

### 3 СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ДОБЫВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

#### 3.1 Способы и средства наблюдения

##### 3.1.1 Способы и средства наблюдения в оптическом диапазоне

В оптическом (видимом и инфракрасном) диапазоне информация добывается путем визуального, визуально-оптического, фото- и киносъемки, телевизионного наблюдения, наблюдения с использованием приборов ночного видения и тепловизоров.

Наибольшее количество признаков добывается в видимом диапазоне. Видимый свет как носитель информации характеризуется следующими свойствами:

- наблюдение возможно днем или при наличии мощного внешнего источника света;
- условия наблюдения сильно зависят от состояния атмосферы, климатических и погодных условий;
- световые лучи в видимом диапазоне обладают малой проникающей способностью, что облегчает задачу защиты информации о видовых признаках объекта.

ИК-лучи как носители информации обладают большей проникающей способностью, позволяют наблюдать объекты при малой освещенности, однако при их преобразовании в видимый свет происходит значительная потеря информации об объекте.

Эффективность обнаружения и распознавания объектов наблюдения зависит от следующих факторов [9]:

- яркости объекта;
- контраста объект/фон;
- угловых размеров объекта;
- угловых размеров поля обзора;
- времени наблюдения объекта;
- скорости движения объекта.

Яркость объекта на входе приемника определяет мощность сигнала, превышение которой над мощностью помех является необходимым условием обнаружения и распознавания объекта наблюдения. Современные приемники имеют чувствительность, соответствующую энергии нескольких фотонов.

Контрастность объекта с окружающим фоном является необходимым условием выделения демаскирующих признаков объекта и его распознавания. Контраст  $K$  определяют как отношение разности яркости объекта и фона к яркости объекта или фона:

$$K = (B_0 - B_{\phi}) / B_0, B_0 > B_{\phi} \text{ или } K = (B_{\phi} - B_0) / B_{\phi}, B_{\phi} > B_0,$$

где  $B_0$  и  $B_{\phi}$  - яркость объекта и фона соответственно.

Контраст, определяемый по этой формуле, называется визуальным. В видимом и ближнем ИК диапазонах световых волн контраст на входе оптической системы средства наблюдения несколько снижается за счет дымки, которую можно рассматривать как помеху. В дальней зоне ИК излучения дымка не оказывает существенного влияния на изменение контраста. Значения контраста колеблется в довольно широких пределах. При  $K=0.08-0.1$  объект почти сливается с фоном и плохо различается на фоне.

При поиске объекта его форма в пределах соотношения сторон от 1:1 до 1:10 не играет большой роли, а имеет значение только его площадь. Увеличение угловых размеров объекта в 2 раза сокращает время, необходимое для его обнаружения, в 8 раз.

Время обнаружения объектов светлее и темнее фона при одинаковых абсолютных значениях контраста примерно одинаковое. С увеличением яркости фона время поиска объекта наблюдателем уменьшается, так как увеличивается разрешающая способность и контрастная чувствительность глаза. Если яркость фона чрезмерно велика, то возникает дискомфорт и ослепление, ухудшающие разрешение и контрастную чувствительность глаза.

С увеличением поля обзора увеличивается время, необходимое для поиска объекта: двукратное увеличение поля обзора повышает время поиска в 4 раза.

Поиск движущихся объектов имеет свои особенности: движение ухудшает видимый контраст объекта, величина которого зависит как от угловой скорости так и от угловых размеров объекта

наблюдения. Чем меньше угловой размер объекта, тем больше влияние скорости на время и вероятность обнаружения объекта. Объекты, движущиеся с малой скоростью, обнаруживаются легче, чем неподвижные, а движущиеся с большой скоростью - труднее из-за ухудшения видимого контраста.

Различные средства наблюдения, применяемые для добывания информации в оптическом диапазоне, имеют сходную структуру (рис. 3.1).

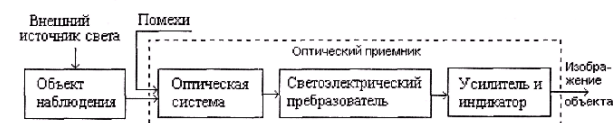


Рис. 3.1. Структурная схема средства наблюдения в оптическом диапазоне

Большинство средств наблюдения содержит оптический приемник, включающий оптическую систему, светозлектрический преобразователь, усилитель и индикатор. Оптическая система или объектив проецирует световой поток от объекта наблюдения на экран светозлектрического преобразователя (сетчатку глаза, фотопленку, фотокатод, мишень оптико-электронного преобразователя).

Характеристики средств наблюдения определяются, прежде всего, параметрами оптической системы и светозлектрического преобразователя, а также они зависят от способов обработки электрических сигналов и формирования изображения при индикации. Основными из них являются:

- диапазон длин волн световых лучей, воспринимаемых светозлектрическим преобразователем;
- чувствительность материала экрана светозлектрического преобразователя;
- разрешающая способность, в основном пары «оптическая система - преобразователь света»;
- поле (угол) зрения и изображения.

Средства наблюдения создаются для видимого диапазона в целом или его отдельных зон, а также для различных участков инфракрасного диапазона.

Чувствительность средства наблюдения оценивается минимальным уровнем энергии светового луча, при котором обеспечивается требуемое качество изображения объекта наблюдения.

Разрешающая способность характеризуется минимальными линейными или угловыми размерами между двумя соседними точками изображения, которые наблюдаются как отдельные. Вероятность обнаружения и распознавания объекта возрастает с повышением разрешающей способности средства наблюдения (увеличением количества точек изображения объекта).

Поле зрения это то, что проецируется на экран оптического приемника. Угол, под которым средство «видит» предметное пространство, называется углом поля зрения. Часть поля зрения, удовлетворяющего требованиям к качеству изображения по его резкости, называется полем или соответственно углом поля изображения.

Наиболее совершенным средством наблюдения в видимом диапазоне является зрительная система человека, включающая глаза и области мозга, осуществляющие обработку сигналов, поступающих с сетчатки глаз.

Возможности зрения человека характеризуются следующими показателями:

- глаз воспринимает световые лучи в диапазоне 0.4-0.76 мкм, причем максимум его спектральной чувствительности в светлое время суток приходится на голубой цвет (0.51 мкм), в темноте - на зеленый (0.55 мкм);
- порог угловых размеров, которые глаз различает как две отдельные точки на объекте наблюдения, составляют днем - 0.5-1 угл. мин., ночью - 30 угл. мин.;
- порог контрастности различимого объекта по отношению к фону составляет днем - 0.01 -0.03, ночью - 0.6;
- диапазон освещенности объектов наблюдения, к которым адаптируется глаз, чрезвычайно широк - 60-70 дБ;
- при освещенности менее 0.1 лк (в безоблачную лунную ночь) глаз перестает различать цвет.

#### а) Объективы оптических систем.

Объективы вносят в проектируемые изображения разного рода погрешности:

- сферическую абберацию - отсутствие резкости изображения на всем поле зрения (оно резко либо в центре либо по краям);
- астигматизм - отсутствие одновременной резкости на краях поля изображения для вертикальных и горизонтальных линий;
- дисторсию - искривление прямых линий;
- хроматическую абберацию - появление цветных окантовок на границах световых переходов, вызванных различными коэффициентами преломления линз объектива спектральных составляющих световых лучей.

Для уменьшения погрешностей объективы выполняют из большого (до 10-и и более) количества линз с различной кривизной поверхностей. Все они или отдельные группы линз склеиваются между собой.

При оценках возможностей средств наблюдения используют следующие параметры объективов: фокусное расстояние, угол поля зрения и изображения, светосилу, разрешение, частотно-контрастную характеристику.

В зависимости от фокусного расстояния объективы делятся на короткофокусные (их фокусное расстояние  $f$  меньше длины диагонали  $d$  кадра поля изображения), нормальные или среднефокусные ( $f \approx d$ ), длиннофокусные и телеобъективы с  $f > d$ , а также с переменным фокусным расстоянием.

