



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

**Кафедра «Информационно-измерительная техника
и технологии»**

**К. Л. Тявловский
А. К. Тявловский
Р. И. Воробей**

**КАНАЛЫ СВЯЗИ
СИСТЕМ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**

Методическое пособие



**Минск
БНТУ
2013**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Информационно-измерительная техника
и технологии»

К. Л. Тявловский

А. К. Тявловский

Р. И. Воробей

КАНАЛЫ СВЯЗИ СИСТЕМ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Методическое пособие

для студентов специальности

1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»

Минск
БНТУ
2013

УДК 621.397 (075.8)

ББК 32.94я7

Т99

Рецензенты :

В. Т. Минченя, В. С. Колбун

Тявловский, К. Л.

Т99

Каналы связи систем охранного телевидения : методическое пособие для студентов специальности 1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности» / К. Л. Тявловский, А. К. Тявловский, Р. И. Воробей. – Минск : БНТУ, 2013. – 53 с.

ISBN 978-985-550-072-9.

В издании изложены основные свойства сигналов систем охранного телевидения и их каналов связи, способы передачи видеосигнала. Приводятся характеристики каналов связи и требования к их использованию в системах охранного телевидения.

Пособие содержит практические задания по оценке параметров каналов связи с примерами решений. Может быть использовано при самостоятельной работе, а также при выполнении курсовых и дипломного проектов.

УДК 621.397 (075.8)

ББК 32.94я7

ISBN 978-985-550-072-9

© Тявловский К. Л., Тявловский А. К.,
Воробей Р. И., 2013

© Белорусский национальный
технический университет, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Системы телевизионного охранного телевидения (СТВН или *CCTV* – англ.) являются надежным средством обеспечения безопасности людей и объектов охраны. В силу возможности регистрации и анализа не только события преступления или чрезвычайного происшествия, но также событий до и после него, применение СТВН способствует раскрытию преступлений или расследованию причин чрезвычайных происшествий, и, в ряде случаев и их предупреждению. Систему охранного телевидения (СОТ) можно рассматривать как эффективный способ раннего выявления угроз при помощи обнаружения людей, объектов, их перемещений в поле зрения камер наблюдения. Это и приближения к особо ценным предметам или их перемещение (хищение ценностей) и нарушения ограждений защищаемых территорий, несанкционированное движение и агрессивное или вызывающее подозрение поведение, нанесение ущерба и повреждений.

СОТ является сложной многокомпонентной системой, одной из важнейших подсистем которой является совокупность каналов связи (КС) для передачи видеосигналов, сигналов управления, синхронизации, служебной информации.

В пособии рассматриваются некоторые вопросы выбора каналов связи для систем охранного телевидения и приводятся основы оценки параметров видеосигналов и каналов связи.

Настоящее пособие является учебным и распространяется на телевизионные системы охранного телевидения, устанавливаемые на объектах различных форм собственности, охраняемых или подлежащих передаче под охрану подразделениям объединения «Охрана» при МВД Республики Беларусь на территории Республики Беларусь и используемых работниками этих подразделений для выполнения задач по охране объектов.

1 ВИДЕОСИГНАЛ. ТРЕБУЕМЫЕ ОБЪЕМЫ И СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ

Главная задача телевизионной системы (ТВСН) – это дистанционное формирование видеосигнала и видео-изображения контролируемых зон, пригодное для дальнейшей обработки и анализа. Обобщенная структурная схема ТВСН [1, 2] включает устройства формирования видеосигнала, каналы связи с передатчиками и приемниками видеосигнала, устройства отображения, анализа, регистрации видеосигналов и управления телевизионной системой, устройства приема/передачи телеметрической информации. Так как ТВСН является распределенной информационной системой, то неотъемлемой частью телевизионной системы наблюдения являются каналы связи, обеспечивающие передачу видеосигналов, сигналов управления, служебной информации. Причем, из-за последовательного характера передачи и обработки информации для такой системы характерна проблема «узкого места», когда параметры всей системы в целом не могут быть лучше параметров узла с наиболее худшими характеристиками. Таким образом, характеристики всей системы охранного телевидения определяются и каналами связи, обеспечивающими передачу сигналов от телевизионных видеокамер, связь с видеорегистраторами и т. д.

При этом задача организации передачи и записи видеосигнала должна решаться при ряде ограничений: лимитированные ресурсы каналов связи и памяти видеорегистраторов при необходимости обеспечения достаточного качества изображений, восстановленных из видеосигнала после процедур его передачи, обработки и хранения.

