. М. Кузнецов, Э. И. Гольд, Г. Ф. Захаров, В. И. Руфанов, А. В. Короткевич.

Первым начальником отдела был В. И. Милютин. В это время в отдел входили и лаборатории, разрабатывающие ЭОП, что в большой мере способствовало становлению новой отрасли техники.

В последующие годы отдел претерпел несколько реорганизаций: в 1948 г. были упразднены отделы и образованы отдельные лаборатории (светотехническая, оптическая, источников питания, приборостроительная). В 1960 г. на базе лабораторий был создан отдел № 4 (начальник А. И. Горячев). В 1964 г. на короткое время он был слит с отделом ЭОП, в 1965 г. вновь образован как самостоятельное подразделение (начальник Е. С. Ратнер, с 1967 г. — Ю. Г. Эдельштейн). В 1983 г. после перевода в НПО «Орион» отдел вошел в состав отделения 1100, которое в 1991 г. было реорганизовано в СКБ ТНВ (начальник Н. Ф. Кошавцев).

В состав отдела в разное время входили следующие лаборатории:

- светотехническая лаборатория (начальник канд. техн. наук Е. С. Ратнер);
- лаборатория метрики ПНВ (с 1965 г. начальник канд. техн. наук Э. И. Гольд, с 1981 г. канд. техн. наук В. А. Павлов, с 1992 г. И. Б. Кривошапкин);
- источников питания (начальник Г. Ф. Захаров, с 1960 г. А. В. Короткевич, с 1971 г. А. М. Рубец);
- стрелково-артиллерийских приборов (начальник Е. Н. Васильев, с 1982 г. Ю. А. Брагин, с 1992 г. С. А. Украинский);
- танковых, авиационных и космических приборов (начальник канд. техн. наук А. А. Толмачев, с 1983 г. А. Ю. Путиловский, с 1991 г. А. Н. Белов);
- оптическая лаборатория (начальник М. А. Шесминцев, с 1960 г. канд. техн. наук В. В. Новопашин, с 1976 г. канд. техн. наук Н. Л. Соколов, с 1984 г. канд. техн. наук В. Ф. Бабинцев);
- физических основ ночного видения (начальник с 1969 г. д-р техн. наук Н. Ф. Кошавцев);
- тепловизионных приборов (начальник В. П. Орлов, с 1968 г. канд. техн. наук Н. В. Васильченко, с 1972 г. д-р техн. наук Н. Ф. Кошавцев, с 1979 г. В. И. Теплов, с 1984 г. — самостоятельный отдел, который возглавил В. И. Теплов);
- приборов вождения БТТ (начальник с 1986 г. канд. техн. наук Н. Г. Буланкин);
- конструкторская лаборатория (начальник с 1969 г. А. Ф. Константинов, с 1986 г. — самостоятельный отдел, начальник Ю. А. Добровольский, с 1995 г. — В. С. Малинковский).

На протяжении всей своей истории подразделения ПНВ (в составе структурных подразделений НИИ прикладной физики, самостоятельного отдела, отделения и СКБ техники ночного видения) располагали специалистами высшей квалификации в области светотехники, оптики, специальной электронной техники. Коллектив подразделений обладал огромным научно-техническим потенциалом в области техники ночного видения.

Работы в области техники ночного видения направлены на поиск новых принципов визуализации изображения в различных областях оптического диапазона спектра и новых технических решений, обеспечивающих совершенствование ПНВ, проведение ОКР пионерного плана, развитие метрологических разработок ЭОП и ПНВ, осуществление головной роли в отрасли и научное руководство работой ЦКБ и заводов.

Начальный период развития ночного видения характеризовался использованием ЭОП с кислородно-цезиевым фотокатодом и применением ПНВ активного типа, работающих с подсветкой. В этот период начали формироваться физические принципы видения объектов в ПНВ с подсветкой в ближнем ИК-диапазоне спектра (Е. С. Ратнер), впервые сформулированы технические решения, обеспечивающие создание ПНВ различного назначения, установлены основные зависимости между видимостью в ПНВ и их характеристиками, определена система параметров ЭОП и ПНВ.

Работы, выполненные в НИИ-801 в 40-е и начале 50-х годов, завершились созданием ПНВ активного типа, работающих с подсветкой или по ИК-источникам. К ним относятся прицелы для стрелкового оружия и противотанковых пушек, самолетный прицел, работающий по факелу двигателя, комплекс аппаратуры для скрытой навигации судов ВМФ (В. В. Новопашин, П. Х. Лихтман, Е. Н. Васильев).

Новый этап в развитии техники ночного видения начался, когда ведущие специалисты института во главе с Е. С. Ратнером обосновали возможность построения ПНВ, обеспечивающих видение ночью без искусственной подсветки, за счет естественного света ночного неба, при усилении в ЭОП, гарантирующем «видимость» каждого фотозлектрона.

Реализация принципа видения при естественном ночном освещении (ЕНО) потребовала проведения широкого круга исследований, связанных с изучением оптико-физических характеристик внешних условий и их влияния на видимость, разработкой светосильных оптических систем, с поиском конструктивных приемов построения ПНВ, включающих ЭОП с кислородно-цезиевым фотокатодом, надежную герметизацию высоковольтных (до 45000 В) вакуумных блоков и высоковольтных источников питания (ВИП).

Эти работы, с учетом создания каскадных ЭОП, реализующих необходимое усиление, позволили создать боевые приборы ночного видения пассивного типа. В начале это были громоздкие наблюдательные станции с входными объективами полуметрового диаметра, в которых для вымораживания ЭОП применялись фреоновые холодильники, а высоковольтный источник питания (ВИП) занимал объем свыше 50 литров (Б. А. Шустов, Е. Н. Васильев, Г. Ф. Захаров).

Затем были отработаны полупроводниковые холодильные устройства, разработана новая элементная база ВИП и уменьшены их габариты, что повлекло за собой существенное изменение облика аппаратуры. В конце 50-х годов появились бесподсветные артиллерийские прицелы (Е. Н. Васильев), серия ночных визиров для кораблей ВМФ (П. Х. Лихтман), начались работы по бесподсветным танковым прицелам (В. В. Новопашин).

Решающий сдвиг в разработке ПНВ связан с созданием и улучшением многощелочного фотокатода, который имел большую чувствительность и на несколько порядков более низкий темновой ток, не требовал охлаждения. В начале 60-х годов удалось сдвинуть границу чувствительности многощелочного фотокатода до 0,8 мкм, поднять ее значение в красной области (правее 0,7 мкм) до 40 мкА/лм. Сравнительные полевые испытания показали, что приборы, в которых были установлены ЭОП с таким неохлаждаемым и традиционным выморозенным фотокатодами, дают примерно одинаковые результаты по дальности видения. Это позволило перейти к повсеместному применению ЭОП с многощелочным фотокатодом.

