

Общие сведения об оптико-электронных средствах наблюдения

Лекция 13/1

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ

- ***Физические основы устройства оптико-электронных средств (ОЭС) наблюдения.***
- ***Особенности устройства и принцип действия современных тепловизионных средств наблюдения.***
- ***Особенности применения оптико-электронных и тепловизионных средств наблюдения при охране и обороне объектов.***

Учебный вопрос №1

- **Физические основы устройства оптико-электронных средств (ОЭС) наблюдения**

Оптоэлектронные приборы наблюдения

- класс технических устройств, позволяющих значительно расширить возможности личного состава в ведении наблюдения за подступами к объекту, передвижением противника, ведении прицельного огня независимо от времени года, погодных условий и времени суток.

К таким приборам относятся:

- *приборы ночного видения, использующие принцип преобразования невидимого для невооруженного глаза изображения местности и целей ночью в видимое изображение;*
- *приборы ночного видения, использующие лазерную подсветку целей для наблюдения в ограниченных условиях видимости днем и ночью, вызванных метеорологическими факторами или применением противником средств искусственной маскировки и противодействия;*
- *приборы ночного видения, основанные на использовании телевизионных передающих трубок, работающих при низких уровнях ЕНО;*
- *тепловизионные приборы, использующие принцип преобразования собственного теплового излучения местности и целей (тепловой картины) в изображение, наблюдаемое человеческим глазом, в том числе в условиях тумана, дождя, снегопада и искусственных помех - задымления и применения маскирующих аэрозольных образований днем и ночью.*

Классификация оптических приборов

По назначению:

- *устройства наблюдения и разведки;*
- *измерительные системы;*
- *приборы управления;*
- *приборы обмена информацией;*
- *средства противодействия.*

Устройства наблюдения и разведки

- *смотровые приборы;*
- *бинокли;*
- *перископы;*
- *приборы ночного видения;*
- *приборы фоторегистрации;*
- *телевизионные устройства;*
- *тепловизионные устройства;*
- *лазерные приборы разведки*

Измерительные оптические устройства включают:

- буссоли и стереотрубы,
- панорамные визирьы и теодолиты,
- секстаны, дальномеры,
- тепlopеленгаторы,
- радиометры.

оптические приборы управления.

- инфракрасные, телевизионные, лазерные прицелы и прицельные станции,
- оптические головки самонаведения, неконтактные оптические взрыватели,
- оптические гироскопы,
- астроориентаторы.

Приборы обмена информацией


- Светосигнальные устройства,
- приборы для обработки стереофотоснимков,
- технические средства отображения оптической информации,
- оптические тренажеры,
- оптические линии связи

Средства противодействия оптической технике

- осветительные и дымовые устройства,
- маскировочные материалы и краски,
- устройства защиты оптических приборов и органов зрения от ярких вспышек света.

По физическим признакам

- ***оптико-механические устройства***
световая энергия без промежуточного преобразования поступает в зрительную систему человека и создает в его мозгу зрительный образ.
- ***оптикоэлектронные устройства.***
Световая энергия преобразуется с помощью фотоэлектронных преобразователей в электрический сигнал, а затем в удобном виде выдается в исполнительное устройство или отображается на экране оптического индикатора.



поиск представляет собой процесс обследования пространства средствами зрительного или технического наблюдения с целью обнаружения какого либо объекта, являющегося объектом поиска.

поиск объекта как результат решения трех задач:

обнаружение, когда наблюдатель выделяет из фона объект, характер которого остается для него неясным;

опознавание, когда наблюдатель называет объект и может определить его форму, т. е. крупные детали объекта;

идентификация объекта, когда наблюдатель, различая отдельные мелкие детали, может отличить этот объект от других, находящихся в поле его зрения

При ухудшении видимости, при необходимости поиска малоразмерных объектов или изменении поля обзора **используют оптические приборы.**

К числу характеристик оптических приборов, определяющих возможность наблюдения неподвижных и движущихся объектов в полевых условиях, относятся:

- *увеличение Γ^x крат;*
- *поле зрения 2β , град;*
- *коэффициент светопропускания τ , %;*
- *диаметры входного (D) и выходного (d) зрачков, мм.*

Физический принцип действия оптико-электронного прибора

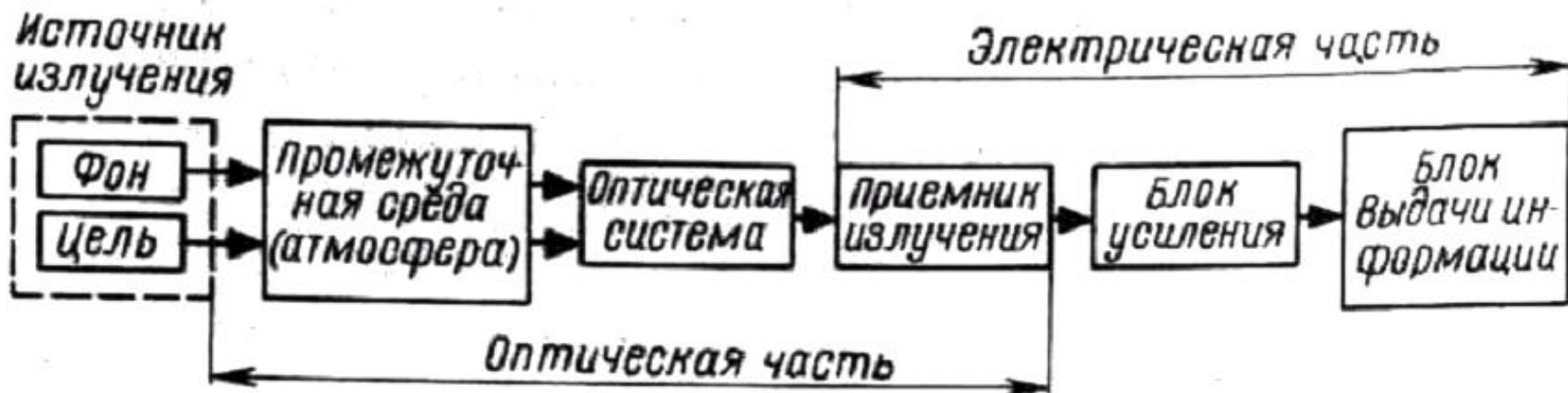
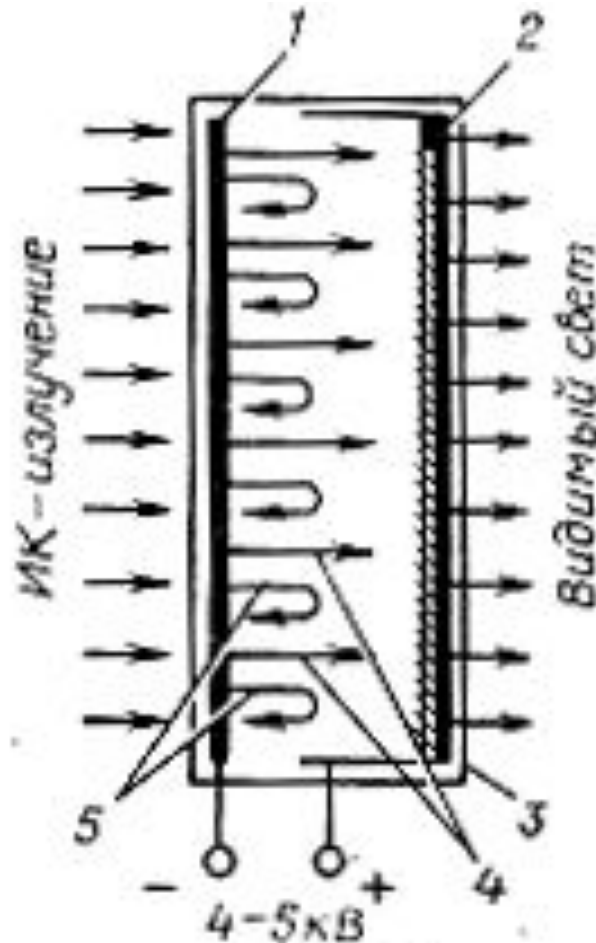