Наиболее обобщенной характеристикой и сигнала и канала связи является объем сигнала/канала связи. Он равен произведению частотной полосы, времени существования и динамического диапазона сигнала/канала связи. Причем для неискаженной передачи сигнала без потерь качества необходимо выполнение основного условия согласования – объем канала связи должен превышать объем сигнала:

$$V_k \geq V_c. \quad (1.1)$$

Состав и свойства системы передачи видеосигналов определяется, прежде всего, типом канала связи и необходимостью использования приемопередатчиков. Видеосигнал может передаваться по проводным или беспроводным каналам связи. К проводным каналам связи СОР относят:

- коаксиальный кабель;
- оптоволоконные линии связи;
- витые пары;
- проводные телефонные линии;
- линии связи компьютерных сетей.

К беспроводным каналам связи относят:

- специализированные радиоканалы;
- каналы радиотелефонии;
- каналы связи беспроводных компьютерных сетей.

1.1 Информационная емкость канала связи

Любая физическая среда канала связи характеризуется фундаментальными ограничениями по максимальной скорости передачи информации. Максимальную скорость передачи принято характеризовать **пределом Шеннона** или **соотношением Найквиста** [3]. Предел Шеннона определяет информационную емкость или пропускную способность канала связи в случае его поражения белым (гауссовым) шумом:

$$C = \Delta F \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right), \quad (\text{бит/сек}), \quad (1.2)$$

где ΔF – передаваемая полоса частот;

S – средняя мощность сигнала;

N – средняя мощность шума.

Аналогичным пределу Шеннона является **соотношение Найквиста**, которое также определяет пропускную способность канала, но без учета шумов:

$$C = \Delta F \cdot \log_2 M, \quad (1.3)$$

где M – количество различных состояний информационного параметра.

В соотношении Найквиста (1.3) в явном виде не присутствуют мощности сигнала и шума, но они определяют максимально достижимую величину различных состояний при аналого-цифровом преобразовании. И предел Шеннона, и соотношение Найквиста приводят к одному результату, но при характеристике аналоговых каналов связи используют предел Шеннона, а для описания цифровых – удобно использовать соотношение Найквиста.

Влияние мощностей сигнала и шума на пропускную способность канала связи определяется логарифмической зависимостью. Так, при исходном отношении сигнал/шум = 100 (типичный случай) повышение мощности передатчика в 2 раза даст только около 15 % увеличения пропускной способности канала связи. Таким образом, при создании новых каналов связи для достижения высокой пропускной способности выгоднее расширять частотный диапазон канала связи. Однако в существующих каналах, т. е. без возможности расширения полосы частот, скорость передачи можно увеличить, только увеличив число различных состояний M .

При передаче по цифровому каналу связи аналогового сообщения цифровой канал связи практически не вносит искажений в передаваемое сообщение. Искажения аналогового сообщения возникают при преобразовании аналогового сообщения в цифровое в процессе дискретизации во времени (формировании выборок сообщения) и квантовании (оцифровке выборок по амплитуде).

Среднеквадратические ошибки дискретизации и квантования независимы и результирующая величина искажения аналогового сообщения при преобразовании его в цифровое:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\text{д}}^2 + \varepsilon_{\text{кв}}^2} \quad (1.4)$$

Если аналоговый сигнал существует в диапазоне $\pm U_c$, то при M возможных различных состояниях при шаге квантования ΔU :

$$U_c = M \cdot \Delta U / 2 \quad (1.5)$$

Максимальная ошибка квантования не превышает величины $\Delta U/2$, а среднеквадратическое значение шумов квантования

$\sigma = \Delta U / 2\sqrt{3}$. Отсюда, при условии, что все уровни квантования равновероятны:

$$\varepsilon_{Кв} = \frac{\sigma_{Кв}}{U_c} = \frac{\Delta U / 2\sqrt{3}}{M \Delta U / 2} = \frac{1}{M\sqrt{3}}. \quad (1.6)$$

При использовании в аналого-цифровых преобразователях двоичного кода с числом разрядов k количество различных состояний информационного параметра $M = 2^k$.

Согласно **теореме Котельникова (Найквиста)** любое аналоговое сообщение с ограниченным частотным спектром может быть полностью восстановлено только по его дискретным отсчетам, если эти отсчеты взяты с частотой дискретизации F_d не менее чем в два раза, превышающей верхнюю частоту F_B в спектре сообщения.