Дальнейшие работы по оптике, миниатюризации ВИП, отработка конструктивных решений позволили даже на базе сравнительно громоздких и хрупких стеклянных устройств, какими являлись каскадные ЭОП (длина колбы свыше 200 мм), построить прицелы почти для всех типов оружия сухопутных войск, начиная от прицелов для автоматов. Достигнутый уровень этих приборов характеризовался тем, что они обеспечивали приемлемую для тактического использования дальность видимости при освещенности выше $5 \cdot 10^{-3}$ лк.

К концу 60-х годов было создано новое поколение пассивных ПНВ. В эти годы были приняты на вооружение: прицел для автомата НСП-3, прицелы для гранатометов ПГН-1 и ПГН-9, прицел для пушки АПН-4 («Калина»), прицел для БМП 1ПН22 («Щит»), прицел для истребителя танков 1ПН12, прибор командира танка ТКН-3.

Высокая результативность работ коллектива разработчиков ПНВ и ЭОП а также активная подготовка кадров привели к тому, что в 60-е годы сформировалась новая отрасль, ответственная за создание техники ночного видения. Выпуском ЭОП занимались три электровакуумных завода, разработку и производство приборов вели 5 ЦКБ и оптических заводов. Особенно тесные творческие контакты сложились с Государственным оптическим институтом им. С. И. Вавилова. Академик А. А. Лебедев с момента организации НИИ-801 был его научным руководителем. Ученые ГОИ принимали непосредственное участие в разработке теории ночного видения (А. С. Луизов, Е. П. Семенов), выполняли оригинальные расчеты светосильных объективов и окуляров (Д. Ю. Гальперин, Д. С. Волосов, В. И. Веснин, А. П. Грамматин, Л. И. Коршунова и др.), непрерывно повышая их качество и совершенствуя методы расчета.

В создании различных комплектующих элементов (ИК фильтров, осветителей, первичных источников питания, специфических электрорадиоэлементов, полупроводниковых охладителей и др.) участвовали еще около 20 предприятий.

Испытательные базы для отработки ПНВ были созданы в нескольких промышленных и военных организациях. НИИ-801 установил прочные связи со многими научными учреждениями Академии Наук, министерства обороны, отраслевых министерств. Всего более 100 предприятий в той или иной мере участвовали в работах по технике ночного видения.

В 1969 г. на институт были возложены функции головной научной организации в отрасли по приборам ночного видения. Осуществление головной роли предусматривало:

- ответственность за технический уровень средств ночного видения;
- формирование технической политики, научное прогнозирование и перспективное планирование развития ПНВ, научную координацию исследований и разработок;
- развитие физических основ построения ПНВ, проведение НИР, обеспечивающих постановку ОКР;
- научное руководство разработками, выполняемыми ЦКБ, которое обеспечивало формирование необходимых данных для постановки ОКР, определение требований к комплектующим изделиям, в первую очередь к ЭОП, научно-методическое обеспечение разработок и испытаний.

В это время испытания аппаратуры на разных стадиях отработки, первые результаты применения ПНВ в частях и особенно специальные ночные войсковые учения 1968 г., на которых были собраны образцы всех серийных и опытных ПНВ, выявили ряд принципиальных недостатков приборов, свойственных достигнутому уровню их развития. Эти недостатки заключались в больших габаритах и малом поле зрения, неприемлемых для ряда применений, резком ухудшении видимости при понижении освещенности в особо темное время и при попадании в поле зрения различного рода засветок, возникающих на поле боя.

В 1970—1971 гг. были определены направления дальнейшего совершенствования ПНВ. Прежде всего, была пересмотрена концепция создания только пассивных ПНВ. Было признано необходимым, особенно для танков, строить приборы такими, чтобы они в особо темное время могли работать и с ИК подсветкой, обеспечивая видимость во всех условиях ночи, то есть был взят курс на создание приборов пассивно-активного типа.

В сравнительно короткое время были найдены технические решения. Появилось несколько вариантов решения этой проблемы, из которых нашли практическое воплощение два. Появились варианты многощелочного фотокатода (разработчики А. С. Шефов, М. И. Шульгина) с повышенной ИК чувствительностью, предполагая использование одного ЭОП. Другой вариант предусматривал попеременное использование двух ЭОП — для пассивного режима с многощелочным фотокатодом, для активного — с кислородно-цезиевым (разработчик — П. В. Тимофеев, ВЭИ). Одновременно были возобновлены работы по ИК прожекторам, прекращенные в конце 50-х годов, была показана возможность модернизации штатных осветителей за счет установки интенсивных газоразрядных ламп, что было предложено Н. Ф. Кошавцевым. Комплекс работ, выполненных в 1971 г., позволил обосновать постановку серии ОКР по прицелам и командир-

ским приборам пассивно-активного типа для танков и БМП (Ю. Г. Эдельштейн, А. А. Толмачев, М. И. Лопаткина, Л. В. Трищенко). Следует отметить, что благодаря достигнутому в конце 60-х годов почти 2—3 кратному повышению чувствительности многощелочного фотокатода удалось показать возможность использования вместо трехкамерных ЭОП двухкамерных и даже однокамерных. Это привело к дальнейшему снижению габаритных характеристик ПНВ, в ряде случаев к увеличению поля зрения, создало предпосылки к появлению нового поколения ПНВ.

В 70-е годы по предложениям института были разработаны и внедрены в производство прицел для стрелкового оружия НСПУ, прицел для пушки АПН-6 («Брусника»), бинокль БН-1 («Блик»), приборы наблюдения ННП-21 («Тополь»), ННП-22 («Дуэт»), приборы разведывательных машин «Вал», «Вереск» и др. (Е. Н. Васильев, Ю. А. Брагин и др.).

Комплекс исследований по световым помехам (Н. Ф. Кощавцев, Т. К. Кирчевская, В. В. Буяльский) и защитным схемам ЭОП (Е. Н. Васильев, Ю. А. Брагин, А. М. Рубец) позволил существенно повысить помехозащищенность ПНВ и обеспечить полную защиту от наиболее типичных помех.

С начала 70-х годов армия стала оснащаться новым поколением ПНВ; технической основой его явились двухкамерные и однокамерные ЭОП, а преимущества заключались в увеличении поля зрения, повышении помехозащищенности и пассивно-активном принципе работы (для танковых приборов).