Чем больше фокусное расстояние  $f$  объектива, тем больше деталей объекта можно рассмотреть на его изображении, но тем меньше угол поля зрения. Поэтому для обнаружения объекта используют короткофокусные объективы, а для распознавания - длиннофокусные. Размеры объекта  $h$  на изображении определяются по соотношению  $h = f H / L$  в зависимости от размеров реального объекта  $H$ , расстояния от него до объектива  $L$  и фокусного расстояния объектива  $f$ .

По углу поля зрения (изображения) различают узкоугольные объективы, у которых величина угла не превышает  $30^\circ$ , среднеугольные (угол в пределах  $30^\circ$ - $60^\circ$ ), широкоугольные с углом более  $60^\circ$  и, наконец, - с переменным углом поля изображения у объективов с переменным фокусным расстоянием.

Светосила характеризует способность объектива создавать освещенность в поле изображения в соответствии с яркостью объекта. На светосилу объектива влияют следующие факторы:

- относительное отверстие объектива;
- прозрачность (коэффициенты пропускания, поглощения, отражения) линз;
- коэффициент увеличения (масштаб получаемого изображения);
- коэффициент падения освещенности к краю поля изображения.

Светосила без учета реальных потерь света в линзах оценивается величиной геометрического относительного отверстия  $1:K = 1:f/D$ , где  $D$  - диаметр входного отверстия объектива (апертура) или фокальным числом  $F = f/D$ . Эффективное относительное отверстие объектива меньше геометрического на величину потерь света в его линзах. По величине относительного отверстия объективы делятся на сверхсветосильные, у которых  $1:K = 1:2$  и менее, светосильные ( $1:K = 1:2.8$ - $1:4$ ) и малосветосильные с  $1:K = 1:5.6$  и более. Чем больше светосила объектива, тем выше чувствительность средства наблюдения.

Свет, падающий на линзу и проходящий через нее, отражается и поглощается. Количество поглощенного света зависит от толщины стекла (в среднем 1-2% на 1 см толщины). Линзы отражают 4-6% падающего на них свет. Чем больше отражающих поверхностей имеет объектив, тем больше потери света. В объективах из 5-7 линз потери света на отражение могут составлять 40-50% [38]. Потери света уменьшают просветлением линз.

Просветлением называют способы уменьшения отражения света от поверхности стекла путем нанесения на него тонких пленок с коэффициентом преломления, меньшим преломления стекла линзы. Толщина просветляющей пленки должна составлять  $1/4$  длины волны падающего на линзу света. В этом случае отраженные лучи света в силу противоположности их фаз фазам падающих лучей компенсируются и, следовательно, отражение света отсутствует. Первоначально объективы просветляли для желто-зеленой части спектра, к которой наиболее чувствителен глаз человека. Просветленный объектив в отраженном свете приобретал сине-фиолетовый оттенок и

назывался «голубой» оптикой. Современные технологии просветления оптики позволяют наносить на поверхность линзы 12-14 слоев просветляющих пленок и перекрывать тем самым весь спектр видимого диапазона света. Такую оптику маркируют индексами МС - многослойное покрытие. Объективы МС в отраженном свете не меняют цвет.

Возможность объектива передавать мелкие детали изображения оценивается разрешающей способностью. Она выражается максимальным числом  $N$  штрихов и промежутков между ними на 1 мм поля изображения в его центре и по краям. Наиболее высокую разрешающую способность имеют объективы для микрофотографирования в микроэлектронике. Она достигает 280-440 линий на мм по центру и 260-400 линий на мм по краям поля изображения.

Важной характеристикой объектива как элемента средства наблюдения является его частотно-контрастная характеристика. Она служит мерой способности объектива передавать контраст деталей объекта и измеряется отношением контрастности деталей определенных размеров на изображении и на объекте. Уменьшение контраста мелких деталей на изображении вызвано тем, что в результате различных aberrаций объектива на изображении размываются границы деталей наблюдаемых объектов.

Количественную оценку частотно-контрастной характеристики выполняют по эталонному объекту наблюдения - миру в виде черно-белых линий с уменьшающейся шириной, нанесенных, например, тушью на белой бумаге. По результатам измерений контрастности  $p$  линий на проектируемом объективом изображении строятся зависимость контраста  $K$  от количества линий  $p$  в одном мм. Зависимость  $K = f(p)$  определяет частотно-контрастную характеристику объектива.

Оптическая промышленность выпускает широкий набор специализированных объективов: для фото и киносъемки, портретные, проекционные, для микрофотографирования и т. д. Для добывания информации применяются объективы трех видов: для аэрофотосъемки, широкого применения (фото, кино и видеосъемки с использованием бытовых и профессиональных камер) и для скрытой съемки.

Для скрытого наблюдения используются два типа объективов:

- телеобъективы с большим фокусным расстоянием (300-4800 мм) для фотографирования на большом удалении от объекта наблюдения, например, из окна противоположного дома и далее;
- точечные объективы для фотографирования из портфеля, часов, зажигалки, через щели и отверстия; они имеют очень малые габариты и фокусное расстояние, но большой угол поля зрения (например, объектив фотоаппарата РК 420, вмонтированного в корпус наручных часов, имеет размеры 7.5 мм с апертурой 2.8 мм, в миникамерах фирм Hitachi, Sony, Philips, Oskar используются объективы диаметром 1-4 мм и длиной до 15 мм).

#### б) Визуально-оптические приборы

Для визуально-оптического наблюдения применяются оптические приборы, увеличивающие размеры изображения на сетчатке глаза. К визуально-оптическим приборам относятся бинокли, монокуляры, подзорные трубы, специальные телескопы. Для наблюдения за объектами наиболее распространены бинокли. Бинокль (от лат. *binus* - пара и *oculus* - глаз) - оптический прибор из двух параллельных соединенных между собой зрительных труб. В зависимости от оптической схемы зрительной трубы бинокли разделяются на обыкновенные (галилеевские) и призмные.

В обыкновенном бинокле призмы отсутствуют, оптические оси объектива и окуляра трубы совпадают, расстояние между центрами объективов и центрами окуляров зрительных труб одинаково и равно 65 мм (среднее расстояние между зрачками глаз наблюдателя). Бинокли этого типа просты по устройству, обладают высокой светосилой, однако имеют малое поле зрения и не позволяют устанавливать углоизмерительную сетку.

Зрительная труба призмного бинокля состоит из объектива, обращенного в сторону объекта наблюдения, системы призм, оборачивающей изображение, и окуляра - объектива, обращенного к зрачку глаза. Призмные бинокли обладают сравнительно большим полем зрения и повышенной стереоскопичностью за счет увеличения расстояния между центрами объективов труб. В призмных биноклях устанавливают углоизмерительную сетку в фокальной плоскости окуляра. Зрительные трубы у призмных биноклей шарнирно закреплены на общей оси, что позволяет подбирать расстояние между окулярами по базе глаз наблюдателя (от 54 до 74 мм). Объективы и призмы

оборачивающей системы закреплены в зрительных трубах неподвижно, а окуляры могут выдвигаться для установки по силе зрения наблюдателя. Для этого на окулярных трубах наносятся диоптрийные шкалы.

Современные бинокли имеют большие коэффициенты (кратности) увеличения. Например, увеличение бинокля Б-15 равно 15, а угол поля зрения - 4 град. Бинокль «Марк-1610» (США) имеет кратность увеличения 10 и 20 при угле зрения 5 и 2.5 град, соответственно.

При достаточно большом увеличении визуально-оптического прибора его угол зрения становится столь малым, что трудно из-за дрожания рук удерживать изображение наблюдаемого объекта в поле зрения прибора. Для стабилизации изображения визуально-оптические приборы устанавливают на штативе или треноге. В более дорогих приборах применяют электронную стабилизацию изображения, обеспечивающую наблюдение с рук или с движущегося транспорта. Например, бинокль со стабилизацией изображения БС 16х40 имеет кратность увеличения 16, размеры 240х195х100 мм и вес не более 2.2 кг.