Однако из-за конечной крутизны спада АЧХ реальных устройств в полосу частот дискретизированного сигнала попадают компоненты с частотой более F_B , создавая помеху дискретизации. Для различных конкретных применений частоты дискретизации выбираются экспериментально методами экспертной оценки приемлемого качества восстановленных сообщений. Для различных типов сигналов и применений требуемая частота дискретизации выбирается с коэффициентом надежности в диапазоне от 1,15 до 1,3.

1.2 Информационный объем видеосигнала

Знание величины информационного объема видеосигнала необходимо как при выборе типа канала связи для реализации основного условия согласования (1.1), так и при оценке требуемого объема памяти, используемой для записи видеосигналов от части телевизионных камер.

Оценим информационный объем видеосигнала от одной телекамеры. Количество элементов стандартной матрицы телекамеры составляет 752×582 элементов формирования видеосигнала. Уровень сигнала от каждого элемента может быть представлен 8 битами (256 градаций серого). Таким образом, для представления одного кадра черно-белого изображения требуется 437 664 байт (для цветного – в три раза больше). Для определения информационного объема монохромного видеосигнала от одной телекамеры в течение суток в

реальном времени значение 437 664 байт необходимо умножить на 25 (кадров в секунду), на 60 (секунд в минуте), на 60 (минут в часе) и на 24 (часа в сутках). То есть получим 2 160 000 кадров в сутки. С учетом необходимости передачи в каждом кадре и служебной информации, а также необходимости передачи звукового сопровождения формируемый объем сигнала для монохромного изображения составляет 100...128 Мбит/с. Поэтому для передачи монохромного видеосигнала только от одной телекамеры потребуется около одного терабайта трафика канала связи за одни сутки. Для записи такого видеосигнала потребуется и соответствующее пространство на винчестере. Реальные системы могут иметь десятки и сотни телекамер, большая часть из которых является цветными (объем видеосигнала в три раза больше), а часть камерами высокого разрешения. При объемах видеосигнала реальной СОТ достижение требуемого трафика каналов связи и скорости передачи представляет весьма сложную задачу, решение которой если и возможно технически, то нецелесообразно экономически.

При другом подходе, полный видеосигнал с учетом конечной крутизны ската АЧХ занимает полосу до 8 МГц, отсюда для качественной передачи изображения и звукового сопровождения в соответствии с теоремой Найквиста-Котельникова требуется частота квантования 16 МГц. Качество датчиков преобразования изображения в видеосигнал обеспечивает применение 8 бит кода для представления освещенности одного пикселя для одного из цветов R , G , B . При передаче монохромного изображения формируется информационный объем сигнала $16 \times 8 \text{ Мб/с} = 128 \text{ Мб/с}$, а для цветного изображения объем сигнала в 3 раза больше – 384 Мб/с.

Формируемые информационные объемы видеосигнала, не подвергшегося предварительной обработке, делают нереальным передачу видеосигнала СОТ, содержащих большое число телекамер по линиям связи. Поэтому на практике видеосигнал в системах телевизионного наблюдения подвергается сжатию. Уменьшение требуемого информационного объема канала связи и в дальнейшем объема памяти для хранения видеосигнала может быть достигнуто за счет устранения избыточности информации в видеосигнале, снижения качества изображения и уменьшения разрешения. Практически это достигается двумя основными способами:

- сжатием файлов;
- прореживанием кадров (то есть записью не каждого кадра подряд, а с временными паузами между кадрами).

Очевидно, что любое решение приведет к тем или иным потерям в записанном видеоизображении. Так, сжатие файлов позволяет уменьшить объем исходной видеоинформации но, при сильной степени сжатия, снижает качество изображения. При прореживании кадров теряется часть информации в промежутках.

1.2.1 Алгоритмы сжатия видеосигналов

Видеоизображение часто имеет одинаковые участки, т. е. одинаковые по яркости и цветовому тону. Соответственно, и отсчеты видеосигнала в этих участках будут одинаковыми. Реально термин «одинаковые» не является строгим. Имеется в виду равенство отсчетов в пределах выбранного уровня квантования. Для таких участков изображения достаточно не запоминать все значения (равные), а запомнить лишь само значение, а также количество и положение этих отсчетов (одинаковых) на соответствующем участке изображения. Сказанное относится к одному кадру. При формировании статичного изображения и соседние кадры слабо отличаются друг от друга. Например, при съемке неподвижного, статического изображения соседние кадры будут неизменными, если не меняются условия освещенности (или меняются очень медленно). В таком случае, что часто реализуется в СОТ при наблюдении зон с малым числом посетителей, имеет смысл запоминать только один кадр и общее количество таких кадров. Но и при съемке изменяющихся изображений все равно часть кадра остается той же самой. Поэтому можно фиксировать только изменения в видеоизображении, а статическую часть кадра запоминать только один раз. К примеру, при движении человека через контролируемую зону фиксировать только изменяющееся изображение человека (на фоне неизменного окружающего фона). Но в случае использования телекамеры, изменяющей свое положение в процессе работы (поворотная камера) или изменения фокусного расстояния объектива, каждый кадр будет отличаться от предыдущего.