В этот период интенсивные прикладные НИР, связанные с разработкой электрооптических схем новых приборов, расчетным и экспериментальным обоснованием ожидаемых характеристик, выбором элементной базы, сопровождались углублением теории ночного видения, созданием инженерных методов расчета, уточнением внешних условий (Н. Ф. Кощавцев). В частности, были проведены измерения интенсивности основных источников световых воздействий (вспышек, выстрелов, разрывов, трассеров и т. п.), организованы исследования ЕНО в различных точках Советского Союза и даже в ряде районов Мирового океана. Контрольно-испытательная аппаратура пополнилась целым рядом оригинальных установок, в т. ч. универсальным имитатором засветок для стендовой проверки стойкости ПНВ к помехам (Н. Ф. Кощавцев, В. В. Буяльский, В. А. Павлов), микрополигоном, представлявшим собой масштабную модель испытательного поля с имитацией условий естественного освещения (Э. И. Гольд, И. Б. Кривошапкин), первыми в СССР установками для измерения частотно-контрастных характеристик ЭОП (В. И. Руфанов) и отношения сигнал/шум (Ю. З. Мацковская), универсальным коллиматором для проверки ПНВ на заводах и в войсках и др.

Дальнейшее развитие техники ночного видения было связано с созданием новых поколений ЭОП (модульные ЭОП с волоконно-оптическими пластинами, ЭОП с микроканальным усилением, бипланарные ЭОП и др.), созданием активно-импульсных ПНВ, тепловизионных приборов, устройств на основе гибридно-модульных преобразователей изображения (ЭОП, состыкованный с ПЗС).

В этот промежуток времени были приняты на вооружение: прицел для стрелкового орудия 1ПН51, прицел для станкового гранатомета и пулемета 1ПН52, прицел для пушки 1ПН53, бинокль 1ПН50, прибор наблюдения переносной 1ПН54; пассивно-активный комплекс приборов для танка: прицел — «Буран-ПА», приборы командира — «Агат-С», ТКН-3М, прибор вождения ТВН-5.

В 80-е годы в отделе сложился сильный коллектив специалистов, в том числе конструкторов под руководством А.Ф. Константинова. Благодаря этому появилась возможность осуществления полного цикла НИОКР, включая разработку конструкторской документации.

В 1979—83 гг. была проведена ОКР по прибору вождения ТВН-5 с бинокулярной лупой (В. И. Креопалов, Н. Г. Буланкин). После образования отделения 1100, впоследствии СКБ ТНВ, и прихода сильных конструкторов Ю. А. Добровольского и Н. М. Шустова были завершены ОКР по ночным очкам «Квакер» (В. И. Креопалов, Ю. А. Брагин), лазерному прицельному комплексу «Канадит» (Ю. Г. Эдельштейн, Л. П. Макеев, Г. В. Иванов). Разработаны ночные очки для пилотирования вертолетов (Ю. Г. Эдельштейн, С. А. Украинский, Н. М. Шустов, Ю. А. Добровольский). Завершены ОКР принятием на вооружение в 1996 г. очков ночного видения поколения 2⁺ «Наглазник» (Н. Ф. Кощавцев, Ю. А. Добровольский, Ю. А. Брагин, Н. М. Шустов).

Развитие техники ночного видения по конкретным направлениям, сформировавшимся в отделении 1100, а впоследствии в СКБ техники ночного видения, рассмотрено отдельно.

Активно-импульсные ПНВ

Принцип действия активно-импульсных ПНВ (АИ ПНВ) основан на импульсном методе наблюдения. Он сводится к подсвету наблюдаемого объекта излучением импульсного осветителя и синхронизированным с ним импульсным управлением (стробированием) ЭОП в приемной части ПНВ.

Основой создания АИ ПНВ явилась разработка М. М. Бутсловым в конце 50-х годов импульсных ЭОП.

Работы по созданию АИ ПНВ проводились с конца 50-х годов в ГОИ с использованием в качестве осветителя импульсных ламп, а с 1963 г. — твердотельных лазеров на рубине и на стекле с неодимом. В институте разработки АИ ПНВ были начаты с 1964 г. по инициативе чл.-корр. РАН Л. Н. Курбатова под непосредственным руководством Ф. Ф. Есина. Благодаря применению импульсных лазерных полупроводниковых излучателей (ИЛПИ), созданных в институте М. Н. Заргарьянцем, впоследствии в НИИ «Полюс» В. И. Швейкиным, В. Г. Карнауховым и М. Н. Груднем, были впервые разработаны малогабаритные АИ ПНВ. Весомый вклад в их создание и серийное освоение внесли Ю. И. Шевлягин, С. В. Кусургашев, Р. И. Семенова и В. Г. Волков, который и руководит развитием АИ ПНВ в настоящее время. АИ ПНВ обеспечивают рекордные дальности распознавания, недостижимые для ПНВ других типов, могут работать при пониженной прозрачности атмосферы, в присутствии световых помех и позволяют с высокой точностью измерять дальности до наблюдаемого объекта.

В 60-х годах были разработаны ночные прицелы для наведения ПТУРС «Фаланга», «Малютка» и ЗМ7 на дальности до 1,2 км. Впервые была показана возможность одновременного наблюдения АИ ПНВ как изображения цели, так и трассера летящего к ней ПТУРС, не мешающего наблюдению.

В этих НИР использовались ИЛПИ, работающие при $T = 77$ К и охлаждаемые либо заливкой жидкого азота, либо газовой холодильной машиной Стирлинга. В начале 70-х годов были созданы достаточно мощные ИЛПИ, работающие при $T = 300$ К и не требующие охлаждения. Это дало новый толчок развитию АИ ПНВ, которое пошло по пути создания ночных приборов разведки и прицеливания с повышенной дальностью действия. В 1976 г. она составила 3 км по танку, в середине 80-х годов — 4 км, а в начале 90-х годов — 6 км, причем изображение выводилось уже в ТВ-канал. В результате этих достижений в 1980 г. был серийно освоен АИ 1ПН61 разведки для ПРП-4. Прибор содержит также дневной канал и обеспечивает дальность распознавания 2,5—3 км при точности измерения дальности до цели не хуже ± 20 м.

Параллельно в 70-х годах под руководством А. А. Томачева, И. К. Махонина, Г. М. Цибулькина создавались АИ ПНВ с использованием мощных импульсных твердотельных лазеров для вертолета и для работы по морским целям. Был создан вертолетный прицел с дальностью действия 3 км с использованием лазера на стекле с неодимом. При работе по морским целям типа «эсминец» и использовании лазеров АИГ с удвоением частоты были получены дальности действия до 20 км.

В 1980 г. был также создан и успешно испытан экспериментальный АИ приемный канал для визуализации в дневное время суток излучения твердотельных лазеров на длине волны 1,06 мкм. Получены дальности визуализации пятна подсвета на местности до 7 км при уровне естественной освещенности до 10 лк. К этому же периоду следует отнести попытки использования в АИ ПНВ полупроводниковых лазеров с накачкой электронным пучком, созданных под руководством Г. С. Козиной при активном участии М. Н. Баталиной и С. А. Демидова. К сожалению, массо-габаритные параметры этих лазеров исключили их применение в АИ ПНВ, хотя при их испытаниях и были получены ценные экспериментальные данные, раскрывающие дополнительные возможности АИ ПНВ.