Схема электронно-оптического преобразователя

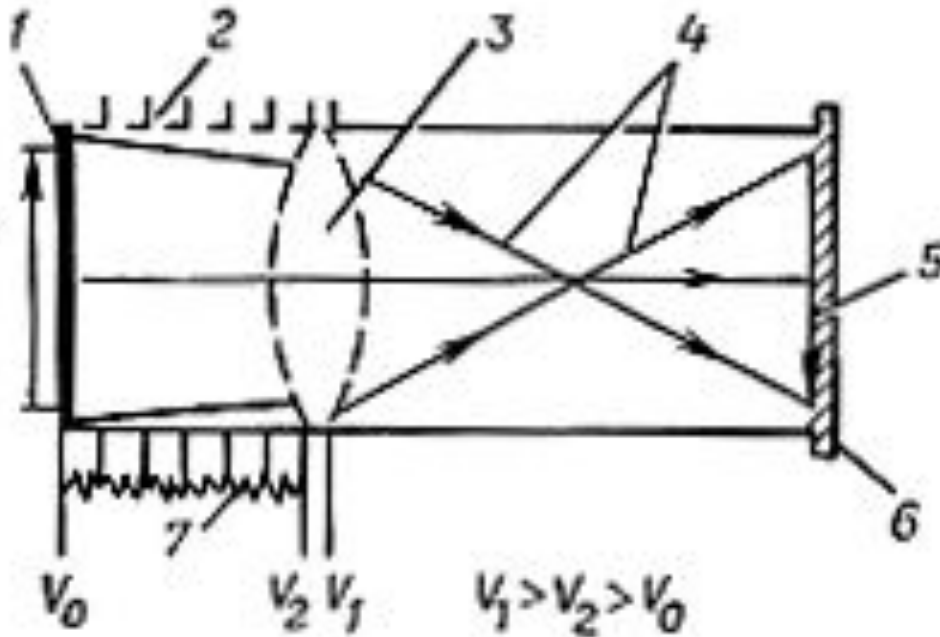


Стакан Холста:

1 — фотокатод; 2 — металлизированный люминесцентный экран; 3 — стеклянный цилиндр; 4 — поток электронов; 5 — электроны, не получившие достаточного ускорения

Если на фотокатод такого преобразователя, называемого стаканом Холста, направить поток ИК-лучей или сфокусированное объективом изображение какого-либо предмета в ИК-лучах, то его кванты вырывают из фотокатода электроны, которые под действием ускоряющего поля, создаваемого высоким напряжением, направляются к экрану, где в месте соударения электронов с люминофором возникает свечение, наблюдаемое глазом.