Чтобы улучшить наблюдение при тумане, ярком солнечном освещении или зимой на фоне снега, на окуляры бинокля надеваются желто-зеленые светофильтры. В некоторых биноклях для обнаружения активных инфракрасных приборов ночью применяют специальный экран, чувствительный к инфракрасным лучам.

Так называемые панкратические бинокли, позволяют в значительных пределах (от 4 до 20 и более) плавно изменять увеличение. При этом в обратно пропорциональной зависимости изменяется величина поля зрения. Такие бинокли наиболее удобны для наблюдения: позволяют производить поиск объектов при большом поле зрения, но малом увеличении, а изучение объекта - при большом увеличении. Например, панкратический бинокль фирмы Tasko (США) имеет увеличение 8-15, угол зрения 6.0-3.6 градусов и диаметр входного зрачка 5-2.3 мм. У панкратических зрительных труб увеличение может изменяться в еще больших пределах. Например, кратность увеличения зрительной трубы фирмы Swiff (Великобритания) составляет 6-30 при угле зрения 7.5-1.3 градусов.

Для скрытного наблюдения удаленных объектов применяют подзорные трубы и специальные телескопы, имеющие объективы с большим фокусным расстоянием. Например, телескоп РК. 6500 при фокусном расстоянии 3900 мм и диаметре входной апертуры 350 мм позволяет опознать автомобиль на удалении до 10 км. Однако телескоп имеет сравнительно большие размеры 460х560х1120 мм, вес 54 кг и устанавливается на специальном штативе с электроприводом.

На базе волоконно-оптических световодов созданы разнообразные типы технических эндоскопов для наблюдения через малые отверстия диаметром 6-10 мм. Типовой технический эндоскоп состоит: из окулярной части, через которую проводится наблюдение, рабочей части в виде волоконно-оптического кабеля длиной 600-1500 мм, дистальной части, содержащей объектив, и осветительного жгута для подсветки объекта наблюдения. Эндоскопы комплектуются сетевыми или аккумуляторными осветителями с источниками света - галогенными лампами мощностью 20-150 Вт. В эндоскопе обеспечивается возможность отклонения дистальной части на 180 градусов в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Угол поля зрения объектива составляет 40-60°, фокусировка объектива обеспечивает наблюдение как вблизи (от 1 мм и далее), так и «в бесконечности» (на расстоянии более 5 м).

#### в) Фото- и киноаппараты

Визуально-оптическое наблюдение, использующее такой совершенный оптический прибор, как глаз, является одним из наиболее эффективных способов добывания, прежде всего, информации о видовых признаках. Однако оно не позволяет регистрировать изображение для последующего изучения или документирования результатов наблюдения. Для этих целей применяют фотографирование и киносъемку с помощью фото и киноаппаратов.

Фотографический аппарат представляет собой оптико-механический прибор для получения оптического изображения фотографируемого объекта на светочувствительном слое фотоматериала.

Все фотоаппараты состоят из светонепроницаемого корпуса с закрепленным на его передней стенке объективом, устройством для размещения или фиксации светочувствительного материала, расположенного у задней стенки корпуса, и затвора.

Так как светочувствительный материал обеспечивает получение качественной фотографии при строго дозированной световой энергии, проецируемой на светочувствительный материал, то затвор пропускает в течение определенного времени (времени экспозиции или выдержки) световой поток от фотографируемого объекта.

Указанные части фотоаппарата являются основными. По мере конструктивного развития фотоаппарат «обрастал» различными узлами и механизмами, которые облегчали и автоматизировали процесс съемки, позволяли расширить возможности применения фотоаппарата, улучшить его технические параметры. Эти узлы и механизмы называют вспомогательными. К ним относятся:

- видоискатель для определения границ поля изображения;
- дальномер для ручного или автоматического определения расстояния до объекта съемки;
- фокусировочный механизм для совмещения фокальной плоскости объектива с плоскостью расположения светочувствительного материала;
- механизм, транспортирующий фотопленку на один кадр и точной установки ее против кадрового окна фотоаппарата;
- экспонометрический узел, предназначенный для определения экспозиционных параметров (выдержки и диафрагмы) в соответствии со светочувствительностью используемого фотоматериала и яркостью объекта.

Профессиональные фотоаппараты известных фирм (Nicon, Canon, Zenit, Kodak, Olympus, Contax, Pentax и др.) представляют собой сложнейшие оптико-электромеханические устройства, автоматически учитывающие все изменения в освещенности объекта во время фотосъемки.

Размер используемого в них светочувствительных материалов положен в основу условного деления всех фотоаппаратов на несколько групп. По этому признаку (по размерам получаемых негативов) выделяют пять групп: микроформатные, полуформатные, мало, средние и крупноформатные. Фотоаппараты применяют различные типы светочувствительных материалов: фотопластины, плоские и рулонные фотопленки.

Другим важным признаком классификации является назначение фотоаппарата. По этому признаку они делятся на общие и специальные.

От способов обеспечения резкого изображения на светочувствительном материале (наводки на резкость) зависит конструктивное решение почти всего фотоаппарата. По этому признаку фотоаппараты можно разделить на следующие группы [38]:

- с наводкой на резкость по изображению на экране фотоаппарата (у так называемых зеркальных или SLR-фотоаппаратов);
- с наводкой по монокулярному дальномерному устройству, механически связанному с объективом фотоаппарата;
- с неподвижным жестко встроенным объективом, сфокусированным на гиперфокальное расстояние;
- автофокусирующие (с устройством автоматической фокусировки).

По технической оснащенности фотоаппараты можно разделить на следующие классы: простой, средний, высокий.

По показателям оснащенности фотоаппарата встроенными экспонометрами, а также по степени автоматизации установки экспозиционных параметров фотоаппараты делят на три группы: с ручной установкой, с полуавтоматической и с автоматической установкой экспозиции.

Повышение технической оснащенности расширяет возможности фотоаппаратов, но усложняет возможность их миниатюризации.

Микроформатные фотоаппараты имеют более простую конструкцию и заряжаются узкой пленкой шириной 8-16 мм. Одна из особенностей ряда ранних микроформатных фотоаппаратов - горизонтальная компоновка аппарата с объективом, утопленным в корпусе. Корпус таких моделей состоит из двух частей, одна из которых подвижная. Перед съемкой фотоаппарат телескопически раздвигается, открывая объектив и видоискатель. Одновременно производится транспортирование пленки и взвод затвора. Таким образом, выдвижная часть корпуса является одновременно защитным кожухом, рычагом взвода и протяжки пленки для следующего кадра («Минске», «Агфаматик-4008», «Киев-30»).

Более новые модели имеют традиционную форму. Мировыми лидерами среди производителей таких фотоаппаратов являются АО «Красногорский завод» и немецкая фирма «Robot» [72].

Например, фотоаппарат «МФ-1» (Красногорский завод) представляет полуавтомат с пружинным приводом, имеет светосильный объектив с F2.8, размер кадра 18x24 мм. Конструкция фотоаппарата предполагает дистанционное управление, а пружинный привод дает возможность работать в любых климатических условиях. Недостаток - относительно большой шум при перемотке. Фотоаппарат «Robot-SC electronic» менее шумящий и при небольших габаритах работает с использованием стандартной пленки 35 мм. Параметры некоторых микроформатных фотоаппаратов приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

| Наименование        | Габари- | Вес, г | Примечание              |
|---------------------|---------|--------|-------------------------|
| «Minox-C2»          | 122x28x | 102    | F=15 мм                 |
| PK 1570-SS (в зажи- | 26x16x5 | 40     | Негатив 8x11 мм         |
| OVS-1               | -       | 36     | Пленка шириной 9.5 мм   |
| PK415               | 30x18x8 | 50     | Кассета 12. 24. 36 кад- |
| PK 365              | 28x52x6 | 165    | Негатив 14x21 мм        |
| PK 785-S            | 120x50x | 180    | F=24 мм. негатив 13x17  |

Для копирования документов наряду с мини- и микроформатными фотоаппаратами применяются специальные фотоаппараты. Например, копировальный фотоаппарат РК 320 состоит из зеркального аппарата, откидной стойки, источника освещения из двух ламп по 10 Вт, блока питания от батареи (8x1.5 В) и сети 220 В, а также из держателя документа. Устройство позволяет фототрафировать документы размером А4-А6, размещается в портфеле-дипломате и весит 3.5 кг [89].