В любом случае видеосигнал оказывается коррелированным; в зависимости от характера изображения меняется только степень корреляции отсчетов. Используя принципы обработки коррелированных сигналов [3] можно существенно (на один–два порядка) уменьшить объем файлов, содержащих видеоизображения (рисунки 1.1, 1.2). При разработке алгоритмов и устройств сжатия учитываются также требования к равномерной загрузке вычислительных устройств и скорости передачи информации.

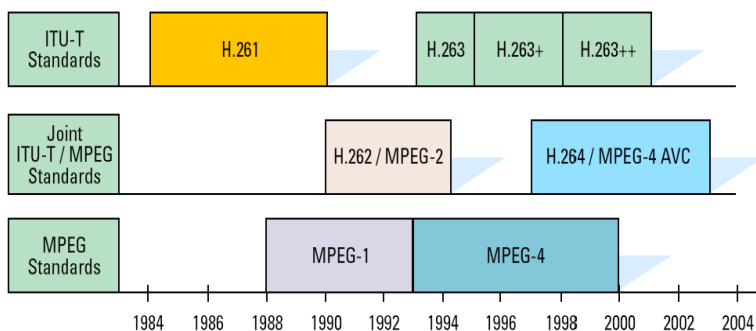


Рисунок 1.1 – Развитие стандартов сжатия видеосигнала

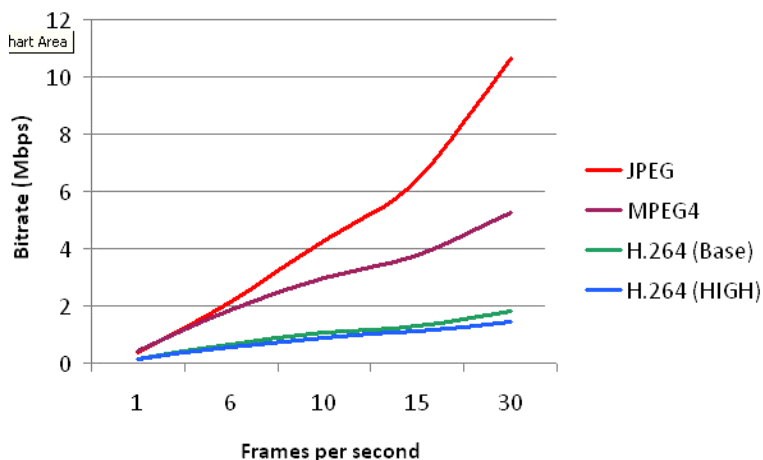


Рисунок 1.2 – Эффективность стандартов сжатия видеосигнала

Используемые в настоящее время методы сжатия *JPEG*, *MJPEG*, *MPEG*, *Wavelet*, и другие позволяют в реальном масштабе времени практически без видимого ухудшения качества изображения сжимать поток видеоданных более чем в 10 раз. А с некоторым ухудшением – до 100 раз, то есть от исходного значения 0,5 МБ...5 МБ (для камер высокого разрешения) до единиц кбайт.

Характеристика методов сжатия видеосигналов

В реальных системах телевизионного наблюдения формируемый видеосигнал перед передачей или записью всегда подвергается сжатию по одному из стандартных методов. При этом, название стандарта часто относится только к названию контейнера и не оговаривает полный перечень правил по которым формируется сжатый сигнал. То есть, различная аппаратура, работающая по одному и тому же методу сжатия, может формировать сигнал в «контейнере» на основе разного набора кодеков. Это приводит к тому, что сигнал, сжатый в формате, например, MPEG-4 сформированный оборудованием одного производителя может быть не прочитан оборудованием, поддерживающим также стандарт MPEG-4, но другого производителя.

Необходимо также помнить, что, в отличие от сигнала монохромного изображения, видеосигнал цветного изображения всегда интерполирован. Информация о цвете каждого пикселя фоточувствительной матрицы формируется на основе анализа цвета и соседних пикселей.

