

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный социально-экономический
университет»

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА
ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ
ОПЕРАТИВНОГО НАБЛЮДЕНИЯ
В БОРЬБЕ С ПРЕСТУПНОСТЬЮ**

Учебное пособие
для студентов, обучающихся
по специальности
031001.65, 030505.65
«Правоохранительная деятельность»,
(специализации «Административная деятельность»,
«Административная деятельность
органов внутренних дел»)

Саратов
2012

УДК 343.98
ББК 67.521
А53

Авторы-составители:

кандидат юридических наук, доцент **В.Ю. Алферов**;
доктор юридических наук, доцент **А.Е. Федюнин**;
кандидат юридических наук **Н.М. Перетяцько**

А53 Специальная техника органов внутренних дел. Использование средств оперативного наблюдения в борьбе с преступностью: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 031001.65, 030505.65 «Правоохранительная деятельность», (специализации «Административная деятельность», «Административная деятельность органов внутренних дел») /Саратовский государственный социально-экономический университет. – Саратов, 2012. – 88 с.

ISBN 978-5-7485-0664-9

Учебное пособие «Использование средств оперативного наблюдения в борьбе с преступностью», предназначено для слушателей высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Правоохранительная деятельность» и изучающих тему «Средства оперативного наблюдения» дисциплины «Специальная техника ОВД». Средства оперативного наблюдения предназначены для решения широкого круга задач правоохранительной деятельности и используются при выполнении служебных обязанностей сотрудниками правоохранительных органов и проведении ряда оперативно-розыскных мероприятий. Они позволяют повысить эффективность работы оперативных и иных подразделений правоохранительных органов дел при выявлении и раскрытии преступлений.

Для слушателей высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Правоохранительная деятельность», а также адъюнктов, соискателей и сотрудников правоохранительных органов.

Рекомендует в печать
редакционно-издательский совет
Саратовского государственного
социально-экономического университета
09.06.2012 г.

Рецензенты:

кандидат юридических наук, доцент СГСЭУ **А.С. Волков**;
кандидат юридических наук, профессор **А.И. Гришин**

УДК 343.98
ББК 67.401.133

ISBN 978-5-7485-0664-9

© Авт.-сост.: В.Ю. Алферов, А.Е. Федюнин,
Н.М. Перетяцько, 2012
© Саратовский государственный
социально-экономический
университет, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Понятие «наблюдение» применимо ко многим сферам человеческой деятельности. Философы определяют наблюдение как форму восприятия, одну из форм чувственного познания. Однако от простого, элементарного восприятия наблюдение в своей наиболее эффективной форме отличается преднамеренностью, целенаправленностью и планомерностью. При этом процесс наблюдения всегда связан с концентрацией внимания на объекте наблюдения, что усиливает восприимчивость наблюдателя к нему¹.

Философский энциклопедический словарь трактует наблюдение как «преднамеренное и целенаправленное восприятие внешнего мира с целью изучения и отыскания смысла»².

Словарь русского языка С.И. Ожегова определяет понятие «наблюдать» как «внимательно следить глазами за кем-нибудь или чем-нибудь»³, а термин «средство» как «...орудие (предмет, совокупность приспособлений) для осуществления какой-либо деятельности...»⁴.

Большая Советская Энциклопедия приводит следующее понятие термина «наблюдение»: «Наблюдение (военное) — один из способов получения данных о противнике, положении и действиях своих войск и о характере местности... Для наблюдения пользуются оптическими приборами (бинокль, стереотруба, дальномер, перископ). Ночью и в условиях ограниченной видимости применяются приборы ночного видения и осветительные средства (прожекторы, осветительные ракеты и др.)»⁵.

¹ См: *Закаржевский Л.К.* К вопросу о роли чувственных восприятий в процессе познания: дис. ... канд. филос. наук. М., 1949. С. 151.

² Философский энциклопедический словарь М.: ИНФРА-М, 2001. С. 283.

³ *Ожегов С.И.* Словарь русского языка. Екатеринбург: Урал-Советы, 1994. С. 317.

⁴ Там же. С. 660.

⁵ Большая советская энциклопедия / под ред. *А.М. Прохорова*. М.: Советская энциклопедия, 1974. Т. 17. С. 186.

Сотрудники органов внутренних дел используют оперативное наблюдение при исполнении своих служебных обязанностей.

Федеральный закон «Об оперативно-розыскной деятельности» (ч. 1 ст. 6) предусматривает наблюдение как одно из оперативно-розыскных мероприятий. Оперативное наблюдение можно охарактеризовать как направленное, систематическое, непосредственно визуальное или опосредованное восприятие значимых для решения конкретных задач оперативно-розыскной деятельности деяний лиц и явлений (событий, фактов, процессов), их фиксация и документирование с использованием оперативно-технических средств. В своей служебной деятельности сотрудники правоохранительных органов проводят наблюдение как в гласной, так и негласной форме.

Таким образом, приняв приведенные выше формулировки за основу, можно дать следующее определение: ***технические средства наблюдения, используемые в органах внутренних дел – это приборы, предназначенные для расширения физических возможностей органов зрения наблюдателя при решении задач оперативно-служебной деятельности, наблюдения за лицами, представляющими оперативный интерес, документирования их преступной деятельности.***

Средства наблюдения, применяемые в органах внутренних дел, можно классифицировать в зависимости от их принципа действия, диапазону длин волн, назначению или типу устройства.

По принципу работы все средства наблюдения можно разделить на две большие группы: ***оптико-механические и оптико-электронные приборы.*** Схематично данная классификация представлена на рис. 1.

Конструкция оптико-механических приборов в основе своей состоит из системы линз и (или) зеркал и других элементов, преобразующих свет по законам геометрической оптики. Как технические средства они применяются для наблюдения объектов в видимом диапазоне. В этих приборах не происходит преобразования видимого света в какие-либо другие виды энергии.

Оптико-механические средства оперативного наблюдения могут включать в свою конструкцию и некоторые электронные системы (отображения дополнительной информации, стабилизации изображения и др.), а приборы, относимые в пособии к оптико-электронным средствам наблюдения всегда имеют оптико-

механические элементы. К оптико-механическим приборам относятся телескопы, бинокли, перископы, эндоскопы, оптические прицелы и т.п.

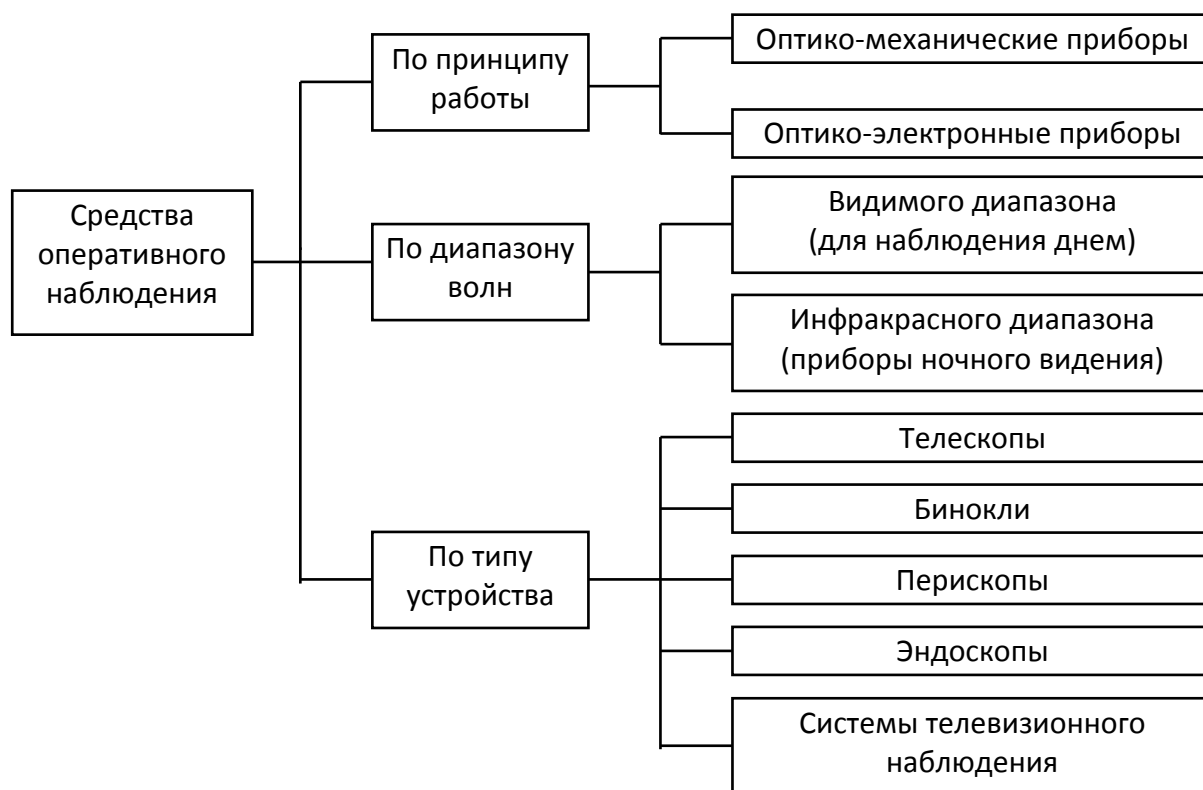


Рис. 1. Классификация средств оперативного наблюдения

В оптико-электронных приборах используется преобразование того или иного вида электромагнитного излучения (инфракрасного или видимого диапазона) в электронную форму (поток электронов в вакууме, проводнике, заряд на электродах и др.) с дальнейшим преобразованием его (и, при необходимости, обработке) в видимое изображение, которое может воспринимать человек. К оптико-электронным приборам относятся приборы ночного видения на основе электронно-оптических преобразователей, тепловизоры и системы телевизионного наблюдения.

По диапазону длин волн, в котором человек способен вести наблюдение при помощи данных приборов все средства наблюдения можно разделить на приборы видимого диапазона (для наблюдения в дневное время) и приборы, при помощи которых можно наблюдать объекты в инфракрасном диапазоне (приборы видения в темноте и тепловизоры).

Следует отметить, что не всегда удастся провести четкую границу между группами приборов, основываясь на данном признаке классификации, поскольку, например, оптико-механические приборы, применяемые для наблюдения в дневное время в ряде случаев могут успешно применяться и для наблюдения ночью, а современные телевизионные камеры способны воспринимать изображение объектов при низких уровнях освещенности, т.е. выполнять функции приборов ночного видения.

Классификация по типу устройства подразделяет средства наблюдения на традиционно установленные в технике группы средств – телескопы, бинокли, перископы, эндоскопы и системы телевизионного наблюдения.



1. ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАБЛЮДЕНИЯ

Документальная история средств, позволяющих человеку видеть на расстоянии, уходит к временам эпохи Возрождения. Считается, что впервые оптический прибор для наблюдения отдаленных предметов – так называемую зрительную трубу – стали использовать голландцы в конце XVI начале XVII веков.

Зрительная труба – это общее название оптических приборов, предназначенных для визуального наблюдения за удаленными предметами. На основе конструкции зрительной трубы построены все современные оптико-механические приборы: телескопы, бинокли, перископы, дальномеры, прицелы и др.

Конструкцию зрительной трубы усовершенствовали Г. Галилей и И. Кеплер. Они использовали этот оптический инструмент в качестве телескопа для астрономических наблюдений. В 1609 г. зрительную трубу 32-кратного увеличения построил и впервые применил для астрономических исследований Г. Галилей. Отличный от галилеевского тип зрительной трубы предложил в 1610-11 гг. И. Кеплер (впервые построена им около 1630 г.)⁶. Предложенные ими две оптические схемы применяют и по сей день в современных оптических приборах.

Основные элементы зрительной трубы – объектив и окуляр.

Объектив – это обращенная к наблюдаемому объекту часть оптической системы или самостоятельная оптическая система, формирующая действительное оптическое изображение объекта. Это изображение либо рассматривают визуально в окуляр, либо получают на плоской (реже искривленной) поверхности (фотографического светочувствительного слоя, фотокатода передающей телеви-

⁶ См.: Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Высшая школа, 2005. Т. 3.

зионной трубки или электронно-оптического преобразователя или другим способом⁷.

Объектив зрительной трубы представляет собой собирающую систему (обычно из двух склеенных линз, реже – многолинзовую или зеркально-линзовую). Он дает действительное уменьшенное и перевернутое изображение удаленного предмета вблизи своей фокальной плоскости (термин «фокальная плоскость» происходит от понятия «фокус» (от лат. focus – очаг, огонь). В оптике – точка, в которой после прохождения оптической системы параллельным пучком лучей пересекаются лучи пучка (или их мысленные продолжения, если система превращает параллельный пучок в расходящийся). Если лучи проходят параллельно оптической оси системы, фокус находится на этой оси и называется главным фокусом. В идеальной оптической системе все фокусы расположены на плоскости, перпендикулярной оси системы, называемой фокальной плоскостью). Это изображение рассматривают в окуляр как в лупу, совмещая его с фокальной плоскостью окуляра.

Окуляр (от лат. oculus – глаз), обращенная к глазу наблюдателя часть оптической системы – зрительной трубы, телескопа, бинокля и других приборов для визуального наблюдения действительного оптического изображения (его называют промежуточным), которое формирует объектив или предшествующая окуляру (по ходу лучей света) часть системы⁸. Окуляры современных кеплеровских зрительных труб, как правило, представляют собой сложные системы из двух и более линз.

В наиболее часто применяемых приборах типа зрительных труб Кеплера (рис. 2) окуляр также является собирающей системой, и формируемое изображение оказывается перевернутым.

Лучи, попадающие в объектив ($L_{об}$) от удаленного предмета (на рис. 2 показан в виде стрелки), практически параллельны. Объектив дает действительное перевернутое изображение предмета в своей фокальной плоскости ($F_{об}$). Расходящийся пучок лучей из точки F падает на окуляр ($L_{ок}$). Так как фокальная плоскость окуляра также проходит через точку F , то выходящий из трубы пучок параллелен побочной оптической оси окуляра. Попадая в глаз H ,

⁷ См.: Большая советская энциклопедия / под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1974. Т. 18. С. 260-261.

⁸ См.: Большая советская энциклопедия / под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1974. Т. 18. С. 365.

лучи сходятся на его сетчатке и дают действительное изображение предмета ($f_{об}$ и $f_{ок}$ – фокусные расстояния объектива и окуляра).

Плоскость создаваемого объективом действительного промежуточного изображения в трубе Кеплера находится между объективом и окуляром, и в нее можно поместить измерительную шкалу (дальномер, угломер), марку прицела и др.

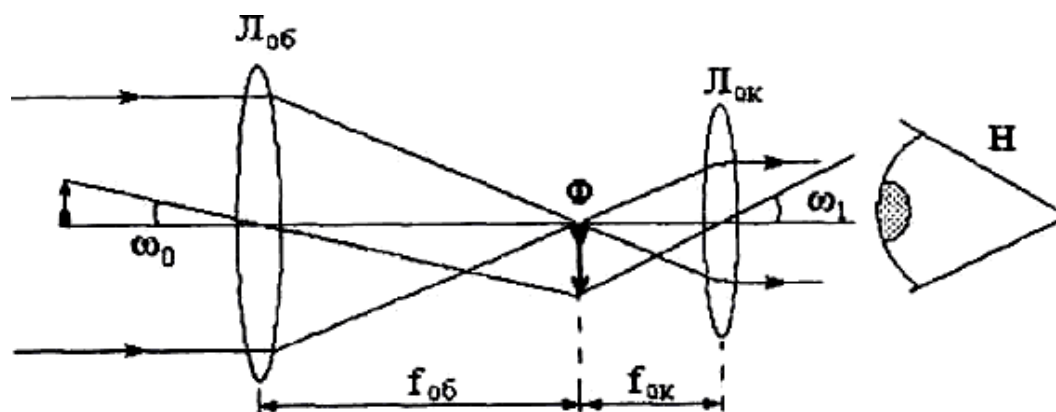


Рис. 2. Ход лучей в зрительной трубе Кеплера

Дальномерные шкалы позволяют приблизительно оценить расстояние до объекта наблюдения, что особенно важно при работе с оптическими прицелами. Для того чтобы измерить расстояние R до объекта наблюдения при помощи дальномерной шкалы необходимо знать приблизительный линейный размер этого объекта L , выраженный в метрах и его угловой размер Y . Линейный размер объекта устанавливается из повседневного опыта, как правило, по соотношению с размерами ростовой фигуры человека – 1,6-1,9 м или с размерами других объектов, габариты которых заранее известны. Дальномерная шкала прибора позволяет установить угловой размер объекта в условных единицах, называемых тысячными. Величина Y устанавливается по количеству делений шкалы, занимаемых изображением наблюдаемого объекта. Значение расстояния $R(м)$ рассчитывается по формуле: $R(м) \approx L(м)1000/Y(тыс)$.

Основными параметрами, характеризующими свойства оптико-механического средства наблюдения, являются увеличение (кратность) и поле зрения прибора.

Число, показывающее во сколько раз увеличивается (приближается) предмет при наблюдении его в оптический прибор по сравнению с его величиной (удалением) при наблюдении невооружен-

ным глазом, определяет увеличение (кратность) данного оптического прибора⁹, обозначаемого символом Γ .

Более точно этот параметр можно определить с использованием угловых величин. Если ω_0 – угол, под которым предмет виден без зрительной трубы, а ω' – угол, под которым наблюдается изображение предмета в трубе, то соотношение $\text{tg } \omega' / \text{tg } \omega$ есть угловое увеличение трубы¹⁰.

Если оптико-механический прибор направить объективом в сторону источника света, а за окуляром поставить темный экран и начать его отдалять от окуляра, то на определенном расстоянии от него можно будет наблюдать светлое круглое пятно с четкой границей – так называемый выходной зрачок¹¹. Выходной зрачок, являясь уменьшенным изображением входного зрачка (свободного отверстия объектива), во столько раз меньше его, во сколько раз увеличивает изображение данный прибор. По размеру выходного зрачка можно определить кратность прибора, разделив диаметр свободного отверстия объектива на диаметр выходного зрачка. Так как величина выходного зрачка согласована с размерами и воспринимающей способностью человеческого глаза и в угловых величинах имеет значение $\varphi = 60^\circ$, то видимое увеличение оптико-механического прибора может быть приблизительно оценено по диаметру входного отверстия объектива (D), измеренного в миллиметрах¹²: $\Gamma \approx 0,43 D$.

Полем зрения оптического прибора называется участок пространства (местности), видимый одновременно при наблюдении в оптический прибор. Величина поля зрения определяется входящими в систему деталями (такими как оправы линз, призм и зеркал, диафрагмы и пр.), которые ограничивают пучок лучей света.

Для средств наблюдения за удаленными объектами величина поля зрения измеряется в угловых единицах и называется углом зрения прибора. Величина поля зрения зависит от увеличения прибора. Чем больше увеличение прибора, тем меньше поле зрения. Зрительные трубы, построенные по схеме Галилея (рис. 3.)

⁹ См.: Миллер Д. Снайпер. М.: Харвест, 2002. С. 276.

¹⁰ См.: Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Высшая школа, 2005. С. 36-48. Следует отметить, что угловое увеличение – частный случай понятия оптического увеличения – отношения линейных или угловых размеров изображения предмета, получаемого с помощью оптической системы, к соответствующим размерам предмета.

¹¹ См.: Миллер Д. Снайпер. Там же. С. 276.

¹² В зависимости от условий освещенности коэффициент пропорциональности может варьироваться от 0,2 до 0,75.

дают прямое изображение. Окулярной такой зрительной трубы служит рассеивающая линза, располагаемая перед плоскостью промежуточного действительного изображения. Подобные зрительные трубы обладают малым углом зрения и в настоящее время употребляются достаточно редко.

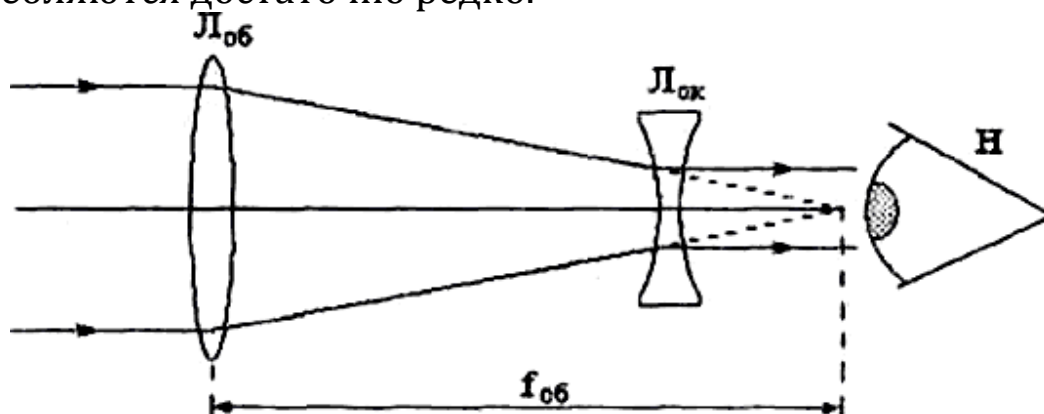


Рис. 3. Ход лучей в зрительной трубе Галилея
 $Л_{об}$ — объектив, $Л_{ок}$ — окуляр, $Н$ — наблюдатель,
 $f_{об}$ — фокусное расстояние объектива

Оптические приборы, построенные на основе схемы Галилея, имеют следующие достоинства. Они относительно просты и дешевы. Минимальное количество оптических деталей сокращает потери света за счет побочного отражения и поглощения в стекле. Изображение, получаемое при помощи таких приборов, очень яркое и четкое. Однако приборам такого типа свойственен и ряд недостатков. С ростом увеличения резко уменьшается поле зрения прибора, поэтому они не дают больших увеличений (как правило, не более 6-8 кратных). Конструкция прибора не позволяет использовать в нем различных измерительных сеток.

В практике правоохранительных органов для наблюдения удаленных объектов в дневное время могут использоваться приборы, построенные на основе как схемы Кеплера, так и Галилея. В основном для этих целей используются бинокли, телескопы (рефракторы и рефлекторы) и перископы.

1.1. Просветление оптики

Рассматривая линзы современных приборов наблюдения можно заметить, что их поверхности в отраженном свете окрашиваются в различные цвета – синий, зеленоватый или рубиново-красный. Таким образом, проявляются специальные покрытия поверхностей линз, нанесенные для так называемого просветления оптики.

Просветление оптики – это уменьшение коэффициентов отражения поверхностей оптических деталей путем нанесения на них одной или нескольких непоглощающих свет пленок. Без таких просветляющих пленок потери на отражение света могут быть значительными. В видимой области спектра даже при нормальном падении лучей на границе воздух – оптическая среда они могут составлять до 10% от интенсивности падающего излучения. В системах с большим числом поверхностей, например, в сложных объективах, потери света могут достигать 70% и более. Многократное отражение от преломляющих поверхностей вызывает появление внутри приборов рассеянного света, что ухудшает качество изображений, формируемых оптическими системами приборов. Эти нежелательные явления и устраняются с помощью просветления оптики.

Пленки просветления могут быть повреждены при небрежном обращении с оптическим прибором – поцарапаны, потерты и т.п., что приведет к ухудшению характеристик средства наблюдения. Открытые поверхности линз необходимо оберегать от загрязнений, особенно абразивного характера (песчаной пыли). В случае попадания такой пыли на линзы, что весьма вероятно в ходе активных действий на открытой местности, ни в коем случае не протирать линзы – для очистки от пыли следует использовать сильный поток воздуха для ее выдувания.

1.2. Бинокли

Биноклем называется оптический прибор, состоящий из двух зрительных труб, соединенных параллельно для наблюдения удаленных объектов двумя глазами. Поскольку зрительные трубы могут быть построены по двум схемам Кеплера или Галилея, то в конструкциях биноклей также может быть использована одна из этих схем. Бинокли, выполненные по схеме Галилея, имеют, как правило, небольшое увеличение – 3-6 кратное и ограниченное применение. Необходимость создания компактных конструкций определило применение призм в качестве оборачивающих систем в биноклях, использующих схему Кеплера. Такие бинокли называются призмёнными биноклями. Наибольшее распространение получила конструкция призмённого бинокля, разработанная французским оптиком Порро и российским конструктором Малофеевым (рис. 4).