В 80-х годах с помощью АИ ПНВ была успешно решена задача обнаружения объектов наблюдения по бликам, отраженным от оптических или оптико-электронных средств этих объектов в дневное и ночное время суток на дальности 4—7 км. Высокая степень защиты АИ ПНВ от световых помех, составляющая 10^5 — 10^7 , допускает нормальное наблюдение изображения объекта не только ночью, но и днем при освещенности до 10^5 лк, а также в присутствии в поле зрения прямого излучения прожектора с силой света до $4 \cdot 10^6$ кд.

В конце 80-х годов АИ ПНВ используют вывод изображения в ТВ канал на базе ГМП с использованием ЭОП 1, 2 и 2⁺ поколений. АИ ПНВ на базе ИЛПИ в портативном исполнении позволили получить распознавание морских объектов (голова водолаза, шлюпка, корабль) на дальности 0,5, 2 и 6 км соответственно.

Лазерные ПНВ

В СКБ ТНВ, кроме АИ ПНВ, с 80-х годов активно ведутся разработки приборов с лазерным целеуказанием. К ним в первую очередь относится впервые созданный в России лазерный прицельный комплекс, состоящий из очков ночного видения (ОНВ) типа «Орион-1», «Орион-2», «Орион-3» и «Квакер» и монтируемого на легком стрелковом оружии лазерного указателя «Канадит» с массой 550 г. Целеуказатель создает на цели, наблюдаемой в ОНВ, «точечное» пятно, обеспечивает прицеливание из любого положения оружия. Дальность действия комплекса зависит от типа ОНВ и колеблется от 130 до 200 м. Комплекс освоен серийно на заводе «Альфа».

С начала 80-х годов в ОКБ ТНВ ведутся работы по созданию помехозащищенных лазерных систем с преобразованием излучения на длине волны 10,6 мкм с помощью нелинейных оптических кристаллов (прустит и др.) в видимое либо в ближнее ИК-излучение, преобразуемое в видимое с помощью ЭОП (Н. Ф. Кошавцев, Н. И. Гусарова). Поисковые исследования показали принципиальную возможность создания ПНВ, работающих в ухудшенных метеорологических условиях со степенью защиты от световых помех до 10^8 .

Другим направлением является разработка лазерного ПНВ с гетеродинным преобразованием света. Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные Н. И. Гусаровой, показали возможность достижения пороговой чувствительности почти на 3 порядка выше, чем для обычного прямого детектирования. Применение в такой системе лазера с длиной волны 10,6 мкм, работающего в режиме «бегущий луч», при условии высокой точности временной стабильности излучения позволит добиться дальности действия до 5 км.

Тепловизионные приборы

Тепловизионные приборы (ТПВ) — это приборы, позволяющие наблюдать объекты за счет наличия у них радиационного контраста с фоном.

ТПВ имеют следующие преимущества по сравнению с ПНВ: дальность действия ТПВ не зависит от уровня ЕНО, они работоспособны в условиях пониженной прозрачности атмосферы, при постановке штатных дымовых завес и в условиях засветок интенсивными источниками света, обнаруживают замаскированные цели.

Разработка ТПВ была начата в 1963 г. по инициативе А. И. Горячева и под его непосредственным руководством. В это время был создан один из первых в стране ТПВ, дающий изображение в реальном масштабе времени. Разработка первых ТПВ была направлена на решение задач наведения ПТУРС. С помощью ТПВ были проведены их первые пуски (А. И. Горячев, Е. И. Левин, В. А. Чеботарев и др.). Однако большие мощности излучения факела и трассера ПТУРС приводили к значительным засветкам изображения, что не позволяло успешно решить задачу, учитывая, что ТПВ работали в области спектра 3—5 мкм. Достаточно эффективно эта задача была решена при создании первого двухканального ТПВ «Ночь-А» для наведения ПТУРС «Конкурс» (Н. Ф. Кошавцев, Г. М. Цибулькин, В. И. Теплов). Обеспечение требуемой помехозащищенности было

реализовано за счет разнесения по спектру чувствительности ТПВ (3,5—5,5 мкм) и излучения трассера (0,8—1,1 мкм).

В дальнейшем работы в области ТПВ начали вестись в направлении создания приборов разведки для подвижных разведывательных пунктов (ПРП) и прицела для танка. Оба прибора размещались вне боевого отделения на башне ПРП или на маске пушки из-за очень больших габаритов оптических систем. ТПВ разрабатывались на основе фоторезистора InSb с размером фоточувствительной площадки 100x100 мкм (Е. И. Левин, В. А. Чеботарев, Г. И. Потрахова). Результаты исследований начали применяться в тепловизорах для ПРП, который был принят на вооружение (участвовали в разработке от НИИ прикладной физики Н. Ф. Кошавцев, Е. И. Левин, В. А. Чеботарев). Модернизированный ТПВ для ПРП выпускается до настоящего времени.

С появлением в 1970 г. фотоприемников CdHgTe (КРТ), чувствительных в области спектра 8—14 мкм, начались работы по созданию танкового тепловизионного прицела, размещаемого в боевом отделении. Работы были начаты в ЦКБ КМЗ под научным руководством НИИ прикладной физики (научный руководитель Н. Ф. Кошавцев). Двухканальный тепловизионный прицел был размещен в боевом отделении танка и прошел весь комплекс полевых испытаний. В дальнейшем тепловизионный прицел был переработан с учетом использования фотоприемника со 128 элементами (вместо 50 в предшествующем фотоприемнике). Этот тепловизор выпускается серийно до настоящего времени.

Параллельно с разработкой ТПВ проводились теоретические исследования, направленные на формирование изображения в растровых приборах, выработку требований к элементам ТПВ, создание методики расчета дальности действия и оптимизацию параметров ТПВ (Н. Ф. Кошавцев, Е. И. Левин).

Одновременно проводились исследования внешних условий работы ТПВ. Выполненные теоретические и экспериментальные исследования по сравнению эффективности использования спектральных диапазонов 3—5 мкм и 8—13 мкм для задач ТПВ позволили грамотно выбрать оптимальные параметры ТПВ при переходе на ФП CdHgTe, определить эффективность работы ТПВ в различных метеоусловиях и при постановке штатных дымовых завес, оценить влияние температурных перепадов и коэффициентов излучения в формировании радиационного контраста.

Установление зависимости между величиной контраста танк-фон и показателями метеостанций позволило получить вероятностные характеристики распределения величины контраста. На основании этих данных была определена нормированная величина контраста танк-фон, используемая в отрасли для расчета ТПВ. Работами по исследованию внешних условий работы ТПВ руководила Н. З. Горева.

В 80-е годы по инициативе Н. Ф. Кошавцева была сформирована группа, в которой начались работы по созданию малогабаритных приборов. В состав группы входили В. И. Теплов, Н. З. Горева, В. А. Бриллиантов, В. Н. Ключкова, М. А. Кисловская и др.

