

*Игнатов М.М.*

*студент*

*Российский технологический университет МИРЭА (РТУ МИРЭА)*

*(г. Москва, Россия)*

*Савёлов Г.А.*

*преподаватель кафедры связи*

*военного учебного центра при РТУ МИРЭА*

*(г. Москва, Россия)*

*Алексеев А.А.*

*преподаватель кафедры связи*

*военного учебного центра при РТУ МИРЭА*

*(г. Москва, Россия)*

## **АНАЛИЗ РАБОТЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И ПРИМЕНЕНИЕ НА СВО**

*Аннотация:* в статье рассматриваются принципы работы, ключевые параметры и классификация приемников оптического излучения, используемых в оптико-электронных системах., подробно расписан выбор приемника излучения. Рассмотрены электронно-оптические преобразователи, эволюция поколений и характеристика преобразователей. Проанализировано применение приборов ночного видения, как работают приборы ночного видения, а также важность использования приборов ночного видения на СВО и выбор бойцов различных приборов ночного видения.

*Ключевые слова:* оптическое излучение, приемник, прибор, оптико-электронный прибор, выбор, прибор ночного видения, СВО.

**ANALYSIS OF OPERATION OF OPTOELECTRONIC DEVICES AND  
APPLICATION IN THE ELECTRONIC EQUIPMENT**

**Abstract:** *This paper examines the operating principles, key parameters, and classification of optical radiation receivers used in optoelectronic systems. It also provides a detailed description of receiver selection, examines image-intensifier tubes, the evolution of generations, and converter characteristics. It also analyzes the use of night vision devices, how night vision devices operate, the importance of using night vision devices in the SVO, and the selection of various night vision devices by soldiers.*

**Keywords:** *optical radiation, receiver, device, optoelectronic device, selection, night vision device, SVO.*

Оптико-электронные устройства и системы находят широкое применение в различных сферах: от народного хозяйства и науки до обороны. При их разработке ключевым вопросом часто становится подбор подходящего оптического детектора. Этот выбор зависит от множества факторов, включая назначение прибора, условия эксплуатации, технико-экономические соображения и доступность конкретных детекторов. Таким образом, определение оптимального приемника излучения является важной задачей, которую необходимо решать на ранних стадиях проектирования.

Устройство, предназначенное для преобразования оптического сигнала в электрический, называют приемником оптического излучения, в котором в единую конструкцию объединены приемник и схема предварительной обработки электрического сигнала. Приемники можно разделить на 2 большие группы: биологические и физические [1, с 7].

Как и во всех устройствах у приемников излучения есть свои параметры:

1. Чувствительность. В общем случае, чувствительность приемника – это количественная характеристика его способности детектировать оптическое излучение. Она выражается как отношение изменения выходной электрической величины приемника, обусловленного падающим излучением, к величине самого излучения, при определенных условиях эксплуатации.

2. Пороговые и шумовые параметры. Любой оптический приемник, помимо желаемого сигнала, генерирует или улавливает случайные, хаотичные помехи, известные как шум. Эти помехи, имеющие непредсказуемую амплитуду и частоту, могут иметь как внутреннее, так и внешнее происхождение. Главное ограничение, которое накладывает шум, заключается в том, что он делает невозможным детектирование сигналов, чья интенсивность ниже уровня шума, тем самым определяя минимальный порог чувствительности прибора.

3. Инерционность. Это свойство, которое характеризуется задержку изменения электрических характеристик приемника при облучении светом.

4. Сопротивление приемника. Данная характеристика является фундаментальной при выборе или расчете схемы коммутации приемника оптического излучения. Определение его значения позволяет вычислить оптимальное сопротивление нагрузки для данного приемника.

5. Спектральные параметры. Коротковолновая и длинноволновая границы спектральной чувствительности приемника оптического излучения определяются как наименьшая и наибольшая.

6. Геометрические, электрические и другие параметры. Для оценки конструктивных особенностей приемников излучения при работе его в составе оптико-электронных приборов необходимо знать такие его параметры, как площадь и конфигурация чувствительного слоя, оптические свойства (коэффициенты поглощения, преломления и отражения), емкость, напряжение питания, температура чувствительного слоя и ряд других параметров, описывающих его свойства.