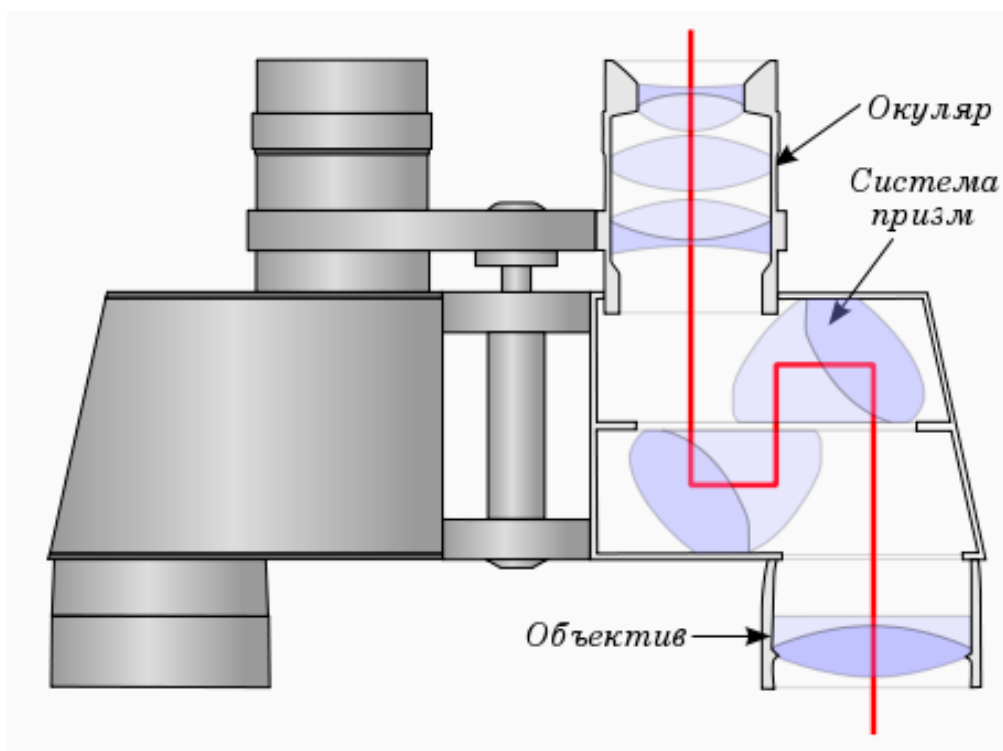


Рис. 4. Призматический бинокль с оборачивающей системой Малюфеева – Порро

Прямоугольные призмы, составляющие оборачивающую систему, установлены или с воздушным зазором между ними, или склеены в призматический блок. Из-за сложного пути светового пучка в призмах заметно уменьшается длина составляющей такой зрительной трубы. Световой луч после прохождения оборачивающей системы сдвигается параллельно сам себе, т.е. такая система в зрительной трубе создает перископичность, когда объектив и окуляр сдвинуты друг относительно друга. Это придает призматическому биноклю с оборачивающей системой Порро характерный вид, когда объективы разведены шире окуляров (на величину перископичности). Бинокль с такими характеристиками дает повышенную объемность изображения, или, как говорят, имеет повышенную пластичность.

Бинокли (как и зрительные трубы) характеризуются следующими основными параметрами:

- увеличением;
- углом поля зрения;
- диаметром входного зрачка (диаметром объектива);
- пластичностью.

По увеличению (кратности) бинокли можно разбить на группы:

- малого увеличения (2-4-кратные);
- среднего (5-8-кратные);

- большого (10-22-кратные).

Угол поля зрения бинокля обратно пропорционален увеличению. С ростом увеличения угол зрения системы уменьшается и малейшие механические колебания приводят к все более сильному колебанию изображения, поэтому бинокли (как и другие оптические системы) с более чем 10-кратным увеличением требуют для комфортного наблюдения штатива.

Величина диаметра входного отверстия объектива бинокля влияет на так называемое сумеречное число, представляющее собой корень квадратный из произведения увеличения бинокля на диаметр входного зрачка. По его величине оцениваются преимущества бинокля для применения в сумерках и ночью. Например, при 8-кратном увеличении и диаметре входного зрачка 50 мм сумеречное число равно $\sqrt{8 \cdot 50} = 20$. Сумеречное число характеризует отношение яркости изображения, наблюдаемого в бинокль, к яркости предмета, наблюдаемого невооруженным глазом. Такие бинокли называют ночными (не следует путать их с приборами ночного видения, основанными на других принципах). При наблюдении в ночной бинокль объекты будут более яркими, чем при наблюдении невооруженным глазом.

Под пластичностью в оптике понимают усиление стереоскопического эффекта, т.е. усиление ощущения глубины при наблюдении в бинокль. Пластичность бинокля равна произведению увеличения бинокля и увеличения базы (частное от деления расстояния между центрами объективов на расстояние между центрами окуляров). Пластичность бинокля с разведенными объективами бывает от 0,5 до 2, обычно ее стремятся увеличить. Бинокль с повышенной объемностью хорош при наблюдении в полевых условиях (полевой бинокль).

По способу наведения биноклей на фокус призмённые бинокли делятся на типы с раздельной и центральной фокусировкой. Наведение на фокус производится либо выдвижением каждого окуляра отдельно, либо выдвижением обоих окуляров вместе; предусматривается еще выдвижение одного из окуляров по отношению к другому на случай неодинаковой аметропии глаз. Второй способ более удобен при наблюдении предметов, находящихся на различных расстояниях от наблюдателя. Разработаны конструкции биноклей с так называемым панкратическим изменением увеличе-

ния, позволяющим непрерывно изменять увеличение (например, от 7-кратного до 12-кратного)¹³.

Буквенно-цифровые обозначения отечественных типов биноклей имеют следующий смысл. Первая буква Б – бинокль, вторая Г – галилеевский или П – призмный бинокль, третья К – компактный, четвертая буква – назначение или особенность бинокля (П – полевой, Т – театральный, С – спортивный, В – высокосветосильный, Б – большого увеличения, Ш – широкоугольный, Ц – с центральной фокусировкой, Ф – с внутренней фокусировкой), последующая цифра означает номер модели бинокля этого типа: БПЦ5 – пятая модель. Дальнейшие цифры обозначают увеличение бинокля и диаметр объектива в мм: 25х70 – увеличение 25-кратное, диаметр объектива – 70 мм¹⁴.

Как отмечалось выше, даже незначительные механические колебания оптического прибора вызывают сильное смещение изображения, что делает затруднительным ведение наблюдения из движущегося автотранспорта. В связи с тем что в практической деятельности органов внутренних дел такая необходимость возникает достаточно часто, научно-исследовательским институтом специальной техники МВД России был разработан специальный бинокль «Кондор» со стабилизацией изображения. Бинокль предназначен для визуального наблюдения с рук и опознавания удаленных объектов на местности в неподвижных и подвижных транспортных средствах (автомобили, вертолеты, водный транспорт). Преимуществами прибора являются: дальность наблюдения в два раза большая, чем у обычного 12-кратного бинокля, возможность работы без штатива¹⁵.

Следует отметить, что из соображений экономической целесообразности промышленностью выпускаются так называемые монокуляры, представляющие собой конструкцию, состоящую только из одной зрительной трубы, составляющей бинокль. Такое устройство в два раза компактнее и дешевле, однако не обеспечивает стереоскопичность наблюдения. В случаях, когда вес экипировки со-

¹³ См.: Большая советская энциклопедия / под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1974. Т. 3. С. 324-325.

¹⁴ См.: Ковалевский В.В. Оптические средства наблюдения неба. Харьков: Прогресс, 2003. С. 29.

¹⁵ См.: Проспект НИИ Специальной техники МВД. М.: НИИСТ, 2003. С.38.

трудника имеет решающее значение, монокуляр будет являться отличной заменой биноклю.

1.3. Перископы

Перископ – оптический прибор для наблюдения из укрытий (окопов, блиндажей и др.) и боевой техники. Многие перископы позволяют измерять горизонтальные и вертикальные углы на местности и определять расстояние до наблюдаемых объектов. Устройство и оптические характеристики перископа обусловлены его назначением, местом установки и глубиной укрытия, из которого ведется наблюдение.

Простейшим является вертикальный перископ, состоящий из вертикальной зрительной трубы и 2-х зеркал, установленных под углом 45° к оси трубы и образующих оптическую систему, которая преломляет световые лучи, идущие от наблюдаемого предмета, и направляет их в глаз наблюдателя. Распространены призмённые перископы, в трубе которых вместо зеркал установлены прямоугольные призмы, а также телескопическая линзовая система и оборачивающая система, с помощью которых можно получать увеличенное прямое изображение (рис. 5).

Поле зрения перископа при малом увеличении (до 1,5 раза) составляет около 40° ; оно обычно уменьшается с ростом увеличения. Некоторые типы перископов позволяют вести круговой обзор. Перископом можно пользоваться как в вертикальном, так и в горизонтальном положении (из-за угла дома или другой преграды).

Для использования подразделениями правоохранительных органов НИИ Специальной техники разработал и производит перископическую насадку «Штатив», предназначенную для визуального наблюдения, а также фото и видео регистрации различных объектов из-за укрытия в дневное и ночное время. Приставка имеет перископичность 550 мм, угол поля зрения – 15° , увеличение при использовании для визуального наблюдения – 2,6 кратное, при фотосъемке – от 1-кратного до 6 кратного¹⁶.

¹⁶ См.: Проспект НИИ Специальной техники МВД. М.: НИИСТ, 2003. С. 39.

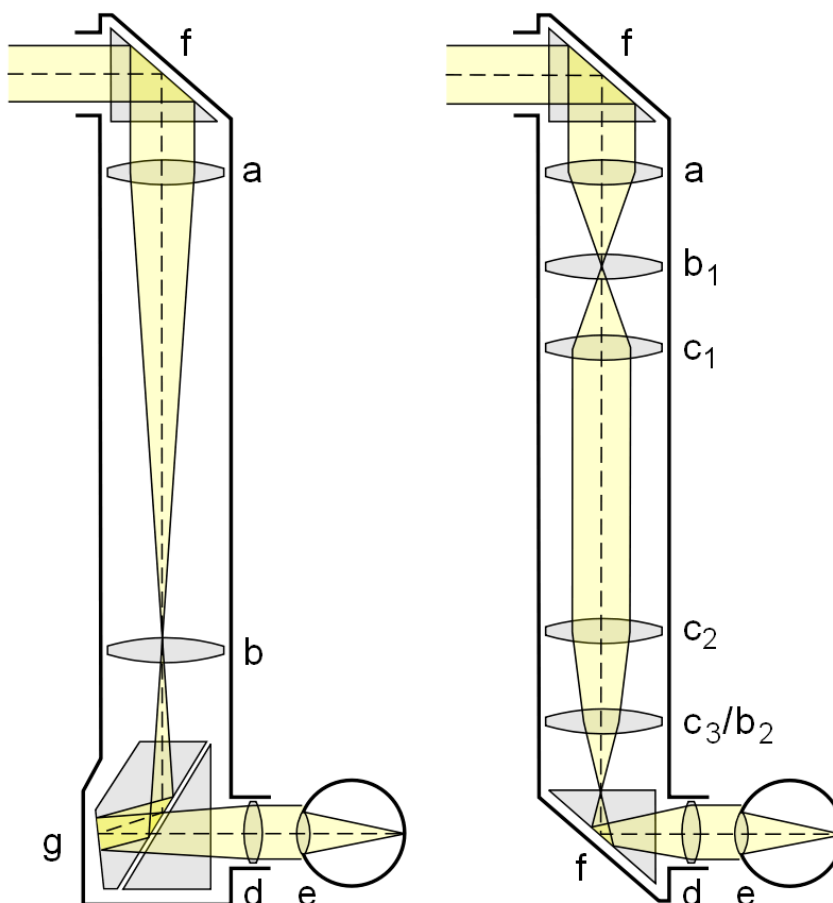


Рис. 5. Устройство зеркально-линзовых перископов:
 а – объектив, b – полевая линза, с – оборачивающая линза,
 d – окуляр, e – глазная линза, f – призма, g – призма

1.4. Эндоскопы

Эндоскоп – это оптический прибор, имеющий осветительную систему и предназначенный для осмотра внутренних поверхностей объекта контроля. Термин происходит от греческих слов endos – внутри и scoreo – рассматривать. Эндоскопы разделяются на гибкие и жесткие. По способу передачи изображения эндоскопы могут быть подразделены на оптико-механические и телевизионные (видеоэндоскопы)¹⁷.

В литературе для обозначения различных конструкций наряду с термином эндоскоп могут быть использованы термины бороскоп, фиброскоп и флексоскоп. Бороскоп (horoscope) в иностранной литературе – это либо общее название эндоскопов, либо название

¹⁷ См.: ГОСТ Р 53696-2009 «Контроль неразрушающий. Методы оптические. Термины и определения». URL: <http://protect.gost.ru> (дата обращения: 14.04.2011).

жестких эндоскопов. Фиброскоп, флексоскоп англоязычные названия гибких эндоскопов от fiber – волокно, flexible – гибкий.

1.4.1. Жесткие эндоскопы

Жесткие эндоскопы предназначены для визуального контроля полостей, к которым возможен прямолинейный доступ. Жесткий эндоскоп (рис. 6) состоит из визуальной и осветительной систем. Визуальная система состоит из оптической системы (линз, стержня и др.), которая заключена во внутреннюю металлическую трубку. Осветительная система состоит из оптического волокна, которое расположено между двумя металлическими трубками: наружной и внутренней.

Жесткие эндоскопы характеризуются четырьмя основными параметрами: диаметром рабочей части, длиной рабочей части, углом направления наблюдения и углом поля зрения.

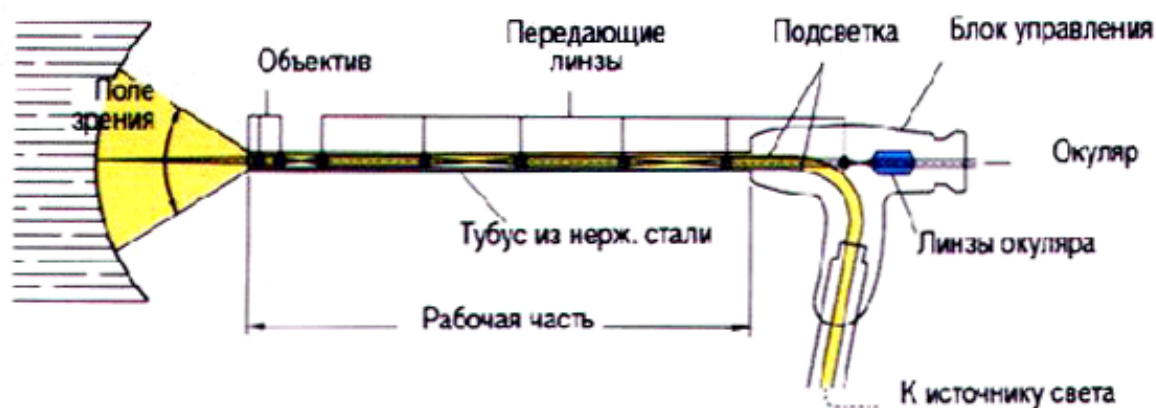


Рис. 6. Устройство жесткого эндоскопа

Наиболее распространенные диаметры рабочей части: 1,7; 2; 2,7; 4; 6; 8 и 10 мм. Длина жестких эндоскопов обычно варьируется в пределах от 100 до 1000 мм и изменяется с шагом 200-300 мм. Основные углы направления наблюдения 0, 30, 45, 75, 90 и 110 градусов. Угол направления наблюдения может быть и плавно изменяемым в эндоскопах с качающейся призмой – от 30 до 110 градусов. Угол поля зрения, как правило, варьируется от 50 до 90 градусов, при этом необходимо учитывать, что увеличение поля зрения приводит к уменьшению детализации, т.е. можно видеть много и мелко или мало и крупно¹⁸.

¹⁸ См.: Сирота Г.А. Технические эндоскопы – приборы для визуального контроля труднодоступных объектов // В мире неразрушающего контроля. 2000. № 2(8). С. 46.

Основное преимущество жестких эндоскопов – высокая разрешающая способность: до 25 линий на миллиметр.

1.4.2. Гибкие эндоскопы

Гибкие эндоскопы применяются, когда невозможен прямой доступ к внутренней полости объекта или сам объект имеет сложную геометрию. В гибких эндоскопах (рис. 7) визуальная система и система передачи света состоят из волоконной оптики, смонтированной внутри гибкой трубки с управляемым дистальным концом.

Канал для передачи изображения представляет собой линзовый объектив, который строит изображение исследуемого объекта на торце кабеля передачи изображения. Далее изображение передается по кабелю, состоящему из большого числа оптических волокон толщиной 10-12 мкм. Расположение торцов волокон на входе кабеля точно должно соответствовать их расположению на выходе, т.е. должна быть регулярная укладка. Изображение, полученное на конце кабеля, рассматривается через окуляр, имеющий диоптрийную подвижку для подстройки под глаза.

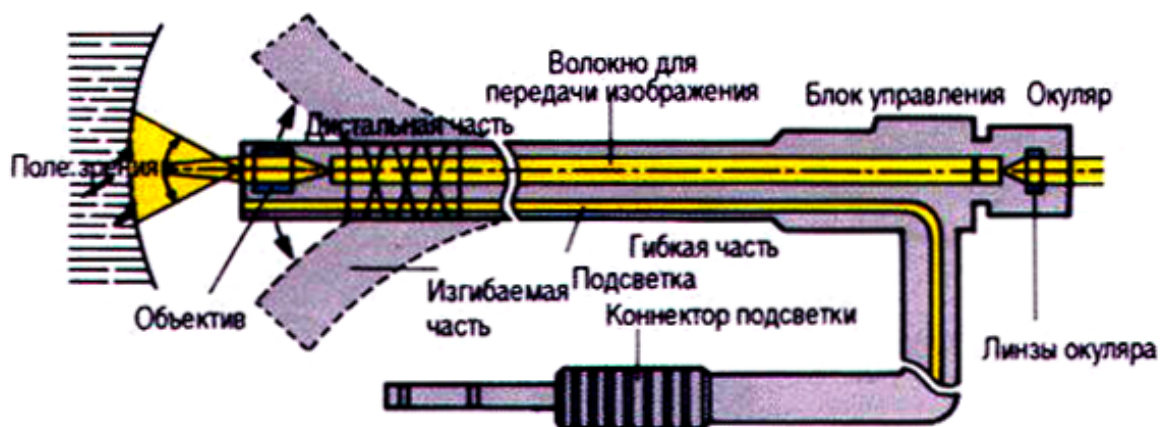


Рис. 7. Устройство гибкого эндоскопа

Канал для передачи света представляет собой, как правило, светорассеивающую линзу, вклеенную в головку прибора, световолоконный жгут с нерегулярно уложенными волокнами толщиной 25 мкм. Конец световолоконного жгута вмонтирован в специальный наконечник, подключающийся к осветителю.

Гибкие эндоскопы имеют управляемый так называемый дистальный конец, изгибающийся в одной или двух плоскостях. Как правило, это определяется диаметром рабочей части. Обычно в эндоскопах малого диаметра (6 мм и менее) изгиб осуществляется

в одной плоскости, а в более крупных – в двух. В эндоскопах различных производителей угол изгиба бывает от 90 до 180 градусов. К тому же эндоскопы могут комплектоваться насадками или объективами бокового наблюдения. Это важно, если есть необходимость осматривать, например, стенки каналов малого диаметра, где изгиб дистального конца невозможен.

Эндоскопы могут иметь канал для гибкого инструмента при необходимости осуществления манипуляций, например, захвата предметов, взятия пробы и т.д. Основным недостатком гибких эндоскопов по сравнению с жесткими является более низкая разрешающая способность.

При выборе гибкого эндоскопа руководствуются двумя основными параметрами: диаметром и длиной рабочей части. Наиболее распространены диаметры 4, 6, 8 и 10 мм. В последнее время ведущие производители предлагают гибкие эндоскопы с диаметром рабочей части от 0.5 до 2 мм. Длина рабочей части изменяется от 500 до 3000 мм с шагом, как правило, 500 мм. Угол поля зрения составляет 50-60 градусов. При необходимости он может быть увеличен до 90-100 градусов¹⁹. Обычно гибкие эндоскопы имеют герметичную маслобензостойкую рабочую часть с покрытием из нержавеющей стали.

1.4.3. Видеоэндоскопы

Гибкие волоконно-оптические эндоскопы (рис. 8) имеют ряд недостатков, наиболее существенные из которых – невысокая разрешающая способность и ограничение по длине, определяемые волокном передачи изображения. Модернизация или точнее замена в системе передачи изображения гибкого эндоскопа волоконно-оптического жгута на электронику позволила повысить разрешающую способность приборов и увеличить их длину, что привело к появлению видеоэндоскопов. Изображение в них (рис.9) через объектив попа-



Рис. 8. Современный видеоэндоскоп

¹⁹ См.: Сирота Г. А. Технические эндоскопы – приборы для визуального контроля труднодоступных объектов // В мире неразрушающего контроля. 2000. №2(8). С. 49.

дает на матрицу телевизионной камеры, затем сигнал по кабелю передается в блок преобразования и выводится на монитор. В настоящее время в мире производятся видеоэндоскопы с диаметрами рабочей части 6, 8, 10, 12, 16 и 20 мм и длиной от 2 до 30 м.

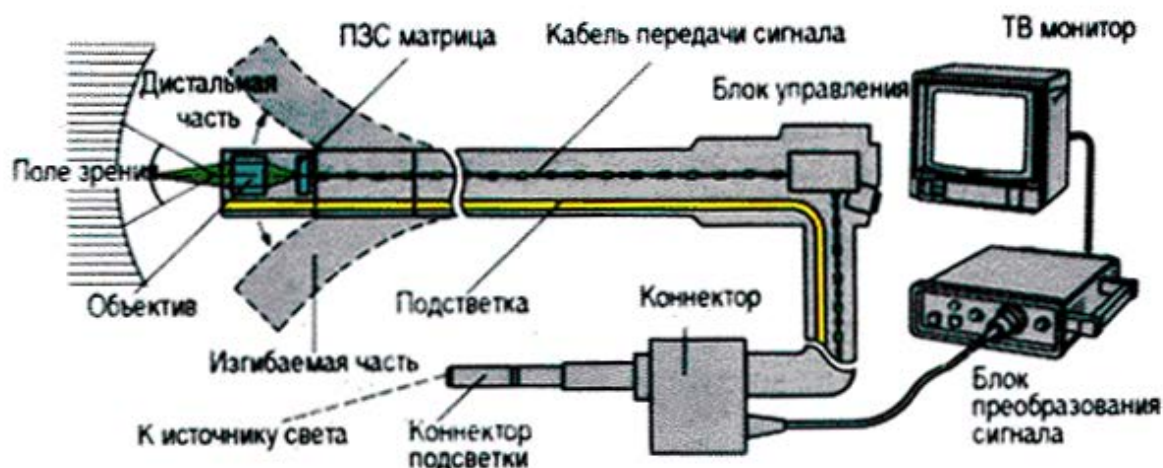


Рис. 9. Устройство видеоэндоскопа

Современный видеоэндоскоп²⁰ (рис. 10) позволяет проводить визуальный осмотр труднодоступных мест (внутренности труб, узлы автомобилей, вентиляционные решетки, под и за мебелью, в общем спектр применения камеры настолько же широк, насколько того требует ситуация). Цветное изображение передается на TFT-LCD монитор. При этом надо отметить, что монитор может принимать видеосигнал как в проводной, так и беспроводном режиме. Питание монитора осуществляется от встроенного аккумулятора. Запись изображения производится на micro SD карту (поддерживаются карты объемом до 16 Гб). Конструкция камеры эндоскопа имеет миниатюрные размеры, а объектив камеры снабжен подсветкой до 1,5 метров. Диаметр гибкого крепления 1 метр. Камера водонепроницаема и



Рис. 10. Камера-эндоскоп 8802AL

²⁰ См.: URL: <http://www.vizir-company.com/videoendo.html> (дата обращения: 14.05.2011).

спокойно погружается в различные жидкости. В комплекте идут три насадки: зеркало, магнит, и крючок. При помощи зеркала возможен осмотр мест под углом, недоступным камере. Магнит может помочь достать металлический предмет, который невозможно достать иными способами. Крючком можно зацеплять и перемещать различные предметы, которые находятся вне зоны досягаемости.

1.4.4. Осветители эндоскопов

Для качественного визуального контроля объектов необходимо иметь их хорошее освещение, поскольку часто наблюдение производится внутри полостей, не имеющих доступа света снаружи. В эндоскопах для этой цели служит система передачи света, работающая совместно с мощным источником, называемым осветителем. Осветители в зависимости от типа лампы – галогенные, металлогалоидные и ксеноновые.