В дальнейшем группа была преобразована в лабораторию, а впоследствии — в тепловизионный отдел (руководитель В. И. Теплов).

На основе ФП PbSe с термоэлектрическим охлаждением был создан ряд носимых ТПВ, выполняющих преимущественно функцию теплообнаружителей (ТО). Разработанные комбинированные приборы, содержащие ТО и ПНВ, позволяли обнаруживать и опознавать танк на дальности 2 км и человека на дальности 800 м.

В этот же период был создан многопрофильный малогабаритный ТПВ двойного применения с полем зрения $4 \times 8^\circ$ и массой 3,2 кг.

В середине 80-х годов была успешно решена задача обнаружения низколетящих воздушных целей. Разработанный тепловизионный прицел для переносного зенитно-ракетного комплекса имел большое поле зрения ($15 \times 30^\circ$), массу 3,5 кг, превосходил требования ТЗ по дальности действия.

По тепловизионному прицелу была поставлена ОКР, выполнен техпроект. Однако из-за отсутствия финансирования работа не завершена.

В настоящее время проводится ОКР по разработке портативного теплового пеленгатора для обеспечения возможности обнаружения раненых на местности по их собственному тепловому излучению в ночное время суток.

Комбинированные и комплексированные приборы ночного видения

Для обеспечения всепогодности, круглосуточности, высокой помехозащищенности, а также повышения вероятности обнаружения и опознавания потребовалось создание нового поколения приборов, включающих один или несколько независимых оптико-электронных каналов. Такие приборы называются комбинированными, комплексированными или интегрированными. Ни один из самостоятельных низкоуровневых каналов визуализации изображения не обеспечивает всей совокупности требований, стоящих перед приборами видения ночью. Обеспечение выполнения этих требований возможно при использовании комплекса приборов, включающих различные дополняющие друг друга каналы, то есть путем комбинирования и комплексирования.

Под комбинированными ПНВ понимают систему, состоящую из нескольких каналов, работающих в различных областях спектра, имеющую единый вход и интегрированную систему обработки сигнала.

Под комплексированными ПНВ понимают систему, состоящую из отдельных самостоятельных каналов, имеющих отдельные входные отверстия и совмещенные или раздельные индикаторы. К комплексированным приборам относятся также и набор приборов, расположенных на одном носителе, например, комплекс приборов для ПРП: «Пособие» (тепловизор)+ «Печенег» (активно-импульсный прибор).

Анализ отдельных каналов визуализации изображений показал, что классические приборы на ЭОП имеют высокое разрешение, высокие коэффициенты усиления яркости, привычные для восприятия контрасты изображения, но сильную зависимость дальности действия и качества изображения от освещенности, прозрачности атмосферы, контрастов; активно-импульсный канал имеет высокую помехозащищенность, однако демаскирует себя, имеет относительно узкое поле зрения, крайне затруднительный поиск цели; тепловизионные приборы обеспечивают большие поля зрения, большие дальности обнаружения, высокую

помехозащищенность, но непривычный для восприятия вид изображения. Кроме этого, при высокой влажности, отсутствии заметных изменений температуры видимость цели в тепловизор резко ухудшается. В тепловизорах часто не видна линия горизонта, они имеют высокую стоимость.

Низкоуровневые телевизионные системы позволяют выводить изображение на монитор, осуществлять обработку изображения в реальном масштабе времени, но они обладают всеми известными недостатками ПНВ.

Наиболее эффективным является сочетание каналов, работающих на различных принципах или в различных спектральных диапазонах. Это увеличивает эффективность системы, особенно в условиях использования маскировки целей и активного противодействия оптико-электронным средствам, так как создать помехи в широкой области спектра и обеспечить эффективную маскировку крайне сложно.

В конце 70-х годов коллектив разработчиков в составе Т. К. Кирчевской, В. Г. Волкова, В. И. Лелейкина, С. Ф. Федотовой, Н. И. Гусаровой под руководством Н. Ф. Кощавцева начал вести работы по созданию комбинированных приборов ночного видения. Были разработаны научно-технические основы построения таких приборов, принципы наиболее эффективного комбинирования каналов, установлены вероятностные характеристики и определены их преимущества по сравнению с традиционными приборами.

Первый комбинированный танковый прицел был разработан в рамках НИР «Рекорд». Совмещение тепловизионного и низкоуровневого телевизионного каналов привело к повышению вероятности обнаружения и опознавания цели в 1,5—2 раза, что подтвердили и проведенные испытания. Такое сочетание каналов показало и хорошие поисковые характеристики.

Одновременно велись работы по созданию комбинированного прицела для артиллерийской пушки. Комбинированный прицел состоял из тепловизионного и активно-импульсного каналов.

В 1984 г. был разработан комбинированный переносной ПНВ «Касание», объединяющий активно-импульсный и тепловизионный каналы. Дальность действия его составляла 2,2 км при угле поля зрения $6^\circ \times 4^\circ$ и массе 18 кг. В тепловизионном канале прибора была применена оригинальная схема синхронного сканирования и развертки на базе двустороннего зеркала, позволяющая визуализировать тепловизионное изображение и наблюдать его в окулярную оптику активно-импульсного канала.

В 1985 году была поставлена работа по созданию танкового прицела с повышенной дальностью действия до 4 км. («Ингода»). Комбинированный прицел содержал тепловизионный канал (рабочая область спектра 8—14 мкм) с приемником ФУЛ-141. Последний был выполнен в виде линейки из 48 фоточувствительных элементов на основе материала CdHgTe. Прицел содержал также активно-импульсный канал на базе ЭОП 2-го поколения «Канал» с использованием мощного модульного лазерного осветителя.

Тепловизионный канал обеспечивал поле зрения $4^\circ \times 3^\circ$, активно-импульсный — $1^\circ \times 0,5^\circ$. Изображение обоих каналов попеременно выводилось на единый телевизионный монитор с помощью ПЗС матрицы.

Эти схемные решения обеспечивали попеременный вывод изображений с разных каналов на единый индикатор. В дальнейшем работы шли в направлении обеспечения одновременного наблюдения изображений. Это достигалось следующим образом: в центральную часть поля зрения, обеспечиваемого широкопольным каналом, вводилось изображение узкопольного канала с большим увеличением, что позволяло при удовлетворительной ориентации на местности обеспечивать распознавание необходимых объектов. Другим направлением исследования являлось совмещение изображений, приведенных к единому масштабу. Этот вариант был реализован в портативном комбинированном ПНВ, состоящем из тепловизионного канала (3—5 мкм) и низкоуровневого телевизионного канала на ПЗС матрице (0,4—1,1 мкм). Прибор обеспечивал поле зрения $6^\circ \times 4^\circ$ и имел массу до 10 кг.