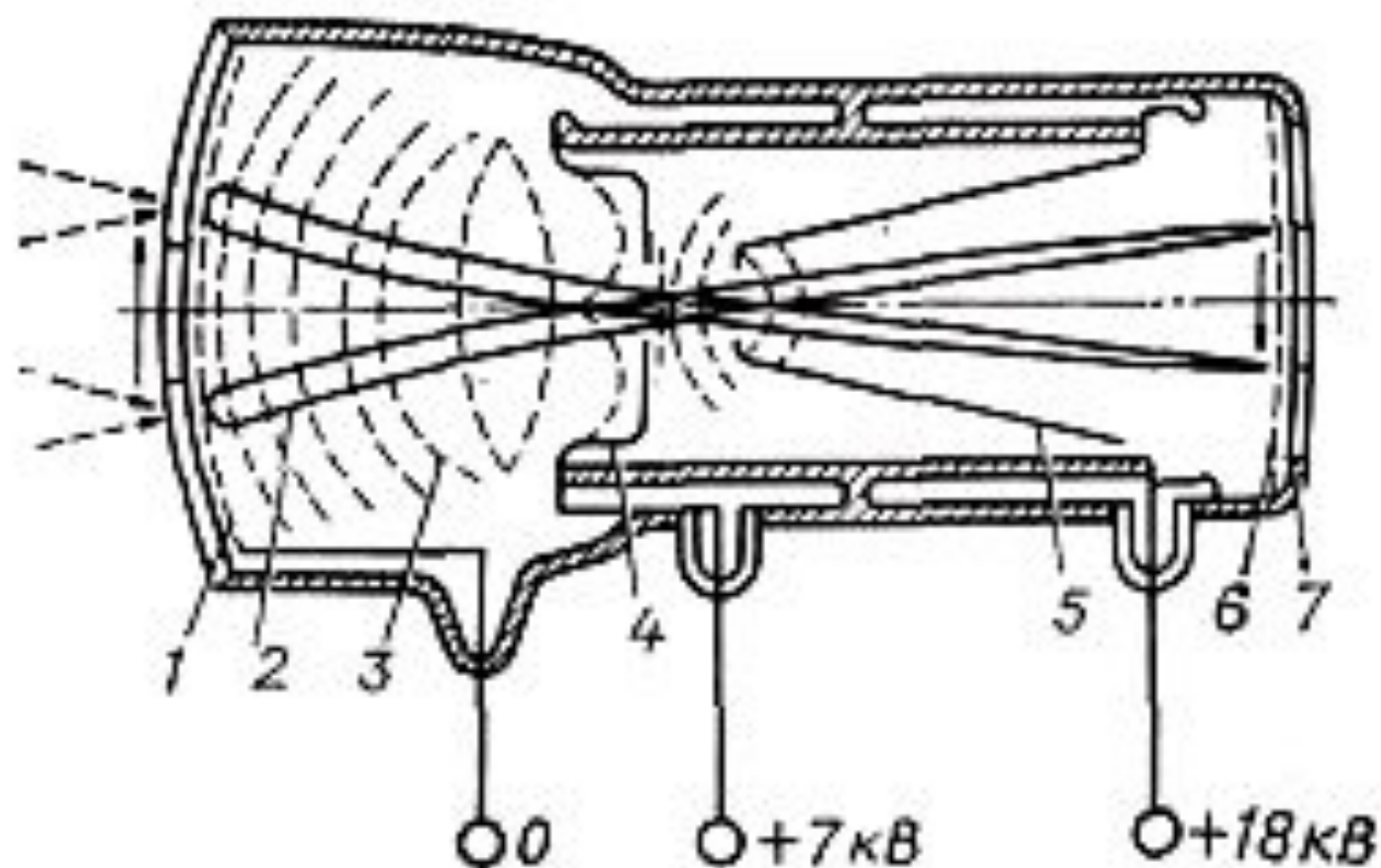
Проекция изображения
в ИК-лучах



Принцип действия ЭОП с электро-
статической фокусировкой:


1 — фотокатод; 2 — фокусирующие кольца; 3 —
символическое изображение электронной линзы;
4 — траектории электронов; 5 — люминесцентный
экран и изображение объекта; 6 — анод; 7 — де-
литель напряжения

Для фокусировки электронного изображения в ЭОП используется т.н. "электронная" линза. Фокусировка электронного пучка производится с помощью фокусирующих колец, к которым прикладывается постоянное напряжение от высоковольтного источника тока через делитель напряжения. Фокусирующие кольца образуют эквипотенциальные поля, напоминающие по распределению в них напряжения линзу.



**Электронно-оптический преобразователь
с электростатической фокусировкой:**

1 — фотокатод; 2 — электронные лучи; 3 — эквипотенциальные поля, образующие электронную линзу; 4 — фокусирующий электрод; 5 — анод; 6 — экран; 7 — колба



Процесс преобразования в этом ЭОП, называемом по современной терминологии *трубкой нулевого поколения*, начинается с вылета фотоэлектронов из катодного слоя при проецировании на него ИК-излучения. Количество освобожденных фотоэлектронов зависит от плотности и интенсивности излучения на фотокатоде, а их поток в целом оказывается промодулированным в пространстве той картиной, какая была заложена в потоке излучения, воспринятом объективом.

Ускорение вылетевших из фотокатода фотоэлектронов происходит под действием электрического поля, образованного высоким напряжением, приложенным к экрану трубки: фотоэлектроны получают энергию. Под действием фотоэлектронов, бомбардирующих экран, возникает свечение люминофора экрана, но уже в видимой области, которое можно наблюдать невооруженным глазом. При этом изображение на экране по распределению светлых и темных мест отвечает картине, спроецированной на фотокатод, но по энергетическим характеристикам интенсивность на выходе трубки (экране) будет в 20-50 раз больше, чем интенсивность излучения на ее входе. Такое усиление называется фотонным, т. е. световым.