В галогенных осветителях, как правило, используют 100 или 150-ваттные галогенные лампы. Основное их преимущество – дешевизна. Недостатки – высокое энергопотребление при относительно невысоком световом потоке, малый срок службы лампы (порядка 50 часов) и смещенный в желтую область спектр.

Металлогалоидные осветители имеют 24-ваттную лампу. Они значительно дороже галогенных, однако обладают рядом достоинств: низкое энергопотребление при световом потоке, сравнимом с 200-ваттной галогенной лампой, длительный срок службы лампы – 600-800 часов; спектр, приближенный к естественному белому свету. Данные осветители являются наиболее предпочтительными для применения с эндоскопами.

Ксеноновые осветители – не только наиболее мощные осветительные системы, но и самые дорогие. Они находят небольшое применение.

1.4.5. Эндоскопические видеосистемы

Эндоскопические видеосистемы предназначены для вывода изображения на монитор и документирования результатов контроля. Они используются как приставки к волоконно-оптическим эндоскопам.

Обычно видеосистема состоит из оптико-механического адаптера с видеокамерой, присоединяемого к окуляру эндоскопа, блока

управления и монитора. В некоторых случаях блок управления может отсутствовать. Вместо монитора возможно использование бытового телевизора или компьютера с устройством ввода – вывода видеосигнала. Видеокамеры в зависимости от решаемых задач изготавливаются черно-белые или цветные. Как правило, все они имеют разрешающую способность порядка 470 телевизионных линий (S-VHS).

1.4.6. Области применения эндоскопов

В правоохранительных органах эндоскопы могут применяться при досмотре или обыске труднодоступных полостей автотранспорта и помещений без их вскрытия. В ряде случаев возможно сверление небольшого отверстия, не меняющего внешнего вида и свойств объекта для введения эндоскопа. Для этих целей в комплекты эндоскопов для правоохранительных органов включают электродрель.

Эндоскопы могут быть использованы для скрытого наблюдения за помещениями через небольшие отверстия в ограждающих их конструкциях (стенах, потолках, дверях и т.п.), что может оказать неоценимую помощь при проведении антитеррористических операций и других силовых действиях, когда важно точно знать расположение и действия противника.

Эндоскопы помогают более эффективно проводить осмотр помещений в ходе мероприятий по защите информации при поиске устройств перехвата информации, которые стремятся размещать в скрытых полостях предметов и интерьера.

При помощи эндоскопов проводят контроль состояния поверхности стволов орудий и узлов боевой техники, прямой доступ к которым затруднен.

На вооружении органов внутренних дел имеется ряд моделей оптико-механических эндоскопов серии «Вулкан»²¹ (рис. 11), основные характеристики которых приведены в табл. 1.

²¹ См.: Проспект НИИ Специальной техники МВД. М.: НИИСТ, 2000. С. 42.

**Основные технические характеристики
оптико-механических эндоскопов серии «Вулкан»**

Характеристика	Вулкан-1	Вулкан-2	Вулкан-3	Вулкан-4
Длина погружаемой части, мм	400	400	1000	2700
Наружный диаметр погружаемой части, мм	6,6	6,6	10	10
Вид исполнения погружаемой части	жесткий	гибкий	гибкий	гибкий
Угловое поле зрения, град	40	40	40	40
Угол изгиба дистального конца, град	-	±90	±90	±90
Глубина изображаемого пространства, мм	150-∞	150-∞	50-150	150-∞

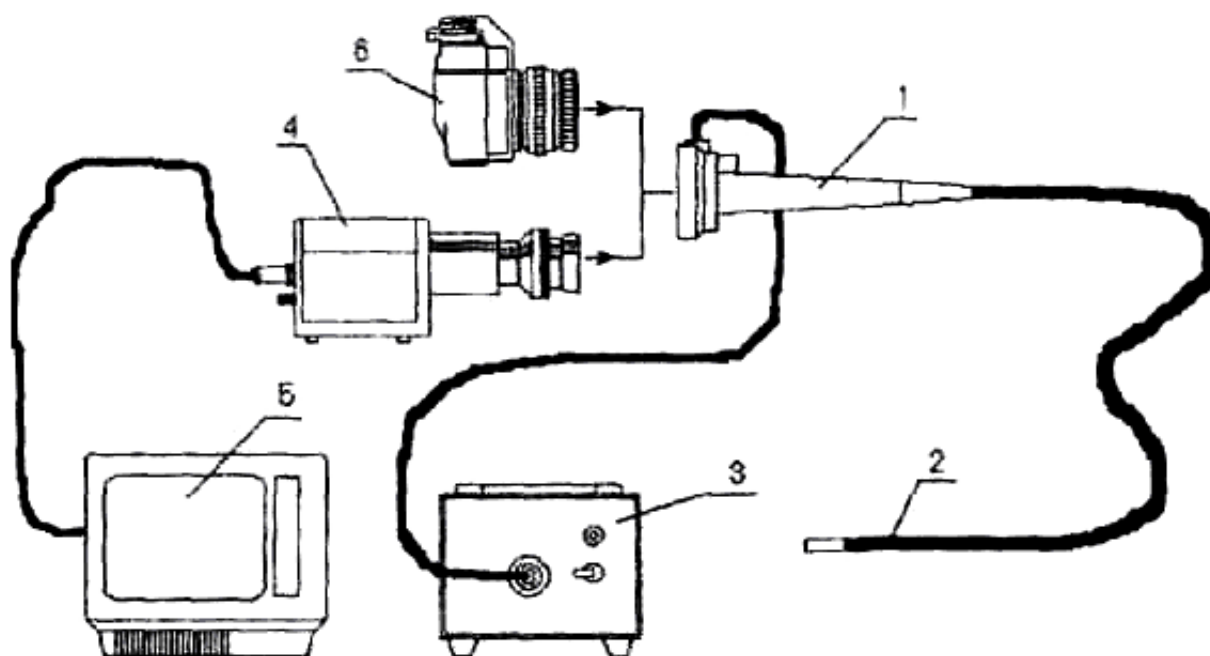


Рис. 11. Эндоскоп «Вулкан-3»

1 – корпус; 2 – гибкий световод; 3 – блок подсветки;
4 – видеокамера «Электроника»; 5 – монитор; 6 – зеркальный фотоаппарат



2. ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА НАБЛЮДЕНИЯ

К оптико-электронным средствам наблюдения относятся приборы на основе электронно-оптических преобразователей, тепловизионные системы и системы телевизионного наблюдения.

Приборы на основе электронно-оптических преобразователей применяются в практической деятельности органов внутренних дел для наблюдения (прицеливания) в ночное время, для некоторых технико-криминалистических исследований. В деятельности правоохранительных органов тепловизионные приборы находят основное применение как приборы ночного видения.

Приборы ночного видения предназначены для наблюдения объектов (прицеливания) в условиях низкой освещенности или полного отсутствия света. В условиях темноты эти приборы позволяют сотрудникам правоохранительных подразделений наблюдать за действиями людей, обстановкой на местности или в помещении. Отсутствие видимых источников света, необходимых для наблюдения в таких условиях невооруженным глазом, обеспечивает высокую скрытность процесса наблюдения.

Современные приборы для наблюдения ночью могут использовать разные принципы работы. Основная масса приборов для этих целей основана на использовании так называемых электронно-оптических преобразователей, которые способны визуализировать инфракрасное изображение объектов в коротковолновой области инфракрасного излучения. Другой тип приборов для наблюдения ночью – тепловизионные приборы: устройства, способные визуализировать тепловое излучение объектов (длинноволновое инфракрасное излучение). Прогресс исследований полупроводниковых материалов позволил разработать телевизионные камеры, способные работать при низких уровнях естественной освещенности, а также использовать их для наблюдения ночью.

Конструктивно приборы ночного видения могут быть выполнены в виде портативных приборов наблюдения, ночных прицелов, устанавливаемых на различных видах вооружения, а также в виде специальных устройств так называемых очков ночного видения, которые при помощи специальной гарнитуры могут закрепляться на голове или защитном шлеме сотрудника, оставляя свободными руки для управления транспортным средством или стрельбы из оружия.

Средства телевизионного наблюдения находят широкое применение для обеспечения охраны и безопасности различных объектов, позволяя рационально использовать выделяемые для этих целей органам внутренних дел силы и средства. Некоторые образцы телевизионных камер способны воспринимать изображения наблюдаемых объектов при очень низких уровнях освещенности, что в значительной степени позволяет им выполнять отдельные функции приборов ночного видения.

2.1. Системы охранного телевидения

2.1.1. Системы телевизионного наблюдения в правоохранительной деятельности

Телевизионные системы, применяемые в правоохранительной деятельности, являются частным случаем так называемых телевизионных систем замкнутого типа (в отличие от систем вещательного телевидения – части средств массовой информации). Как и значительная часть устройств специальной техники, средства телевизионного наблюдения в правоохранительной деятельности могут применяться в двух формах – гласной и негласной. Настоящее пособие ставит целью раскрытие только технических аспектов гласного, открытого применения телевизионных систем. Гласно системы телевизионного наблюдения применяются в деятельности правоохранительных органов в основном для обеспечения охраны и безопасности различных объектов. В соответствии с государственным стандартом такие комплексы называются *системами охранными телевизионными (СОТ)*²².

²² См.: Средства и системы охранные телевизионные. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. ГОСТ Р 51558-2008. URL: <http://protect.gost.ru> (дата обращения: 14.04.2011).

Системы охранного телевидения предназначены для обеспечения контроля за безопасностью охраняемого объекта. Своевременное обнаружение правонарушения – залог успешного его пресечения. Задача систем охранного телевидения – наглядно представить видеоинформацию об обстановке на контролируемом объекте. Они позволяют одному или нескольким наблюдателям одновременно следить за одним или многими объектами, находящимися порой на значительном отдалении как друг от друга, так и от места наблюдения.

Телевизионные системы делают труд сотрудников правоохранительных органов более эффективным, позволяют документировать информацию о происходящих событиях, создавать видеоархивы. Видеоархивы позволяют в дальнейшем значительно повысить эффективность раскрытия и расследования преступлений, которые были совершены в поле зрения видеокамер.

*Системой охранной телевизионной (СОТ) называется телевизионная система замкнутого типа, предназначенная для получения телевизионных изображений с охраняемого объекта в целях обеспечения противокриминальной защиты*²³.

*В свою очередь, телевизионной системой замкнутого типа называется совокупность технических средств, обеспечивающих реализацию замкнутого телевидения*²⁴.

*Замкнутым телевидением называется телевидение, используемое в различных отраслях науки и техники и, в отличие от вещательного, не предназначенное для массовой аудитории*²⁵.

Системы охранного телевидения предназначены для решения двух общих задач:

- обнаружение в поле зрения видеокамер различных объектов и событий;
- идентификация обнаруженных образов.

Обнаружение в поле зрения видеокамер объектов и событий и составляет собственно основную цель наблюдения. Идентификация объектов позволяет принимать наблюдателю мотивированное решение. Например, опознавая человека по внешности, делать вы-

²³ См.: Средства и системы охранные ... ГОСТ Р 51558-2008. URL: <http://protect.gost.ru> (дата обращения: 14.04.2011).

²⁴ См.: Там же.

²⁵ См.: Там же.

воды о его несанкционированном присутствии в зоне наблюдения, по номерам автомобиля – принимать решение о допуске на контролируемую территорию. Следует отметить, что в последнее время интенсивно развиваются автоматические телевизионные системы распознавания изображений, которые позволяют, например, в потоке автотранспорта выявлять автомобили с заданными номерами. Подобная система значительно повышает эффективность работы милиции по розыску угнанного автотранспорта. Автоматическое распознавание внешности человека, пусть в настоящее время и несовершенное, позволяет выявлять лиц, находящихся в розыске и представляющих оперативный интерес.

Выделяют следующие способы применения систем охранного телевидения²⁶:

- видеонаблюдение;
- видеоконтроль;
- видеоохрана;
- видеозащита.

При организации видеонаблюдения используется один или два видеомонитора и небольшое количество видеокамер для простого наблюдения оператора за обстановкой на объекте. Такие системы, как правило, могут использоваться в дежурных частях для обеспечения наблюдения за текущими событиями на подходах к зданиям, где размещены правоохранительные органы, а также внутри помещений. Цель таких систем – повышение оперативности реагирования дежурного в случае возникновения угрозы безопасности или общественному порядку в зонах наблюдения. Видеонаблюдение целесообразно использовать в случаях, когда уровни угроз безопасности и криминогенной обстановки низки.

Поскольку, как правило, видеонаблюдение осуществляется одним оператором, в системы видеонаблюдения не следует включать более восьми видеокамер, так как средний по своим психофизиологическим способностям человек не в состоянии эффективно контролировать одновременно большее количество объектов²⁷. Количество эффективно контролируемых сцен в течение длительного времени для одного наблюдателя практически сократится до четырех, так как длительное сохранение внимательного наблюдения

²⁶ См.: Синилов В.Г. Эти глаза напротив... // Скрытая камера. 2004. № 2. С. 9.

²⁷ См.: Нуркова В.В., Березанская Н.Б. Психология: учебник. М.: Юрайт-Издат, 2004. С. 303.

за большим количеством объектов так же малоэффективно. Эти соотношения верны в случае, когда оператор системы видеонаблюдения не занят другими задачами, как это имеет место в работе оперативных дежурных ОВД.

В дежурных частях при отсутствии специально выделенного оператора системы наблюдения могут нести только вспомогательную функцию. В случае организации видеоконтроля в систему включается специальное устройство, способное регистрировать поступающую от видеокамер информацию и при необходимости ее воспроизводить для ретроспективного анализа событий. Системы видеоконтроля целесообразно создавать на объектах при повышенной угрозе безопасности или при сложной криминогенной обстановке, а также на важных объектах. Системы видеоконтроля позволяют впоследствии детально и объективно изучить происшедшие события на наблюдаемой сцене, установить их точное время, оценить качество работы сотрудников.

В системах видеоохраны кроме видеонаблюдения (видеоконтроля) осуществляется автоматическое обнаружение нарушителя или другого явления путем анализа изменения телевизионного изображения, поступающего из контролируемой зоны при помощи так называемого детектора движения. При появлении нарушителя система видеоохраны формирует сигнал тревоги. Системы видеоохраны используются для контроля за состоянием зон наблюдения, в которых в установленное время должны отсутствовать двигающиеся люди, автомашины и т.п.

Система видеозащиты включает в себя многокамерные системы видеонаблюдения, видеоконтроля и (или) видеоохраны, управляемые компьютеризованными устройствами со специальными программами, и входящие в интегрированный комплекс охраны объекта, включающий в себя средства охранной сигнализации, устройства контроля доступа и др. При этом все части системы взаимосвязаны и при помощи программно-аппаратных средств способны в значительной степени автоматически реагировать на возникшие угрозы. Системы видеозащиты используются, как правило, в зданиях и на подходах к ним для обеспечения высокого уровня защиты персонала, материальных и иных ценностей. Правильно организованная система охранного телевидения позволяет в реальном времени оценивать обстановку в зонах контроля, снизить время

реагирования на возникающие угрозы, обеспечить принятие наиболее оптимальных мер противодействия возникшим опасным обстоятельствам.

Следует отметить и еще один аспект применения систем охранного телевидения – профилактику правонарушений и преступлений. Сам факт наличия видеокамеры наблюдения заставляет потенциального правонарушителя задуматься о целесообразности совершения незаконного деяния. Только лишь наличие объявления о ведении видеоконтроля на входе в магазин резко сокращает в нем количество краж товара.

Таким образом, можно определить следующие основные направления применения систем охранного телевидения в правоохранительной деятельности:

- документирование правонарушений и преступлений и своевременное их пресечение;
- контроль за состоянием общественного порядка на улицах;
- поддержание оптимального регулирования и обеспечение безопасности дорожного движения;
- обеспечение безопасности зданий и сооружений;
- профилактика правонарушений и преступлений.

2.1.2. Функциональные элементы систем охранного телевидения

Простейшая система охранного телевидения состоит из одной телевизионной камеры, канала передачи видеосигнала, монитора и источника электропитания. Ее функция — передать изображение от одной наблюдаемой сцены к удаленному от нее месту размещения наблюдателя.

Структура сложной системы охранного телевидения показана на рис. 12²⁸.

²⁸ См.: Дамьяновски В. CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии / пер. с англ. М.: ООО «Ай-Эс-Эс Пресс», 2006. С. 386.

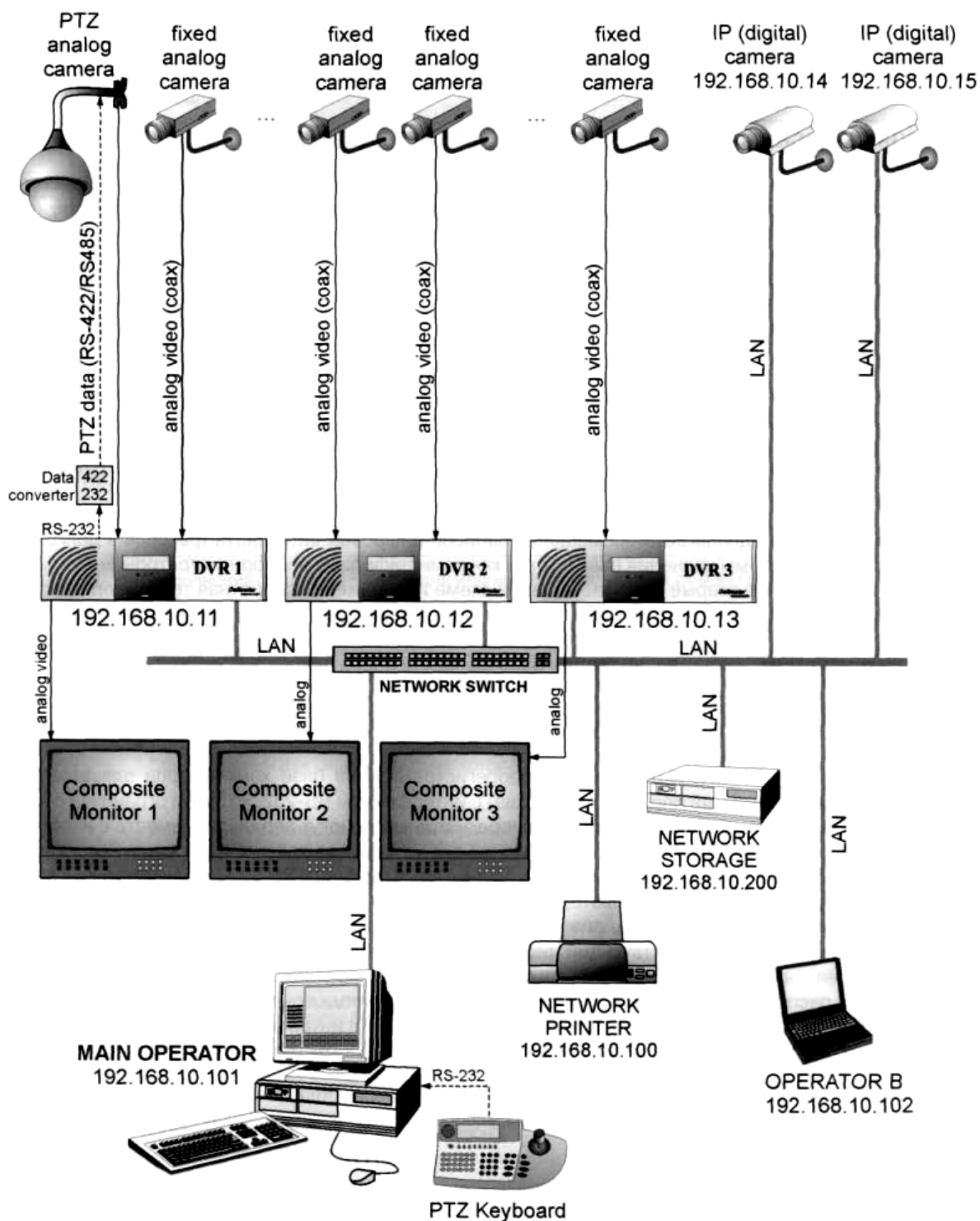


Рис. 12. Элементы системы охранного телевидения

2.1.3. Телевизионная камера

В соответствии с государственным стандартом *телевизионной камерой* называется устройство, вырабатывающее сигнал, несущий информацию о телевизионном изображении и связанную с ним

информацию, предназначенное для анализа передаваемой сцены при помощи оптоэлектронного преобразования²⁹.

Иными словами – телевизионная камера – это оптоэлектронное устройство, осуществляющее преобразование оптического изображения в видеосигнал.

Оптическое изображение проецируется объективом телевизионной камеры на фотоприемник (оптоэлектронный преобразователь), осуществляющий преобразование светового потока в электрический сигнал. Полученный электрический сигнал обрабатывается электронным устройством и после усиления отправляется посредством аппаратуры передачи сигнала на монитор и систему обработки видеоинформации.

В настоящее время выпускается множество моделей телевизионных камер, которые можно классифицировать по следующим параметрам:

- по способу обработки сигнала – аналоговые и цифровые;
- по характеру изображения – черно-белые и цветные;
- по разрешающей способности – стандартного разрешения (около 380 линий для черно-белого изображения и 330 – для цветного) и высокого разрешения (около 580 линий для черно-белого изображения и 450 – для цветного);
- по размеру фотоприемника – с форматом матрицы 1/4, 1/3, 1/2 и 2/3 дюйма;
- по климатическому исполнению – для установки внутри помещений и вне помещений;
- по способу установки – для открытого наблюдения и для скрытого наблюдения.

По светочувствительности (минимальной рабочей освещенности объекта съемки) телевизионные камеры делятся на 5 классов³⁰:

- камеры, которые могут работать только при нормальном дневном освещении (при уровне освещенности порядка 50 лк);
- камеры, которые могут работать при низкой освещенности вплоть до наступления сумерек (освещенность порядка 4 лк);
- камеры, предназначенные для работы при лунном свете (освещенность до 0,4 лк);

²⁹ См.: ГОСТ 21879-88. Телевидение вещательное. Термины и определения.

URL: <http://protect.gost.ru> (дата обращения: 14.04.2011).

³⁰ См.: Каторин Ю.Ф., Куренков Е.В., Лысов А.В. и др. Энциклопедия промышленного шпионажа. СПб.: Полигон, 1999. С. 130.

- камеры, способные работать при освещенности, создаваемой беззвездным небом в безоблачную ночь (освещенность 0,02-0,0007 лк);
- камеры, предназначенные для работы с дополнительным источником ИК-освещения в условиях полного отсутствия естественного освещения.

Телевизионная камера состоит из трех основных функциональных элементов (рис. 13):

- фотоприемника;
- объектива;
- устройства формирования и усиления видеосигнала.

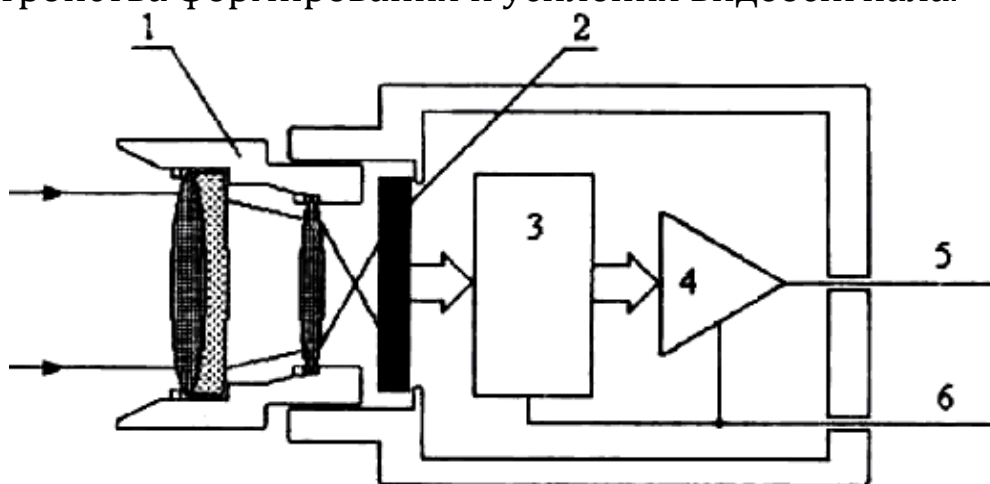


Рис. 13. Функциональные элементы телевизионной камеры:

1 – объектив; 2 – фотоприемник; 3,4 – устройство формирования и усиления видеосигнала; 5 – выход видеосигнала; 6 – электропитание

Кроме основных функциональных элементов телевизионная камера может снабжаться поворотным устройством для изменения направления обзора камеры и термокожухом для защиты компонентов телевизионной камеры от воздействия неблагоприятных условий окружающей среды.

Классификация телевизионных камер представлена на рис. 14.