Возможности добытия информации путем фототрафирования определяются как параметрами фотоаппаратов, так характеристиками (спектральным диапазоном, чувствительностью, разрешающей способностью) светочувствительных материалов, на которые проецируется объективом изображение наблюдаемого объекта.

Светочувствительные материалы (фото- и кинопленка, фотопластины, фотобумага) представляют собой тонкую желатиновую пленку, содержащую светочувствительные вещества на целлюлодной пленке, стеклянной пластине или плотной бумаге.

Для фотосъемки наиболее широко применяются материалы, у которых в качестве светочувствительного слоя используются кристаллы галогенида серебра (AgBr, AgCl, AgI), взвешенные в растворе желатины. Этот раствор, называемый эмульсией и нанесенный тонким слоем на подложку, после высыхания образует тонкий, сравнительно твердый и гибкий слой. Галоидное серебро является непосредственным приемником световых лучей. Поэтому от особенностей строения, размеров, количества и пространственного распределения в слое зерен галоидного серебра существенно зависит качество получаемого изображения.

В момент экспонирования под действием квантов света в микрокристаллах галогенида серебра происходит образование металлического серебра, которое осаждается на центрах светочувствительности (центрах скрытого изображения), увеличивая их размер. Таким образом, в результате фототрафирования в светочувствительном слое возникает скрытое изображение. Для превращения его в видимое изображение необходима химическая обработка светочувствительного слоя, включающая проявление, фиксирование, промывку и сушку [90].

При проявлении химические вещества проявителя восстанавливают экспонированные микрокристаллы галогенидов серебра до металлического серебра, в результате чего скрытое изображение становится видимым.

Микрокристаллы, не подвергшиеся действию света, остаются в светочувствительном слое. Для удаления из эмульсионного слоя неэкспонированных и соответственно не восстановленных в процессе проявления кристаллов галогенида серебра производится фиксирование, в ходе которого галогенид серебра под действием соответствующих химических веществ превращается в несветочувствительное легко растворимое соединение.

После промывки с целью удаления из светочувствительного слоя продуктов реакции проявления и фиксирования и последующей сушки получается негативное изображение.

В негативном изображении степень почернения его элемента пропорциональна яркости исходного изображения на светочувствительном слое. Для получения позитивного (прямого) изображения необходимо провести позитивный процесс, включающий фотопечать, проявление, фиксирование и сушку. Позитивная фотопечать проводится путем экспонирования фотоматериала через негатив. При проявлении позитивного фотоматериала на нем получается изображение, обратное по яркости изображению негатива.

Так как энергия фотонов снижается с увеличением длины волны, то для формирования спектрального диапазона светочувствительного материала в слой вводят добавки-сенситизаторы. Черно-белые фотопленки по спектральной чувствительности делятся на категории, указанные в табл. 3.2 [91].

Таблица 3.2.

| Спектральная характеристика пленки | Зона сенситизации | Зона спектра, к которой чувствительна пленка |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Несенситизированная                | до 0.50           | Ультрафиолетовая, фиолетовая,                |
| Ортохроматическая                  | 0.58              | Зеленая, желтая                              |
| Изоортохроматическая               | 0.60              | Синяя, желтая, зеленая                       |
| Изохроматическая                   | 0.64              | Синяя, зеленая, оранжевая, оранжево-красная  |
| Панхроматическая                   | 0.68-0.70         | Синяя, зеленая, красная                      |
| Изопанхроматическая                | 0.70              | Синяя, зеленая, красная                      |
| Инфрахроматическая                 | 0.90              | Инфракрасная                                 |

В настоящее время широко применяется, в особенности из космоса, «многозональная съемка», которая предусматривает одновременное (синхронное) фотографирование одного и того же участка земной поверхности или объекта в различных (обычно 4-6) узких (0.04-0.10 мкм) зонах спектра на фотопленки с различными спектральными характеристиками. Информативность многозональных снимков зависит от информативности зон спектра, в которых производят съемку. Но в любом случае она выше, чем черно-белых фотографий.

В современных способах цветной фотосъемки используются многослойные фотоматериалы, имеющие на одной подложке три эмульсионные слоя. Каждый из слоев чувствителен к лучам одного из основных цветов: синего, зеленого и красного. При съемке в каждом из трех эмульсионных слоев образуется скрытое изображение. Фотохимическая обработка цветных материалов сложнее, чем черно-белых и состоит из следующих операций: проявление, отбеливание, фиксирование, промывка, сушка и ряда промежуточных операций, способствующих повышению качества цветного изображения. Отбеливание, отсутствующее при обработке черно-белых материалов, предназначено для перевода металлического серебра в центрах скрытого изображения, снижающего яркость красителей слоев, в его комплексную соль.

Многослойные цветные фотопленки существенно уступают черно-белым по разрешающей способности, что усугубляется также значительным влиянием воздушной дымки в атмосфере на контраст изображения в сине-фиолетовой зоне спектра. Поэтому цветная фотосъемка применяется при невысоких требованиях по разрешению и большой информативности такого демаскирующего признака как цвет.

В интересах разведки цветная космическая и воздушная съемка широко не применяется. Для этих целей более распространена фотосъемка на основе спектральнозональных аэрофотопленок, имеющих 2-3 эмульсионных светочувствительных слоя. В отличие от цветных пленок, к которым предъявляются требования по идентичности в калориметрическом отношении изображения и оригинала, на спектральнозональных аэрофотопленках объекты отображаются в условных цветах, не соответствующих привычному цвету объектов.

Технология съемки и фотохимической обработки спектральнозональной пленки не отличается от цветной. Но информативность спектральнозональных снимков значительно выше, чем цветных по следующим причинам [90]:

- используются наиболее информативные с точки зрения возможностей обнаружения и распознавания объектов зоны спектра;

- зоны смещены в область больших значений длин волн, вследствие чего уменьшается отрицательное влияние воздушной дымки на контраст оптического изображения;
- двухслойные спектрозональные аэрофото пленки имеют более высокую (примерно в 2 раза) разрешающую способность, чем многослойные цветные пленки.

Чувствительность фотоматериалов измеряется в условных единицах ISO (ранее в ед. ГОСТа), в США и многих других странах - в единицах ASA, в Германии - в DINax. Перерасчет единиц светочувствительности, определенных по разным светометрическим системам, сложен, так как в каждой системе используются разные критерии светочувствительности. Система ISO практически идентична системе ASA. В единицах DIN чувствительность приблизительно равна увеличенному на 1 десятикратному значению десятичного логарифма значений светочувствительности в единицах ISO. Например, широко применяемая для бытовой съемки пленка имеет чувствительность 100, 200 и 400 ед. ISO соответствует чувствительности 21, 24 и 27 ед. DIN. В зависимости от назначения чувствительность фотоматериалов колеблется в широком диапазоне - от единичных значений до тысяч. Фирма «Кодак» выпускает специальную фотопленку, значения чувствительности которой достигают 10 тысяч единиц. Такая пленка позволяет проводить фотосъемку при освещенности, оцениваемой человеком как темнота. Однако она требует специальной обработки за 10-12 часов перед фотосъемкой. Разработана монохроматическая пленка переменной чувствительности, величина которой зависит от длительности ее проявления.