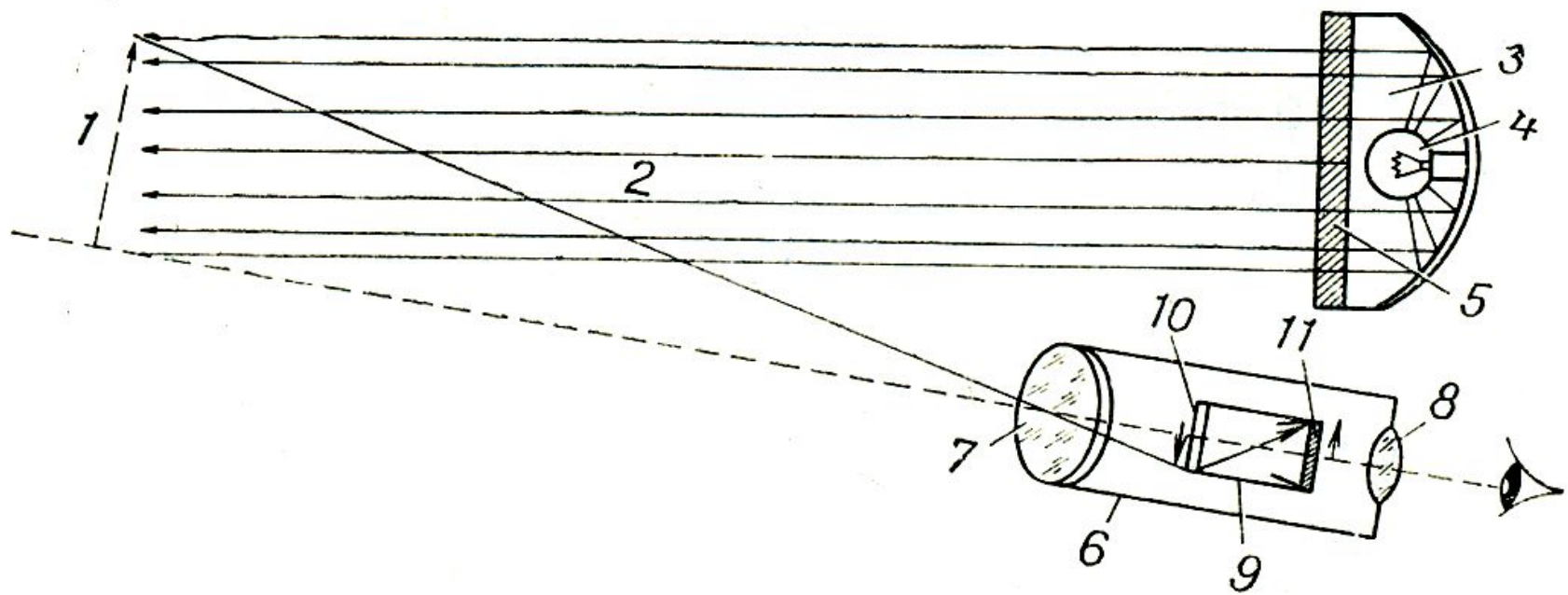
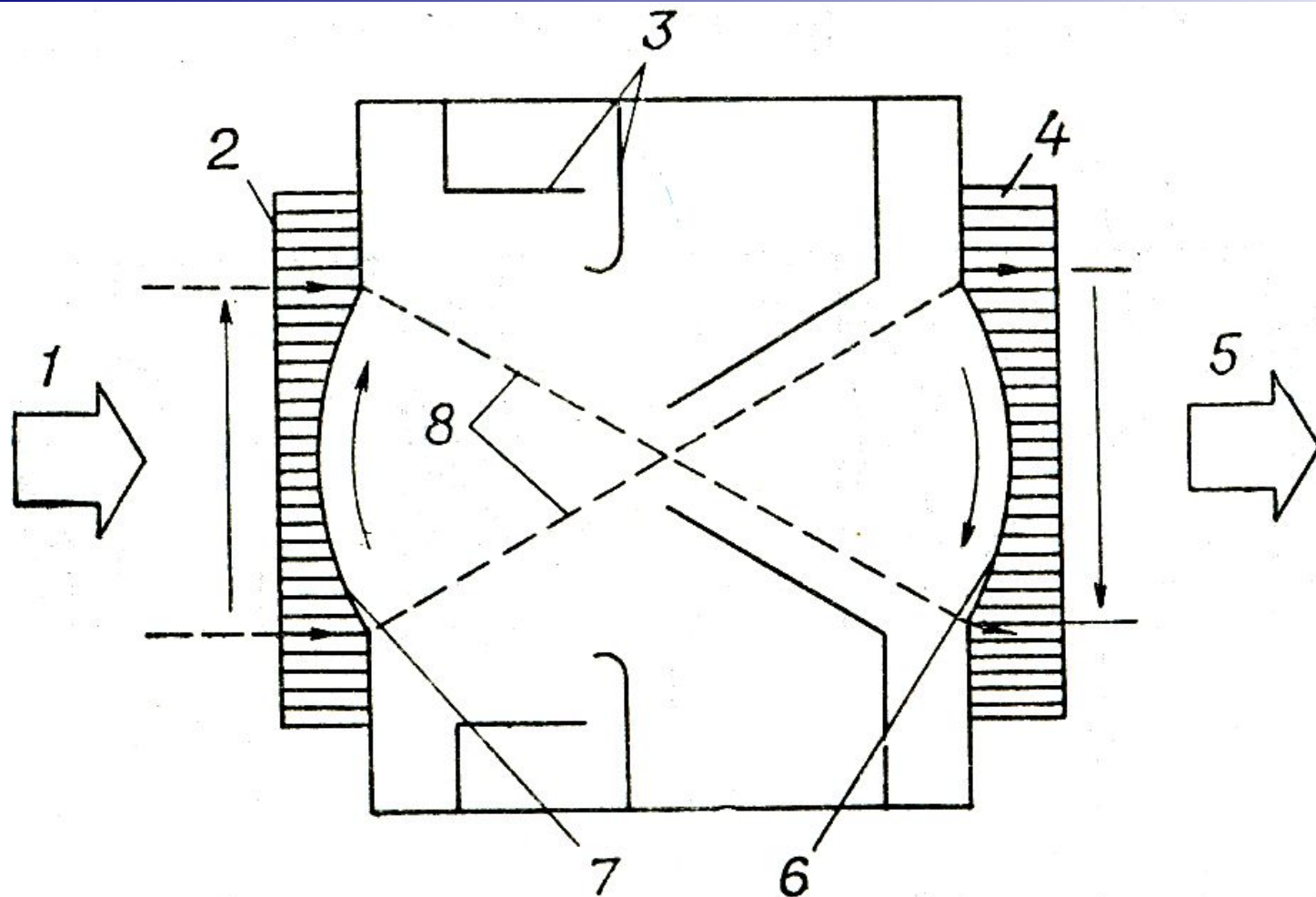