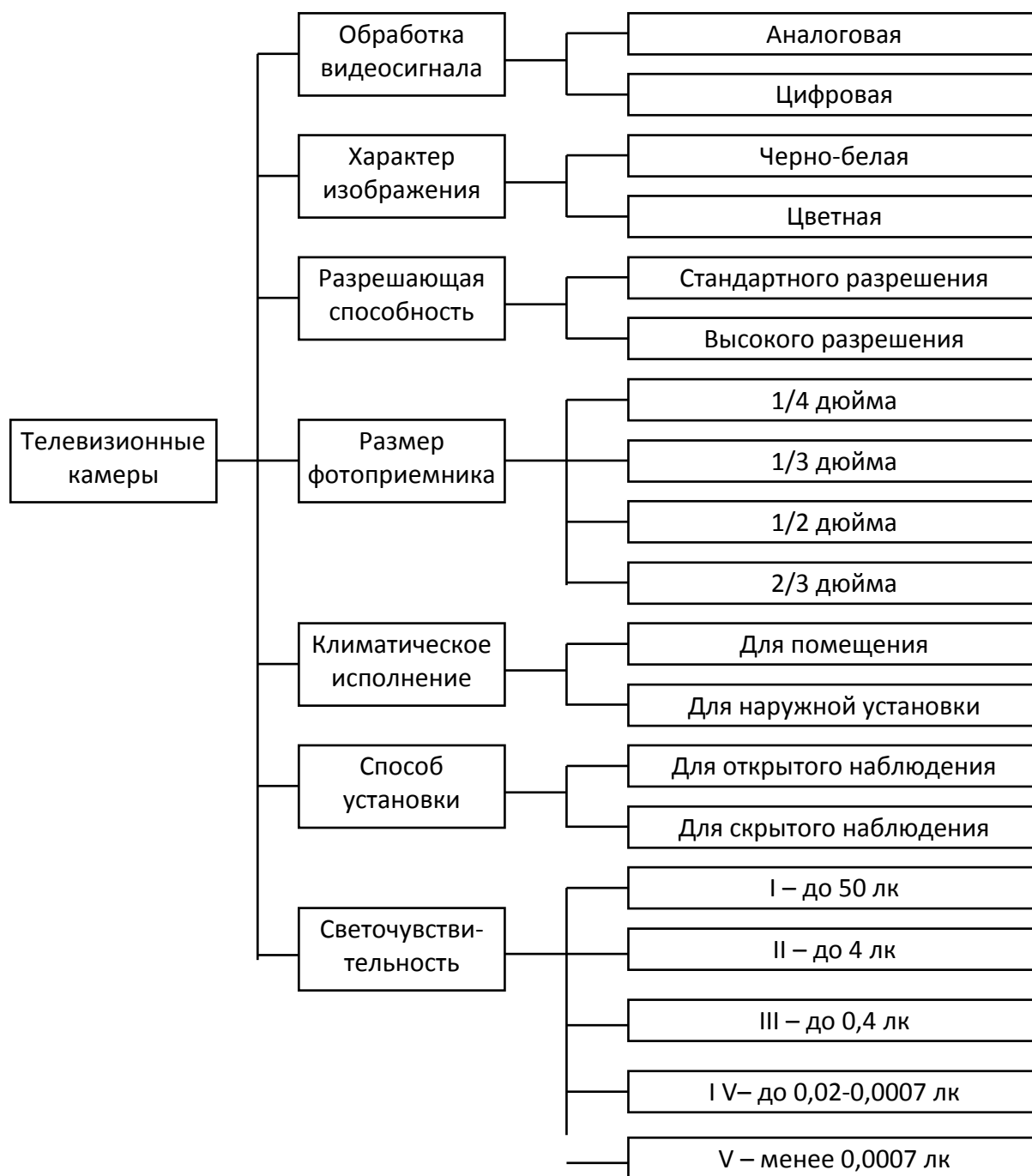


Рис. 14. Классификация телевизионных камер

2.1.4. Фотоприемник

Важнейшим функциональным элементом видеокамеры является фотоприемник. От его основных параметров, таких как разрешающая способность и чувствительность, главным образом зависят параметры всей системы охранного телевидения в целом.

В первых устройствах видеокамер в качестве фотоприемника использовались так называемые передающие телевизионные

трубки (видиконы, плюмбиконы и др.), представляющие из себя достаточно громоздкие и капризные в использовании электровакуумные приборы.

В настоящее время они практически не используются, поскольку практически полностью вытеснены полупроводниковыми приборами с зарядовой связью (ПЗС-матрицами). ПЗС-матрицы по сравнению с телевизионными трубками значительно меньше по размеру и легче, механически прочнее и надежнее, потребляют мало энергии и готовы к работе немедленно после включения. ПЗС-матрица представляет из себя полупроводниковый кристалл с большим количеством микроскопических фотоэлементов. Если такой элемент освещен, то в нем возникает и накапливается электрический заряд, пропорциональный освещенности элемента. Эти заряды перемещаются при помощи особой последовательности электрических импульсов, подаваемых на электроды прибора, в так называемые секции хранения и вывода заряда, преобразующие заряд в напряжение для дальнейшей обработки и усиления с целью формирования стандартного телевизионного сигнала³¹.

Основной характеристикой, определяющей свойства фотоприемника на основе ПЗС-матрицы, является число входящих в него светочувствительных элементов. Как правило, их количество составляет 512х576 или 768х576 пикселей, поскольку определяется действующими телевизионными стандартами. Для специальных целей выпускаются и матрицы со значительно большим количеством пикселей – до 4096х4096³².

От числа элементов ПЗС-матрицы напрямую зависит один из основных параметров телекамеры – разрешение (или разрешающая способность). На разрешение камеры, кроме этого, влияют параметры электронной схемы обработки сигнала и параметры объектива.

Разрешением телевизионной камеры называется максимальное количество черных и белых полос, которые могут быть переданы камерой и различимы системой регистрации на предельно обнаруживаемом контрасте.

Это означает, что камера позволяет рассмотреть $N/2$ темных вертикальных штрихов на светлом фоне, уложенных во вписанный

³¹ См.: *Неизвестный С.Н., Никулин О.Ю.* Приборы с зарядовой связью. Устройство и основные принципы работы // *Специальная техника.* 1999. №4. С. 12-16.

³² См.: *Неизвестный С.Н., Никулин О.Ю.* Приборы с зарядовой связью – основа современной телевизионной техники. Основные характеристики ПЗС // *Специальная техника.* 1999. № 5. С. 9-15.

в поле изображения квадрат, если в паспорте камеры указано, что ее разрешение составляет N телевизионных линий.

За единицу измерения разрешения в телевизионных системах принимается так называемая телевизионная линия (ТВЛ). Разрешение по вертикали у всех камер практически одинаково, ибо ограничено телевизионным стандартом – 625 строк телевизионной развертки и они по этой координате не могут передать больше 625 объектов. Телевизионные камеры различаются по горизонтальному разрешению – именно оно обычно указывается в технических описаниях.

На практике в большинстве случаев разрешение в 380-400 ТВ-линий вполне достаточно для задач систем охранного телевидения общего назначения. Однако для специализированных задач, таких как наблюдение большой сцены одной камерой, просмотр большого периметра телекамерой с объективом с переменным фокусным расстоянием (см. далее), системы распознавания автомобильных номеров, системы идентификации по лицу и пр., требуется более высокое разрешение (для этого используются камеры с разрешением 570 и более ТВЛ).

Разрешение цветных камер несколько хуже, чем черно-белых. Это является следствием того, что структура пиксела ПЗС-матриц, применяемых в цветном телевидении, отличается от структуры пиксела черно-белых матриц. Образно говоря, пиксел цветной матрицы состоит из комбинации трех пикселей, каждый из которых регистрирует свет либо в красной (Red), либо в зеленой (Green), либо в голубой (Blue) части оптического спектра. Таким образом, с каждого элемента цветной ПЗС-матрицы снимается три сигнала (RGB-сигнал). Эффективное разрешение при этом должно быть в 5 раз хуже, чем у черно-белых матриц. Однако у цветных матриц разрешение меньше, так как размер их пиксела по сравнению с размером пиксела аналогичной черно-белой матрицы в полтора раза меньше, что в результате приводит к ухудшению разрешения всего лишь на 30-40 %. Негативной стороной этого является снижение чувствительности цветных матриц, поскольку эффективная площадь регистрации элемента изображения становится существенно меньше. Типичное разрешение цветных телекамер составляет 300-350 ТВЛ³³.

Чувствительность фотоприемника является другим важнейшим параметром, определяющим свойства телевизионной камеры. При

³³ См.: *Неизвестный С.Н., Никулин О.Ю.* Приборы с зарядовой связью – основа современной телевизионной техники. Основные характеристики ПЗС // *Специальная техника.* 1999 № 5. С. 9-15.

разработке систем охранного телевидения и описании потребительских свойств телевизионной камеры под чувствительностью понимают минимальную освещенность на объекте, при которой можно различить переход от черного к белому, или минимальную освещенность на фотоприемнике. Эти величины отличаются, поскольку свет, попадающий на объект наблюдения, отражается предметами не полностью, ослабляется атмосферой и оптикой объектива до того, как он достигнет фотоприемника.

Первый параметр достаточно неоднозначен, так как коэффициенты отражения света у разных объектов могут отличаться более чем на порядок, однако для разработчиков систем безопасности удобнее работать именно с чувствительностью телевизионной камеры, связанной с освещенностью объекта наблюдения (сцены), которую можно заранее определить.

Освещенность измеряется в люксах. Люкс – освещенность, создаваемая точечным источником в одну международную свечу (канделу) на расстоянии в один метр на поверхности, перпендикулярной к лучам света.

Ориентировочную освещенность объектов в разных условиях можно представить на основании данных табл. 2.

Чувствительность, связанную с освещенностью объекта, могут указывать для так называемого «приемлемого сигнала». Это минимальная величина освещенности, при которой данная телевизионная камера способна воспринять и передать такое изображение объекта, которое еще можно наблюдать на мониторе (сохранить на накопителе).

Таблица 2

Ориентировочная освещенность объектов в разных условиях

Обстановка	Освещённость (люкс)
<i>На улице (широта Москвы)</i>	
Безоблачный солнечный день	100 000
Солнечный день с лёгкой облачностью	70 000
Пасмурный день	20 000
Раннее утро	500
Сумерки	0,1-4
Ясная ночь, полная луна	0,02
Ночь, луна в облаках	0,007
Тёмная облачная ночь	0,00005
<i>В помещении</i>	
Помещение без окон	100-200
Хорошо освещённое помещение	200-1 000

Говоря о чувствительности фотоприемников и телевизионных камер в целом, следует отметить, что эта величина в значительной степени зависит от длины волны воспринимаемого излучения. Современные черно-белые фотоприемники обладают высокой чувствительностью и в инфракрасном диапазоне до 1 100 нм длин волн (человеческий глаз воспринимает свет с длиной волны от 700 нм). Телевизионные камеры с такими фотоприемниками по своим параметрам приближаются к приборам ночного видения и могут эффективно использоваться с инфракрасной подсветкой для скрытого наблюдения за объектами при низких уровнях освещенности в ночное время.

Одним из параметров фотоприемника является его размер, который определяет чувствительность и тип используемой оптики. При равном числе элементов чувствительность телевизионной камеры пропорциональна площади фотоприемника, однако увеличение площади фотоприемника влечет за собой и существенное увеличение стоимости устройства. Для классификации матриц ПЗС с различными размерами используют понятие «формат ПЗС», тесно связанное с понятием «оптический формат». Оптический формат – диаметр изображения в фокальной плоскости объектива с гарантированным качеством, выраженный в дюймах. Этому диаметру соответствует несколько меньшая длина диагонали матрицы ПЗС³⁴. В настоящее время в телевизионных камерах используются фотоприемники с форматом 1/4, 1/3, 1/2 и 2/3 дюйма. Знание формата фотоприемника важно для правильного подбора объектива телевизионной камеры.

2.1.5. Высокочувствительные телевизионные системы

Высокочувствительные камеры представляют собой комбинацию обычной камеры и прибора ночного видения (например, на основе микроканального электронно-оптического преобразователя – ЭОП). Подобные телевизионные камеры обладают гораздо более высокой светочувствительностью в 100-10000 раз выше обычных, причем в среднем инфракрасном диапазоне, там, где наблюдается максимум излучения человеческого тела, что дает возможность применять их для наблюдения в условиях малой освещенности.

Интересно отметить, что в отличие от фотоприемников высокочувствительных телевизионных камер, катоды ЭОП очень чувстви-

³⁴ См.: URL: http://www.ista-tcch.ru/articles_and_reviews/articles (дата обращения: 14.04.2011)

тельны к максимальным засветкам. Если светочувствительная область такой телевизионной камеры после яркого освещения сравнительно легко возвращается в свое исходное состояние (ей практически не страшны засветки), то катод ЭОП после яркой засветки очень долго (иногда 3-6 часов) «восстанавливается». Во время этого восстановления, даже при закрытом входном окне, с катода ЭОП считывается остаточное, «выжженное» изображение. Как правило, после больших засветок, из-за эффектов реабсорбции (выделение газов под воздействием бомбардировки стен каналов микроканального усилителя потоками ускоряемых электронов) на большой площади микроканальных пластин резко возрастают шумы ЭОП и, в частности, многоэлектронные и ионные. Последние проявляются в виде частых ярких вспышек большого диаметра на экране люминесцентного экрана, что резко затрудняет выделение полезного сигнала. При еще больших входных световых потоках могут произойти необратимые процессы как с катодом, так и с выходным люминесцентным экраном ЭОП – под воздействием большого потока происходит выход из строя («выжигание») отдельных их участков. При дальнейшей эксплуатации эти участки имеют пониженную чувствительность, падающую в дальнейшем до нуля.

Тем не менее, несмотря на ряд преимуществ высокочувствительных телевизионных камер, они имеют и существенные недостатки – время наработки на отказ составляет около одного года, причем камеры не следует включать днем, рекомендуется даже закрывать их объектив, чтобы предохранить от выгорания катод ЭОП. Во время работы камеру необходимо регулярно чуть-чуть поворачивать, дабы избежать «выжигания» изображения на катоде ЭОП.

2.1.6. Объективы видеокамер

Объектив видеокамеры создает оптическое изображение наблюдаемых объектов и проецирует его на фотоприемник. От качества объектива и правильности подборки его параметров в значительной степени зависят свойства всей системы телевизионного наблюдения.

Объективы телевизионных камер характеризуются следующими основными параметрами:

- оптическим форматом;
- фокусным расстоянием;
- апертурой;
- диаметром входного зрачка.

В зависимости от размера фотоприемника (формата ПЗС-матрицы) выбирается и соответствующий ему оптический формат объектива.

Как указывалось выше, оптический формат – это диаметр изображения в фокальной плоскости объектива с заданными размером кружка рассеяния и уровнем aberrаций. Абберрация (лат. aberratio – уклонение) – погрешности изображений, даваемых оптическими системами, проявляются в том, что оптические изображения в ряде случаев не вполне отчетливы, не точно соответствуют объекту или оказываются окрашенными.

С уменьшением формата объектива должен уменьшаться и диаметр кружка рассеяния от 0,21 мм – для формата объектива 2/3 дюйма до 0,08 мм – для формата 1/4 дюйма.

Формат объектива не влияет на угол обзора – от объектива требуется, чтобы он создавал изображение с заданным качеством, покрывающее всю поверхность фотоприемника. При использовании объектива с форматом, превышающим формат матрицы, качество изображения практически не меняется, так как в этом случае фотоприемник работает в центральной части поля зрения объектива. В то же время формат матрицы ПЗС, используемой в телевизионной камере, влияет на угол обзора – чем меньше размер матрицы при одном и том же объективе, тем уже поле зрения камеры. Таким образом, формат объектива должен быть больше формата ПЗС-матрицы или равным ему. Это означает, что с камерами формата 1/3 дюйма можно использовать объективы оптических форматов от 1/3 до 2/3 дюйма, при этом объектив формата 1/3 дюйма с фокусным расстоянием 8 мм будет давать тот же угол обзора, что и объектив 2/3 дюйма с фокусным расстоянием 8 мм.

Вместе с тем применение объективов больших оптических форматов совместно с матрицами малых форматов может привести к снижению разрешающей «способности системы вследствие увеличения радиуса кружка рассеяния объектива.

Фокусное расстояние объектива телевизионной камеры определяет угол зрения системы. Величина фокусного расстояния объектива, так же как и в оптико-механических системах, измеряется в миллиметрах. По величине фокусного расстояния объективы телевизионных камер подразделяются на три основных группы:

- короткофокусные объективы (широкоугольные);
- объективы с нормальным фокусным расстоянием;
- длиннофокусные объективы.

Объективы с меньшим фокусным расстоянием (короткофокусные объективы) обеспечивают больший угол поля зрения, а объективы с большим фокусным расстоянием (телеобъективы) – малое поле зрения, но большее увеличение наблюдаемых объектов. Объективы с так называемым нормальным фокусным расстоянием обеспечивают угол поля зрения, примерно соответствующий тому, что будет наблюдаться невооруженным глазом. Следует помнить, что величина угла поля зрения телевизионных камер зависит и от формата телевизионного приемника. На рис. 15 приведена иллюстрация изменения угла поля зрения телевизионной камеры с фотоприемником в 1/3 дюйма. Для короткофокусного объектива с $F=2,8$ мм угол поля зрения составляет 98° , для объектива с $F=8$ мм (нормальный объектив) – 35° , и для длиннофокусного объектива с $F=16$ мм – 15° соответственно.

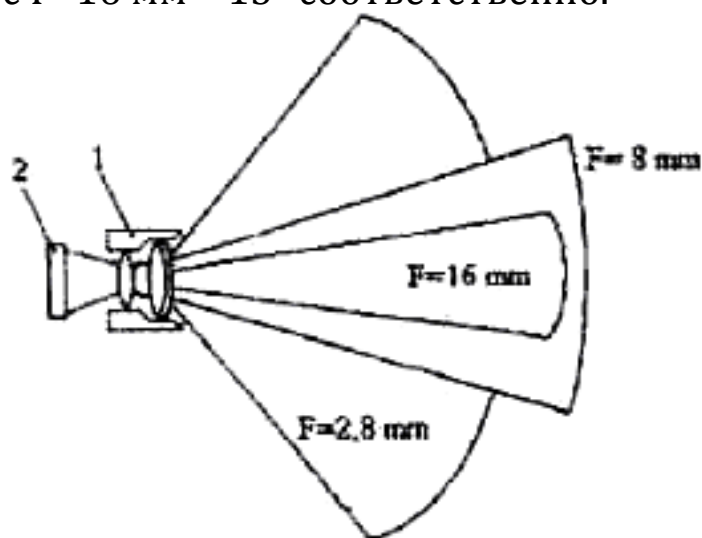


Рис. 15. Соотношение величин фокусных расстояний различных типов объектива и углов поля зрения для телевизионной камеры формата 1/3 дюйма:
1 – объектив; 2 – фотоприемник

Угол поля зрения связан с величиной фокусного расстояния используемого объектива и форматом фотоприемника следующим соотношением:

$$\beta = 2 \arctg \frac{f}{2b},$$

где β – угол зрения, b – размер ПЗС-матрицы по соответствующей координате, f – величина фокусного расстояния.

В зависимости от возможности изменения величины фокусного расстояния объективы телевизионных камер подразделяются на объективы с постоянным или переменным фокусным расстоянием. Изменение величины фокусного расстояния во втором случае мо-

жет осуществляться либо при настройке телевизионной камеры на месте ее расположения при монтаже простых систем, либо дистанционно, по желанию оператора – в более дорогих конструкциях.

Объективы с постоянным фокусным расстоянием наиболее распространены и применяются для решения задач общего наблюдения. Объективы с ручным изменением фокусного расстояния используются в случаях, когда требуется максимально точное согласование размеров наблюдаемого объекта с полем зрения телевизионной системы. Если телевизионная камера используется как при обнаружении, так и при распознавании объектов, необходимо применение объективов с дистанционным изменением фокусного расстояния. Однако стоимость таких устройств достаточно высока и требуется прокладка дополнительных линий для дистанционного управления механизмом изменения фокусного расстояния (трансфокатором).

Апертура (от лат. *apertura* – отверстие) – действующее отверстие оптической системы, определяемое размерами линз или диафрагмой³⁵.

Диафрагмой (от греч. *diaphragma* – перегородка) в оптике называется, непрозрачная преграда, ограничивающая поперечное сечение световых пучков в оптических системах. Диафрагма представляет собой тонкую непрозрачную перегородку с регулируемым круглым отверстием, установленную внутри объектива телевизионной камеры.

Для объектива обычно имеется два параметра, определяющие его апертурные свойства – максимальная апертура (минимальное значение диафрагмы), когда объектив полностью открыт, и минимальная апертура (максимальное значение диафрагмы), когда объектив почти полностью закрыт. Минимальное значение этого параметра означает, что объектив пропускает больше света, что улучшает отношение сигнал/шум на выходе камеры в условиях слабой освещенности. Большая величина диафрагмы необходима при очень больших уровнях освещения для предотвращения «ослепления» и поддержания постоянного уровня видеосигнала.

По способу управления диафрагмой объективы подразделяются на системы с ручным управлением и автоматическим управлением диафрагмой.

³⁵ См.: Большая советская энциклопедия // под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1972. Т. 2. С. 122.

Объективы с автоматической диафрагмой используются при наружном наблюдении в условиях значительных изменений уровня освещенности; объективы с ручной установкой диафрагмы целесообразно применять внутри помещений, когда уровень освещенности относительно постоянен.

Величина диафрагмы непосредственно влияет также на глубину резкости изображения.

В объективах с автоматически перестраиваемой диафрагмой глубина резкости (глубина изображаемого пространства) постоянно изменяется. Это становится особенно заметным в ночное время, когда объектив полностью открыт и глубина резкости становится минимальной. В связи с этим любая настройка телекамеры на объекте производится при полностью открытой диафрагме.

Поскольку апертура очевидным образом влияет на общую чувствительность телевизионной камеры к свету, то производители указывают чувствительность системы при стандартном значении апертуры $F=1,4$. При такой величине апертуры освещенность на фотоприемнике будет примерно в 10 раз меньше освещенности на объекте.

Диаметр входного зрачка объективов телевизионных камер определяется диаметром передней линзы и может быть достаточно малым, составляя величину от нескольких десятков миллиметров у обычных объективов до 1-2 мм у так называемых объективов «игольное ушко».

2.1.7. Устройство формирования и усиления видеосигнала

Устройство формирования видеосигнала преобразует сигналы, поступающие от элементов фотоприемника, превращая их в форму, удобную для передачи по системам канала передачи информации с параметрами, определяемыми тем или иным действующим стандартом передачи изображения. Полученный после преобразования сигнал усиливается до необходимых величин.

По способу обработки полученного видеосигнала телевизионные камеры можно подразделить на две основные группы:

- аналоговые телевизионные камеры;
- цифровые телевизионные камеры.

Аналоговые телевизионные камеры в настоящее время наиболее распространены и для передачи информации требуют организации специальных каналов передачи. Цифровые телевизионные камеры могут использовать для передачи информации стандартные компьютерные сети LAN/WAN.

2.1.8. Канал передачи информации

Основным свойством телевизионных систем наблюдения, определяющим их применение является возможность передачи изображения контролируемых объектов на удаленный наблюдательный пункт.

При этом расстояние, на которое осуществляется передача видеосигнала от телевизионной камеры на наблюдательный пункт, может составлять от десятков метров до десятков километров и более.

Для передачи видеосигнала от телевизионной камеры на наблюдательный пункт необходимо создать канал передачи информации. В системах телевизионного наблюдения используются несколько основных способов передачи видеосигнала:

- по коаксиальному кабелю;
- по кабелю «витая пара»;
- по волоконно-оптическому кабелю;
- по радиоканалу.

Кроме этих четырех способов передачи видеосигнала от телевизионных камер на пункт наблюдения существует способ передачи видеоинформации по стандартным компьютерным сетям. Формально для образования канала передачи информации внутри сети будет использоваться один из тех же четырех видов каналообразующих носителей – коаксиальный кабель, «витая пара», оптоволокно или радиоканал, однако каналообразующая аппаратура компьютерных сетей (например, сетевые платы компьютера) отличны от аппаратуры систем телевизионного наблюдения.

