

Н. Н. Мордвин, Г. Н. Попов

## КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ НАБЛЮДЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Представлена концепция построения оптико-электронных приборов наблюдения универсального назначения. Обоснован состав каналов перспективной многоканальной оптико-электронной системы (ОЭС). Рассматривается возможность работы системы в дневных и ночных условиях, а также сложных погодных условиях и при наличии помех. Затронуты вопросы повышения информативности работы ОЭС, получаемого изображения и, в частности, обнаружения замаскированных объектов.

***Ключевые слова:** многоканальные оптико-электронные приборы, сложные условия, состав каналов, повышение информативности, обнаружение замаскированных целей.*

**Введение.** Потребность вооруженных сил в современных оптико-электронных средствах разведки и наблюдения высока и особенно остро она ощущается в приборах, позволяющих вести разведку как днем, так и ночью. Наиболее эффективны для ведения круглосуточной разведки многоканальные оптико-электронные системы (МОЭС). Каждый канал МОЭС работает в собственном спектральном диапазоне и имеет ограничения по информативности, накладываемые внешними условиями: уровнем освещенности, влажностью воздуха, задымленностью атмосферы и т. д. Однако в целом расширение общего спектрального диапазона и синтез изображений, полученных в различных спектральных оптических диапазонах, существенно повышают информативность получаемых разведданных, что позволяет вести непрерывное наблюдение даже в сложных условиях.

К приоритетным направлениям совершенствования вооружения относится развитие интегрированных систем и средств разведки. Опыт боевых действий в Персидском заливе, Югославии и на Северном Кавказе показал, что в военном противоборстве одерживает верх та сторона, средства поражения которой быстрее реагируют на проявление активности противника. Минимизировать время реакции современных средств поражения можно только путем их комплексирования со средствами разведки.

ОЭС наиболее полно отвечают указанным требованиям и являются в настоящее время наиболее динамично развивающимся направлением военной техники, оставаясь одним из основных средств артиллерийской и общевойсковой разведки.

Развитие оптико-электронных приборов (ОЭП) военного назначения привело к созданию комплексных систем разведки, в которых применяются приборы, основанные на использовании различных физических принципов — приборы ночного видения, приборы с телевизионными (ТВ), тепловизионными (ТпВ) и лазерными каналами. Основной предпосылкой комплексирования ОЭП является различное воздействие факторов естественного и искусственного происхождения на различные каналы получения видеоинформации, поскольку каждый из упомянутых каналов, взятый в отдельности, не в состоянии удовлетворять возросшим техническим требованиям в условиях плохой видимости, тщательной маскировки целей, активного применения средств радиоэлектронного противодействия.

При комплексировании ОЭП эффективность системы по дальности обнаружения целей оказывается выше эффективности каждого из каналов. При этом комплексирование происходит не только на основе конструктивно-технического объединения различных каналов, но и на основе частичного совмещения оптических осей, совместной обработки информации с целью ее одновременного представления на общем дисплее в виде единого изображения.

В комбинированных системах механически объединены оптико-электронные каналы, регистрирующие физически независимые устойчивые отличительные признаки целей и фона. Объединение происходит по конструктивно-техническому принципу, без совместной обработки информации. Представление информации обеспечивается отдельными дисплеями или одним дисплеем, снабженным переключателем каналов. Эффективность комплекса не уступает эффективности оптимального для данных условий канала. Создание комбинированных систем является первым этапом интеграции ОЭП.

**Обоснование состава каналов многоканальных ОЭС.** На эффективность применения ОЭС основное влияние оказывают три фактора: параметры атмосферы, освещенность местности, параметры фоноцелевой обстановки.

Параметры атмосферы и освещенность в основном определяют значения дальности работы ОЭС. Параметры цели определяют как дальность обнаружения, так и информативность разведки. В ТпВ-диапазоне (с длиной волны излучения свыше 3 мкм) температурный контраст цели с фоном оказывает особое влияние на дальность работы оптико-электронных средств.