Основные форматы сжатия:

JPEG – метод предназначен для сжатия одиночных неподвижных изображений (фотографических). Основная идея состоит в группировке в блоки 8×8 отдельных элементов изображения. Затем каждый блок обрабатывается с использованием цифрового косинусного преобразования.

MJPEG – метод ориентирован на обработку изображений движущихся объектов. Для обработки кадров изображения используется метод JPEG. При этом каждый кадр обрабатывается независимо.

Качество изображения достигается достаточно хорошее, но при сравнительно большом размере файлов.

H-261, H-263, H-264, H-321 – в основе методов лежат требования Международного союза телекоммуникаций *ITU*, и они обеспечивают достаточно высокую скорость передачи (рисунок 1.3). Но при низком разрешении – до 352×288 (за исключением новых версий стандартов *H-264, H-321*).

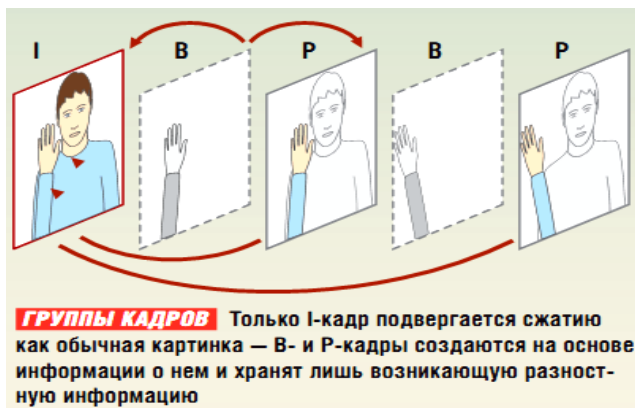


Рисунок 1.3 – Формирование кадров различных типов в методе сжатия *H. 264*

MPEG – при обработке изображений используется информация о различиях между кадрами видеоизображения. Запоминается и обрабатывается (сжимается) лишь часть кадров, через определенный промежуток времени. В промежутке запоминаются различия между этими кадрами и соседними.

MJPEG – есть несколько вариантов стандарта.

MJPEG-1 разрабатывался с учетом качества специализированных видеоманитонов (25 кадров в секунду с разрешением 352×288) и ограниченной скорости передачи данных (около 3 Мбит/с). Позволяет передавать и звук.

MJPEG-2 обеспечивает значительно более высокое разрешение и скорости передачи: от 352×288 до 1440×1440 до со скоростью до 60 Мбит/с (при 25 кадрах в секунду).

MPEG-4 ориентирован на использование в различных прикладных областях, связанных с видеоизображениями. Использует мень-

шую полосу пропускания. Имеет дополнительные функции по сравнению с предыдущими, например возможность соединять изображения с графикой и текстом. Версия 3 использует алгоритмы методов *MJPEG* и *H-26L*. Метод удобен для беспроводных применений.

MPEG-7 предназначен для мультимедийных приложений и не используется в системах охранного телевидения.

Wavelet – не основан на требованиях какой-либо группы стандартов. Но, тем не менее, широко применяется различными производителями.

1.2.2 *Оценка объема видеосигнала при сжатии*

Практически при формировании видеосигнала степень его сжатия выбирается исходя из компромиссных требований к качеству изображения и объёму сигнала. При этом, оптимальный объем файлов будет существенно зависеть от характера изображения и интенсивности изменений в видеоизображении от кадра к кадру. В свою очередь, требуемый для записи объем памяти будет зависеть от объема файлов для каждого кадра изображения. Поэтому надо оценить, во-первых, интенсивность возможных изменений в изображении для каждой камеры (группы камер) и, во-вторых, возможность перемещения самой телекамеры. Например, изображение от камеры, установленной на движущейся автомашине, будет постоянно изменяться.

Таким образом, необходимо учитывать:

- для телекамер – статическая или поворотная телекамера.
В свою очередь, для поворотной телекамеры характер движения – в постоянном режиме или периодический;
- для объекта – наличие и интенсивность движения в контролируемой зоне.

Ориентировочный объем файлов при записи с разным разрешением для стандартных телекамер может быть оценен по данным таблицы 1.1. При отсутствии движения объекта или камеры объем записываемых кадров уменьшается приблизительно в 1,5–2 раза, а

при активном движении увеличивается приблизительно во столько же раз.

Отметим, что субъективность в подходе к требуемому качеству изображения для различных задач СОТ приводит к различным значениям требуемого объема кадра, приводимым в различных источниках.