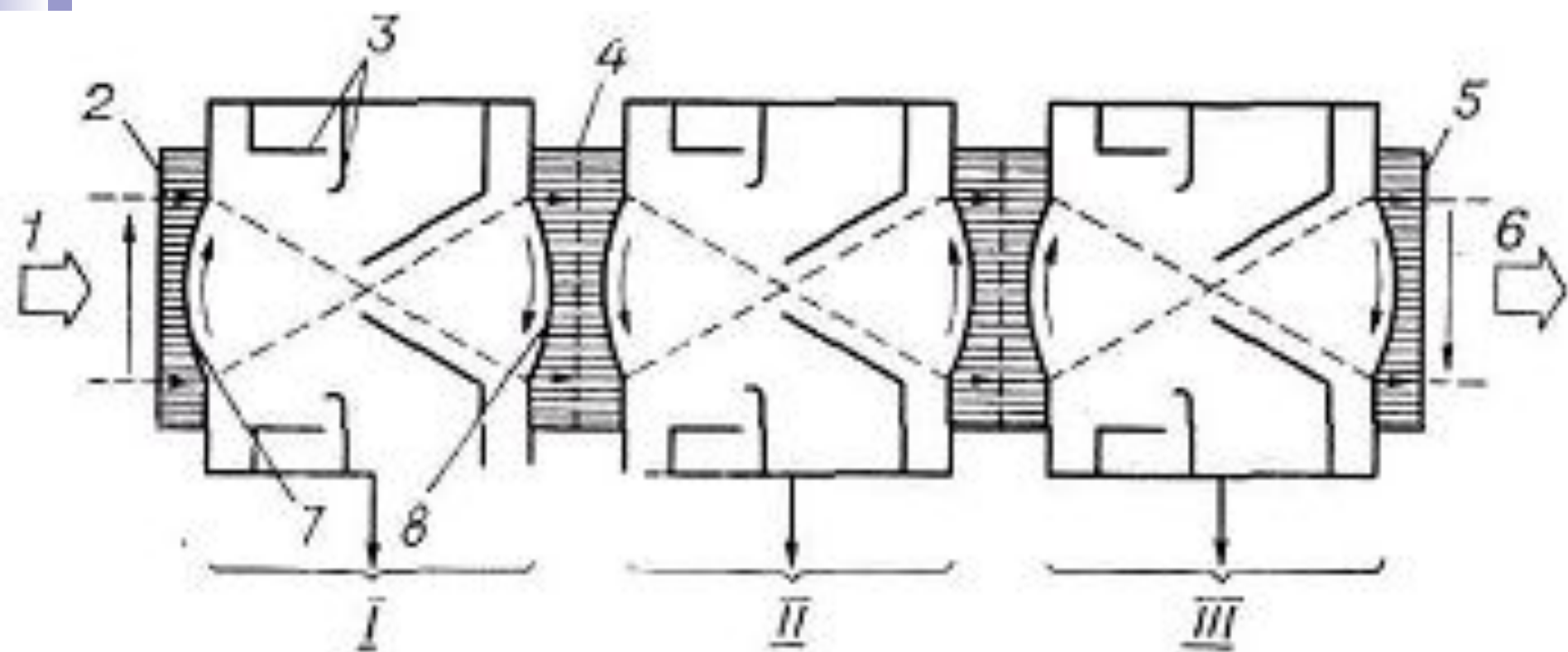
Схема работы ПНВ нулевого поколения:

1 — объект наблюдения; 2 — поток ИК-лучей; 3 — ИК-прожектор; 4 — лампа накаливания; 5 — ИК-фильтр; 6 — электронно-оптический прибор; 7 — объектив; 8 — окуляр; 9 — электронно-оптический преобразователь; 10 — фотокатод; 11 — люминесцентный экран



Модульный ЭОП нулевого поколения:

1 — ИК-излучение; 2 — волоконно-оптическое входное окно; 3 — фокусирующие электроды; 4 — волоконно-оптическое выходное окно; 5 — видимое излучение; 6 — фосфорный экран; 7 — фотокатод; 8 — пучки электронов



Трехкамерный ЭОП из трех усилителей, соединенных световолокном:

1 — ИК-излучение; 2 — волоконно-оптическое входное окно; 3 — фокусирующие электроды; 4 — волоконно-оптическая соединительная плата; 5 — волоконно-оптическое выходное окно; 6 — свет (выход); 7 — фотокатод; 8 — фосфорный экран; I — первая ступень; II — вторая ступень; III — третья ступень

Характеристики усилителей яркости I поколения

Параметры	Тип усилителя		
	<i>однокамерный</i>	<i>двухкамерный</i>	<i>трехкамерный</i>
Коэффициент усиления	80	4000	50000
Разрешающая способность, лин/мм	65	40	25
Искажения, %	6	14	17
Полезное поле на выходе (диаметр), мм	25	24	23

способ умножения электронного

потока, образованного воздействием

внешнего излучения на фотокатод.

электронный поток не подвергается

фокусировке и проецированию на

фосфорный экран, а прямо при вылете

фотоэлектронов из фотокатода

направляется непосредственно на

близлежащую пластину, **называемую**

микроданальной и представляющую

собой диск с огромным числом

микроскопических каналов, являющихся

При попадании первичного электрона, вылетевшего из фотокатода, на

внутреннюю поверхность микроданала, состоящую из

возбуждения в каналах эффекта

полупроводникового материала, возникает некоторое количество

вторичной электронной эмиссии

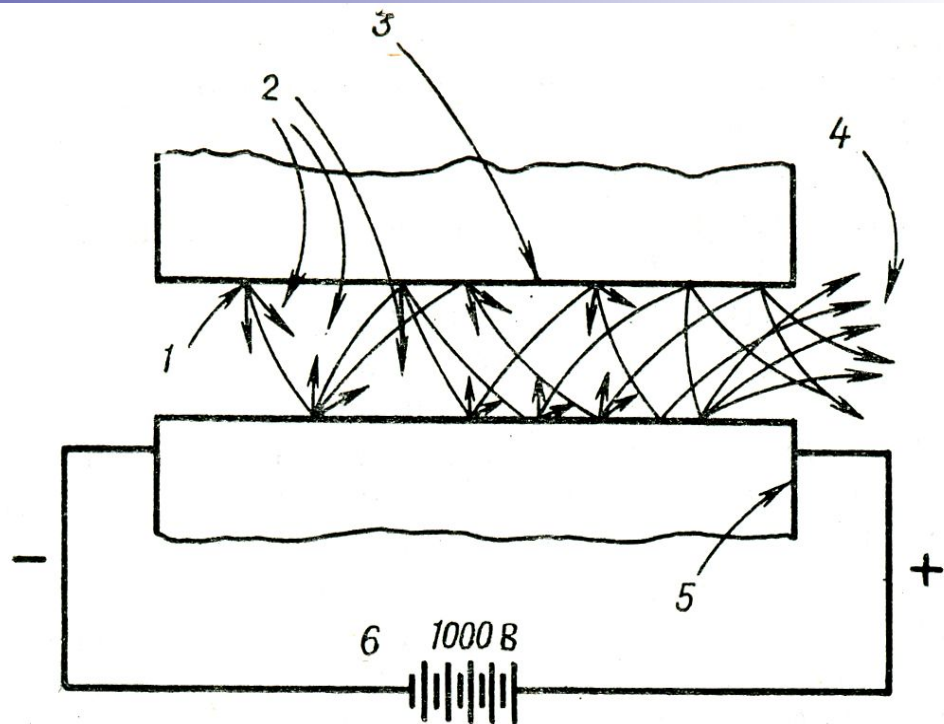
вторичных электронов, которые, ударяясь о стенки, вызывают