Разрешающая способность фотографических материалов, так же как объективов, оценивается числом различимых линий на один мм. Способность фотоматериала отдельно с заданным контрастом воспроизводить мелкие близко расположенные детали изображения определяется его структурными свойствами. Зернистая структура фотографической эмульсии вызывает рассеяние света в слое при экспонировании и ограничивает возможность воспроизведения мелких деталей и резкость изображения. Причем, чем выше чувствительность фотоматериала, тем больше зернистость эмульсии. Разрешающая способность аэрофото пленок достигает 500 и более лин/мм, пленки общего назначения имеют разрешение 100 лин/мм и менее.

С начала 90-х годов на основе достижений микроэлектроники развивается принципиально новое направление - цифровое фотографирование. Цифровой фотоаппарат представляет собой малогабаритную камеру на ПЗС, электрические сигналы с выхода которой записываются не на магнитную ленту как в видеокамере, а преобразуются в цифровой вид и запоминаются полупроводниковой памятью фотоаппарата или записываются на его малогабаритный диск.

Цифровой электронный фотоаппарат, обладая возможностями классического электромеханического фотоаппарата, предоставляет пользователю дополнительные функции, которые существенно повышают оперативность фотографии. К ним относятся: возможность съемки в непрерывном режиме с частотой 5-15 кадров/с, запись текстовых и звуковых комментариев, даты и времени фотосъемки, просмотр изображений в процессе и после съемки на поворачивающемся экране (LCD-панели размером 4-5 см), отображение текущих параметров съемки (числа снятых кадров, объем свободной памяти, текущий режим компрессии) и др. Предусмотрены различные режимы просмотра кадров и стирание непонравившихся, печатание выбранных на специальном принтере. Цифровой фотоаппарат может иметь стандартный интерфейс для просмотра изображения на экране телевизора, записи на видеоманитонфон или печати на видеопринтер.

Таблица 3..3

| Модель               | Разрешение, точки | Емкость ОЗУ, Мбайт | Кол. кадров | Габариты, см | Масса, г |
|----------------------|-------------------|--------------------|-------------|--------------|----------|
| Agfa ePhoto 307      | 640x480/320x240   | 2                  | 36/72       | 76x140x38    | 370      |
| Apple Quik-Take 150  | 640x480/320x240   | 1                  | 16/32       | 56x135x15    | 455      |
| Canon Power-Shot 500 | 852x608/320x240   | 1                  | 4/36        | 90x157x58    | 625      |
| Casio QV-10-         | 480x240           | 2                  | 96          | 65x130x40    | 200      |
| Epson Photo PS       | 640x480/320x240   | 1                  | 16/32       | 90x165x50    | 65       |
| Kodak DC20           | 495x313/320x240   | 1                  | 8/16        | 60x100x30    | 120      |

|                |                 |   |       |           |     |
|----------------|-----------------|---|-------|-----------|-----|
| Kodak DC40     | 756x504         | 4 | 48/99 | 155x155x1 | 455 |
| Olympus D-2001 | 640x480/320x240 | 2 | 20/80 | 145x70x45 | 310 |
| Ricoh RDC-2    | 768/576         | 2 | 9/38  | 9/38      | 310 |

Примечание. В столбцах 2 и 4 в числителе указаны максимальные значения, в знаменателе - минимальные.

Цифровой фотоаппарат также сопрягается с ПЭВМ. Снятое изображение может отображаться на экране дисплея, редактироваться с помощью графических редакторов, выводиться на печать, передаваться по сети.

Разрешение изображения цифрового фотоаппарата определяется разрешением его светозернического преобразователя. Но с увеличением разрешения уменьшается при ограниченном объеме памяти количество кадров. Компромисс между разрешением и количеством кадров достигается введением возможности изменения оператором показателей разрешения запоминаемого кадра. Если использовать карты памяти стандарта PCVIA, то количество кадров может быть значительно большим. Для дополнительной памяти объемом 16 Мб количество кадров пропорционально возрастает и составляет сотни снимков.

Изображение с разрешением 640x480 соответствует качеству изображения на экране монитора VGA ПЭВМ, но уступает возможностям фотопленок. Однако цифровое фотографирование не связано с химической обработкой светочувствительных материалов, что резко улучшает потребительские свойства цифровых фотоаппаратов, обладает большой оперативностью просмотра изображений и гибкостью редактирования изображения на ПЭВМ.

Учитывая перспективы миниатюризации радиоэлектронных элементов, прежде всего «памяти», и повышения разрешения ПЗС, у цифровых фотоаппаратов большое будущее.

Информация о движущихся объектах добывается путем кино- и видеосъемки с помощью киноаппаратов и видеокамер. При киносъемке изображение фиксируется на светочувствительной киноплёнке, при видеозаписи - на магнитной пленке.

Под киносъемкой понимают процесс фиксации серии последовательных изображений (кадров) объекта наблюдения через заданные промежутки времени, определяемые частотой кадров в секунду. Каждый кадр кинофильма содержит изображение объекта в момент съемки. Число кадров колеблется от единиц кадров в минуту и даже часов для съемки медленно текущих процессов до сотен тысяч в секунду - для сверхскоростной специальной съемки, например, для наблюдения электрического разряда или полета пули.

Устройство кинокамеры близко к устройству фотоаппарата с той принципиальной разницей, что в процессе киносъемки пленка скачкообразно продвигается с помощью рейфферного механизма перед кинообъективом на один кадр. Закрытие объектива на время продвижения киноплёнки осуществляется заслонкой (обтюратором), вращение которой перед объективом синхронизировано с работой рейффера. Киносъемка движущихся людей производится на 8 и 16-мм пленку с частотой 16-32 кадра в секунду.

#### г) Средства телевизионного наблюдения

Дистанционное наблюдение движущихся объектов осуществляется с помощью средств телевизионного наблюдения. Схема комплекса средств телевизионного наблюдения показана на рис. 3.2.

При телевизионном наблюдении изображение объективом проецируется на светочувствительный слой фотокатода вакуумной передающей трубки или мишени твердотельного преобразователя. Фотокатод содержит вещества, из атомов которого кванты световой энергии выбивают электроны, количество которых пропорционально энергии света (яркости элемента изображения). На фотокатоде образуется изображение  $Q(x,y,t)$  в виде электрических зарядов, эквивалентное оптическому  $V(x,y,t)$  изображению, где  $Q$  и  $V$  - значения соответственно величины зарядов и яркости в точках с координатами  $x, y$  в момент времени  $t$ .

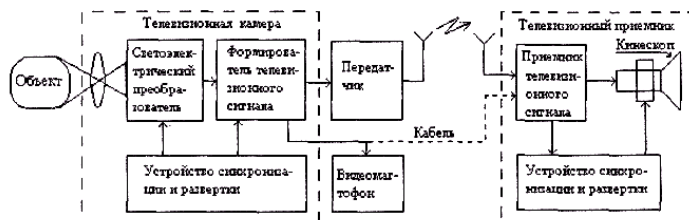


Рис. 3.2. Схема комплекса средств телевизионного наблюдения

В вакуумных телевизионных передающих трубках производится считывание величины заряда с помощью электронного луча трубки, отклоняемого по горизонтали и вертикали магнитными полями. Эти поля создаются отклоняющими катушками, надеваемыми на горловину телевизионной трубки.

При телевизионном наблюдении изображение объективом проецируется на светочувствительный слой фотокатода вакуумной передающей трубки

За время развития телевидения разработано много типов передающих телевизионных трубок, отличающихся чувствительностью фотокатода и разрешающей способностью. Появление достаточно простых ТВ-трубок типа «видикон» позволило создать компактные телекамеры. Миниатюрные видиконы с диаметром до 15 мм обеспечивают четкость 400-600 линий. На основе видикона разработаны различные варианты телевизионных передающих трубок: плюмбикон, кремникон, суперортикон, изокон и др., обеспечивающие качественное световое преобразование в широком диапазоне длин волн и освещенности.

В начале 70-х годов был открыт и реализован новый принцип построения безвакуумных, твердотельных преобразователей «свет-электрический сигнал», т. н. приборов с зарядовой связью (ПЗС). В основу таких приборов положены свойства структуры металл-окисел-полупроводник, называемой МОП-структурой (рис. 3.3).