**Параметры атмосферы.** Хорошо известно [1—3], что максимальная эффективность работы ОЭС достигается только в „окнах“ прозрачности атмосферы. При этом в различных участках спектра основные потери, связанные с поглощением излучения толщей атмосферы вдоль трассы наблюдения, определяются различными составами газовых сред и примесей. Так, если в диапазоне 1—2 мкм коэффициент пропускания определяется, главным образом, величиной концентрации углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), то в диапазонах 3—5 и 8—12 мкм основные потери происходят из-за поглощения излучения водяными парами ( $\text{H}_2\text{O}$ ), концентрация остальных примесей влияет меньше.

Стоит отметить, что использование рабочего ТпВ-диапазона 8—12 мкм более эффективно при задымлении поля боя, чем диапазона 3—5 мкм, который более эффективен при повышенной влажности, в том числе за счет более высоких температурных контрастов.

Таким образом, при различных соотношениях концентраций газов и паров воды в атмосфере эффективность ОЭС различного диапазона будет различаться.

Фактором, ограничивающим дальность действия ОЭС, являются также потери на рассеянии излучения на частицах и молекулах [2, 3]. Наиболее критичным к молекулярному и аэрозольному рассеянию (рассеянию на частицах) является ультрафиолетовый (УФ) диапазон работы ОЭС, наименее критичным — длинноволновый ТпВ-диапазон (8—14 мкм).

Рассеяние и поглощение в атмосфере определяют метеорологическую дальность видимости — основной параметр, использующийся при оценке дальности действия ОЭС.

Комплексирование ОЭС, работающих в разных участках спектра, позволяет вести стабильную (устойчивую) разведку при различных состояниях прозрачности атмосферы.

**Освещенность объекта фоновым излучением.** Освещенность объекта излучением атмосферы определяет уровень интенсивности отраженного излучения от объекта, фиксируемого ОЭС. Уровень освещенности определяет эффективность работы ОЭС УФ-, видимого и ближнего инфракрасного (ИК) диапазонов (УВИ-область спектра) [2].

Так, ОЭС, работающие в видимой части спектра с использованием ТВ-камер, а также ОЭС УФ-диапазона спектра эффективны при достаточно больших уровнях освещенности начиная от 10—50 лк и заканчивая десятками тысяч люкс. При этом для ОЭС УФ-диапазона спектра более предпочтительно прямое солнечное облучение объекта.

Для ОЭС ближнего ИК-диапазона на основе электронно-оптических преобразователей минимальный уровень рабочей освещенности составляет  $10^{-3}$ — $10^{-4}$  лк, что существенно расширяет диапазон их применения.

Эффективность работы ОЭС ТпВ-диапазона не зависит от освещенности на местности, так как определяющую роль в данном случае играет собственное тепловое излучение объекта и фона. Таким образом, ОЭС ТпВ-диапазона обладают возможностью круглосуточной работы, но более низкой информативностью, чем ОЭС видимого и ближнего ИК-диапазонов. Поэтому комплексирование ОЭС различных спектральных диапазонов позволяет добиться непрерывного круглосуточного ведения разведки.

**Параметры фоноцелевой обстановки.** Одним из основных параметров фоноцелевой обстановки можно считать контраст между объектом разведки и подстилающим фоном.

Для ОЭС УВИ-области спектра контраст определяется различием коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) объектов и фонов. В условиях одной и той же фоноцелевой обстановки ОЭС различного диапазона показывают различную эффективность. Объекты разведки при смене рабочего спектрального диапазона ОЭС изменяют величину контраста с фоном вплоть до смены знака. В различных фоноцелевых условиях преимущества имеют ОЭС различных спектральных диапазонов.

Для ОЭС ТпВ-диапазона контраст (температурный контраст) определяется разностью температуры объекта и фона. Для диапазона 3—5 мкм температурный контраст между объектами и фоном выше, и в соответствии с законом Планка более отчетливо видны тела с большой температурой. В диапазоне 8—14 мкм более информативна подстилающая поверхность местности [1]. Следовательно, одновременное использование обоих диапазонов будет увеличивать вероятность правильного обнаружения целей по сравнению со случаем использования одного канала.