Основные виды приемников излучения:

1. Приемники с внешним фотоэффектом.

- Фотоэмиссионные приемники излучения. К этим приемникам относятся вакуумные и газонаполненные фотоэлементы, фотоэлектронные умножители, а иногда и электронно-оптические преобразователи. В основе внешнего фотоэлектрического эффекта лежит эмиссия фотоэлектронов под

действием падающего излучения. Так как энергия фотонов падающего излучения уменьшается с увеличением длины волны (уменьшением частоты электромагнитных колебаний), для каждого вещества фотокатода существует длинноволновая («красная») граница внешнего фотоэффекта, при которой энергия фотоэлектрона не превышает работу выхода, необходимую для эмиссии электрона.

- Электронно-оптические преобразователи. Электронно-оптические преобразователи являются основным элементом ночного видения. В последние годы все большее распространение получают гибридные преобразователи, в которых используются фотоприемные модули на основе электронно-чувствительных ПЗС-матриц.

## 2. Приемники с внутренним фотоэффектом

- Фоторезисторы. В основе работы фоторезистора лежит изменение электропроводности чувствительного слоя при облучении.

- Фотодиод. Фотодиодом принято называть полупроводниковый прибор, основанный на использовании односторонней проводимости р-п-перехода, при освещении которого образуется разность потенциалов, и появляется электроток.

- Фототранзисторы. Это обладающие свойством усиления фототока ППИ с двумя р-п-переходами, в которых происходит направленное движение носителей тока. Фототранзисторы имеют высокий квантовый выход. Однако наличие второго р-п-перехода приводит к значительному увеличению шумов, поэтому часто предпочитают использовать фотодиоды, добавляя дополнительный каскад в усилитель сигнала, шум которого меньше влияет на обнаружительную способность прибора по сравнению с шумом, возникающим при использовании фоторанзистора.

## 3. Тепловые приемники излучения.

К этому типу относятся термоэлементы, болометры, пироэлектрические приемники, оптико-акустические приемники и некоторые др. Принцип работы термоэлементов основан на использовании термоэлектрического эффекта

Зеебека, который заключается в появлении электродвижущей силы (термоЭДС) в цепи, состоящей из двух разнородных по составу проводников, при условии, что между двумя их спаями имеется разность температур, т.е. контактные разности потенциалов на каждом спае различны. Падение напряжения на сопротивлении нагрузки  $R$  измеряется во внешней цепи. Обычно сопротивление термоэлемента очень мало.

После выбора приемника излучения следует приступить к выбору электронно-оптического преобразователя.

Электронно-оптические преобразователи представляют собой электровакуумную колбу, внутри которой размещены фотокатод, люминесцентный экран, фокусирующая и ускоряющая электронно-оптические системы. Характеристики и параметры зависят от используемых фотокатода и люминесцирующего вещества.

Поколения электронно-оптические преобразователей:

Поколение 1. Электронно-оптические преобразователи этого поколения имеют спектральную чувствительность фотокатода 1,2-2,5 мА/Вт. Отличительная особенность данных приборов в том, что изображение в центре более четкое и имеет меньшие искажения, чем по краям. Кроме этого, если в поле зрения попадают яркие источники света, например, фонари, светящиеся окна домов и др., то они могут засветить все изображение, препятствуя возможности наблюдения. При более низком освещении необходима дополнительная, чаще всего инфракрасная подсветка.

Поколение 2. Конструктивно электронно-оптические преобразователи 2 поколения отличается от 1 наличием специального усилителя электронов - микроканальной пластины. Различают два типоразмера электронно-оптические преобразователи - с МКП 25 и 18 мм. С точки зрения наблюдателя, больший типоразмер обеспечивает достаточно комфортное наблюдение, но и приводит к увеличению габаритов прибора. Все приборы 2 поколения имеют полезную для наблюдателя возможность - ручную регулировку яркости, позволяющую выбрать оптимальное соотношение усиления яркости и уровня

собственных шумов прибора для каждой конкретной ситуации наблюдения и адаптации глаза. Приборы 2 поколения с большим коэффициентом усиления яркости лучше всего использовать для ночной видеосъемки или фото.