2.2. Приборы ночного видения

Приборы ночного видения (далее ПНВ) предназначены для ведения наблюдения за объектами в условиях малой освещенности. Область применения: охрана объектов в тёмное время суток, проведение спасательных, поисковых, строительно-монтажных работ, управление транспортным средством, скрытое наблюдение, поражение целей и т. д. Они нашли широкое применение как в военной, так и в гражданской технике. ПНВ может иметь однократное увеличение (если требуется правильная ориентация в пространстве) либо может быть использован совместно с линзовым объективом, т.е. служить биноклем (подзорной трубой). ПНВ так же может быть укомплектован ИК – осветителем (дополнительный источник подсветки).

Требования к ПНВ: обеспечение высокого качества изображения с равномерным разрешением по всему полю зрения, достаточная яркость изображения, правильное распределение яркости по области изображения, наличие автоматической регулировки яркости для защиты от сильных засветок, достаточная дальность наблюдения, прочность, защита от грязи и влаги, универсальность питания, удобство и простота эксплуатации прибора, приемлемая стоимость.

Главным признаком, по которому различаются поколения ПНВ, является их основной элемент – электронно-оптический преобразователь (ЭОП), предназначенный для преобразования невидимого для человеческого глаза изображения в видимое и усиление его по яркости.

2.2.1. Возникновение и развитие приборов ночного видения

Видимый человеческим глазом оптический спектр является небольшой областью электромагнитного спектра излучений. Он ограничен, с одной стороны, коротковолновым ультрафиолетовым излучением, а с другой – длинноволновым инфракрасным (тепловым) излучением. За инфракрасным диапазоном спектра идет радиодиапазон электромагнитных волн.

Первым был изучен оптический (видимый) диапазон спектра. Это связано, прежде всего, с тем, что первым источником тепла и света, который знали люди древности, было Солнце. Зависимость человека от Солнца вынуждала вести за ним постоянные наблюдения, искать закономерности в его поведении. Именно по этой причине астрономия является древнейшей наукой. Первые таблицы солнечных и лунных затмений составлялись уже в 747 г. до н. э.

Наряду с выяснением закономерностей движения Солнца, изучалась и сама природа солнечного излучения, света. У египтян, например, понятия «свет» и «солнце» были тождественны. Об этом говорят и древнеегипетские изображения солнц в виде диска с отходящими во все стороны лучами. Встречались у египтян (1350 г. до н. э.) и изображения солнца (Атона) в виде дисков с лучами, заканчивающимися пальцами. Древнегреческие ученые пытались доказать, что не Солнце испускает лучи, а наоборот: глаза испускают лучи. В качестве доказательств, приводились светящиеся по ночам глаза животных. Глаза слепца, по их мнению, не видят по той причине, что не испускают лучей. Особенно наглядно эта точка зрения отражена в произведении Платона «Тимей», где в частности говори-

лось: «Из органов, боги, прежде всего, устроили светоносные глаза, которые и приладили с таким намерением: по их замыслу должно было возникнуть тело, которое не имело бы жгучих свойств огня, но доставляло короткий огонь, свойственный всякому дню. И боги сделали так, что родственный дневному свету огонь, находящийся внутри нас, вытекает очищенным через глаза, которые боги сгустили особенно посередине так, чтобы они задерживали грубейшую часть огня и пропускали только в чистом виде. И вот, когда дневной свет окружает поток зрения, тогда подобное, исходя к подобному, соединяется с ним и по прямому направлению зрачков образует в связи с родственным одно тело – где бы падающее изнутри не натолкнулось на то, что встречает его извне».

Теория и природа света на протяжении многих столетий была предметом изучения многих выдающихся деятелей. Только в XVII в. во взглядах на природу света появились две четко выраженные, подлинно научные теории: волновая и корпускулярная. Видимым диапазоном электромагнитного спектра является только оптический диапазон. Как же были открыты другие, невидимые глазу, диапазоны спектра? Инфракрасный диапазон электромагнитного спектра был обнаружен в 1800 г. английским астрономом В. Гершелем. Ученый проводил серию опытов, чтобы выяснить, какой нагревательной способностью обладают различные участки солнечного спектра. Он исследовал оптический спектр, спроецированный на стол с помощью призмы. Чтобы узнать, как ведут себя отдельные участки оптического спектра, он подносил к ним чувствительный ртутный термометр. Разные участки спектра по-разному нагревали термометр. Но как же был удивлен Гершель, когда нагрев термометра стал возрастать при перемещении термометра за красную границу оптического диапазона спектра. Ученый пришел к выводу, что существует излучение, не видимое глазом, но регистрируемое термометром. Это излучение он назвал инфракрасным или тепловым. Изучая до какого предела распространяется инфракрасный диапазон спектра, ученые обнаружили, что этот диапазон переходит непосредственно в диапазон радиоволн. Единство природы световых, инфракрасных и радиоволн было доказано работами Дж. Максвелла (1861-1864 гг.), Г. Герца и П. Н. Лебедева (1896 г.).

Справа от оптического диапазона электромагнитных волн располагается ультрафиолетовый диапазон. Каждый из нас ощущает

ультрафиолетовые лучи, загорая на солнце. Этот диапазон еще мало изучен. За ультрафиолетовым диапазоном спектра (правее от него) идет рентгеновский диапазон. Глаз человека не видит окружающие предметы в полной темноте или в условиях слабого освещения. Проблема «ночного видения» была решена только в XX в.

Предпосылкой для создания приборов ночного видения было открытие инфракрасного (теплого) излучения. Основные его свойства были изучены в XIX в. В это же время были созданы конструкции приемников теплового излучения, преобразующие падающее на них невидимое тепловое излучение в электрические сигналы. Такие приемники теплового излучения делал, например, итальянский физик М. Меллони в 40-х гг. XIX в., и которые были использованы им в качестве приемника тепловых излучений и названы термоэлектрической батареей или термостолбиком. Такой прибор обладал значительной чувствительностью и в течение следующего полувека являлся наиболее широко применяемым приемником.

В 1880 г. английский физик С.П. Ланглей создал принципиально новый приемник тепловых излучений – болометр, обладающий высокой чувствительностью и сравнительно малой инерционностью.

В начале XX в. бурное развитие получают фотоэлектрические приемники инфракрасного (сокращенно – ИК) излучения, получившие название фотосопротивлений. Получили также распространение приемники ИК-излучений, основанные на использовании явления внешнего фотоэффекта (фотодиоды, фотоэлементы, а несколько позднее – фотоэлектронные умножители – ФЭУ и др.).

Расширение диапазона зрения для визуализации недоступной для глаз информации является одной из наиболее трудных задач, так как требует серьезной научной подготовки и значительной технико-экономической базы. Первые успешные результаты в этом направлении были получены в 30-х гг. XX века. Особенную актуальность проблема наблюдения в условиях низкой освещенности приобрела в ходе Второй мировой войны. Ее практическая реализация предоставила возможность действовать в сумерках и ночью без использования источников видимого света. Первые успехи применения техники ночного видения, еще не осознанные общественностью, сделали войну при свете звезд мечтой военных специалистов. На достижение результатов были затрачены колоссальные средства, выделяемые как правительствами, так и веду-

щими фирмами развитых стран. О «победе над ночью» заговорили уже во время войны в Персидском заливе. Последующие конфликты в Югославии и Чечне сделали ночной бой неизбежным атрибутом современной войны³⁶.

Естественно, усилия, затраченные в этом направлении, привели к прогрессу в научных исследованиях, медицине, техники связи и других областях. Адаптированные для индивидуального использования, аналоги военной техники находят все более широкое применение для нужд правоохранительных органов, служб охраны, спасения, задач навигации, среди любителей ночной охоты и т.п. Изменение конъюнктуры рынка, ставшей следствием глобальной реструктуризации экономики из-за падения ряда политических барьеров в последние десятилетия, привело к стремительной коммерциализации продукции современного высокотехнологичного производства. В итоге, результаты научно-технических разработок, основанные на знаниях о волнах оптического диапазона не только видимой области спектра, но и инфракрасного (ИК) излучения, сегодня стали доступными потребительскими товарами.

Принцип действия классического ПНВ основан на преобразовании ИК-излучения, создаваемого на наблюдаемом объекте свечением ночного неба, звездами и луной, в видимый свет. Функциональная блок-схема оптического тракта современного ПНВ представлена на рис. 16.

Изображение наблюдаемого объекта через объектив проецируется в перевернутом виде на входное стекло электронно-оптического преобразователя, представляющего собой «высоковакуумную лампу» с двумя плоскими торцами, входным и выходным окнами соответственно. На внутренней стороне входного окна нанесен тонкий полупрозрачный слой светочувствительного материала (фотокатод), испускающий электроны при поглощении квантов света. На внутренней стороне входного окна находится слой люминофора, материала, излучающего свет при попадании на него электрона (экран). Перенос электронов, эмитированных фотокатодом, обеспечивается электростатическим полем создаваемым электростатической линзой, для чего к фотокатоду и экрану приложено напряжение в несколько кВ. Полученное на экране изображение рассматривается через окуляр.

³⁶ См.: URL: <http://binoculars.ru/article/info/nvhistory.htm> (дата обращения: 14.04.2011).

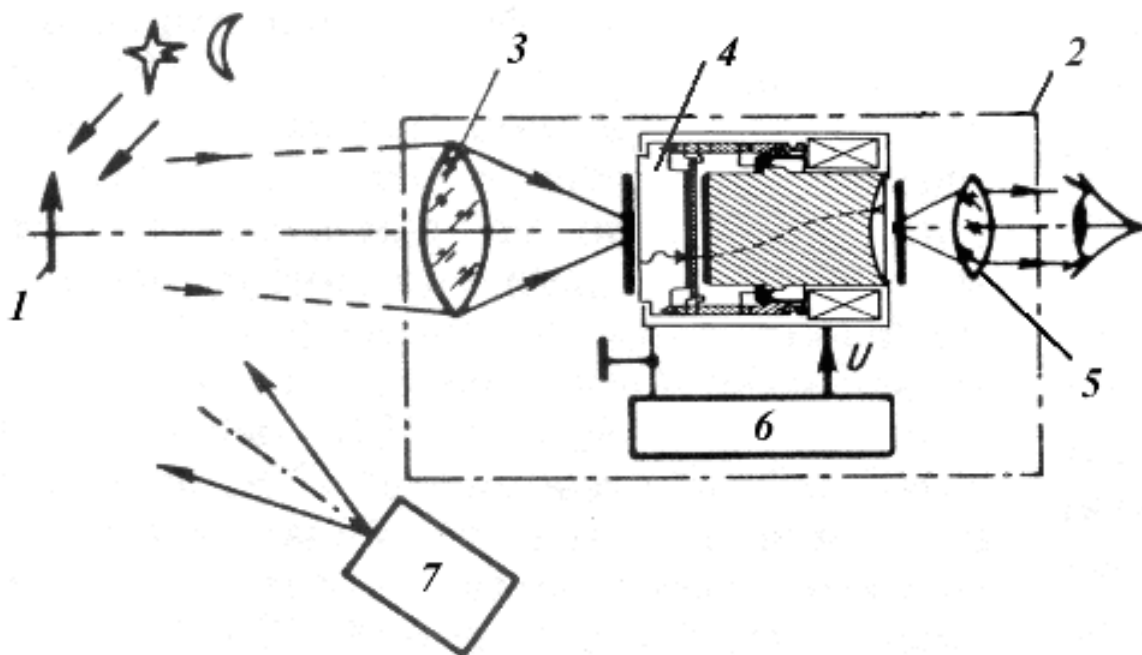


Рис. 16. Функциональная блок-схема оптического тракта современного ПНВ
 1 – объект наблюдения; 2 – корпус ПНВ; 3 – объектив;
 4 – ЭОП со встроенными МКП, ВОЭ и ВИП; 5 – окуляр;
 6 – элементы питания; 7 – встроенная ИК-подсветка

В современных конструкциях ЭОП для усиления изображения используется вторично-эмиссионный усилитель или микроканальная пластина (МКП), устанавливаемая между фотокатодом и экраном. МКП позволяет получить усиление в десятки тысяч раз, а в некоторых ЭОП специального назначения – до 10^7 раз, что достаточно для регистрации единичных фотонов.

Входное и выходное окна ЭОП выполняются на плоском стекле или на волоконно-оптической пластине (ВОП). Для оборота изображения на 180° в качестве выходной ВОП используется волоконно-оптический оборачивающий элемент (ВОЭ), он же твистер. В более сложных конструкциях для оборота изображения используется бинокулярный окуляр или дополнительный линзовый оборачивающий элемент.

Несмотря на простоту конструкции и минимальное количество узлов, к каждому элементу ПНВ предъявляются довольно высокие и часто противоречивые требования. Очевидно, наиболее сложным и ответственным узлом ПНВ, определяющим как его предельные параметры, так и цену, является ЭОП. Историю рождения и совершенствования этого узла следует считать показательной для технократической эпохи.

2.2.2. «Стакан Холста»

Первый преобразователь был разработан Холстом с соавторами в исследовательском центре фирмы «Филипс» (Голландия) в 1934 году. Он остался известен как «стакан Холста». Его схема, иллюстрирующая принцип действия, приведена на рис. 17.

Этот ЭОП представлял собой два вложенных друг в друга стакана, на плоские доньшки которых и наносились фотокатод и люминофор. Приложенное к этим слоям высоковольтное напряжение, создавало электростатическое поле, обеспечивающее прямой перенос электронного изображения с фотокатода на экран с люминофором. В качестве фоточувствительного слоя в «стакане Холста» использовался серебряно-кислородно-цезиевый фотокатод (или S-1), имевший довольно низкую чувствительность, хотя и работоспособный в диапазоне до 1,1 мкм. К тому же, этот фотокатод обладал высоким уровнем шумов, для устранения которых требовалось охлаждение до минус 40°C.

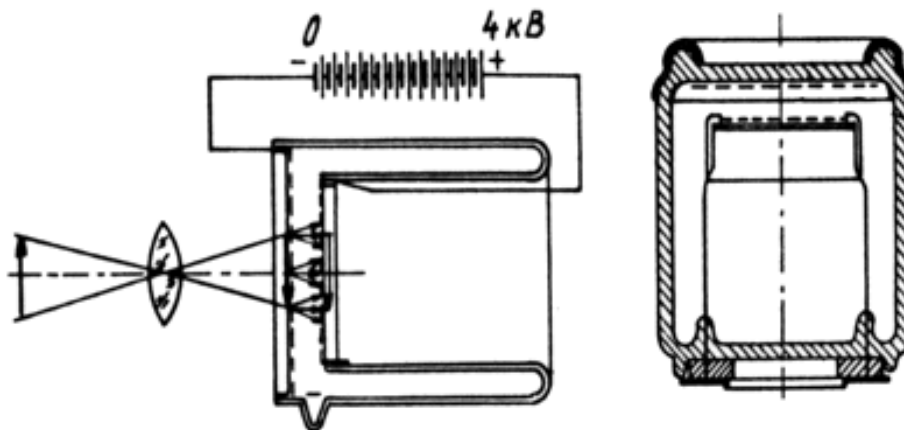


Рис. 17. Принцип действия «стакана Холста»

Эти недостатки позволяли использовать ЭОП только в активном режиме, т.е. с подсветкой наблюдаемого изображения ИК-прожектором. Кроме того, изображение на экране получалось нерезким. Расстояние между фотокатодом и экраном следовало делать возможно малым из-за разлета электронов, покидающих фотокатод под различными углами. В «стакане Холста» оно составляло несколько миллиметров и сократить его было невозможно по технологическим причинам.

Появление первых ЭОП в условиях предвоенной обстановки вызвало значительный интерес. «Стакан Холста» был доработан до уровня серийного производства фирмой ЕМІ (Англия), и с 1942 по 1945 г. их было выпущено несколько тысяч штук (рис.18).

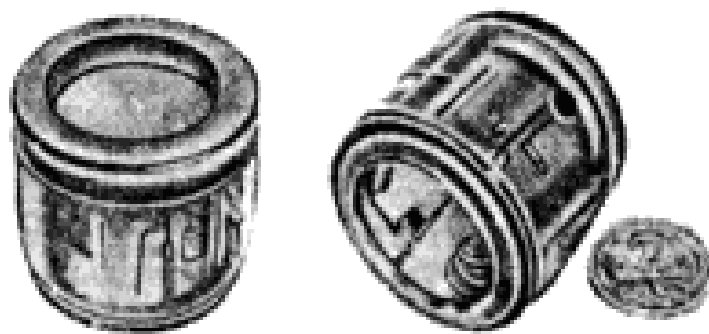


Рис. 18. Первые серийные образцы «стакана Холста»

Из-за «букета» недостатков ранних ЭОП первые ПНВ отличались значительными массогабаритными параметрами и энергопотреблением, а также невысоким качеством изображения. Тем не менее они активно применялись в ходе Второй мировой войны всеми сторонами.

2.2.3. Нулевое поколение

Достижения электронной оптики середины 30-х гг. позволили заменить прямой перенос изображения фокусировкой электростатическим полем. В этом направлении за рубежом активно работали Зворыкин, Фарнсворд, Мортон и фон Арденна, а в СССР – Г.А. Гринберг, А.А. Арцимович. В результате были разработаны трех, а затем и двухэлектродная системы, обеспечивавшие усиление порядка сотен раз с одновременным оборачиванием изображения (рис. 19).

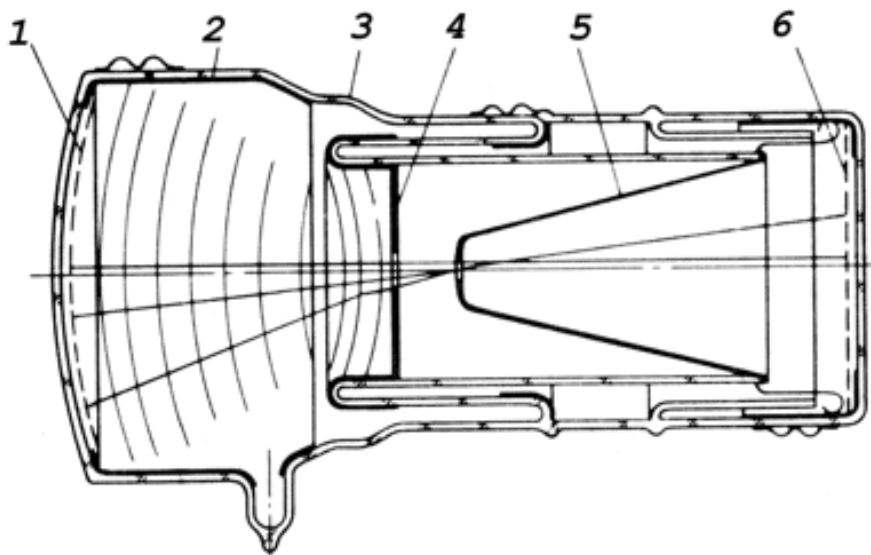


Рис. 19. Конструкция трехэлектродного ЭОП:

1 – фотокатод; 2 – манжета; 3 – корпус;
4 – фокусирующий электрод; 5 – анод; 6 – экран

Последующие работы привели к открытию «мультищелочного фотокатода» (S-20), состоящего из арсенидов натрия и калия, активированных цезием. Такой фотокатод уже 40 лет служит основой большинства ЭОП практически всех типов. ЭОП с электронным переносом изображения и мультищелочным катодом сегодня относится к нулевому поколению, на сленге специалистов – «нулевка». Наиболее распространенные представители этого семейства в России – В-8, знаменитая «восьмерка», и К-4, представляющая интерес как простой преобразователь.

ЭОП данного типа уже сняты с производства во всем мире и заменены более эффективными, но и более дорогими преобразователями последующих поколений. Сохранившееся в России производство «нулевок» поддержало национальную оптическую промышленность, лишившуюся рынка сбыта собственной продукции в период кризиса начала 90-х годов. Достаточно быстро был налажен массовый выпуск дешевых ПНВ, заполнивших прилавки. Недостаточные характеристики позволяют рассматривать такие приборы только как сувениры или игрушки, что часто бывает недооценено покупателями. Тем не менее они нашли свою нишу на рынке, определив нижний ценовой диапазон ПНВ.

Наибольшим недостатком ЭОП с электростатическим переносом изображения является резкий спад разрешающей способности от центра поля зрения к краям из-за несовпадения криволинейного электронного изображения с плоским фотокатодом и экраном. Для решения этой проблемы их стали делать сферическими, что существенно усложнило конструкцию объективов, рассчитываемых обычно на плоские поверхности.

2.2.4. Первое поколение

Развитие волоконной оптики в США в 60-е гг. позволило усовершенствовать ЭОП. На базе волоконно-оптических пластин, представляющих собой пакет из множества светодиодов, были разработаны плосковогнутые линзы, которые и стали устанавливать взамен входного и выходного окон. Оптическое изображение, спроецированное на плоскую поверхность ВОП, без искажений передается на вогнутую сторону, что и обеспечивает сопряжение плоских поверхностей фотокатода и экрана с криволинейным электронным полем.

В результате применения ВОП разрешающая способность стала по всему полю зрения такой же, как и в центре. ЭОП с ВОП и элек-

тростатической фокусировкой в массовом производстве относятся к I поколению. При изготовлении этих ЭОП стал использоваться чувствительный фотокатод S-20. Кроме того, в конструкции ПНВ первого поколения стали применять зеркально-линзовые объективы, позволяющие улучшить массогабаритные параметры.

В настоящее время ЭОП первого поколения еще находят применение в ночных прицелах для охотничьих ружей и успешно используются там, где требуется только преобразование длин волн ближнего ИК-диапазона в видимый свет, например, для визуального контроля сборки оптических систем связи, в медицине, где применяются ИАГ-лазеры с длиной волны излучения 1,06 мкм.

2.2.5. Многокаскадные ЭОП

В то время как за рубежом развивалась технология волоконной оптики, в СССР приоритетное направление получили каскадные ЭОП М.М. Бутслова. Схема одного из наиболее удачных образцов, У-72, представлена на рис. 20. В этой конструкции общее усиление равно произведению усилений всех камер и может достигать 10^7 раз.

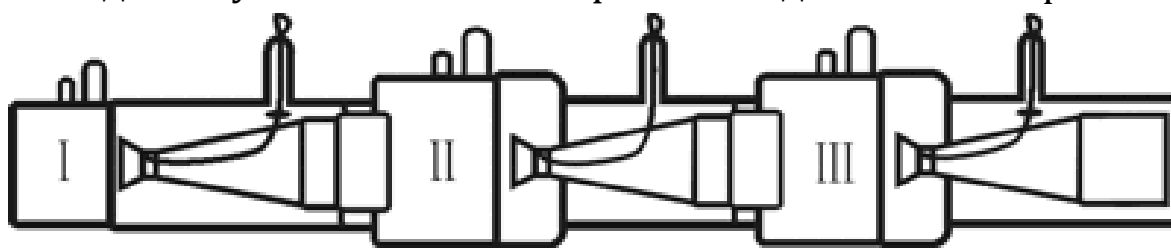


Рис. 20. Конструкция двухкаскадного ЭОП с электростатической фокусировкой электронов типа У-72

Производство таких ЭОП было сопряжено со значительными технологическими трудностями, в частности требовало использования труда стеклодувов только высокой квалификации. К тому же, разрешение по краям поля зрения ухудшалось до 2-3 штр/мм. Тем не менее массовое применение каскадных преобразователей обеспечило тактическое превосходство вооруженных сил СССР в период 50-60 годов.

Использование ВОП для стыковки камер упростило сборку и позволило повысить качество изображения, применение металло-керамики взамен стекла существенно повысило прочность конструкции. Такие ЭОП успешно производились фирмами RCA, ITT (США), Philips (Нидерланды) и некоторыми другими. Они не боялись ярких засветок, и единственным их недостатком следует считать значительную длину по оптической оси.

Десятилетнее господство каскадных ЭОП сменилось стремительным отказом от их использования и вытеснением ЭОП следующих поколений. Сегодня эти преобразователи не имеют коммерческого применения, оставшаяся с периода СССР военная техника оснащается современными малогабаритными ЭОП. Преодоление возникшего технологического тупика в СССР смогли начать только с 80-х годов.

2.2.6. Второе поколение

В 70-е гг. на основе технологии ВОП фирмами США был разработан вторично-эмиссионный усилитель в виде микроканальной пластины (МКП). Этот элемент представляет собой сито с регулярно расположенными каналами диаметром около 10 мкм и толщиной не более 1 мм. Число каналов равно числу элементов изображения и имеет порядок 10^6 . Обе поверхности МКП полируются и металлизируются, между ними прикладывается напряжение в несколько сотен вольт.

Принцип действия хорошо иллюстрирует рис. 21. Попадая в канал, электрон испытывает соударения со стенкой и выбивает вторичные электроны. В тянущем электрическом поле этот процесс многократно повторяется, позволяя получить коэффициент усиления $N \times 10^4$ раз. Для получения каналов МКП используется разнородное по химическому составу оптическое волокно. После получения шайбы сердцевины волокон растворяются в химических реактивах.