Таким образом, задача обеспечения круглосуточности и всепогодности боевого применения ОЭС разведки в широком диапазоне внешних условий наиболее эффективно решается путем комплексирования данных, полученных в различных спектральных диапазонах работы ОЭС.

**Повышение информативности ОЭС.** Задача повышения информативности ОЭС решается путем синтеза изображения нескольких оптико-электронных каналов. Изображение, поступающее от каждого из каналов, работающих в своем спектральном диапазоне, обладает индивидуальными особенностями и характерными признаками.

Характерными отличительными признаками ОЭС УВИ-области спектра являются различные значения контраста объекта и фона, которые зависят от облученности объекта и коэффициента спектральной яркости объекта и фона в рабочих диапазонах длин волн ОЭС. Характерным признаком ОЭС ТпВ-диапазона является тепловая отметка объекта на тепловом фоне местности.

В результате наблюдений психофизиологов было установлено, что человек при распознавании образов пользуется, главным образом, принципом предпочтительности тех или иных признаков. С этой целью он сопоставляет объекты одного класса, выделяя их общие и разделяющие признаки.

Психофизиологической особенностью восприятия зрительной (оптической) информации у высших животных и человека [4] является декорреляция изображений в пространстве и времени в целях устранения статистических избыточных связей соседних элементов изображения и последовательных кадров уже в системе первичной обработки информации. Это позволяет использовать только наиболее информативные признаки распознаваемых образов и наиболее экономно кодировать информацию для передачи ее в систему вторичной обработки — мозг.

Синтезируя в едином изображении отличительные признаки изображения различных каналов и акцентируя на них внимание, можно резко повысить информативность и эффективность ведения разведки. Таким образом, чем больше оптико-электронных каналов различного диапазона будет задействовано для ведения разведки, тем лучше результат.

Однако в процессе разведки возможна ситуация, при которой основные характерные признаки наблюдаемого объекта во всех спектральных диапазонах не выявляются либо выявляются слабо, что не позволяет распознать или даже обнаружить объект разведки. Такая ситуация характерна для работы по замаскированным целям.

**Задача обнаружения замаскированных целей.** В настоящее время в состав прицельно-наблюдательных комплексов образцов вооружения и военной техники сухопутных войск традиционно входят оптико-электронные каналы разведки, наблюдения и прицеливания видимого, ближнего и дальнего ИК-диапазонов.

При использовании противником качественной маскировки обнаружение и распознавание объекта затруднено, соответственно вероятность обнаружения и распознавания замаскированного объекта на типовых тактических дальностях может быть близка к нулю.

В рамках современной концепции ведения боевых действий в период подготовки к наступлению объекты противника в первом эшелоне обороны должны быть укрыты и замаскированы. Полевой устав армии США содержит предписание передовым подразделениям сохранять маскировку до тех пор, пока не возникнет необходимость выдвинуться на открытую местность для проведения атаки или контратаки.

В соответствии с тактической описательной моделью боевых действий, разработанной Научно-исследовательским центром ракетных войск и артиллерии вооруженных сил РФ и предназначенной для проведения оценки эффективности ведения разведки из подвижного разведывательного пункта (ПРП), в качестве типового объекта разведки рассматривается окопанный танк в первой линии обороны противника (на расстоянии 2 км от ПРП) — танк в лобовой проекции с разворотом пушки в пределах  $\pm 30^\circ$  с неработающим двигателем, расположенный в окопе глубиной до 1 м с высотой брустера до 0,5 м, замаскированный под фон местности маскировочной сетью типа МКТ-Л, готовый к ведению огня.

ОЭП, входящие в состав подвижных разведывательных пунктов, обеспечивают дальность распознавания окопанных и замаскированных объектов бронетанковой техники менее чем 1—1,5 км, что не удовлетворяет возросшим современным требованиям.

В этой связи проведение работ, направленных на выявление новых демаскирующих признаков, создание оптико-электронных каналов разведки, использующих данные признаки с целью повышения эффективности разведки замаскированных целей, крайне важно.