лавинный процесс умножения, в результате чего при соударении

электронного потока с экраном возникает свечение, яркость которого

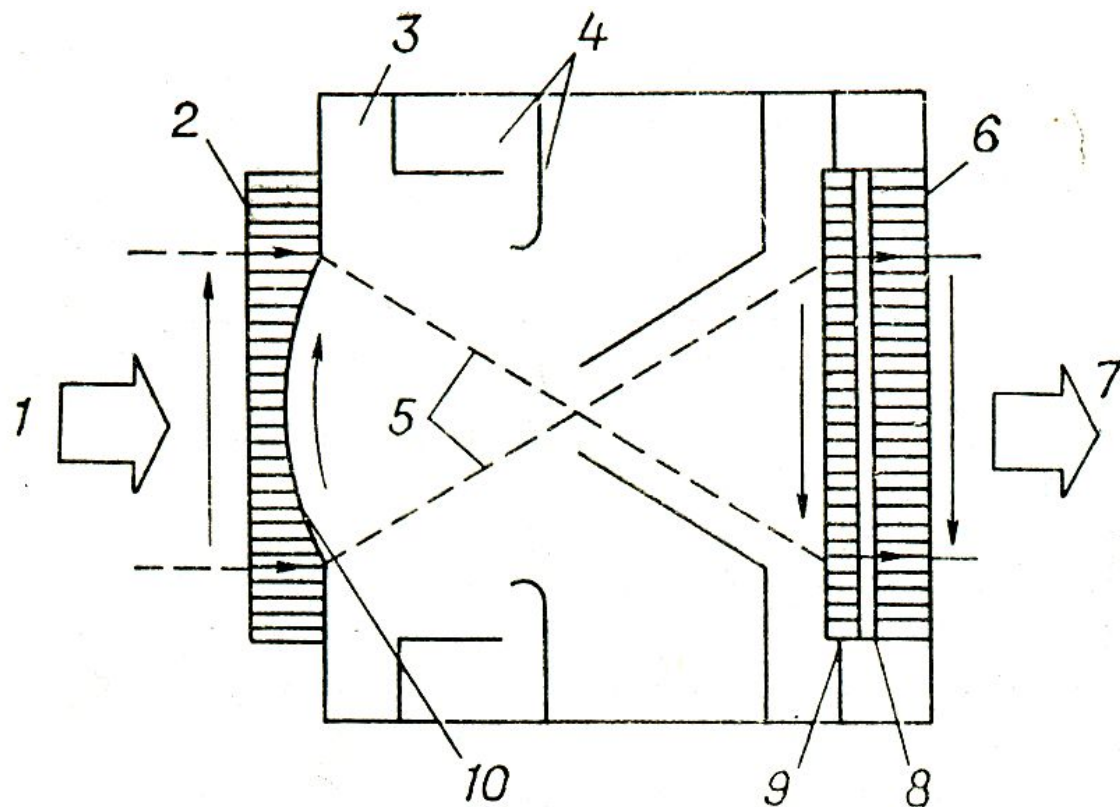
в десятки тысяч раз превышает яркость ИК-излучения на фотокатоде

трубки



Процесс умножения электронов в микроданале:

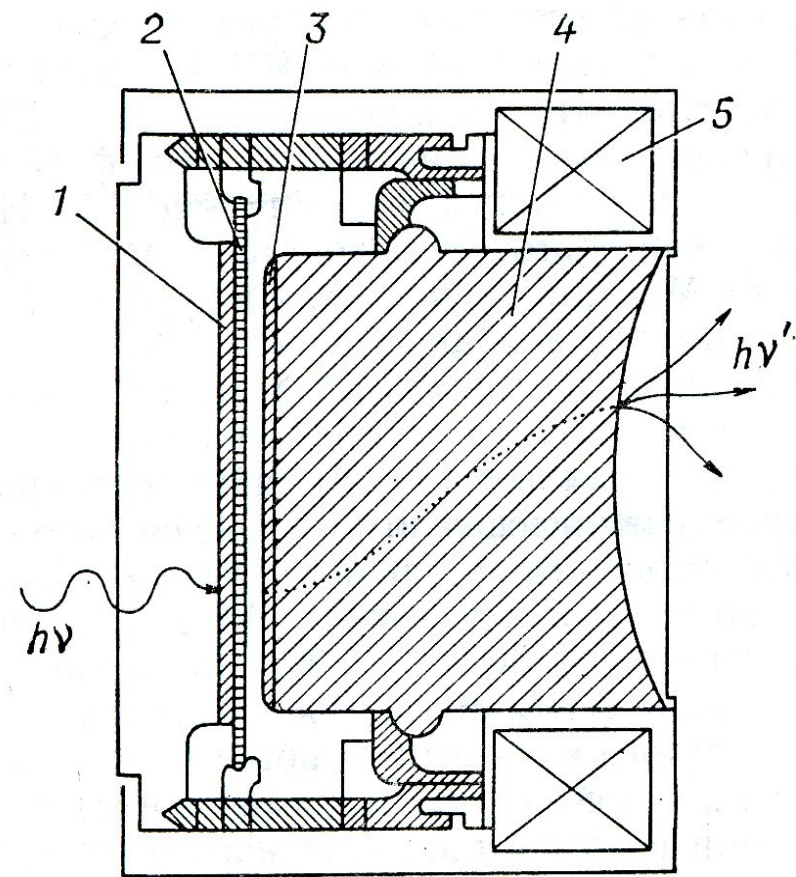
1 — первичный электрон; 2 — вторичные электроны; 3 — стенка микроданала; 4 — лавина электронов на выходе; 5 — электрод; 6 — источник напряжения



Электронно-оптический преобразователь II поколения на МКП:

1 — ИК-излучение; 2 — волоконно-оптическое входное окно; 3 — вакуум; 4 — фокусирующие электроды; 5 — пучок электронов; 6 — волоконно-оптическое выходное окно; 7 — видимый свет; 8 — экран; 9 — микроканальная пластина (МКП); 10 — фотокатод

Новинкой в трубке III поколения является высокоэффективный фотокатод - цезиево-галлиевый арсенид, или, как его чаще называют, арсенид галлия. Преимущества нового фотокатода состоят в том, что при крайне низком уровне ЕНО, действующей на фотокатод, эмиссия фотоэлементов увеличивается почти в 4 раза по сравнению с фотокатодами II поколения за счет использования спектрального излучения с длиной волны около 0,9 мкм, что обеспечивает высокое разрешение целей в этой спектральной области, где контраст достигает максимальной величины, а значит, и увеличение дальности обнаружения и опознавания целей на природных фонах ПНВ с усилителем III поколения отличается от ПНВ II поколения большей эффективностью фотокатода при меньшей освещенности



Электронно-оптический преобразователь III поколения с фотокатодом на арсениде галлия:
1 — фотокатод; 2 — микроканальная пластина; 3 — экран;
4 — волоконно-оптический элемент поворота изображения на 180°; 5 — тороидальный источник питания

Характеристики трубок II и III поколений

Характеристика	II поколение	III поколение
Тип фотокатода	S20ER	GaAs
Чувствительность, мкА/лм	275	1250
Интегральная чувствительность, мА/Вт, к потоку с длиной волны:		
0,83 мкм	20	100
0,88 мкм	7	70
Коэффициент усиления	7000-15 000	20 000-35 000
Отношение сигнал/шум	6,5 : 1	17: 1
Разрешающая способность, лин/мм	28	36

Требования к оптико-электронным средствам

- *возможность наблюдения на возможно большем расстоянии в любое время года и суток;*
- *скрытность наблюдения;*
- *качество изображения;*
- *высокий динамический диапазон освещенностей;*
- *малый вес и габариты;*
- *возможность транспортирования и установки на наземных, воздушных и морских носителях;*
- *высокая технологичность и надежность;*
- *простота конструкции и управления.*

Основные характеристики электронно-оптических средств.

Технологические:

- Интегральная чувствительность фотокатода - отношение величины фототока (I_{ϕ}) к величине светового потока (F). ($D = I_{\phi} / F$). Среднее значение составляет **40 - 300 мка/лм**.
- Минимально допустимая освещенность на фотокатодe (E) от **$5 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ лк**.
- Максимальная разрешающая способность ЭОП - число пар линий в одном миллиметре изображения на фотокатодe, различаемых на экране ЭОП в четырех направлениях, при оптимальной для наблюдателя яркости экрана и окулярной оптике достаточного увеличения. Величина составляет **25-28 мм⁻¹**.
- Поле зрения (угол поля зрения) - от **5 до 12 град**.
- Увеличение - **3,5.....7**
- Масса - **1,632 кг**.

Основные характеристики электронно-оптических средств.

Тактические (эксплуатационные):

- Дальность обнаружения целей максимальная - **200...1700 м**;
- Дальность распознавания - **150....1100 м**;
- Перископичность - **357...375 мм**;
- Время непрерывной работы от одного комплекта батарей **8...16 час** (при нормальных климатических условиях);
- Напряжение питания - **2,2 ...6.25 В**;
- Диапазон изменения температуры окружающей среды от **-40 до + 50 град.**;
- Время перевода из походного положения в боевое до **2.5 мин**, из боевого в походное **от 15 с до 2 мин.**

Учебный вопрос №2


- ***Особенности устройства и принцип действия современных тепловизионных средств наблюдения.***

■ Недоступный невооруженному глазу человека, - собственное

излучение нагретых тел, не зависящее от уровня освещенности и времени суток, - путем сбора этой информации и ее преобразования в видимое изображение, доступное глазу. А так как излучение тепловой энергии присуще всем без исключения телам на земле и в космосе, температура которых отличается от абсолютного нуля по шкале Кельвина (-273°C), то с помощью тепловизионных приборов можно наблюдать все тела и предметы в спектре их собственного излучения в области длин волн, соответствующих рабочему диапазону этих приборов.

положительные качества тепловизионной аппаратуры по сравнению с ПНВ:

- *полная независимость от освещенности как днем, так и ночью;*
- *абсолютно пассивный принцип работы, исключающий возможность обнаружения аппаратуры по признакам демаскировки, а также путем наблюдения в ПНВ ;*
- *значительная дальность действия, обеспечивающая наблюдение тактических целей по их собственному излучению в условиях маскировки в редком кустарнике или масксетями, а также в туман и при использовании обычных средств маскировки;*
- *безотказная работа в условиях слепящих засветок интенсивными источниками света, включая осветительные средства всех видов;*
- *возможность обнаружения следов транспортных и боевых машин на местности;*
- *возможность определения тактических ситуаций (засад).*



Все виды приемников для регистрации теплового излучения можно разделить на два класса:

- приемники теплового излучения
- приемники фотонов.

В качестве приемников излучения применяют

термоэлемент, термистор,

пироэлектрический приемник и болометр.

Другой класс приемников использует

электронные переходы, вызванные фотонами,

что также приводит к изменению свойств

приемника: *проводимости в случае*

фоторезистора, электрического поля - в

случае фотогальванического приемника.

■ ***В тепловизоре*** изображение объекта в тепловом контрасте собственного излучения с излучением фона воспроизводится с четкостью, близкой к тепловизионному стандарту, сканированием картины и расположенных на ее фоне объектов с помощью фоточувствительного элемента или решетки из этих элементов весьма сложным путем - применением оптико-механических схем сканирования и электронного преобразования полученных сигналов в видимое изображение.

- В настоящее время наиболее рациональным способом видения нагретых тел является способ, основанный на сканировании местности и расположенных на ней объектов теплочувствительным приемником с помощью последовательного и многократно повторяющегося осмотра их фотоприемником для образования кадра с частотой, обеспечивающей наблюдение картины в реальном масштабе времени.

Здесь должна была быть картинка, но я ее удалил, т.к. нельзя на сайт кидать файлы более 5 кб

Учебный вопрос №3

- ***Особенности применения оптико-электронных и тепловизионных средств наблюдения при охране и обороне объектов.***

возможные области применения ЭО (ОЭ) средств наблюдения.