Поколение 3. Электронно-оптические преобразователи 3 поколения, принципиально отличающиеся от своих предшественников высокоэффективным полупроводниковым фотокатодом на основе арсенида галлия, впервые были представлены на международных выставках вооружений в 1980-1982 гг. По сравнению с более ранними модификациями, за счет оптимального подбора входного полупроводникового слоя фотокатод имеет хорошую чувствительность и в «синей» части спектра (400-450 нм).

Поколение 4. В усилителях 4 поколения использованы новые технологические достижения и конструкции, обеспечивающие более высокую квантовую эффективность в большей части видимого участка и ближнего ИК-участка электромагнитных волн. Благодаря новому усилителю без противоионной пленки в очках ночного видения удалось значительно повысить дальность обнаружения объектов и разрешающую способность, особенно при очень низких уровнях освещенности.

Поколение 5. Электронно-оптические преобразователи 5 поколения кроме выполнения функции основного усилительного модуля будут включать в себя встроенный процессор обработки изображений, микродисплей, управляемый источник питания и приемопередатчик. Основные качественные показатели электронно-оптические преобразователи 5 поколения: повышение отношение сигнал/шум и контраста изображения в 2-3 раза за счет применения усовершенствованных фотокатодов, МКП и процессоров обработки сигналов; возможность комплексирования с каналами, построенными на других принципах действия (лазерными, радиолокационными и др.) [2, с 29].

Прибор ночного видения является – электронно-оптическим преобразователем. Прибора ночного видения работает следующим образом: Слабый свет попадает в объектив. Оптика направляет лучи на фотокатод. Под действием света появляются электроны - чем ярче, тем больше. Высокое

напряжение дает этим электронам дополнительную энергию - ускоряет их. Усиленный поток достигает катода, который покрыт специальным веществом - люминофором. Люминофор светится от этого, а яркость пропорциональна количеству и энергии электронов. В результате на экране получается многократно усиленное изображение объекта, попавшего в объектив.

Также существуют тепловизоры. Они улавливают тепловое излучение в условиях, когда электронно-оптические преобразователи бесполезны, в тумане или дымовой завесе. Позволяют различить животное в камышах или высокой траве, но не подходят работы в жару.

В настоящее время на СВО используется активно ПНВ 1 и 2 поколения, т.к. они качественные и не такие дорогие, как более новые поколения и в некоторых случаях применяются тепловизоры. Из опыта бойцов, известно, что использование ПНВ значительно повышает эффективность разных действий для различных задач в ночное время суток, проводят успешные наступления, а также имеют большое преимущество при обороне местности.

Критерии бойцов при выборе ПНВ:

1. Вес и размер. Чем легче, тем лучше.
2. Дальность действия. На сколько далеко можно заметить противника.
3. Время работы. Один из самых важных параметров, особенно играет ключевую роль при длительных наступлениях или обороне.

Проведенный анализ демонстрирует, что оптико-электронные приборы, в частности приборы ночного видения, являются неотъемлемым элементом оснащения современной армии. Оснащение подразделений Вооруженных Сил Российской Федерации надежными и эффективными ПНВ различных поколений, а также их грамотное тактическое применение предоставляет существенные преимущества в условиях специальной военной операции, позволяя вести активные боевые действия круглосуточно и снижая потери.

**Список литературы:**

1. Торшина И.П., Якушенков Ю.Г. Выбор приемника излучения при проектировании оптико-электронного прибора // Издательство МИИГАиК 2017. С. 7-15.
2. Николаев Д.Н. Электронно-оптические преобразователи. История развития и виды поколений // Доклады ТУСУРа, №1 (15), июль 2007. С. 29-33.
3. Приемники излучения. Классификация, характеристики и параметры. [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/> (дата обращения: 05.11.25).
4. Приемники излучения на основе внешнего фотоэффекта. [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/> (дата обращения: 05.11.25).
5. Использование приборов ночного видения на СВО – советы и рекомендации. [Электронный ресурс]. URL: <https://доброволец-центр.рф/> (дата обращения: 05.11.25).