Низкоуровневые телевизионные (НТВ) ПНВ

Работы над НТВ ПНВ ведутся с 1980 г. в двух направлениях: создание НТВ ПНВ на базе суперкремниконов и на базе гибридно-модульных преобразователей изображений (ГМП). ГМП выполнены в виде ЭОП, состыкованного через оптику переноса с ПЗС-матрицей. Оптика переноса может быть выполнена либо в виде пары проекционных объективов с разным увеличением, плоской волоконно-оптической пластины (ВОП), либо фокона. В результате выполнения этих работ была создана экспериментальная аппаратура, показавшая широкие возможности применения ТВ техники в ПНВ.

Работы эти проводились под руководством Н. Ф. Кощавцева первоначально В. И. Лелейкиным, Д. С. Соколовым, а затем С. И. Верещагиным и А. Н. Дятловым.

В результате выполнения исследований были разработаны пассивные НТВ ПНВ на базе суперкремниконов ЛИ-702, обеспечивающие дальность распознавания танка на дальности 1200—1500 м при естественной освещенности 10^{-3} лк и угле поля зрения $6^\circ \times 4^\circ$.

Использование более совершенных и миниатюрных ТВ камер на базе ПЗС и разработка ГМП на их базе с использованием ЭОП поколений 1, 2 и 2⁺ позволило создать целый ряд НТВ ПНВ модульной конструкции, обеспечивающих в тех же условиях дальность распознавания от 1 до 1,8 км (в зависимости от типа ПНВ) в угле поля зрения от $15^\circ \times 10^\circ$ до $4^\circ \times 3^\circ$. Масса НТВ ПНВ не превышала 3—5 кг.

Одновременно были впервые разработаны стереоскопические НТВ ПНВ, обеспечивающие вождение машин ночью при видимости полотна дороги до 150 м.

Исследование внешних условий работы приборов ночного видения

Дальность действия приборов видения ночью в значительной мере зависит от внешних условий, наиболее важными из которых являются освещенность, обусловленная излучением ночного неба, светом звезд, Луны, оптико-физические характеристики фонов и целей, прозрачность атмосферы, яркость атмосферной дымки. Оптико-физические характеристики фонов и целей определяют истинный контраст, величина которого существенно изменяется слоем

атмосферы между прибором и наблюдаемой целью; уровень освещенности характеризует уровень наблюдаемой яркости.

Интерес к исследованию характеристик внешних условий возник одновременно с появлением и эксплуатацией первых образцов отечественных ПНВ, которые в основном были приборами активного типа. Отдельные предварительные исследования внешних условий, проводимые коллективом в составе Н. В. Васильченко, И. П. Овчинниковой, Б. А. Хаева в лаборатории, возглавляемой Е. С. Ратнером, носили эпизодический характер. Так в конце 50-х годов были проведены исследования хода изменений интегральной горизонтальной освещенности, оцененной разработанными к тому времени кислородно-цезиевым и сурьмяно-цезиевым фотокатодами, а в 1961 г. проведены исследования отражательных характеристик природных образований в ближней ИК-области спектра.

Необходимость в систематических, широкомасштабных исследованиях характеристик внешних условий работы приборов ночного видения в темное время суток возникла в середине 60-х годов, когда приоритетным стало развитие приборов, работающих в пассивном режиме без искусственной подсветки. Необходимых сведений для разработчиков ПНВ по излучению ночного неба и естественной ночной освещенности практически не было. Результаты исследований, проведенных АН СССР, отражали отдельные стороны излучения ночного неба, не давая общих представлений о закономерностях изменения спектрального состава, статистических характеристик освещенности для различных географических точек земного шара, временных изменений освещенности в темное время суток, влияния на характеристики светового климата состояния подстилающей поверхности и атмосферы.

Исследования внешних условий, и в первую очередь характеристик светового климата, проводились с 1965 г. по 1980 г. коллективом в составе Т. К. Кирчевской, В. В. Буяльского, В. А. Павлова, Г. Д. Есиповой, Н. В. Феклистовой под руководством Н. Ф. Кошавцева. Цель исследований заключалась в предоставлении разработчикам ПНВ основных характеристик внешних условий в темное время суток.

Работы велись по трем самостоятельным направлениям: исследование спектрального состава излучения ночного неба для установления оптимального диапазона работы ПНВ и области коррекции объектива и разработки перспективных фотокатодов; статистические исследования характеристик светового климата в различных географических точках для определения эффективности использования разрабатываемых приборов на различных театрах военных действий; исследование влияния характеристик внешних условий на основной параметр ПНВ — дальность действия с целью уточнения методов расчета и оптимизации ПНВ.

Для проведения исследований конструкторским отделом НИИ прикладной физики была разработана и изготовлена на опытном производстве целая серия уникальной высокочувствительной измерительной аппаратуры: сверхвысокочувствительный спектрограф, спектрозональный сканирующий фотометр и яркомер для измерения контрастов и яркости атмосферной дымки, фотометр и яркомер, чувствительные в области спектра от 0,4 до 3,3 мкм.

Спектральные измерения проводились в 1966—1969 гг. в средней полосе России (Горьковская область). Для проведения статистических исследований характеристик светового климата с целью установления широтной зависимости изменения суточного хода ЕНО с учетом вариации их от времени года и цикла солнечной активности необходимо было иметь цепочку из достаточно большого количества станций, работа которых должна быть синхронизирована. На территории СССР было задействовано семь метеостанций, расположенных на разных широтах, на которых были установлены спектрозональные фотометры для измерения распределения яркости по куполу ночного неба и основного параметра внешних условий — горизонтальной ночной освещенности. Два прибора были установлены на научно-исследовательских судах «Профессор Зубов» (1974 г.) и «Академик Ширишов» (1977 г.), на которых совершалось экспедиционное плавание в двух различных районах Мирового океана. Статистические исследования характеристик светового климата проводились в течение 10 лет с 1969 по 1979 гг.

Исследование влияния внешних условий, прежде всего контраста и яркости атмосферной дымки, обусловленной рассеянием излучения ночного неба на частицах приземного слоя атмосферы на дальность действия ПНВ, проводилось на исследовательском полигоне в Горьковской области в 1970—74 г. сначала М. К. Тимофеевой, а затем было продолжено Т. К. Кирчевской и В. И. Лелейкиным.

В результате многолетних исследований была разработана модель спектрального состава освещенности и динамика его изменения, статистические широтные зависимости продолжительности темного времени суток и обеспеченности горизонтальной естественной ночной освещенности, а также материалы по отражательным свойствам природных образований и характеристики атмосферы, определяющие видимость объектов наблюдения. Разработанная модель позволяет оценить состояние светового климата, характеризуемого кривыми обеспеченности освещенности в различных районах территории земного шара в темное время суток. Определены типовые (нормированные) характеристики внешних условий, закладываемые в расчет ПНВ, отработаны методы расчета и оптимизации приборов визуализации изображения и внедрены на всех предприятиях отрасли.