Таблица 1.1 – Объем кадра для разных методов сжатия

Метод сжатия	Объем кадра кбайт , при разрешении		
	352×288	704×288	704×576
<i>Wavelet</i>	30	–	–
<i>MJPEG</i>	25	–	–
<i>ML-JPEG</i>	8	16	–
<i>MPEG2</i>	6	12	24
<i>MPEG4</i>	3	6	18

В таблице 1.2 приведена связь объема видеосигнала с разрешением телекамеры, включая камеры высокого разрешения, для стандарта сжатия *H-264*. Для протокола сжатия *MJPEG* требуемый трафик для передачи видеосигнала увеличивается примерно в 2 раза.

Таблица 1.2 – Связь параметров ПЗС-матрицы с требуемым трафиком для передачи видеопотока при протоколе сжатия *H-264*

Объем кадра, Мп	Пиксели	Формат	Трафик, Мб/с
2,1	1920×1080	16:9	6,0
1,9	1600×1200	4:3	4,0
1,3	1280×1024	5:4	3,3
1,2	1280×960	4:3	3,0
0,9	1280×720	16:9	2,9
0,5	800×600	4:3	2,0
0,3	640×480	4:3	1,5
0,1	320×240	4:3	0,5

Также необходимо обратить внимание на то, что изображение с одной степенью сжатия для разных форматов будет иметь и разное качество, также определяемое субъективно – по экспертным оценкам. Формат определяет не только максимально достижимую степень сжатия, но и качество при одной той же степени сжатия, и удобство редактирования. Последнее для СОР не важно, но косвенно определяет возможность просмотра стоп-кадров и их качество.

1.2.3 Информационный объем видеосигнала и разрешающая способность изображения

На разрешающую способность системы телевизионного наблюдения (число телевизионных линий ТВЛ по горизонтали) оказывает влияние ширина полосы пропускания его видеотракта (чем уже полоса, тем хуже отображаются мелкие детали). Меньшая разрешающая способность цветных телевизионных изображений (по сравнению с черно-белыми) обусловлена необходимостью вырезать достаточно высокочастотную часть спектра видеосигнала (осуществлять так называемую режекцию поднесущих) с целью предотвращения появления на изображении искажений в виде муара.

Таким образом, разрешающую способность телевизионного изображения можно оценивать не только числом различимых линий ТВЛ, а частотной полосой пропускания канала связи в МГц. Для перехода от одной единицы измерения к другой можно пользоваться формулой

$$R_f = N / 80, \quad (1.7)$$

где N – разрешающая способность, измеряемая числом линий;

R_f – разрешающая способность, измеряемая в МГц (частотная ширина полосы пропускания видеотракта).

Например, разрешающая способность 12,5 МГц соответствует разрешению 1000 линий по горизонтали.

Коэффициент 80 получен из характеристик стандартного телевизионного сигнала [2]. Период строчных импульсов равен 64 мкс, длительность строчного гасящего импульса равна 12 мкс. Отсюда длительность активной части строки равна $(64 - 12) = 52$ мкс. Таким образом, если за время прямого хода строчной развертки отображается суммарное число k черных и белых вертикальных штрихов, то

это соответствует $k/2$ периодам электрических колебаний. Таким образом, один период колебаний равен

$$T = \frac{52}{(k/2)} = \frac{104}{k} [\text{мкс}],$$

а частота колебаний

$$f = \frac{k}{104} [\text{МГц}].$$

С учетом формата кадра $4/3$ разрешающая способность по горизонтали $N = 3/4 k$. Отсюда разрешающая способность

$$N = \frac{3}{4} k = \frac{3}{4} \times 104 \times f = 78 \times f [\text{ТВЛ}].$$

Однако при таком подходе учитывается лишь первая гармоника колебаний, соответствующих изображению черных и белых полос. Некоторые методики используют оценку разрешающей способности по предельному уменьшению амплитуды первой гармоники до значения, например, 30 % от амплитуды, соответствующей средним значениям разрешающей способности N . Таким образом, если идеальным сигналом на выходе видеокамеры от миры, состоящей из вертикальных штрихов (рисунок 1.4, *а*), являются прямоугольные импульсы скважности 2 (меандр, рисунок 1.4, *б*), то при замене такого сигнала на синусоиду (рисунок 1.4, *в*) черные полосы на экране видеомонитора будут иметь яркостную модуляцию (в середине темнее, по краям светлее, а переходы от черного к белому будут плавными) – рисунок 1.4, *г*.