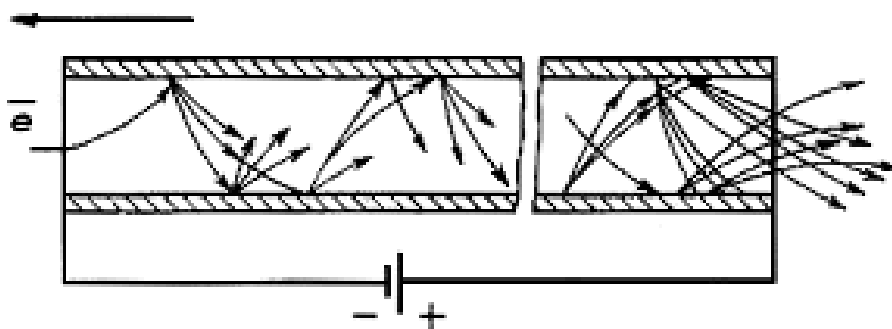


Рис. 21. Принцип действия вторично-эмиссионного усилителя в виде микроканальной пластины

Изготовление МКП, как и ВОП, относят к высоким технологиям, обеспечивающим выпуск малогабаритных и энерго-экономичных ЭОП, пригодных для применения в наголовных ПНВ, т.е. очках и монокулярах. Оборот изображения в ЭОП с МКП, относимых к II-поколению, по прежнему осуществляется за счет электростатической фокусировки (рис. 22).

В конце 70-х гг. были разработаны ЭОП с МКП бипланарной конструкции, т.е. без электростатической линзы, своего рода технологический возврат к прямому, как и в «стакане Холста», переносу изображения (рис. 23). Подобные конструкции, в том числе и многомодульные, выпускает фирма «Praxitronic» (ФРГ). Полученные миниатюрные ЭОП, в современном исполнении, относимые уже к поколению II+, позволили разработать очки ночного видения (ОНВ) псевдобинокулярной системы, где изображение с одного ЭОП разводится на два окуляра с помощью светоделительной призмы. Обратное изображение здесь осуществляется в дополнительных мини-объективах (рис. 24).

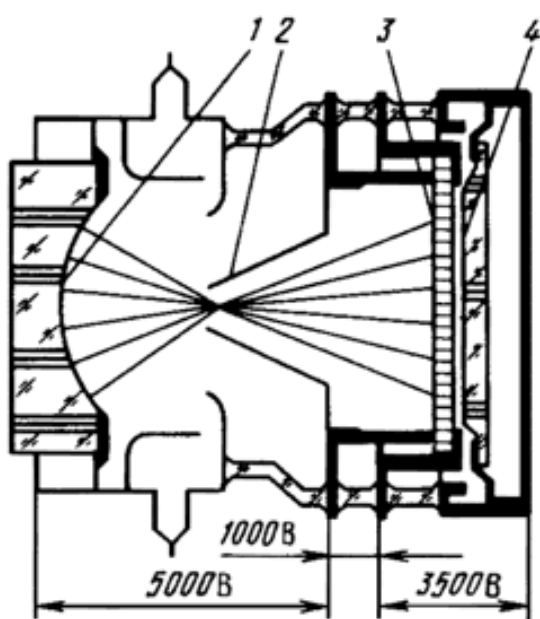


Рис. 22. Конструкция ЭОП с электростатической линзой:
1 – фотокаатод; 2 – анод;
3 – микроканальная пластина; 4 – экран

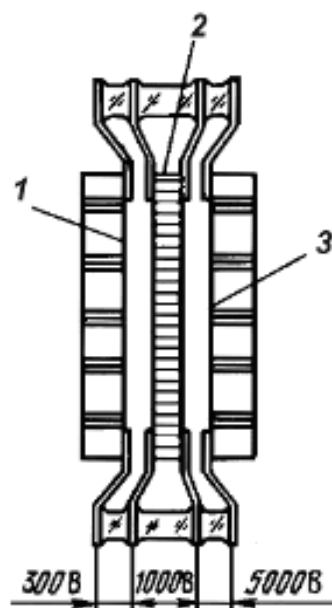


Рис. 23. Конструкция плоского ЭОП:
(значения напряжений могут отличаться от приведённых на рисунке)
1 – фотокаатод; 2 – микроканальная пластина;
3 – экран с люминофором

Псевдобинокуляр – конструкция не только эргономичная, но и весьма экономичная, за счет использования одного ЭОП, являющегося наиболее дорогим узлом – около 50% стоимости. Вес таких ОНВ лежит в пределах 500-700 г. Сегодня это наиболее растиражированные ПНВ, применяемые в ВС и спецслужбах различных стран мира. Следует заметить, что серийное производство таких систем началось в США с середины 80-х гг., а в России фактически только сейчас, хотя разработка отечественной модели была закончена в начале 1990-х годов.



Рис. 24. Устройство ОНВ псевдобинокулярной схемы ПНВ:
 1 – корпус ОНВ; 2 – окуляр; 3 – оборачивающий объектив; 4 – зеркало;
 5 – коллиматор (лупа) с призмой; 6 – корпус ОНВ; 7 – ИК-подсветка; 8 – ЭОП;
 9 – корпус объектива; 10 – объектив; 11 – крышка объектива

2.2.7. Третье и четвертое поколение

Следующий шаг в развитии ЭОП определился повышением чувствительности фотокатода. Он стал возможен вследствие чисто научных изысканий. В результате фундаментальных исследований, начатых еще в 1970-х гг., было установлено, что оптимальным материалом для создания фотокатода является арсенид галлия, способный эффективно эмитировать электроны при начальном излучении с длиной волны 0,9 мкм и менее.

Однако реализации AsGa-ФК длительное время препятствовало наличие энергетического барьера, не позволявшего электронам оторваться от поверхности полупроводникового слоя (потенциального барьера электронного сродства). Эту проблему успешно решили Шер и Ван Лаар, сотрудники исследовательского центра «Филипс», а также Вильямс и Сойман, предложив теорию ОЭС (отрицательного электронного сродства).

Получение AsGa-ФК возможно только в условиях сверхвысокого вакуума порядка 10^{-10} – 10^{-11} мм рт.ст., а весь процесс должен производиться под контролем сложной диагностической аппаратуры. Из-за быстрого окисления поверхности фотокатода на воздухе сборку ЭОП III-поколения требуется производить также в вакуумной камере с помощью манипуляторов. В итоге, для производства ЭОП третьего поколения требуется более 400 технологических операций. Все это определило чрезвычайно высокую стоимость этих преобразователей.

Первоначально, промышленная технология AsGa-ФК была разработана американской фирмой «Varian», у которой ее приобрели для серийного производства компании ITT Night Vision и Litton, ведущие компании в США, производители ПНВ военного назначения для нужд НАТО.

Высокие характеристики ЭОП III позволили этим фирмам разработать авиационные бинокулярные ОНВ – ANVIS / AVS-6 для пилотирования вертолетов, и AVS-9 для самолетов в ночных условиях на малой высоте, это позволяет летать в тесном строю, распознавать цели и препятствия на местности.

Разумеется, при разработке ЭОП III были применены достижения технологий всех предшествующих поколений, что позволило создать сверхминиатюрную конструкцию. Стандартный диаметр фотокатода/экрана составляет 18 мм, значительно реже 25 мм – для прицельных систем. В корпус таких ЭОП уже встроены высоковольтные источники питания (ВИП). Потребление тока не превы-

шает 20 мА, при напряжении питания 3В, что позволяет современным ПНВ работать непрерывно почти сутки от двух обычных пальчиковых батареек. Кроме того, эти ЭОП имеют очень высокие показатели надежности (среднее время наработки на отказ составляет порядка 10 000-19 000 часов).

Высокая чувствительность нового фотокатода позволила видеть в наихудших условиях, называемых «пасмурный звездный свет», что означает наличие облаков и отсутствие луны. Освещенность при этом составляет 5×10^{-4} лк. ПНВ с ЭОП II были ориентированы на работу в условиях «естественной ночной освещенности» (ЕНО) – 5×10^{-3} лк, т.е. при свете звезд без облачности и света луны. С 1992 г. фирмы ITT и Litton NV поставляют для нужд армий США и союзников очки PVS-7B и ANVIS с ЭОП III, согласно многолетним промышленным контрактам Omnibus III (Omni IV с 1996 года и Omni V – с 1998 года).

ЭОП III сегодня считаются ключевой военной технологией. Их наличие создает армии и авиации огромное преимущество перед потенциальным противником в боевых действиях в ночное время. В настоящий момент службы безопасности, охраны правопорядка, службы спасения развитых стран так же осуществляют широко-масштабные закупки этих ПНВ.

Кроме США производство преобразователей на основе AsGa-ФК имеет только Россия. Освоение ЭОП III сильно задерживалось из-за некоторой технологической отсталости, приведшей к кризису, ставшему очевидным с началом войны в Афганистане. Приобретению необходимого оборудования за рубежом мешало эмбарго. Тем не менее существовавшие препятствия удалось преодолеть.

В настоящее время две российские фирмы «Катод» (Новосибирск) и «Геофизика-НВ» (Москва) производят ЭОП III. «Геофизика-НВ» также является наиболее продвинутой Российской фирмой в части разработки и производства авиационных очков. Используемые в Российской армии очки 1ПН74 с ЭОП III выпускает ГУП «Альфа» (Москва), разработка СКТБ ТНВ, для нужд авиации той же фирмой поставляются вертолётные очки «ОНВ-1». Необходимо отметить, что распространение такой высокотехнологичной продукции контролируется государством.

Схема наиболее совершенного ЭОП III поколения представлена на рис. 25, где 1 – фотокатод с отрицательным электронным средством (на основе GaAs), нанесенный на стеклянное входное окно; 2, 3 – микроканальная пластина; 4 – экран, нанесенный на выходное

стеклянное окно 5 (рис. 25а) или на волоконно-оптическую пластину 6 (рис. 25б) без оборачивания изображения для стыковки с матрицей ПЗС телевизионной (ТВ) камеры, либо на волоконно-оптическую пластину 7 (рис. 25в) с оборачиванием изображения на 180° .

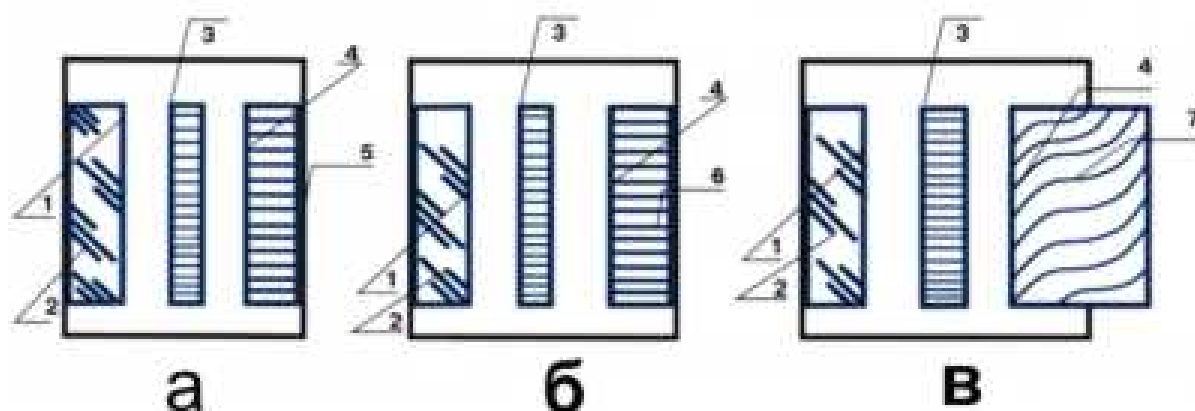


Рис. 25. Схема ЭОП III поколения

За последнее десятилетие разработка ЭОП (и соответственно ПНВ) новых поколений интенсивно велась в США по программе OMNIBUS³⁷. Эти работы проводятся фирмами ITT Defense и Litton Systems с целью увеличения интегральной чувствительности фотокатода, отношения сигнал/шум и разрешающей способности ЭОП III поколения (см. табл. 3). Работы по программам OMNIBUS III, IV позволили сократить технологический цикл создания ЭОП III поколения и разработать новые их образцы серии OMNI. Лучшие образцы этих ЭОП достигли разрешающей способности до 84 штр/мм, отношения сигнал/шум свыше 23, интегральной чувствительности фотокатода более 2 000 мкА/лм. Соответственно этому дальность видения в ПНВ возросла в 1,5 раза по сравнению с традиционными ПНВ III поколения. Новые ЭОП получили название «высокоинформативные ЭОП III поколения». Несмотря на их высокую стоимость (до 10 тыс. дол. за штуку) с 1999 г. в США производится замена всех ЭОП III поколения на высокоинформативные ЭОП. В некоторых литературных источниках эти ЭОП даже относят к IV поколению. Однако фактически к ЭОП IV поколения относятся изделия, параметры которых приведены в табл. 3, а также последние образцы ЭОП фирмы Litton: их отношение сигнал/шум превосходит 33, а интегральная чувствительность фотокатода – 2200 мкА/лм.

Физически эти достижения связаны с устранением в ЭОП IV поколения ионно-барьерной пленки, которая наносилась на микроканальную пластину (МКП) с целью защиты фотокатода ЭОП от

³⁷ См.: Gourley S. See in the Night // Jane's Defense Weekly. 2001. Vol. 21. No. 3. P. 20-27.

воздействия ионов, возникающих в этой пластине. Однако эта же пленка приводила к отражению потока электронов, перемещающихся от фотокатода ЭОП к микроканальной пластине. Это вызывало рассеяние электронов, снижало отношение сигнал/шум, ухудшало разрешающую способность ЭОП и ограничивало динамический диапазон его работы (т.е. сокращало пределы рабочей освещенности фотокатода). Кроме того, в ЭОП IV поколения используются тонкопленочные МКП с резко уменьшенным диаметром микроканала 6 мкм вместо традиционных 12 мкм. Это привело к возрастанию разрешающей способности до 64-84 штр./мм.

Таблица 3

Сравнительные параметры ЭОП III и IV поколений фирмы ИТТ (США)

Модель ЭОП	OMNI I и II	OMNI III	OMNI IV и V	IV поко- ле- ние
Интегральная чувствительность фотокатода, мкА/лм	1 000	1 350	1 800	1 800
Отношение сигнал/шум	16,2	19,0	21,0	26,0
Разрешающая способность, штр./мм	36	45	64	64
Процент улучшения по сравнению со стандартным ЭОП III поколения, %	0	40	70	188
Дальность действия очков ночного видения на базе ЭОП, м	170 – 240	300	350	500
Год начала производства	1986	1988	1996	2000

Отличительной особенностью ЭОП IV поколения является также наличие в нем стробируемого высоковольтного источника питания, автоматически изменяющего скважность работы в импульсном режиме соответственно внешней освещенности³⁸. Импульсный режим не только расширяет динамический диапазон работы ЭОП и соответственно ПНВ в широком диапазоне изменения внешней освещенности, но и подавляет шумы. Степень их ослабления пропорциональна скважности работы в импульсном режиме высоковольтного источника питания. Благодаря этому, отношение сигнал/шум может достигать 100 и более.

Конкретным примером ПНВ IV поколения являются очки ночного видения AN/AVS-9 фирмы ИТТ (США) (рис 22). В ПНВ установлен ЭОП IV поколения. Основные параметры прибора AN/AVS-9: угол поля зрения – 40°, масса без наголовного крепления – 540 г, с креплением – 780 г, напряжение питания – 3 В, диапазон рабочих тем-

³⁸ См.: Gourley S. See in the Night // Jane's Defense Weekly. 2001. Vol. 21, No. 3. P. 20-27.

ператур – от -32 С до +52°С. Очки предназначены для пилотирования вертолетов.



Рис. 26. Очки ночного видения AN/AVS-9 фирмы ИТТ, США

В Объединенном институте физики полупроводников СО РАН также разработана технология ЭОП IV поколения³⁹. В нем вместо традиционной микроканальной пластины используется полупроводниковый диод, работающий «на прострел» пучком электронов с фотокатода ЭОП. По мнению разработчиков, это позволяет получить высокое отношение сигнал/шум и значительную защищенность от воздействия световых помех при долговечности ЭОП до 50 000 часов.

Таким образом, в настоящее время отсутствует однозначное понимание того, что же следует считать ЭОП и соответственно ПНВ IV поколения. В связи с этим необходим выбор наиболее важного критерия, позволяющего классифицировать ПНВ новых типов с точки зрения возможности их отнесения к IV поколению. Таким критерием является сдвиг чувствительности фотокатода в инфракрасную (ИК) область спектра.

В настоящее время традиционные фотокатоды на основе GaAs, установленные в ЭОП III поколения, работают в области спектра 0,4 – 0,9 мкм. Однако за последние годы созданы фотокатоды с отрицательным электронным сродством на основе структуры InGaAs – InGaAsP, работающие в области спектра 0,4 – 1,1 мкм. Такой сдвиг чувствительности в ближнюю ИК-область спектра позволяет наблюдать в ПНВ излучение наиболее распространенных в настоящее время лазерных целеуказателей-дальномеров, работа-

³⁹ См.: Электронно-оптический преобразователь нового поколения (ЭОП). 4-я Международная выставка «Наука. Научные приборы-2000», 16-20 октября 2000, Российская академия наук. Разработки Сибирского отделения. Каталог. М., 2000. С. 25.

ющих на длине волны 1,06 мкм. Но главное преимущество заключается в том, что в ближней области спектра существенно выше уровень естественной ночной освещенности.

Поскольку ЭОП III+ поколения полностью взаимозаменяемы с ЭОП III и II (II+) поколений, то масса и габариты ПНВ новых поколений не отличаются от ПНВ III поколения.

Однако наиболее актуальной проблемой является создание поколения ПНВ с рабочей областью спектра, смещенной в диапазон 1,4-1,8 мкм. В данной области спектра можно работать до определенной степени в некоторых дымах и в пыли, а также визуализировать излучение современных лазерных целеуказателей-дальномеров, работающих на длине волны 1,55 мкм и 1,7 мкм.

Весьма результативно использование ПНВ, работающих в области спектра 1,4-2,0 мкм для демаскировки объектов. В области спектра 1,4-2,0 мкм разница в отражательной способности обмундирования позволяет не только обнаружить солдата на фоне зелени, но и отличить своего от чужого. Известно, что камуфляж позволяет замаскировать различные объекты на фоне окружающего пространства. Однако камуфляж, разработанный для видимой области спектра, может быть неэффективен для области спектра 1,4-1,8 мкм. Для нее узор камуфляжа исчезает, и обнаруживается силуэт замаскированного объекта.

В области спектра 1,4-1,8 мкм можно видеть в тумане, обнаруживать следы льда на крышах самолетов в аэропортах. Это похоже на «черный» лед на дорогах. Его нельзя заметить в видимой области спектра, но можно увидеть в области спектра 1,4-1,8 мкм. В этой области можно обнаружить на картинах более раннюю живопись, скрытую под слоем масляных красок. Достигается это благодаря тому, что многие пигменты масляных красок, окрашивающие свет в видимой области спектра, прозрачны в области 1 – 2 мкм.

2.2.8. ЭОП II+ и SUPER II+

Отсутствие внутренних рынков, требуемых для реализации таких дорогостоящих компонентов, как ЭОП III, привело большинство производителей ПНВ к сомнению в возможностях возмещения издержек при запуске их в производство. Альтернативой являлось повышение эффективности существующих преобразователей. Разработка этого направления обусловила возврат к мультищелочному катоду, первоначально с повышенной чувствительностью в ИК области (S-25), при сохранении конструктивных решений, достигну-

тых в III поколении. В последствии был разработан фотокатод с особо высокой чувствительностью (S-25R). На базе таких катодов сегодня производятся ЭОП II+ и SUPER II+ поколений соответственно. Подобная же классификация применяется и для I поколения.

Производители ЭОП III признают, что не существует принципиальных различий в эффективности между новыми системами Super II+ и III поколений. Преимущества преобразователей третьего поколения становятся очевидными при старении этих устройств, так фотокатоды S II+ теряют чувствительность (деградируют) по мере использования. Ресурс таких ЭОП составляет около 3 000 часов.

Знание принципов ЭОП и технологии их производства позволяет определить основные характеристики ПНВ и его ожидаемую стоимость. Для быстрого ориентирования в рамках рассмотренной классификации следует воспользоваться таблицей, в которой сведены основные характеристики ЭОП. Однако для более полной оценки необходимо получить представление о специфических требованиях, предъявляемых к оптическим узлам и конструкции таких приборов. Достигнутое качество оптических компонентов не лимитировало разработку ЭОП. Предел разрешения, определяющий минимальные угловые размеры доступного для наблюдения объекта, определяется разрешающей способностью применяемых МКП, т.е. диаметром каналов. Сегодня ПНВ в среднем обеспечивает 30-40 штр./мм, лучшие образцы ЭОП III, предназначенные в основном для авиации, достигают 64 штр./мм. Диаметр пор в таких МКП составляет 5-6 мкм при толщине в сотые доли мм. В связи с высокой хрупкостью эти пластинки чрезвычайно сложны в изготовлении и обработке.

В конструкции ПНВ используют только сверхсветосильные объективы. Оптимальным является объектив с относительным отверстием (F-фактор) 1:1,4, лучшие модели имеют 1:1,1 (для наголовных систем с увеличением изображения равным 1 крат, т.е. очков, монокуляров). Зная стандартный диаметр фотокатода, 18 мм для II+ и выше, нетрудно определить и другие основные параметры современных ОНВ: угол поля зрения 40°, фокусное расстояние 25 мм. Сегодня выпускаются объективы и с углом поля 50°, и даже 60°, с пропорциональным уменьшением фокусного расстояния, что соответствует углу поля зрения высокой чёткости глаза. Эргономические требования к минимизации массогабаритных параметров ПНВ и качеству изображения вынуждают разрабатывать многокомпонентные (до 10, как правило, тонких линз), сложные в производстве и,

следовательно, дорогие объективы. Исключением являются объективы «нулёвок» – обычно недорогие четырёхкомпонентные конструкции. Различия в антропометрическом строении головы вынуждает разработчиков вводить механизм выверки по базе глаз (расстояние между оптическими осями глаз различных людей варьируется от 56 до 72 мм), или добиваться значительных диаметров выходных зрачков окуляров, более 14 мм, что также усложняет конструкцию наголовных ПНВ.

Свои проблемы существуют и при разработке прицелов ночного видения. В частности, необходимо введение прицельной марки и обеспечение удаления выходного зрачка окуляра более 50 мм, что приводит к увеличению габаритов и массы в стекле; высоки требования к механической прочности. Современные ночные прицелы и бинокли обеспечивают 3-5 кратное увеличение изображения при фокусных расстояниях 75-120 мм и относительном отверстии около 1:1,5. Для использования очков псевдобинокулярной схемы в качестве бинокля применяют афокальные насадки, устанавливаемые на основной объектив (поставляются в комплекте или по спецзаказу). Для снижения веса ПНВ часто используют зеркально-линзовые объективы, хотя традиционные линзовые схемы остаются наиболее распространенными.

История ПНВ не исчерпывается достигнутым уровнем. Непрерывное расширение объёмов производства и продаж, повышенный интерес к новым продуктам со стороны всех участников высокотехнологического рынка свидетельствуют о широких перспективах техники ночного видения. Несмотря на то что ПНВ с ЭОП III способны обеспечить выполнение задач в самые тёмные ночи, в настоящее время ведутся активные работы по разработке как ЭОП IV поколения, так и в направлении улучшения схмотехники самих ПНВ. Большинство работ связано с совершенствованием эргономических характеристик, конструкции и расширением функциональных возможностей приборов. Существенный интерес представляет и разработка фотокатодов с чувствительностью, продлённой в длинноволновую область ИК-диапазона. Хорошего результата здесь достиг Litton, разработавший «продвинутый в ИК» ЭОП III, применяя который можно детектировать излучение ИАГ-лазера с длиной волны 1,06 мкм, применяемого во всех армиях для нужд дальнометрии⁴⁰.

⁴⁰ См.: Саликов В.Л. Приборы ночного видения: история поколений // Специальная техника. 2000. №2. С. 12.

2.3. Основные типы современных ПНВ

В настоящее время выпускаются и свободно продаются различные типы ПНВ, конструкции которых оптимизированы в соответствии с их назначением. Основными типами ПНВ являются:

- монокуляры;
- очки;
- бинокли, псевдобинокуляры;
- прицелы;
- приборы, позволяющие документировать наблюдаемое изображение (ночные фото и видеокамеры);
- тепловизионные приборы.