Фотокатод или мишень ПЗС представляет линейку или матрицу из ячеек с МОП-структурами, образованными горизонтальными и вертикальными токопроводящими прозрачными электродами. Размеры каждой ячейки соответствуют размерам элемента изображения. Разрешающая способность ПЗС определяется количеством ячеек, размещающихся в поле изображения.

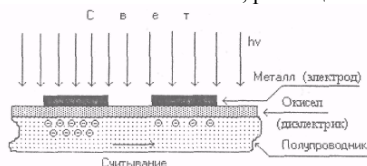


Рис. 3.3. Схема фрагмента ПЗС

Считывание зарядов, образующихся в каждой ячейке ПЗС под действием света точек изображения, производится путем последовательного перекачивания зарядов с ячейки на ячейку под действием управляющих сигналов, подаваемых на электроды. В результате этого на выходе ПЗС образуется последовательность электрических сигналов, амплитуда которых соответствует величине заряда на ячейках мишени ПЗС.

Электрический сигнал с выхода вакуумной передающей трубки или ПЗС усиливается и передается по кабелю или в виде радиосигналов к телевизионному приемнику. Последний выполняет обратные функции, преобразуя электрический сигнал в изображение, яркость каждого элемента которого эквивалентна амплитуде соответствующего сигнала. Формирование изображения производится на экране приемной масочной вакуумной трубки (кинескопа) или экране плоских панелей.

В вакуумной приемной телевизионной трубке (кинескопе) изображение создается на ее экране с люминофором электронным лучом, модулируемым электрическим сигналом изображения и

отклоняемым по горизонтали (строке) и вертикали (по кадру) синхронно с траекторией отклонения луча передающей трубки или считывания с ПЗС. Синхронность обеспечивается путем передачи синхронизирующих сигналов в виде групп импульсов, моменты формирования которых соответствуют границам строк и кадров. Синхроимпульсы совместно с сигналом изображения образуют полный телевизионный сигнал. В приемнике из полного телевизионного сигнала выделяются синхроимпульсы, которые синхронизируют работу устройств кадровой и строчной развертки. Эти устройства формируют сигналы, при прохождении которых по катушкам отклонения, надетых на горловину кинескопа, создаются магнитные поля, отклоняющие электронный луч.

Но вакуумные приемные телевизионные трубки громоздкие, тяжелые, хрупкие, нуждаются в высоковольтном (20-25 кВ) источнике постоянного тока, устройства развертки потребляют достаточно большую мощность, создаваемые трубкой поля не безвредны для человека. Будущее за панелями.

Известно несколько типов плоских панелей для телевизионных приемников, но наиболее успешно развиваются **газоразрядные и жидкокристаллические панели**.

Газоразрядную панель образуют два плоскопараллельных стекла, между которыми размещены миниатюрные газоразрядные элементы. В инертном газе газоразрядного элемента под действием управляющих сигналов, формируемых микропроцессором устройства синхронизации и подаваемых на прозрачные электроды одного или обоих стекол, возникает разряд с ультрафиолетовым излучением. Это излучение вызывает свечение нанесенного на переднее или заднее стекло люминофора одного цвета черно-белой панели или люминофоров красного, зеленого или синего цветов цветной панели. Например, газоразрядная панель японской фирмы NHK имеет формат экрана 874x520 мм, 1075200 элементов с шагом 0.65 мм, толщину 6 мм и вес 8 кг. Панель обеспечивает яркость изображения 150 кд/м<sup>2</sup> и 256 градаций яркости [40].

Основой жидкокристаллической панели служат также две плоскопараллельные стеклянные пластины. На одну из них нанесены прозрачные горизонтальные и вертикальные токопроводящие электроды. В местах их пересечения укреплены пленочные транзисторы, два вывода которых соединены с электродами на стекле, а третий образует обкладку конденсатора. Вторую пластину конденсатора представляет прозрачный металлизированный слой на второй стеклянной пластине, расположенной параллельно первой на расстоянии, измеряемой микронами. Между пластинами помещено органическое вещество (жидкий кристалл), поворачивающее под действием электрического поля плоскость поляризации проходящего через него света. С двух сторон панели укреплены поляроидные пленки, плоскости поляризации которых повернуты на 90° относительно друг друга.

Растр телевизионного изображения формируется сигналами, генерируемыми устройством синхронизации и подаваемыми на электроды стеклянных пластин. При подаче на эти электроды напряжения в точке их пересечения конденсатор заряжается и возникает электрическое поле между соответствующими обкладками конденсатора. В зависимости от величины напряжения изменяется угол поляризации жидкого кристалла между обкладками конденсатора. При отсутствии напряжения и, соответственно, электрического поля жидкий кристалл поворачивает угол поляризации света от лампы подсветки на 90°, в результате чего свет свободно проходит через поляроидные пленки. В зависимости от напряжения на обкладках конденсатора угол поляризации может изменяться от 90° до 0°, а прозрачность ячейки панели — от максимальной до не пропускающей света. Панель цветного телевизора содержит красный, зеленый и синий светофильтры, образующие триаду элемента разложения изображения. Например, панель фирмы Sharp LC-104TV1 имеет размеры по диагонали 26.4 см и 480 строк, каждая из которых содержит 1920 цветных точек, что обеспечивает получение высококачественного цветного изображения.

Плоские панели имеют преимущества перед вакуумными кинескопами по техническим параметрам, экологической безопасности и сроку службы.

Основными характеристиками телевизионных средств наблюдения являются чувствительность передающих трубок (ПЗС) и разрешающая способность. Чувствительность определяется чувствительностью материала фотокатода (мишени), а разрешение - количеством строк разложения изображения.

Современные передающие телевизионные трубки имеют чувствительность, обеспечивающую телевизионное наблюдение объектов при их освещенности от сотых долей до десятков тысяч лк.



Разрешающая способность современных телевизионных средств наблюдения составляет 350-650 линий. Чем выше разрешение, тем меньше длительность сигнала элемента изображения и тем шире спектр телевизионного сигнала. Ширина спектра телевизионного видеосигнала, передаваемого с частотой кадра 25 Гц и разрешением в 625 строк, составляет 6.5 МГц, телевизионного радиосигнала - 8 МГц.

Проблемы, возникающие из-за широкой полосы телевизионного сигнала, существуют при его записи на магнитную ленту. В аудиоманитофоне максимальная частота сигнала достигает 20 кГц, что составляет менее 1/300 части верхней частоты видеосигнала. Поэтому для записи видеосигнала на принципах аудиозаписи необходимо увеличить скорость перемещения ленты в 300 раз, что неприемлемо. В **видеомагнитофоне** реализован комплекс мер, обеспечивающих качество изображения, близкое к телевизионному, при приемлемых потребительских показателях видеомагнитофона и видеокассеты (габаритах, весе, времени записи на кассете). С этой целью сокращают полосу частот до 4-6 МГц, а для уменьшения линейной скорости перемещения магнитной ленты производится поперечно-строчная (поперек ленты) и наклонно-строчная (под острым углом к направлению движения ленты) запись видеосигналов на магнитную ленту с помощью вращающихся одной или нескольких (до 4-х) головок. Сигналы звукового сопровождения и управления записываются на боковых краях магнитной ленты.

Такие методы записи видеосигналов позволяют при сохранении высокой скорости движения ленты относительно головки значительно уменьшить ее продольную скорость и обеспечить приемлемое время записи на одной кассете. Для уменьшения влияния паразитной амплитудной модуляции из-за переменного контакта головки с лентой применяют частотную модуляцию с переменным индексом модуляции для разных частот и записывают на ленту частотно-модулированный сигнал. Кроме того, сохранение требуемых временных соотношений достигается применением высокоточного лентопротяжного механизма, систем автоматического регулирования электродвигателями и цифровых корректоров временных искажений.

Видеомагнитофоны с поперечно-строчной записью обеспечивают высокое качество изображения и звукового сопровождения, но они громоздкие и сложны в эксплуатации. Конструктивно более простыми являются профессиональные и бытовые видеомагнитофоны с наклонно-строчной записью.