Для граничной частоты полосы пропускания, соответствующей разрешающей способности, замена меандра на синусоиду человеческим глазом будет слабо заметна. Однако при высоких требованиях к качеству изображения, чтобы исключить искажения и иметь возможность передавать необходимый для получения качественного изображения сигнал, близкий по форме к меандру, требуется передавать хотя бы три первых гармоники основного колебания. Поскольку бесконечный спектр меандра состоит лишь из нечетных гармоник, убывающих по амплитуде, то для передачи его без искажений требуется обеспечить прохождение в полосе пропускания по

крайней мере третьей (пятой) гармоник. Иначе говоря, при частотной полосе пропускания канала связи 5 МГц можно рассчитывать на близкую к идеальной передачу изображения прямоугольных импульсов с частотой следования 1 МГц, соответствующих такой разрешающей способности, которая не превышает $N = 78$ ТВЛ. Отсюда становится понятным применение в СОТ с высокими требованиями к качеству изображения каналов связи и видеоусилителей с казалось бы, завышенными параметрами по полосе пропускания.

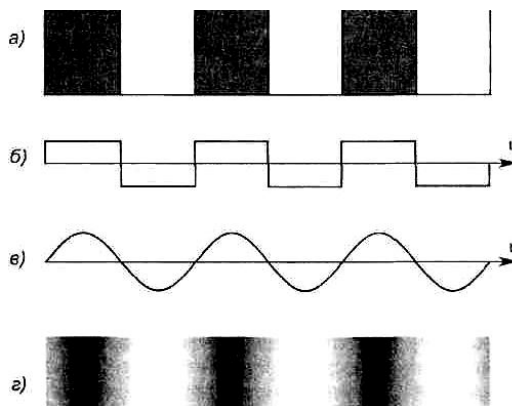


Рисунок 1.4 – Влияние полосы пропускания канала связи на качество передачи видеосигнала

Дополнительно необходимо учитывать, что большинство цветных охранных видеосистем, эксплуатирующихся в России и РБ, работает в системе PAL, поэтому для цветных видеокамер обязательным условием является передача спектра видеосигналов вблизи поднесущей цветности PAL (4,43 МГц).

2 КАНАЛЫ СВЯЗИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОСИГНАЛА

При создании ТВСН требуется и установление соединительных каналов связи между отдельными элементами системы. Для передачи сигналов могут использоваться электромагнитные колебания в широком частотном диапазоне (рисунок 2.1) различной физической природы. Видеосигнал может передаваться по проводным или беспроводным линиям связи. В настоящее время в охранных системах наиболее распространены следующие способы передачи.

1. Низкочастотная передача по коаксиальному кабелю.
2. Низкочастотная передача по симметричной витой паре.
3. Низкочастотная цифровая передача по телефонным линиям связи.
4. Передача по оптоволоконным линиям.
5. Передача по стандартным компьютерным интерфейсам, с использованием компьютерных сетей.
6. Высокочастотная передача по радиоканалу.

При выборе канала связи для передачи видеосигнала необходимо учитывать следующие основные характеристики:

- тип канала связи (коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконно, радиоканал и т. д.);
- требуемая дальность передачи видеосигнала;
- помехоустойчивость;
- скорость передачи видеосигнала.

В каждом конкретном случае может использоваться тот или иной способ передачи, в зависимости от решаемой задачи и ограничений. При этом, даже в пределах одной ТВСН могут использоваться различные линии связи.