Приборы ночного видения для народнохозяйственного применения

В 1991 г. в СКБ техники ночного видения начались работы по созданию ПНВ для народного хозяйства. К настоящему времени разработаны и серийно выпускаются следующие типы приборов:

— очки ночного видения нулевого поколения бинокулярного типа «Орион-1» с дальностью действия 135 м;

— очки ночного видения первого поколения бинокулярного типа «Орион-2» с дальностью действия 150 м;

— очки ночного видения 2⁺ поколения псевдобинокулярные типа «Орион-3» с дальностью действия 200 м;

- монокуляр первого поколения «Орион-4» массой 300 г, углом поля зрения 40° ;
- бинокль ночного видения 2⁺ поколения «Орион-5» с дальностью действия 600 м, массой 900 г;
- бинокль ночного видения нулевого поколения «Триумф» с дальностью действия 300 м;
- монокуляр нулевого поколения «Орион-7» массой 270 г — самый маленький прибор ночного видения из всех известных в настоящее время монокуляров.

Для обеспечения стрельбы из охотничьего оружия разработан лазерный целеуказатель «Спринт», работающий совместно с очками ночного видения. Дальность прицельной стрельбы обеспечивается используемыми очками.

Приборы народнохозяйственного применения были разработаны и внедрены в серийное производство коллективом СКБ техники ночного видения в составе Н. Ф. Кошавцева, Ю. А. Добровольского, Н. М. Шустова, С. Ф. Федотовой, В. С. Маленковского, Э. М. Гуровиц.

Заключение

Таким образом, за прошедшие 50 лет творческий коллектив СКБ техники ночного видения разработал и внедрил в производство более 70 образцов ПНВ широкого применения всех 3-х поколений. В настоящее время он играет ведущую роль в разработке последующих поколений ПНВ с использованием исключительно матричных и твердотельных преобразователей изображения, в создании интегрированных многоспектральных комплексов на их основе и, в конечном счете — автоматизированных приборов обнаружения и распознавания для роботизированных систем.

Перспективы развития ПНВ

На основе приведенных и ведущихся работ можно определить общие тенденции развития ПНВ и возможности оптимизации их отдельных направлений. Развитие техники ночного видения должно идти следующими путями: совершенствование элементов в канале визуализации изображения; разработка новых схемно-конструктивных решений с учетом критерия «эффективность/стоимость» и расширение области применения приборов на основе их конверсионных возможностей; технологическая отработка конструкций.

Дальнейшее продвижение по указанным направлениям связано с решением целого ряда научно-технических проблем, а именно:

- повышение характеристик ЭОП, в первую очередь увеличение чувствительности фотокатода, его диаметра с 18 до 25, 40 мм и разрешающей способности;
- создание ЭОП, чувствительных в ИК области спектра до 1,5—1,7 мкм, для работы при ЕНО и в области 3—5 мкм для визуализации теплового изображения;
- создание твердотельных преобразователей изображения (ТПИ) — аналогов ЭОП для видимого и ИК диапазонов спектра;

— разработка и реализация в ТПВ-приборах фокально-плоскостных матриц (ФПМ), не требующих глубокого охлаждения;

— разработка и реализация методов оптимальной обработки пороговых оптических изображений в присутствии световых помех;

— развитие методов расчета нетрадиционных оптических систем (киноформных, внеосевых, голографических) для применения в портативных и наголовных приборах;

— реализация новейших оптических технологий полимерной, киноформной, градиентной оптики, специальных просветляющих, защитных, небликующих и дихроичных покрытий;

— внедрение полимерных и композиционных конструктивных материалов, прогрессивных методов формообразования;

— микроминиатюризация электронных схем, включая и высоковольтные источники питания;

— внедрение микропроцессорной техники и современного программного обеспечения;

— создание миниатюрных встраиваемых в ПНВ модулей осветителей на основе ИК полупроводниковых лазеров и светодиодов;

— разработка систем автоматической фокусировки и регулировки рабочего режима приборов.

Естественно, что решение этих проблем должно опираться на новейшие достижения опто- и микроэлектроники, ТВ техники, информационных технологий и других смежных областей.

Решение указанных проблем должно существенно улучшить параметры приборов: в 1,5—2 раза повысить их дальность действия; обеспечить работу при ЕНО до 10^{-4} лк, то есть для 90% всего темного времени суток; уменьшить массу наголовных ПНВ до 0,4—0,5 кг, а носимых — до 0,7—0,8 кг. Кардинальное решение многих задач ночного видения могли бы обеспечить приборы ТПВ на базе ФПМ и твердотельных индикаторов, однако, принимая во внимание реально существующие производственно-технологические проблемы, нет оснований полагать, что эти ТПВ приборы вытеснят ПНВ в обозримом будущем.

Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что разработка ПНВ должна осуществляться в направлении создания адаптивных систем, работающих круглосуточно в широком диапазоне изменения внешних условий, в соответствии с которыми приборы должны оптимизировать свою работу. Поскольку решить задачу в полном объеме с использованием одноканальных приборов достаточно сложно, необходимо разрабатывать многоканальные (много-спектральные) системы и, в конечном счете, полностью интегрированные приборы, в которых изображения отдельных каналов обрабатываются в реальном масштабе времени и формируется высококачественное интегрированное изображение. При этом необходим модульный принцип построения приборов, допускающий как создание их унифицированного ряда, так и применение модулей для многоканальной системы.

В СКБ ТНВ начаты работы по созданию ПНВ 4-го поколения. Они основаны на разработке принципиально новой компоновки ПНВ с «развязанным индика-