В зависимости от требований к качеству записи и соответствующей скорости «лента-головка» применяют ленты шириной 50.8, 25.4, 19, 12.65 мм и менее. Широкая лента используется в профессиональных видеомагнитофонах, 12.65 мм и менее - в бытовых. Разнообразие значений ширины ленты в сочетании с разными способами записи обусловило множество форматов записи: для ленты шириной 50.6 мм. - Q, 25.4 мм - В, С, 19.05 мм - U, 22.65 мм - L, M11, VHS, Beta и др. В бытовом видеомагнитофоне наибольшее распространение получили форматы VHS и Beta. Видеофонограммы формата VHS для отечественной бытовой аппаратуры имеют следующие параметры [80]:

- скорость головки относительно ленты — 4.85 м/с;
- продольная скорость ленты - 23.39 мм/с;
- ширина видеострочки - 0.04 мм;
- ширина дорожки звука - 0.3 мм;
- ширина дорожки управления - 0.75 мм;
- угол наклона строчки относительно края ленты - около 6 град.

Малая продольная скорость ленты позволяет на стандартной кассете с размерами 188x104x25 мм производить непрерывную запись изображения в течение 3-5 часов (в зависимости от толщины ленты и других мер).

В целях повышения качества изображения развивается цифровая видеозапись в форматах D1-D5, а в интересах сокращения размеров и веса, что важно для решения задач по добычанию информации — переход на малогабаритные кассеты. На базе широко применяемого формата VHS предложены форматы VHS-C (для кассеты с размерами 92x59x22.5 мм), Video 8 (95x62.5x15 мм, ширина ленты 8мм) и малогабаритная кассета МК (102x63x12 мм с шириной ленты 3.8 мм). В современных видеомагнитофонах удается также снизить скорость до 1 см/с и менее с соответствующим увеличением времени записи. Например, в цифровом видеомагнитофоне EV-A80 (Sony) достигнута скорость ленты 0.6/0.3 см/с, время записи в формате V-8 - 540/1120 мин. с разрешением 250 строк.

При существующих стандартах на параметры телевизионных средств наблюдения их разрешение на порядок хуже разрешения фотоснимков. Для повышения четкости изображения разрабатываются средства с повышенными в 2 раза разрешением и частотой кадров. Но при этом соответственно увеличивается ширина спектра телевизионного сигнала со всеми вытекающими из этого недостатками. Поэтому для широкого внедрения качественного телевидения необходимо решить проблему сокращения ширины спектра его телевизионного сигнала.

Для телевизионного наблюдения в ИК-диапазоне применяют телевизионные камеры с ПЗС, чувствительными к ИК-лучам.

Для наблюдения в оптическом диапазоне применяют также лазеры, лучи которых в видимом или ИК-диапазонах подсвечивают объекты в условиях низкой естественной освещенности. Для этой цели луч лазера с помощью качающихся зеркал сканирует пространство с наблюдаемыми объектами, а отраженные от них сигналы принимаются фотоприемником так же, как при естественном освещении.

С целью обеспечения скрытого наблюдения средства наблюдения камуфлируются под бытовые приборы и личные вещи. Некоторые средства приведены в табл. 3.4.

Видеопередатчики работают в диапазоне частот от 60 МГц до 2.3 ГГц и выше. Их мощность составляет от 40 мВт до 50 Вт, при этом обеспечивается дальность передачи от нескольких метров до 20 км. Например, дальность передачи миниатюрного передатчика РК 5115 при мощности 1.5 Вт на частоте 236 МГц составляет 400 м. Для увеличения дальности передачи используются специальные ретрансляторы [89].

Для приема телевизионных радиосигналов используются как телевизионные приемники широкого применения, так и специальные. Например, аудио- и видеоприемник РК 625 аудио и видео сигналов в диапазоне от 60 МГц до 1.2 ГГц, а видеоприемник RX 100 - в диапазоне 1.2-2.3 ГГц. Видеоприемники имеют встроенные микропроцессоры, автоматизирующие операции по поиску и приему сигналов. Например, видеоприемник РК 6625 имеет 100 программируемых каналов памяти, 24-часовой таймер и автоматический режим поиска видеосигналов [89].

Таблица 3.4.

| Наименование                       | Тип. фирма                   | Характеристики  |
|------------------------------------|------------------------------|---|
| Поясная видеокамера                | PK51 K.<br>ELECTRONI         | ПЗС. 280x350 пинии, мин. Освещение 3 лк, угол зрения 55°. 180 г передатчик РК 1910 170г   |
| Поясная видеокамера с магнитофоном | PK6020<br>ELECTRONI<br>C     | ПЗС. 280x350, 3 лк. 180 г, магнитофон 50x110x170 мм. время записи 3 ч.  |
| Цветная видеосистема в             | PK5325<br>ELECTRONI          | Включает камеру «Сатнкон», видеомагнитофон, устройство питания, монитор.  |
| Видеокамера-зажим                  | QSV-4.<br>KNOWLEDGE EXPRESS  | Видеокамера в булавке для галстука. 2 лк. соединена с видеомагнитофоном в кармане, продолжительность работы видеомагнитофона 2 ч. |
| Автомобильная видеокамера          | PK1780-S.<br>ELECTRONI       | Объектив в автомобильной антенне, видеокамера с передатчиком, дальность 3 км.   |
| Видеокамера в картине              | QVS-13.<br>KNOWLEDGE EXPRESS | Камера аналогична QVS-12. картина размером 12.5x17.8 см   |
| Фотокамера-портфель                | PK420.<br>ELECTRONI          | Диаметр 34 мм, толщина 10 мм. вес 70 г. 7 снимков диаметром 5.5 мм  |
| Фотокамера в дипломате             | PK1690-S.<br>ELECTRONI       | Стандартный размер портфеля-дипломата. 7.5 кг, пленка 35 мм, съемка автоматизированная  |

Примечание. ПЗС - приборы с зарядовой связью.

д) Приборы ночного видения.

Для визуально-оптического наблюдения в инфракрасном диапазоне необходимо переместить невидимое для глаз изображение в инфракрасном диапазоне (более 0.76 мкм) в видимый диапазон. Эта задача решается в приборах ночного видения (ПНВ).

Основу приборов ночного видения составляет электронно-оптический преобразователь (ЗОН), преобразующий невидимое глазом изображение объекта наблюдения в видимое. Самый

простой ЭОП, так называемый стакан Холста, состоит из двух параллельных пластин, помещенных в стеклянный стакан, из которого выкачан воздух (рис. 3.4).

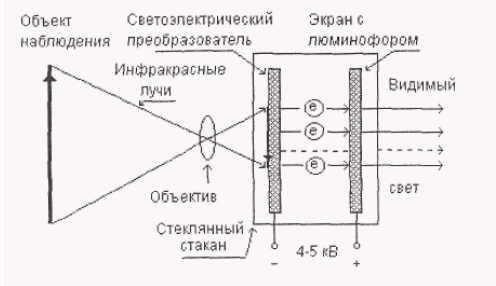


Рис. 3.4. Схема стакана Холста

Внешняя сторона первой пластины — фотокатода покрыта светочувствительным материалом (слоем из окиси серебра с цезием), второй представляет металлизированный экран с люминофором. Между пластинами создается сильное электрическое поле разностью электрических потенциалов 4-5 кВ.

На фотокатод объективом проецируется изображение в ИК-диапазоне. В каждой точке фотокатода под действием фотонов света возникают свободные электроны, количество которых пропорционально яркости соответствующей точки изображения. Электрическое поле между пластинами вырывает свободные электроны из фотокатода и, разгоняя, устремляет их к экрану с люминофором. В моменты столкновения электронов с люминофором возникают вспышки видимого света, яркость которых пропорциональна количеству электронов. Таким образом, на экране с люминофором формируется видимое изображение, близкое исходному в ИК-диапазоне.