- *наблюдение в видимых и ИК-лучах;*
- *охрана рубежей и объектов;*
- *управление;*
- *телеуправление объектами;*

Задачи, решаемые с помощью ЭО и ТВ средств

Разведка противника и местности

С помощью ЭО и ТВ средств возможности вести наземную, морскую и воздушную разведку противника и местности практически в любых условиях местности, погоды и времени суток. Разведка может вестись с открытых и скрытых наблюдательных постов на глубину до нескольких километров.

Проверка (уточнение) сведений полученных из других источников.

Организация системы войскового (радиотехнического) наблюдения в различных условиях боевых действий войск с целью обнаружения противника.

Обзор общим планом больших площадей и просмотр отдельных участков местности крупным планом с целью контроля состояния и функционирования подъездных путей, дорог, коммуникаций, мостов, переправ, заграждений и т.п.

Контроль за действиями своих сил и средств в пограничном поиске, в бою.

Передача информации (создание телекоммуникационной сети) особенно графической на командные пункты (пункты управления) погранвойск.

Отображение радиолокационной информации.

Измерение углов и расстояний, прицеливание и целеуказание.

Задачи, решаемые с помощью ЭО и ТВ

средств

- *Наблюдение за объектами, прямой контакт с которыми невозможен.*
- *Наблюдение за полем боя, передвижением войск на марше, десантированием, форсированием водных преград, разрывами в заграждениях систем сигнализации.*
- *Контроль ведения огня артиллерией и минометами и степени поражения противника.*
- *Обнаружение ИК-средств противника, минно-взрывных заграждений (минных полей), выявление резервов противника.*
- *Вождение транспортных, боевых и специальных машин в ночных условиях.*
- *Изучение своей маскировки, выполнения инженерных работ.*
- *Дистанционное управление объектами.*
- *Обеспечение технологии выполнения работ (счет действий объектов, измерение линейных и двухмерных размеров и т.п.)*
- *Обеспечение службы КПП: обзор контейнерных площадок, причалов, платформ, грузовых дворов; считывание и передача информации о прибывающих железнодорожных составах, судах, автомобилях; охрана периметров и объектов; проверка личных вещей и документов.*

Преимущества ЭО и ТВ средств наблюдения

- *высокая информативность* (Она обуславливается возможностью получения визуальной информации - наиболее наглядной и объективной; фиксацией различных проявлений цели (контраст с фоном, движение, изменение размеров и элементов движения)).
- *скрытность получения информации*. Обеспечивается применением пассивных методов работы.
- *минимальное время обработки информации*. Достигается за счет того, что информация передается (поступает) к оператору в привычной для человеческого восприятия форме.
- *широкий спектральный диапазон*. Оптико-электронные и электронно-оптические средства позволяют наблюдать в видимых и невидимых для человеческого глаза лучах (инфракрасных, ультрафиолетовых и т.п.).
- *возможность переносить изображение и выполнять над ним другие операции* (увеличивать размеры и число изображений без уменьшения их яркости, изменять формат, комбинировать несколько изображений и др.).

Преимущества ЭО и ТВ средств наблюдения

- *мобильность электронно-оптических средств.*
- *простота управления ЭО и ТВ средствами.*
- *высокая надежность.*
- *высокая разрешающая способность.*
- *сравнительно малые вес и габариты.*
- *высокая вероятность обнаружения и распознавания объектов (целей).*
- Телевизионная техника, кроме того, позволяет значительно расширить круг лиц, одновременно участвующих в анализе и оценке обстановки, документировать полученную информацию.
- Телевизионные средства не "ослепляются" прожекторами, факелами ракет и другими оптическими источниками; хорошо могут обнаруживать цели, расположенные в мелколесье и кустарниках и в населенных пунктах.

недостатки ЭО и ТВ средств

- *подвержены влиянию метеоусловий (дождь, дымка, густой туман);*
- *зависимость дальности действия (обнаружения и опознавания) от контраста (теплого, яркостного) цели и фона;*
- *большой вес и габариты отдельных типов приборов (телевизионные, тепловизионные);*
- *высокая стоимость средств.*

Направления развития электронно-оптических и телевизионных средств наблюдения

- *создание активно-импульсных приборов наблюдения со стробированием наблюдаемого участка;*
- *применение твердотельных ЭОП и ПТЛТ на основе использования приборов с зарядовой связью (матричный с переносом кадров, однострочный).*
- *создание радиотехнических ПНВ*
- *применение в ПНВ и ТВ средствах элементов волоконной оптики (например, волоконно-оптических пластин). Это позволит улучшить качество изображения, создать гибридные конструкции приборов, повысить разрешающую способность и надежность средств наблюдения.*

Направления развития электронно-оптических и телевизионных средств наблюдения

- *применение низкоуровневых и высокочувствительных приборов ($E=10^{-5}$ 10^{-7} лк). Для достижения этой цели ведутся работы по созданию новых типов трубок (например, широкоспектральных ПТЛТ или трубок с высокой чувствительностью в дискретных участках видимого или ближнего к видимому ИК-диапазона волн, пироэлектрического видикона).*
- *создание высокоинформативных комплексов наблюдения (телевизионных, инфракрасных, лазерных). Это позволит существенно расширить возможности подразделений по обнаружению противника, особенно принимающего меры к маскировке своих действий.*

Направления развития электронно-оптических и телевизионных средств наблюдения

- *применение в оптических элементах адаптивной, градиентной, дифракционной (голографической) оптики. Применение новых типов объективов, например, "булавочные" объективы с широким углом обзора и отверстием 3 мм.*
- *Это позволит увеличить поле зрения приборов, яркость и четкость изображения, разрешающую способность и вероятность обнаружения малоразмерных целей;*
- *внедрение преобразователей видеоизображения, видеоманитов, таймеров;*
- *широкое внедрение тепловизионных средств, позволяющих обнаруживать объекты скрытых растительностью или тонким слоем почвы;*
- *создание средств, позволяющих внести разведку с движущихся объектов (носителей), создание специальных стабилизирующих устройств;*
- *внедрение цифровых методов и средств в системах наблюдения, особенно телевизионных.*