Поскольку оптические элементы ПНВ давно и хорошо отработаны, основные параметры ПНВ и их стоимость во многом определяются применяемыми в них ЭОП (рис. 27). Большинство современных ПНВ имеет конструкцию, приведенную на рис. 28.

В большинстве современных ПНВ применяются:

- однокамерные ЭОП, имеющие стеклянный вакуумный корпус с плоскими входным и выходным окнами. Такие ЭОП обеспечивают усиление яркости до 1 000 раз при высокой чёткости (разрешающей способности) только в центре поля зрения. По мере удаления от центра чёткость резко падает, что снижает информативность наблюдения. Однако невысокая цена таких ЭОП делает их предпочтительными для производителей недорогих, массовых ПНВ. Такие ЭОП далее (условно) будут называться «ЭОП нулевого поколения»;
- однокамерные ЭОП с волоконно-оптическими пластинами (ВОП) на входе и выходе, использующие микроканальный усилитель электронного изображения, а также имеющие встроенный источник питания. Такие ЭОП, называемые «ЭОП второго поколения», усиливают яркость изображения в 30-50 тысяч раз, имеют хорошую четкость изображения по всему полю зрения и обладают высокой помехозащищенностью к ярким локальным засветкам. Дорогие комплектующие изделия этих ЭОП определяют их на порядок более высокую цену.

Еще более высокими характеристиками (и, соответственно, ценой) обладают миниатюрные ЭОП с «плоской» электронно-



Рис. 27. Электронно-оптические преобразователи

оптической системой и фотокатодами с повышенной эффективностью (так называемое «третье поколение»). Эти ЭОП применяются в основном в приборах спецтехники. В коммерческих ПНВ чаще используется их разновидность с более простым фотокатодом: «2+ поколение». ЭОП так называемого первого поколения с плоско-вогнутыми ЭОП на входе и выходе легко собираются в двух и трехмодульные сборки. Трехмодульный ЭОП имеет параметры и цену, сравнимые с ЭОП второго поколения, однако применяются реже из-за большей длины: трехмодульный ЭОП первого поколения с рабочим диаметром 25 мм имеет длину 195 мм, аналогичный ЭОП второго поколения – 76 мм.

Источником питания, как правило, служат стандартные батареи по 1,5 вольта. Масса составляет около одного килограмма.

Основной параметр всех ПНВ – дальность видения. Его грамотное определение должно включать следующие факторы: освещенность наблюдаемой сцены, размер наблюдаемой цели и ее контраст по отношению к фону, детальность видения: обнаружение, распознавание, идентификация. Такая многофакторность определения дальности видения часто приводит к несоответствию между рекламными и реальными значениями этого параметра.

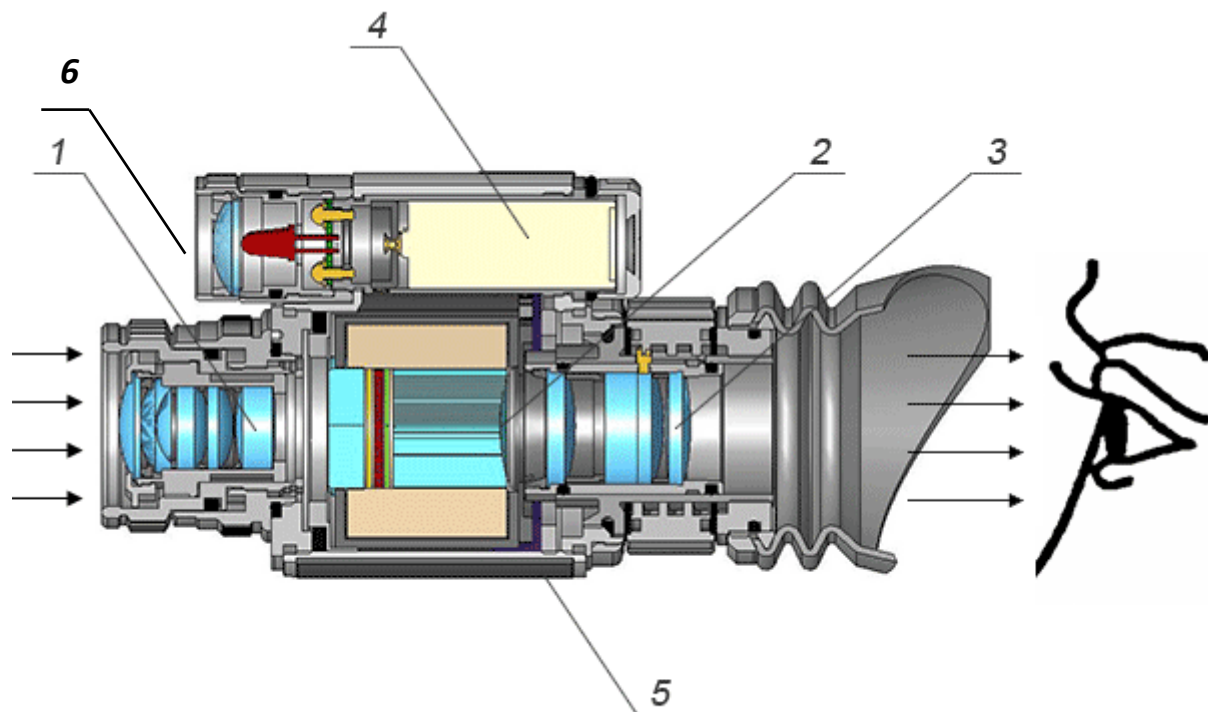


Рис. 28. Принципиальное устройство ПНВ:

1 – объектив; 2 – электронно-оптический преобразователь (ЭОП); 3 – блок окуляра;
4 – элементы питания; 5 – корпус; 6 – инфракрасный осветитель

В некоторых случаях покупателю предлагают проверить работу ПНВ при одетой на объектив защитной крышке с «булавочным» отверстием, имитирующем ночную освещенность. Такая проверка дает представление о качестве изображения (четкости и чистоте поля зрения), но не может использоваться для оценки дальности видения, так как резко изменяет параметры входного объектива.

Из опыта работы и элементарных расчетов следует, что наблюдательные ПНВ на базе ЭОП нулевого поколения и входной оптикой с вышеприведенными параметрами обеспечивают при освещенности 0,01 люкса (освещенность, создаваемая ночью четвертью луны) обнаружение ростовой фигуры человека на фоне зелени со 150-200 м и распознавание ее деталей примерно с 70-100 м. Некоторые ПНВ такого типа комплектуются малогабаритными инфракрасными осветителями (максимум излучения около 0,8 мкм), с мощностью порядка нескольких десятков милливатт/стерадиан.

Эффективная дальность действия таких осветителей порядка 50 м, ПНВ с таким осветителем дает возможность работы в полной темноте (пещеры, подвалы), но демаскирует наблюдателя для аналогичных или более совершенных ПНВ.

Большими возможностями обладают ПНВ, использующие ЭОП второго поколения. При светосильных (1:1,5 – 1:2) объективах с увеличением 3-5 крат эти ПНВ дают возможность наблюдения даже в безлунную ночь, что соответствует освещенности на местности $(1...5) \times 10^{-3}$ люкс. При этом фигура человека обнаруживается с расстояния 400-600 м, а ее детали – с 250-300 м.

ПНВ с ЭОП второго поколения обладают хорошей помехозащищенностью: яркие засветки, попадая в поле зрения таких ПНВ, на выходном изображении носят локальный характер: не создают ореолов и не мешают наблюдению по всему полю зрения. Масса таких ПНВ, в основном из-за больших размеров и массы ЭОП второго поколения, составляет не менее 1,5-2 кг. Цена – от одной до нескольких тысяч долларов в зависимости от качества ЭОП и оптических компонентов, а также схемы питания, включая автоматическую регулировку выходной яркости (АРЯ)⁴¹.

⁴¹ См.: URL: <http://www.vinsit.ru> (дата обращения: 14.04.2011).

2.3.1. Монокюляры

Ночные монокюляры (визеры) (рис. 29) имеют один входной объектив, один ЭОП и один окуляр (лупу). Наблюдение через такой ПНВ ведется одним глазом, а прибор удерживается одной рукой. Наиболее распространенными в отечественной продаже являются монокюляры на базе ЭОП нулевого поколения, что определяет их приемлемую для среднего покупателя цену на уровне, соответствующем 150-200 дол. США. Такие ПНВ имеют входные объективы со светосилой порядка 1:1, 51:2 и фокусным расстоянием 80-100 мм при угле поля зрения от 10 до 20 градусов.



Рис. 29. Ночной монокюляр

2.3.2. Очки ночного видения

Принципиальным отличием очков ночного видения (ОНВ) (рис. 30) от вышеописанных ПНВ является то, что ОНВ закрепляются на голове или специальном головном уборе наблюдателя, оставляя его руки свободными для выполнения различных работ и операций в ночное время. Сфера последних широка и разнообразна: ремонтные и спасательные работы, вождение наземного и воздушного транспорта, стрельба по целям, подсвечиваемым лазерными излучателями.



Рис. 30. Очки ночного видения

В последнем случае объект (цель) «метится» невидимым невооруженным глазом лучом лазера, съюстированным с оружием, а стрелок, видя «метку» с помощью ОНВ и наведя ее на цель, поражает последнюю без обычного прицеливания. Для привычной и быстрой ориентации практически все типы ОНВ имеют однократное увеличение и широкое поле зрения: 40 и более градусов. Классическая конструкция ОНВ содержит два объектива, два ЭОП и два окуляра, в ряде ОНВ с целью снижения цены используются один объектив и один ЭОП (так называемый тип «циклоп»).

Наиболее доступными и дешевыми являются ОНВ на ЭОП нулевого и первого поколений, а наиболее эффективными по дальности и наиболее легкими (менее 500 г) – на базе ЭОП 2+ и 3 поколений. Из-за высокой цены таких очков, сравнимой с ценой среднего автомобиля, они используются в основном для ночного пилотирования вертолетов или для задач, решаемых спецслужбами.

Последним достижением в области ОНВ являются голографические ОНВ. За счет использования голографических зеркал и фильтров в таких очках практически полностью пропускалось, усиленное ЭОП изображение слабоосвещенных объектов, одновременно на столько же отражая мешающие наблюдению световые помехи, которые видны как бы через очень темные очки. Нижняя часть маски таких очков имеет повышенную прозрачность, что делает удобным наблюдение приборной доски при использовании очков для вождения транспорта в ночных условиях.

2.3.3. Бинокли

При нормальном зрительном процессе человек пользуется двумя глазами. Изображения, создаваемые каждым глазом, дополняя и усиливая друг друга, создают в нашем сознании один зрительный образ, несущий также информацию о пространственном характере изображения (стереоскопический эффект).

В псевдобинокулярных ПНВ используется один объектив, один ЭОП и бинокулярный панорамический окуляр на выходе. Такой окуляр обращен к наблюдателю выпуклой стороной плоской линзы, с углом поля зрения 90 и более градусов, через которую изображение на экране ЭОП рассматривается двумя глазами. Это обеспечивает большее удобство наблюдения и, соответственно, меньшую утомляемость глаз.

Ночные бинокли классической схемы содержат два объектива, два ЭОП и два окуляра (рис. 31). В отличие от псевдобинокуляров такая схема обеспечивает стереоскопичность изображения удаленных объектов, для чего расстояние между входными объективами делается существенно больше, чем расстояние между глазами (база).



Рис. 31. Бинокль ночного видения

При наблюдении ночной бинокль, как и обычный, удерживается двумя руками с помощью специальных конструктивных элементов: ручек, держателей, приливов. В зависимости от качества оптических компонентов и типа применяемых ЭОП (нулевое, первое или второе поколение) цена на псевдо и бинокулярные ПНВ лежит в пределах от 800 до 2 500 долларов.

2.3.4. Прицелы

В определенных обстоятельствах необходимо не только наблюдение за объектом в темное время суток, но и прицельная стрельба в него в таких условиях (например, ночная охота). Эту задачу решают ночные прицелы. Принципиально ночной прицел (рис. 32) аналогичен ночному монокуляру, но имеет следующие существенные отличия.



Рис. 32. Ночной прицел

Прицел имеет механизм крепления на оружие и механизм «выверки». Последний обеспечивает совмещение линии прицеливания (стрельбы) оружия со специальной меткой («маркой») в поле зрения ПНВ, играющей при ночной стрельбе роль «мушки». Марка может быть темной или светящейся, что более предпочтительно, так как светящаяся марка легче различается на темном предмете (цели). В связи с большими ударными нагрузками, возникающими в момент выстрела (до 100 и выше «g»), к ЭОПУ и всей конструкции прибора предъявляются повышенные по сравнению с другими ПНВ требования по ударопрочности и удароустойчивости.

Дальность действия ночных прицелов разумно соотносить с дальностью прицельной стрельбы оружия, которая для легкого стрелкового оружия составляет 200-400 метров. Ночные прицелы можно использовать и в дневное время, для чего на объектив одевается специальная диафрагма (крышка) с «булавочным» отверстием, защищающая ЭОП от яркого света и одновременно обеспечивающая хорошую видимость цели.

Более сложная конструкция прицелов определяет и их более высокую на 25-30 % (по сравнению с монокулярами) цену.

2.3.5. ПНВ с документированием изображения

В ряде случаев требуется документирование (фотография, видеозапись) наблюдаемых с помощью ПНВ сцен, объектов и их действий (рис. 33). Наиболее простое решение – присоединение к ПНВ вместо окуляра фото или кинокамеры. Некоторые ПНВ комплектуются адаптерами для присоединения фотокамер, легко осуществляемого самим пользователем прибора.



Рис. 33. ПНВ с фиксацией изображения

Более совершенной и многофункциональной является система, в которой изображение с экрана ЭОПа ПНВ оптически передается на ПЗС-матрицу. Передача осуществляется с помощью фоконов (волоконно-оптических «уменьшителей» изображения) или линзовой оптики «переноса». Электронная схема («обрамление») ПЗС-матрицы преобразует полученное изображение в видеосигнал в аналоговой и при необходимости в цифровой форме.

Видеосигнал может наблюдаться на телеэкране (мониторе), что более удобно и менее утомительно, чем наблюдение (особенно длительное) через окуляр ПНВ. При этом возможна одновременная запись на видеомagneтофон и передача на несколько мониторов для нескольких операторов.

Видеосигнал может передаваться по кабелю (до 200 м без промежуточных усилителей) либо с помощью встроенного в прибор наблюдения миниатюрного передатчика, сигнал которого принимается на один из каналов обычного телевизора.

Качество таких систем определяется числом телевизионных линий, передаваемых при определенной освещенности наблюдаемой сцены.

При использовании ПНВ с ЭОП нулевого поколения при освещенности 0,01 люкс передается 300-350 линий, для ПНВ с ЭОП второго поколения такое же число линий передается при освещенности $1...5 \times 10^{-3}$ люкс, а с ЭОП третьего поколения – при $1 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$ люкс.

Такие приборы могут комплектоваться адаптерами для присоединения на вход ПНВ современных объективов для ПЗС-камер, имеющих дистанционно регулируемые диафрагму, переменное увеличение и подфокусировку. Прибор с таким объективом и ЭОПом с хорошей схемой АРУ обеспечивает практически круглосуточное (от безлунной ночи до яркого дня) наблюдение с необходимым документированием.

Преобразование видеосигнала в цифровой код дает системам «ПНВ+ПЗС» дополнительные возможности. Получаемое изображение может регистрироваться цифровой фото или видеокамерой, подвергаться обработке для усиления контраста, устранения светлых и темных дефектов, окрашиваться в условные цвета.

Более сложный комплекс из двух ПНВ с ПЗС со специальными светофильтрами после цифровой электронной обработки сигналов создает на мониторе изображение наблюдаемой ночной сцены в естественных цветах. Это существенно повышает информативность, быстроту и ценность зрительного восприятия. Такой прибор, опровергающий известную поговорку «ночью все кошки серы», был продемонстрирован на выставке бельгийской фирмой «Delft Sensor Systems». По мнению разработчиков, изображение в естественных цветах повышает эффективность обнаружения и распознавания объектов в ночных условиях на 30-60 %.

2.3.6. Тепловизионные приборы

Устройство тепловизионного прибора (рис. 34) подобно устройству ПНВ. Они могут использоваться как днем, так и ночью. Отличительным является то, что в качестве приемника излучения используется матричный приемник, чувствительный к средней ИК-области излучения 8-12 мкм, т.е. собственному тепловому излучению тел, а не к отраженному.



Рис. 34. Тепловизор

В качестве приемников излучения к этому диапазону широкое применение нашли неохлаждаемые микроболометрические матрицы. Принимаемое через объектив изображение, сформировавшееся на болометрической матрице, преобразуется с помощью электрон-

ной схемы в изображение, которое воспроизводится на жидкокристаллических или полупроводниковых светодиодных экранах.

Изображение также может передаваться по ТВ-каналу или записываться на различных носителях.

Наблюдаемая в тепловизионном приборе картина соответствует тепловому рельефу объекта. Они не позволяют идентифицировать мелкие детали предметов в связи с тем, что тепловое изображение изменяется при изменении температуры объекта. Тепловизоры обнаруживают и распознают объекты в условиях, при которых ПНВ не эффективны. Они эффективны при тумане и дымке и в сложных условиях фона. Тепловизор показывает тепловую картину, и вследствие того, что температура живого объекта обычно выше фона, он легко обнаруживается.

Тепловизионные приборы могут быть выполнены так же как и ПНВ в виде монокуляров, биноклей, очков и прицелов.

2.3.7. Приборы с УФ и ИК фотокатодами

Выше рассматривались ПНВ с ЭОП, чувствительными в диапазоне 0,4-0,9 мкм, и предназначенные для наблюдения удаленных объектов, что и соответствует основной задаче этих приборов: видеть ночью так же далеко и хорошо, как и днем.

В то же время существует множество других применений ЭОП, основанных на их уникальной способности преобразовывать в видимое принципиально невидимое глазом изображение.

Например, ЭОП с фотокатодом, чувствительным в «солнечно-слепой» УФ-области (от 0,1 до 0,3 мкм), позволяет при дневном свете вести важные с точки зрения экологии наблюдения озоновых дыр, свечений объектов и участков с повышенной радиоактивностью, а также токсичных выхлопов двигателей.

В криминалистике УФ-ЭОП используются для определения подделок, когда подлинные документы снабжены специальными метками, отражающими УФ излучение.

Давно известен способ чтения документов, залитых чернилами или тушью, с помощью ЭОП с кислородно-серебряно-цезиевыми фотокатодами, чувствительными до 1,2-1,3 мкм. Многие жидкости и материалы, непрозрачные в видимой области, прозрачны в этом ИК-диапазоне и залитая или подделанная надпись прекрасно видна с помощью такого ЭОП.

Рентгеновские ЭОП (РЭОП), имеющие вместо фотокатода набор, состоящий из рентгенолюминофора, прослойки и фотокатода, способны визуализировать рентгеновское излучение.

Главной областью применения РЭОП с большим рабочим диаметром (до 320-400мм) является медицинская рентгенодиагностика. Малогабаритные РЭОП с полем диаметром до 50-100 мм в комплекте с миниатюрными радиоизотопными источниками излучения могут использоваться для оперативной полевой рентгенодиагностики, просвечивания багажа, контроля дефектов электро- и микросборок и других задач оперативной интроскопии с переносной аппаратурой.

Таким образом, современная фотоэлектроника существенно расширяет возможности человеческого зрения в части видения в условиях низкой освещенности и в принципиально недоступных для глаза диапазонах. Сложность этой техники, большое количество типов ПНВ, имеющих в продаже, разница в их классах и ценах, а также неизбежные рекламные «передержки» в описаниях приборов делают весьма желательной квалифицированную и объективную консультацию при выборе и покупке таких приборов.

2.4. Основные технические характеристики ПНВ

ПНВ характеризуется увеличением, углом зрения, удалением выходного зрачка, диоптрийной настройкой, разрешающей способностью, дальностью обнаружения и дальностью распознавания.

В табл. 4 приведены обобщенные основные характеристики ПНВ независимо от их назначения.

Таблица 4

Основные характеристики приборов ночного видения

Наименование	Диапазон значений
Увеличение, X	1-7
Объектив:	
фокусное расстояние, мм	20-200
относительное отверстие	1-2,0
Угол зрения глаз, градус	6-50
Поколение ЭОПа	1, 1+, 2, 2+, 3, 4
Разрешение, штр/мм	25-70
Диапазон фокусировки, м	0,25 - ∞
Диоптрийная настройка	±4
Тип ИК осветителя	встроенный, навесной

Питание, В	1,5-9
Время непрерывной работы, час	12-40 и более
Вес, кг	0,25-3 и более
Дальность обнаружения при звездном небе, метр	50-500

Дальность обнаружения (ДО) и дальность распознавания (ДР) – это основная потребительская характеристика ПНВ, определяющая пригодность ПНВ для решения различных задач. Дальность обнаружения объекта – дальность, при которой наблюдатель отличает нечто на фоне, не классифицируя его как конкретный объект. Дальность распознавания объекта – дальность, на которой наблюдаемый объект классифицируется как конкретный объект: лошадь, олень и т.д. Эти параметры зависят от характеристик ЭОПа, оптики (фокусного расстояния объектива и его светосилы), состояния атмосферы, дымки, влажности, цвета фона, цвета наблюдаемого объекта. Зная характеристики ЭОПа, оптики трудно говорить о преимуществе того или иного прибора без их испытаний и сравнений одновременно в одинаковых условиях. Например, если объект движется, дальность обнаружения может быть в 1,5 раза больше по отношению к неподвижному объекту.

Дальность обнаружения определяется характеристиками ЭОПа и оптикой. Чем выше поколение ЭОПа, тем усиление прибора больше и ДО и ДР больше. Чем фокусное расстояние объектива, с которым связано увеличение ПНВ, и его относительное отверстие больше, тем ДО, и ДР будет больше. Обычно в качественных ПНВ используется объектив с относительным отверстием не менее 1:1,5. Однако в связи с тем, что ДО и ДР также зависят от состояния атмосферы и фона, то они, как правило, даются ориентировочно. Дальность наблюдения для ПНВ с использованием ЭОПов различных поколений приведена в табл. 5.

Таблица 5

Дальность наблюдения с использованием ПНВ разных поколений

	Полная луна 0,1 люкс (метры)	Половина луны 0,05 люкс (метры)	Четверть луны 0,01 люкс (метры)	Звездное небо 0,001 люкс (метры)	Облачное небо 0,0001 люкс (метры)
Без прибора ночного видения	230	130	45		
1 поколение	300	200	150	100	50
2 поколение	630	630	590	390	145

3 поколение	810	810	770	530	200
-------------	-----	-----	-----	-----	-----

Увеличение показывает во сколько крат предмет будет больше, чем при наблюдении невооруженным глазом.

Увеличение прибора в большинстве случаев определяется тремя составляющими:

- фокусным расстоянием объектива, мм;
- коэффициентом увеличения ЭОПа (для 2+ и 3-го поколений как правило равен 1);
- фокусным расстоянием окуляра, мм.

В связи с тем, что фокусное расстояние окуляра выбирается из условий обеспечения наиболее комфортного наблюдения и в соответствии с характеристиками ЭОП у большинства производителей, для аналогичных по классу приборов фокусные расстояния окуляров близки по значению. Поэтому фокусное расстояние объектива можно считать определяющим для характеристики увеличения ПНВ определенного класса (типа). Чем больше фокусное расстояние, тем больше увеличение и больше ДО при условии, что не уменьшается светосила объектива.

Светосила объектива характеризуется относительным отверстием. Она напрямую связана с диаметром входного зрачка объектива (как правило, с диаметром передней линзы) и фокусным расстоянием объектива. Относительное отверстие объектива определяется дробью, например, 1:1,5, где 1,5 – это отношение фокусного расстояния объектива к диаметру входного зрачка. То есть при одном и том же диаметре передней линзы при увеличении фокусного расстояния будет происходить снижение величины относительного отверстия. Объектив будет пропускать меньше света, а соответственно характеристики прибора будут ниже.

Угол зрения измеряется в градусах. Показывает сектор, в котором наблюдаются объекты. Например, для очков угол зрения составляет примерно 40° при кратности 1. Этот параметр в основном определяется фокусным расстоянием объектива при увеличении фокусного расстояния объектива в 4 раза угловое поле зрения уменьшится в 4 раза.

Диапазон фокусировки показывает расстояние, предел расстояний от наблюдателя до объекта, в котором возможно четкое наблюдение объекта. Осуществляется фокусировкой, т.е. перемещением объектива либо отдельных компонентов объектива.