тором». В этих ПНВ входное устройство связано с индикатором за счет гибкой проводной или радиорелейной связи. Первый способ построения прибора предполагает применение сочленения ЭОП с ПЗС матрицей или самостоятельное использование высокочувствительной ПЗС матрицы, подключаемой к плоскому ТВ-индикатору. Второй способ связан с применением ТПИ, чувствительного в области до 1,5—2 мкм, подключенного к плоскому индикатору. Уже созданы НТВ ПНВ на базе ПЗС для работы при $\text{ЕНО} = 10^{-2}$ лк. Для функционирования при $\text{ЕНО} = 10^{-3}$ лк в настоящее время разработаны НТВ ПНВ на базе гибридно-модульных преобразователей (ГМП), в которых ПЗС-матрица стыкуется с помощью оптики переноса или фоконса с экраном ЭОП. При этом возникают потери по энергетике и по разрешению. Более рациональный вариант — разработка ПЗС матриц, освещаемых с обратной стороны, что позволяет повысить квантовый выход с 30 до 90 %. В сочетании с применением малощумящих интегрированных усилителей это обеспечивает эквивалентную чувствительность ПЗС матрицы, достаточную для работы при $\text{ЕНО} = 10^{-4}$ лк без необходимости стыковки ПЗС с ЭОП. Если же использовать такой ПЗС вместо анода (экрана) бипланарного ЭОП без МКП, то при возбуждении ПЗС потоком электронов с фотокатода появляется дополнительное усиление, при котором данный ГМП может работать при освещенности фотокатода 10^{-7} — 10^{-2} лк. В итоге на основе такого прибора вместо традиционных ПНВ может быть получен микроминиатюрный сверхчувствительный НТВ ПНВ. Антиблуминговое устройство ПЗС-матрицы обеспечивает при этом эффективную локализацию и ограничение влияния световых помех. Возможность конструктивного разделения собственно НТВ камеры и ТВ индикатора, дистанционной передачи изображения, его дублирование и синхронная цифровая обработка открывают новые конструктивные возможности перед этим поколением ПНВ. Через его электронный канал в поле зрения индикатора может быть введена любая оперативно изменяемая информация в виде цифр или символов. Исполнение индикатора на базе жидкокристаллической (ЖК) матрицы позволяет резко уменьшить габариты, массу при одновременном повышении качества изображения.

ПЗС, чувствительный в области спектра 0,4—1,1 мкм, выгодно отличается от ЭОП, работающего в области 0,4—0,95 мкм. Вместе с тем известно, что область спектра 1,5—2 мкм в 5 раз более эффективна по сравнению с областью 0,5—0,95 мкм и в 2—3 раза — по сравнению с 0,9—1,1 мкм. Кроме того, в области спектра 1,5—2 мкм излучение лучше проходит в атмосфере в условиях тумана и даже некоторых дымов. Поэтому в СКБ ТНВ ведутся работы по применению в ПНВ 4-го поколения ТПИ на основе структуры МДП-ЖК или МДП-электролюминофор. Наряду с разработкой ТПИ ведутся работы по созданию ЭОП с фотокатодом на основе полупроводниковых слоев с барьером Шоттки, работающего в области спектра — 0,9—1,65 мкм. Представляет интерес также разработка ПЗС матриц на базе InGaAs, работающих в области спектра 0,9—1,7 мкм (без охлаждения) или 1—3 мкм (с ТЭО).

Развитие ТПВ-систем связано с переходом от приборов 1-го поколения, выполненных на базе линеек фотоприемных устройств с оптико-механической системой развертки изображения, к ПНВ на базе ФПМ-ИК ПЗС, не требующих указанной системы, позволяющих реализовать ТВ-стандарт, повышенную чувствительность и разрешение, минимальные массу, габариты и энергопотребление.

Наиболее характерны ФПМ на основе HgCdTe, GaAs/AlGaAs ($T=77$ К, рабочая область спектра 8—12 мкм), InSb, PtSi ($T = 77$ К, 3—5 мкм), PbS, PbSe ($T = -54^{\circ}\text{C}$; 1,0—4,1; 3—5 мкм). Недостатком ТПВ прибора на базе таких ФПМ является необходимость криогенного охлаждения. В связи с этим ведутся работы по созданию ТПВ приборов на базе высокочувствительных неохлаждаемых пироэлектрических ФПМ и в особенности более технологичных болометрических ФПМ на основе кремния. Эти ФПМ, работающие в области спектра 8—14 мкм, будут иметь параметры не хуже, чем у ФПМ на базе HgCdTe, но их стоимость в 5 раз ниже. Это даст возможность получить сравнительно дешевые портативные ТПВ-приборы и создавать на их основе как системы с повышенной дальностью действия, так и прицелы для легкого стрелкового оружия, а также ОНВ, НМ, НБ. Их качество изображения близко к телевизионному, но в отличие от НТВ ПНВ тепловизионные приборы работают при пониженной прозрачности атмосферы и в присутствии световых помех.

Любой из рассмотренных выше ПНВ может быть задействован в АИ режиме при условии стробирования приемной части и использования импульсного лазерного осветителя с соответствующей длиной волны.

Таким образом, развитие приборов всех направлений сводится к стремлению использовать фотоприемные матрицы, работающие в областях спектра 0,4—1,1; 1—3; 3—5; 8—14 мкм. Естественно объединить каналы на основе таких матриц в интегрированный прибор с унифицированным ТВ-форматом изображения, усилителями, схемой цифровой обработки и ТВ-индикатором. Уже сейчас в СКБ ТНВ созданы сравнительно простые многоспектральные объективы с модульной схемой построения, охватывающие все указанные области спектра. Интегрированные малогабаритные приборы могут быть отнесены к 5-му поколению помехозащищенных, круглосуточных и всепогодных приборов с высокой степенью адаптивности. В целях повышения вероятности обнаружения и распознавания такие ПНВ могут быть объединены с радиолокационным, акустическим и другими каналами-модулями.

На базе развития этих приборов возможно создание систем 6-го поколения, отличающихся наличием встроенного микропроцессора, который автоматически решает задачу обнаружения, распознавания, измерения параметров объекта и выдачу этой информации в исполнительное устройство управления роботизированным комплексом.

Особый интерес представляют интегрированные наголовные (нашлемные) приборы. Они найдут применение как для пилотирования летательных аппаратов и наведения их оружия в боевых условиях, так и для разведчиков и бойцов

спецподразделений. Такие многоканальные приборы незаменимы для спасателей, вождения и навигации транспортных средств в сложных условиях. На основе таких систем могут создаваться роботизированные комплексы, устанавливаемые на различные носители и решающие задачи разведки, наведения оружия в военной технике, а в народном хозяйстве — строительства, разведки и добычи полезных ископаемых, ремонтных и спасательных работ в сложных условиях.

СКБ ТНВ имеет многолетние устойчивые связи с широким кругом предприятий оптической и электронной промышленности, конструкторскими и научно-исследовательскими организациями различных ведомств, институтами РАН и обладает необходимым потенциалом для выполнения перспективных НИОКР. В настоящее время в СКБ ТНВ ведутся интенсивные работы по созданию научно-технических основ разработки всех поколений приборов широкого применения. Прилагаются усилия по формированию исследований, связанных с созданием перспективной элементной базы, которая, воплощая в себе лучший опыт отечественных и зарубежных разработок, позволит сделать новый шаг в развитии техники ночного видения.

Night vision devices of the Special Designer Bureau for Night Vision Engineering

*N. F. Koshavtsev, Yu. G. Edelstein, V. G. Volkov, A. A. Tolmachev,
S. F. Tolmachev, S. F. Fedotova, T. K. Kirchevskaya*
The ORION R&P Association, Moscow, Russia

This article is about the-history and night vision devices development and perspectives including: night vision devices with image intensifier tubes, active-impulse laser devices, low light level television and thermovision devices etc.