Однако параметры (чувствительность, разрешение) рассмотренного ЭОП невысокие и не обеспечивают наблюдение при низкой освещенности и, следовательно, добывание демаскирующих признаков об объекте с мелкими деталями.

С момента создания первого ЭОП в виде стакана Холста разработано несколько поколений этих приборов (от нулевого до 3-го). ЭОП 2 и 3-го поколений, которые используются в настоящее время, имеют чувствительный фотокатод, а между пластинами камеры размещается так называемая микроканальная пластина. Пластина содержит приблизительно 5000 микроканалов на 1 мм<sup>2</sup>, внутри которых движутся электроны фотокатода. В результате устранения взаимного влияния электронов от соседних точек фотокатода, движущихся по разным микроканалам, достигается повышение разрешающей способности прибора ночного видения с микроканальной пластиной. Кроме того, в процессе движения электронов внутри каналов происходит «размножение» электронов в результате выбивания их из стенки канала при столкновении с нею движущихся электронов.

Основные показатели приборов ночного видения различных поколений приведены в табл. 3.5 [9].

Таблица 3.5.

| Поколения     | Коэффициент усиления | Разрешающая способность, лин/мм | Чувствительность, мкА/лм |
|---------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|
| I поколение:  |                      |                                 |                          |
| - однокамер-  | 80                   | 65                              | -                        |
| - двухкамер-  | 4000                 | 40                              | -                        |
| - трехкамер-  | 50000                | 25                              |                          |
| II поколение  | 7000-                | 28                              | 270                      |
| III поколение | 20000-               | 35                              | 1 250                    |

На основе ЭОП 2 и 3-го поколений созданы различные приборы ночного видения, включающие ночные бинокли и очки, артиллерийские приборы и прицелы для различных образцов военной техники. Самые малые по размерам ПНВ - очки на базе ЭОП 3-го поколения имеют угол зрения 40

град., дальность наблюдения (обнаружения) 500м при естественном освещении около 10<sup>-3</sup> лк, массу 700 г.

Приборы ночного видения эффективно работают в условиях естественного ночного освещения, но не позволяют проводить наблюдения в полной темноте (при отсутствии внешнего источника света). Их чувствительность недостаточна для приема световых лучей в ИК-диапазоне, излучаемых телами.

Приборы ночного видения (ПНВ) разделяют на 3 группы:

- приборы малой дальности действия (ночные очки), позволяющие видеть фигуру человека на расстоянии 100-200 м. Вес и габариты этих приборов позволяют носить их в карманах, сумках, портфелях;
- приборы (ночные бинокли, трубы) средней дальности (человек виден до 300-400 м), наблюдение ведется с помощью с рук;
- приборы большой дальности действия (до 1000м), устанавливаемые для наблюдения на треноге или подвижном носителе.

Например, прибор ночного видения - бинокль фирмы Noctron (США) имеет фокусное расстояние 135 мм, угол поля зрения — 10.6°. массу 1.98 кг, габариты 320х80х210 мм, дальность наблюдения человека 300-400 м.

Стационарный прибор ночного видения НМ-10С оснащается длиннофокусным объективом (F=250 мм) с 10-кратным увеличением и специальным окуляром с переходными кольцами для подсоединения фото- и видеокамеры. Электронно-оптический преобразователь обеспечивает усиление 30000 и разрешение в центре 28 лин/мм. Прибор имеет габариты 200х600 мм, вес 5.1 кг и устанавливается на треноге.

По способу подсветки приборы ночного видения условно разделяют на три типа:

- объект наблюдения подсвечивается с помощью искусственного источника ИК-излучения, размещенного на приборе ночного видения;
- с подсветкой от естественного освещения;
- принимающего собственное тепловое излучение объекта наблюдения.

Приборы ночного видения первого типа содержит ИК-фару в виде обычного источника света мощностью 25-100 Вт, закрытой спереди специальным фильтром. Например, прибор ночного видения с подсветкой «Аргус» позволяет вести наблюдение в полной темноте объектов на удалении до 120 м [14]. На этом удалении можно различить силуэт человека и определить тип транспортного средства. Опознать человека по признакам внешности и лица можно на значительно меньшем расстоянии - 35-50 м. Приборы ночного видения при освещенности ночью в летнее время (приблизительно 0.005 лк) позволяют видеть фигуру человека на расстоянии до 300-400 м. Например. ПНВ отечественного производства «Ворон-3» имеет пороговый уровень освещенности для визуального обнаружения объектов 0.001 лк. для регистрации 0.01 лк. Его разрешающая способность не менее 28 лип/мм, диапазон автоматической регулировки 10<sup>5</sup> чувствительности, напряжение питания 5-9 В, масса - не более 1.2 кг. Приборы третьего типа называются тепловизорами.

#### е) Тепловизоры

Наблюдению объектов в полной темноте (при отсутствии внешних источников ИК-света) на рассмотренных принципах мешают тепловые шумы светозлектрических преобразователей. Снижение уровня шумов достигается применением малощумящих светочувствительных материалов и охлаждением преобразователей. Для надежного обнаружения теплового излучения объекта наблюдения на фоне шумов светозлектрического преобразователя (обеспечения отношения сигнал/шум более 1) последний нуждается в охлаждении до весьма низких температур - (-70...-200)<sup>0</sup>С.

Способы охлаждения светозлектрических преобразователей реализуются в тепловизорах, типовая схема которого приведена на рис. 3.5.



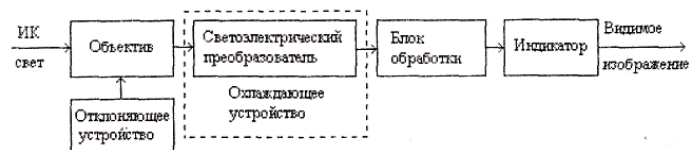


Рис. 3.5. Схема тепловизора

В качестве светозлектрических преобразователей современных тепловизоров используются линейки с фотодиодами (60-200 штук), образующими строку кадра. Развертка по вертикали (сканирование) производится путем механического качания зеркала, направляющего световые лучи от объектива к фотоприемнику. Охлаждение фотоприемников осуществляется жидкими газами в специальных сосудах и специальными микрогабаритными охлаждающими устройствами, в которых реализуются принципы термоэлектрического охлаждения, расширения газа в вакууме, термодинамические циклы Стирлинга и др.

Тепловизоры в настоящее время находят применение в качестве средств досмотровой техники и в военном деле. Например, теплотелевизионная система IRTIS-200 предназначена для исследования неоднородностей, возникающих при установке закладных устройств в стенах, измерения параметров тепловых следов и определения времени их проявления, для исследования тепловых потерь в строительстве и энергетике. Чувствительность ИК-камеры IRTIS-200 при охлаждении жидким азотом составляет  $0.05^\circ$ , с термоэлектрическим охлаждением  $0.35^\circ$ . Время сканирования кадра с разрешением  $256 \times 256$  - не более 1.5 сек. В состав системы входит ПЭВМ типа Notebook. Размеры камеры  $200 \times 140 \times 100$  мм, вес не более 2 кг, энергопотребление - не более 1.5 Вт.

Военный ручной французский тепловизор IRGO, работающий в диапазоне 3-5 мкм, обеспечивает наблюдение в полной темноте на расстоянии до 1 км с четкостью  $200 \times 120$  элементов разложения изображения и с частотой сканирования 25 Гц. Изображение в видимом диапазоне формируется на экране с матрицей из светодиодов, излучающих желтый цвет. Мощность энергопотребления прибора составляет 10 Вт, масса с батареей питания - 4 кг [9].

Основными характеристиками технических средств наблюдения в ИК-диапазоне, влияющими на их возможности, являются следующие:

- спектральный диапазон;
- пороговая чувствительность по температуре;
- фокусное расстояние объектива;
- диаметр входного отверстия объектива;
- угол поля зрения прибора;
- коэффициент преобразования (усиления) ЭОП;
- интегральная чувствительность.