Диапазон диоптрийной настройки производится перемещением окуляров до получения четкого наблюдения изображения на экране ЭОПа или другого индикатора. Позволяет учитывать особенности зрения наблюдателя.

Разрешающая способность – это способность ПНВ различать два близко расположенных объекта и измеряется в штрихах на миллиметр для ЭОПа и в циклах на миллирадиан в целом для прибора. Для ПНВ это величина, зависящая от характеристик ЭОПа, оптики и уровня ночной освещенности. Чем больше величина, указанная в штрихах на миллиметр, тем более мелкие детали различает ПНВ.

Вес прибора – это также важная характеристика, особенно при непрерывном длительном пользовании им. Стремление снизить вес, например, прицелов, менее 1 кг, не ухудшая другие характеристики проблематично и неоправданно дорого.

Высококачественная оптика, без которой нельзя реализовать потенциальные характеристики ЭОПа, – это многолинзовая система, вносящая большую часть в вес прибора. С учетом того, что многие прицелы разработаны для использования при ударных нагрузках $> 500g$, конструктивно корпус, механические соединения, оптика, система выверки должны обеспечить надежность работы прибора в целом. Оптимальное комплексное решение требований ко всем характеристикам ПНВ и определяет их вес. Например, высококачественный профессиональный прицел F7000 фирмы ИТТ, США с увеличением 4X весит 1,7 кг, а прицел производства России ПН-15К с увеличением 4X весит 1,5 кг.

Тип ЭОПа. ЭОПы разделяются на поколения: 1, 1+, 2, 2+, 3, 4. Такое разделение связано с конструктивными особенностями и материалами, используемыми для изготовления фотокатода.

С каждым последующим поколением ЭОПа растет чувствительность к свету за счет использования более совершенных фотокатодов и электронного усиления прибора. Растет разрешение и повышается качество изображения. Чувствительность фотокатода для ЭОПов 1-го поколения составляет 120-250 мА/лм, а ЭОПов 3-го поколения достигает 900-1 800 мА/лм. Разрешение ЭОПов 2-го поколения в центре экрана составляет 35-55 штр/мм, а ЭОПов, например, 3-го поколения до 70 штр/мм, оно равномерно по всему экрану ЭОПа. Разрешение ЭОПов 1-го поколения составляет 25-35 штр/мм в центре экрана ЭОПа, однако от центра к краям оно падает до ве-

личины менее 20 штр/мм. Усиление ЭОПов 1-го поколения составляет 120-900 раз. А ЭОПов 2+ и 3-го поколений 25 000-50 000 раз.

Иногда на экране ЭОПа можно видеть дефекты в виде черных точек. Технологически сложно изготовить ЭОП без этих дефектов. В большинстве случаев наличие таких точек не влияет на качество изображения. Это важно в случае использования ПНВ для фотографирования и других подобных случаях.

2.5. Конструкция и работа ПНВ (на примере ПНВ-10Т)

Изделие ПНВ-10Т (рис. 35), представляющее собой очки ночного наблюдения водителя, предназначено для выполнения в темное время суток операций контрольного осмотра и технического обслуживания техники, ее вождения, наблюдения объектов на местности, а также чтений текстового материала, показаний приборов автомобиля и работы с топографическими картами. Очки крепятся на оголовье, которое фиксируется на голове с помощью специальных ремней. Очки имеют однократное увеличение, для обеспечения нормальной пространственной ориентации, и псевдобинокулярную конструкцию, которая позволяет существенно снизить вес и стоимость очков. ПНВ обеспечивает изображение высокого качества, равномерное по всему полю зрения, благодаря волоконно-оптической пластине («шайбе») на выходе электронно-оптического преобразователя 3 поколения. В электронно-оптическом преобразователе (далее ЭОП) использован усилитель, встроенный высоковольтный источник питания, автоматическая регулировка яркости и защита от мощных источников засветки. Очки обеспечивают большие дальности действия при естественной ночной освещенности без подсветки. При работе в «полной» темноте предусмотрена система подсветки.

Для расширения потребительских свойств прибор комплектуется оптической насадкой с увеличением 2,5х и мощным ИК осветителем, позволяющим значительно увеличить зону прямой видимости прибора. При работе с текстовыми документами и топографическими картами, а также при проведении ремонтных и инженерных работ в условиях, когда освещенность недостаточна для работы в пассивном режиме, в изделии предусмотрено использование встроенного ИК источника подсветки. Очки позволяют изменять

межзрачковое расстояние и фокусировать объектив ПНВ в достаточно широком диапазоне.

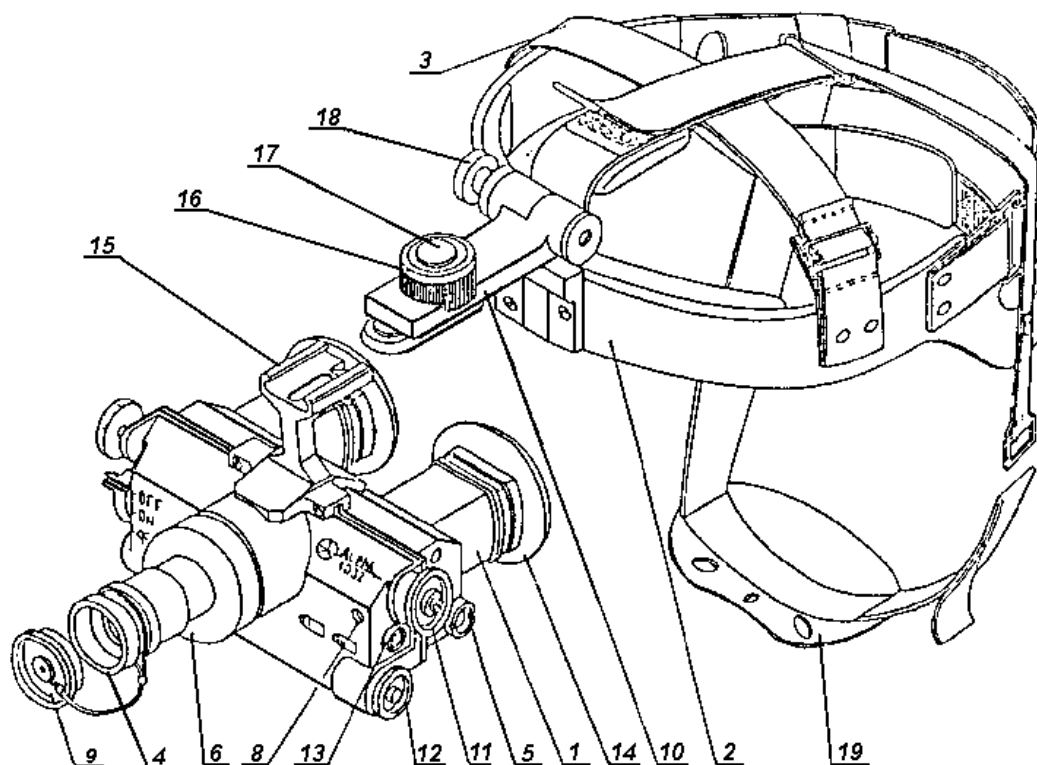


Рис. 35. Общий вид прибора:

- 1 – псевдобинокляр; 2 – обод; 3 – ремни оголовья; 4 – объектив;
 5 – механизм регулировки окуляров по базе глаз; 6 – кольцо диоптрийной установки;
 7 – переключатель; 8 – встроенный ИК-осветитель; 9 – крышка объектива;
 10 – механизм крепления; 11 – крепление ремней переноски; 12 – отсек источников питания;
 13 – патрон осушки; 14 – наглазники; 15 – кронштейн; 16 – ручка фиксации;
 17 – кнопка быстрого съема; 18 – кнопка откидывания; 19 – ремень фиксации на подбородке

Технические характеристики ПНВ-10Т представлены в табл. 6

Таблица 6

Технические характеристики ПНВ-10Т

Наименование технических данных	Значение	
	Ночные очки	Ночные очки с насадкой
Дальность опознавания ростовой фигуры при естественной ночной освещённости (5 ± 2) · 10 ⁻³ лк, м, не менее	200	300
Угол поля зрения, градус	40	10
Увеличение изделия, крат	1,0	2,5
Фокусировка объектива на резкость в пределах дальностей, м	0,25 – ∞	10 – ∞

Наименование технических данных	Значение	
	Ночные очки	Ночные очки с насадкой
Электрическое питание изделия:	автономный источник питания (аккумуляторные батареи типа KRH 1 5/5 1 (2шт) или элементы питания типа AA R6 1,5В (2 шт.), через преобразователь напряжения низковольтный от бортовой сети постоянного тока	
Время работы изделия до замены автономного источника питания (без осветителя): при положительных температурах до 50°C, ч, не менее	18	18
при отрицательных температурах до минус 50°C, ч, не менее	4	4
Габариты изделия, мм, не более	217×185×105	265×185×105
Масса изделия, кг: в рабочем положении	0.98	1.3
в сумке	1.5	1.8
в футляре	6.0	6.3

Работа прибора. Изделие ПНВ-10Т⁴² (рис. 36) представляет собой пассивный прибор ночного наблюдения со встроенным ИК источником подсветки (осветителем), построенный по псевдобинокулярной схеме: с одним объективом, одним ЭОП и разводкой изображения с экрана ЭОП на два глаза наблюдателя с помощью окуляра, выполненного в виде компактного бинокулярного микроскопа, состоящего из коллиматорного объектива (устройство, позволяющее получить пучок параллельных лучей), разделительной призмы и двух одинаковых телескопических систем с окулярами. Принцип действия ночного прибора основан на усилении яркости и преобразовании спектрального состава изображения наблюдаемых объектов с помощью малогабаритного ЭОП.

Объектив 1 формирует изображение объектов и местности на фотокатоде ЭОП 2. Усиленное по яркости (ЭОП) и преобразованное

⁴² См.: Прибор ночного наблюдения водителя ПНВ-10Т. Руководство по эксплуатации, М.: Техно-информ, 2000.

по спектральному составу (люминофор) это изображение воспроизводится на экране ЭОП и рассматривается наблюдателем через окуляр изделия с помощью лупы коллиматора 3, разделительной призмы 4 и двух телескопических систем 5, которые могут сдвигаться относительно призмы или раздвигаться в зависимости от величины глазной базы наблюдателя. В конструкцию изделия ЭПМ-53Г-В входят вакуумный блок и ВИП 6, который имеет устройство автоматической регулировки яркости (АРЯ) экрана (в зависимости от освещенности на местности) и схему защиты ЭОП от световых перегрузок. Для обеспечения работы ВИП и осветителя используется автономный источник питания 7 или бортовая сеть транспортного средства.

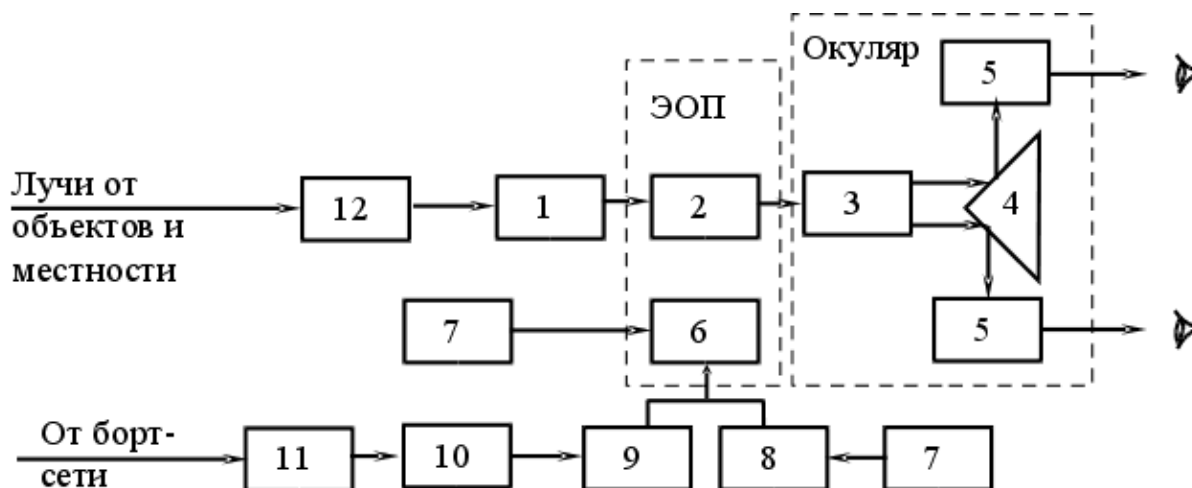


Рис. 36. Структурная схема изделия ПНВ-10Т

(условные обозначения схемы: изделие ЭПМ-53Г-В – тип ЭОП, ВИП – встроенный источник питания, ПНН – преобразователь напряжения низковольтный) 1 – объектив; 2 – ЭОП (вакуумный блок изделия ЭПМ-53Г-В); 3 – коллиматорный объектив (лупа); 4 – разделительная призма; 5 – телескопическая система; 6 – ВИП; 7 – автономный источник питания; 8 – УП; 9 – ПНН; 10 – кабель; 11 – переходник; 12 – насадка (съемная)

ПНВ-10Т представляет собой носимый наблюдательный прибор пассивного типа со встроенным ИК источником местной подсветки, обеспечивающий возможность наблюдения объектов и местности в ночное время за счет использования ЭОП. ПНВ-10Т имеет модульную конструкцию, в основу которой положена схема вакуумного ЭОП. В псевдобинокуляр встроен осветитель, представляющий собой самостоятельную сборочную единицу, главными элементами которой являются ИК диод и линза, формирующая энергетический пучок излучения. Питание ЭОП и ИК диода может осуществляться от бортовой сети транспортного средства через ПНН.

В корпусе ПНВ имеется патрон осушки. Он предназначен для поглощения влаги в случае её попадания во внутреннюю полость псевдобинокуляра. Конструктивно патрон осушки состоит из втулки, в которую насыпают силикагель-индикатор. Ненасыщенный силикагель имеет синеватую окраску. По мере насыщения влагой окраска силикагеля меняется и при полном насыщении имеет бледно-розовый или грязно-белый цвет. Состояние силикагеля можно контролировать через смотровое стекло на боковой части ПНВ.

Оптическая насадка предназначена для наблюдения удаленных объектов на местности и образует вместе с ночными очками малогабаритный наблюдательный прибор с увеличением 2,5х. Конструктивно представляет собой отдельную сборочную единицу: корпус с оптической системой из линз.

Преобразователь напряжения низковольтный (ПНН) предназначен для питания изделия от бортовой сети транспортного средства, ПНН является стабилизированным источником питания, который преобразует напряжение бортовой сети транспортного средства 12В или 27В (имеется переключатель режима питания) в постоянное напряжение 3В, необходимое для питания ПНВ. Электрическая схема ПНН представляет собой стабилизатор напряжения, выполненный на базе интегральной микросхемы напряжение на выходе которой регулируется настройкой. Электрическая схема крепится винтами к железному (теплоотводному) основанию и размещается в пластмассовом корпусе. ПНН комплектуется кабелем и набором переходников.

ПНВ-10Т поставляется с переходным устройством, предназначенным для работы с изделием при пониженных температурах окружающего воздуха и применяется только при работе от автономного источника питания (батареек). Батарейки размещаются в корпусе устройства, которое крепится в кармане одежды. Тем самым достигается подогрев элементов питания.

ПНВ-10Т комплектуется зарядным устройством, предназначенным для зарядки аккумуляторных батарей от бортовой сети транспортного средства 12В или 27В до 1,5В.

Весь комплект ПНВ-10Т размещается в стальном футляре, на крышке которого указывается наименование изделия и его заводской номер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приборы оперативного наблюдения являются важной составляющей технического обеспечения органов внутренних дел. Они позволяют осуществлять оперативно-служебную деятельность ОВД в различных условиях, существенно дополняя возможности органов чувств человека по восприятию окружающей обстановки, а также позволяют увидеть то, что недоступно обычному зрению. Существует множество направлений применения данной группы приборов, которые были рассмотрены в настоящем учебном пособии.

Авторы постарались довести до читателя различные технические аспекты применения средств оперативного наблюдения в деятельности органов внутренних дел. В пособии приведены различные их виды, конструкции, принципы действия и назначение. Показана история развития и совершенствования средств оперативного наблюдения, а также перспективные технологии, которые будут реализованы в ближайшее время.

Надеемся, что данное издание будет полезно не только слушателям и курсантам в качестве учебного пособия по дисциплине «Специальная техника ОВД», но и заинтересованным сотрудникам органов внутренних дел.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 12.08.1995 №144-ФЗ «Об оперативно-розыскной деятельности» // СПС «Консультант Плюс».
2. ГОСТ Р51558-2000 Системы охранные телевизионные. Общие технические требования и методы испытаний. URL: <http://protect.gost.ru> (дата обращения: 14.04.2011).
3. Рекомендации Р78.36.008-99. Проектирование и монтаж систем охранного телевидения и домофонов. URL: <http://protect.gost.ru> (дата обращения: 14.04.2011).
4. Вандин А.Д. К предыстории инфракрасной техники // Вопросы истории естествознания и техники. М.: Наука, 1973. Вып. 44. С. 23-28.
5. Волков В.Г. Малогабаритные телевизионные системы. Обзор по материалам отечественной и зарубежной печати за 1980-2000. № 5591. М.: НТЦ Информтехника, 2000.
6. Гузаиров М. Б. Технические средства защиты: учебное пособие. Уфа: УГАТУ, 2005.
7. Гузаиров М. Б. Шангареев Р. З. Технические средства охраны: учебное пособие. Уфа, 2002.
8. Гуриков В.А. Возникновение и развитие оптико-электронного приборостроения. М.: Наука, 1981.
9. Гуриков В.А. Возникновение и развитие приемников оптического излучения // Светотехника. 1981. №10. С. 13-15.
10. Дамьяновски В. CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии / пер. с англ. М.: ООО «Ай-Эс-Эс Пресс», 2006.
11. Коршунова Г.И., Степанов Р.М., Наумов Ю.В., Андреева К.П. Телевизионный передающий прибор для области спектра 0,4 – 2 мкм // Прикладная физика. 1999. Вып. 3. С. 96-101.
12. Кощавцев Н.Ф., Кощавцев А.Н., Федотова С.Ф. Анализ перспектив развития приборов ночного видения // Прикладная физика. 1999. Вып. 3. С. 66-69.
13. Куликов А.Н. Телевизионное наблюдение при ярком солнечном свете // Специальная техника. 2001. № 1. С. 11-20.
14. Лифантьев Г.Н. К вопросу развития теории теплового излучения // Вопросы истории естествознания и техники. М.: Наука, 1977. С. 56-67.
15. Прибор ночного наблюдения водителя ПНВ-10Т. Руководство по эксплуатации. М.: Техно-информ, 2000.
16. Рудаков Б.В. Основы средств наблюдения органов внутренних дел: учебное пособие. Челябинск, 2006.
17. Саликов В.Л. Приборы ночного видения: история поколений // Специальная техника. 2000. № 2. С. 40-48.
18. Саликов В.Л. Эпоха ночной войны // Специальная техника. 2000. № 5. С. 21-32.
19. Смелков В.М. Аналоговый метод автоматического режима работы охранной телевизионной камеры для наблюдения в условиях сложного освещения // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2002. № 1. С. 22-28, №2. С. 41-46.
20. Смелков В.М. Метод минимизации искажений телевизионной камеры при работе в условиях световой перегрузки // Специальная техника. 2001. № 5. С. 13-17.
21. Смелков В.М. Оценка времени восстановления телевизионной камеры на ПЗС-матрице после воздействия световой перегрузки // Специальная техника. 2004. № 1. С. 34-41.
22. Супердинамический Panasonic // Системы безопасности. 1998. № 19. С. 24-25.
23. Ушакова М.Б. Линейки и матрицы на основе InGaAs для области спектра 0,8-2,6 мкм и портативные ИК-камеры с их применением. Обзор зарубежной литературы за 1993 – 2000 гг. М., ОНТИ ГУП НПО «Орион», 2000. С. 54-66.

24. Электронно-оптический преобразователь нового поколения (ЭОП). 4-я Международная выставка «Наука. Научные приборы-2000», 16-20 октября 2000, Российская академия наук. Разработки Сибирского отделения: каталог. М., 2000. С. 25.
25. Aebi V.W., Costello K.A., Edgecumbe J.P. Gallium Arsenide Electron Bombarded CCD Technology // SPIE. 1998. Vol. 3434. P. 37-44.
26. AN/AVS-9 (F4949) Aviators Night Vision Imaging System: проспект фирмы ITT Defense and Electronics. США, 2001.
27. CMOS sensor for industrial video cameras // Laser Focus World. 2001. Vol. 37. No. 6. P. 243.
28. Estrera J.P., Sinor T.W., Passimoro K.T., Rector M. Development of Extended (1 – 1,3 mkm) Image Intensifiers // SPIE. 1995. Vol. 2551. P. 135-144.
29. Gen 3 Pinnacle Meets Gen 4 // Armada International. 2001. No. 2. P. 48.
30. Gourley S. See in the Night // Jane's Defense Weekly. 2001. Vol. 21. No. 3. P. 20-27.
31. Hercovitz D. A Sampling of Military Displays // Journal of Electronic Defense. 2001. Vol. 24. No. 1. P. 61-65.
32. Infrared Viewer Camera Find-R-Scope. Model No. 85400/85345: проспект фирмы FJS Optical Systems Inc. США, 1999.
33. ITT Boosts Night For U.S. Navy Aviators // Defense News. 2001. March 19. P. 21.
34. Step up to photon counting at 1700 nm...for the very first time!: реклама фирмы Hamamatsu // Laser Focus World. 2000. Vol. 36. No. 6. P. 39.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НАБЛЮДЕНИЯ	7
1.1. Просветление оптики	11
1.2. Бинокли	12
1.3. Перископы	16
1.4. Эндоскопы.....	17
1.4.1. Жесткие эндоскопы.....	18
1.4.2. Гибкие эндоскопы	19
1.4.3. Видеозэндоскопы.....	20
1.4.4. Осветители эндоскопов	22
1.4.5. Эндоскопические видеосистемы.....	22
1.4.6. Области применения эндоскопов.....	23
2. ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА НАБЛЮДЕНИЯ.....	25
2.1. Системы охранного телевидения.....	26
2.1.1. Системы телевизионного наблюдения в правоохранительной деятельности	26
2.1.2. Функциональные элементы систем охранного телевидения.....	30
2.1.3. Телевизионная камера	31
2.1.4. Фотоприемник.....	34
2.1.5. Высокочувствительные телевизионные системы	38
2.1.6. Объективы видеокамер	39
2.1.7. Устройство формирования и усиления видеосигнала	43
2.1.8. Канал передачи информации	44
2.2. Приборы ночного видения	44
2.2.1. Возникновение и развитие приборов ночного видения.....	45
2.2.2. «Стакан Холста»	50
2.2.3. Нулевое поколение.	51

2.2.4. Первое поколение.....	52
2.2.5. Многокаскадные ЭОП	53
2.2.6. Второе поколение	54
2.2.7. Третье и четвертое поколение	57
2.2.8. ЭОП II+ и SUPER II+	62
2.3. Основные типы современных ПНВ.....	65
2.3.1. Монокуляры	68
2.3.2. Очки ночного видения	68
2.3.3. Бинокли	69
2.3.4. Прицелы.....	70
2.3.5. ПНВ с документированием изображения	71
2.3.6. Тепловизионные приборы	72
2.3.7. Приборы с УФ и ИК фотокатодами	73
2.4. Основные технические характеристики ПНВ	74
2.5. Конструкция и работа ПНВ (на примере ПНВ-10Т)	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	84

Учебное издание

СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА
ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ
ОПЕРАТИВНОГО НАБЛЮДЕНИЯ
В БОРЬБЕ С ПРЕСТУПНОСТЬЮ

Учебное пособие
для студентов, обучающихся
по специальности
031001.65, 030505.65
«Правоохранительная деятельность»,
(специализации «Административная деятельность»,
«Административная деятельность
органов внутренних дел»)

Авторы-составители:
кандидат юридических наук, доцент *В.Ю. Алферов*;
доктор юридических наук, доцент *А.Е. Федюнин*;
кандидат юридических наук *Н.М. Перетяцько*

Редактор Т.П. Козлова
Компьютерная верстка выполнена А.А. Углановым
Подписано в печать 20.12. 2012г. Формат 60×84 1/16.
Бумага типогр. № 1. Печать RISO.
Уч.-изд.л. 5,5 . Усл.печ.л. 5,5 .
Тираж экз. Заказ .
410003, г. Саратов, ул. Радищева, 89. СГСЭУ.