**Предлагаемые пути решения задачи.** При построении МОЭС планируется реализовать концепцию обнаружения и распознавания с большой степенью вероятности замаскированного объекта по дополнительным демаскирующим признакам, которыми могут являться:

1) блик — обратное отражение лазерного излучения фокальными элементами (сеткой, фотокатодом) ОЭП при сканировании пространства лазерным лучом;

2) отличия в КСЯ объектов (в том числе замаскированных) и естественного фона в узких зонах УВИ-диапазона спектра;

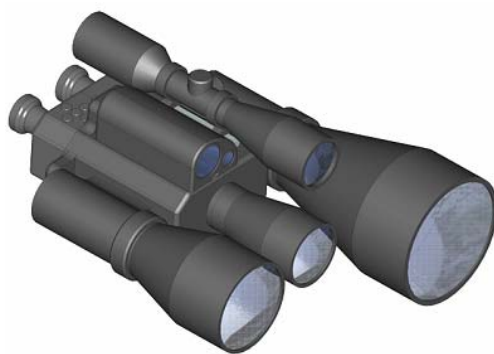
3) тепловая отметка от объекта, распознать который в сложившихся условиях наблюдения невозможно.

Таким образом, если в некоторой точке в полосе наблюдения обнаружены перечисленные признаки, то можно утверждать, что в данной точке распознана цель с достаточной степенью вероятности.

В таблице приведены состав, спектральный диапазон, основное назначение и специфика разведанных каналов переносного многоспектрального прибора разведки (ПМПР), позволяющие решать поставленные задачи. Возможный внешний облик соответствующей МОЭС представлен на рисунке.

**Состав, спектральный диапазон, основное назначение и специфика разведанных каналов ПМПР**

Канал	Спектральный диапазон, мкм	Основное назначение	Характерные признаки
ТВ-канал УФ-диапазона	0,2—0,38	Обнаружение замаскированных целей Обнаружение пуска ракет	Контраст КСЯ объектов и фонов Световая отметка факела ракеты
Дневной ТВ-канал	0,35—0,8	Разведка открыто расположенных целей в дневных условиях	Контраст КСЯ объектов и фонов
Ночной ТВ-пассивно-активный канал	0,4—1,1	Разведка открыто расположенных целей в ночных условиях в пассивном и активно-импульсном режимах Обнаружение замаскированных целей по блику от ОЭС	Контраст КСЯ объектов и фонов Световая отметка оптики ОЭС (блик)
Оптико-электронный канал коротковолнового ИК-диапазона	0,8—2,5	Обнаружение замаскированных целей	Контраст КСЯ объектов и фонов
ТпВ-канал средневолнового диапазона	3—5	Разведка открыто расположенных целей в дневных и ночных условиях Обнаружение замаскированных целей	Температурный контраст объектов и фонов Тепловая отметка
ТпВ-канал длинноволнового диапазона	8—14	Разведка открыто расположенных целей в дневных и ночных условиях Обнаружение замаскированных целей	Температурный контраст объектов и фонов Тепловая отметка
Лазерный дальномер с системой определения собственных координат	1,54	Определение координат цели	Координаты цели



В настоящее время макетный образец подобной системы находится на этапе разработки и изготовления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Инфракрасные системы „смотрящего“ типа. М.: Логос, 2004. 444 с.
2. Вольф У., Цисис Г. Справочник по инфракрасной технике. Т. 1. М.: Мир, 1995. 606 с.

3. Зув В. Е., Кабанов М. В. Перенос оптических сигналов в земной атмосфере (в условиях помех). М.: Сов. радио, 1977. 368 с.
4. Шашлов Б. А. Цвет и цветовоспроизведение. М.: Книга, 1986. 286 с.

*Сведения об авторах*

- Николай Николаевич Мордвин** — Центральное конструкторское бюро точного приборостроения, Новосибирск; начальник научно-исследовательского отделения;  
E-mail: post@tochpribor.com
- Геннадий Николаевич Попов** — Центральное конструкторское бюро точного приборостроения, Новосибирск; директор; E-mail: post@tochpribor.com

Поступила в редакцию  
12.01.09 г.