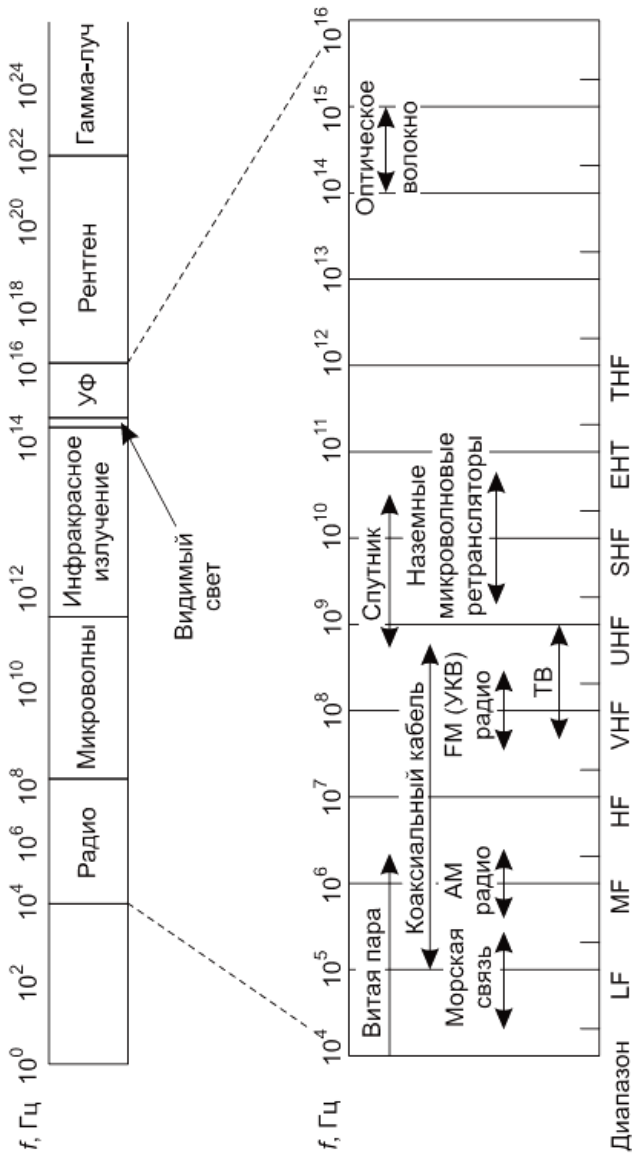


Рисунок 2.1 – Распределение частотного диапазона для передачи информации в каналах связи

2.1 Низкочастотная передача по коаксиальному кабелю

2.1.1 Передача видеосигнала по коаксиальному кабелю

Этот способ передачи видеосигнала наиболее распространен в реальных охранных системах и использует стандартный коаксиальный кабель (рисунок 2.2), обычно с волновым сопротивлением 75 Ом.

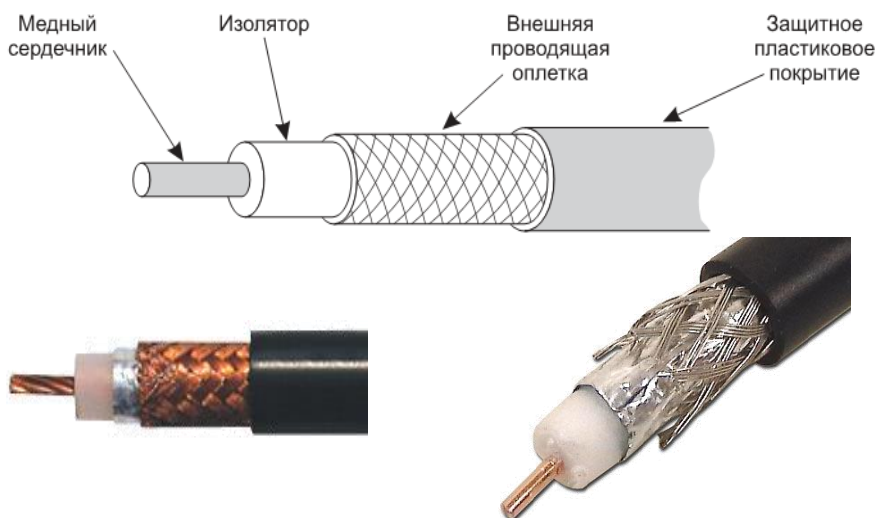


Рисунок 2.2 – Конструкция коаксиального кабеля

Затухание кабеля зависит от частоты сигнала и определяется поперечным сечением кабеля и свойствами применяемого в нем диэлектрика. Поскольку в промышленных кабелях применяется диэлектрик вполне определенного типа, то затухание зависит в основном именно от поперечного сечения. Например:

- при наружном диаметре кабеля 6 мм и частоте сигнала 5 МГц затухание составляет 2,6 дБ на каждые 100 метров (5 МГц – ширина спектра видеосигнала стандарта PAL);
- при наружном диаметре кабеля 9 мм и частоте сигнала 5 МГц затухание составляет 1,4 дБ на каждые 100 метров;

- при наружном диаметре кабеля 11 мм (кабель RG-11) затухание составляет 1,3 дБ/100 м.

На рисунке 2.3 приведена ориентировочная зависимость затухания коаксиального кабеля в зависимости от его диаметра для двух частот. Точные значения затухания приводятся в паспортных данных обычно в табличном виде и зависят также от материала изолятора между центральным проводником и внешней оплеткой, и в меньшей степени – от материала проводников.

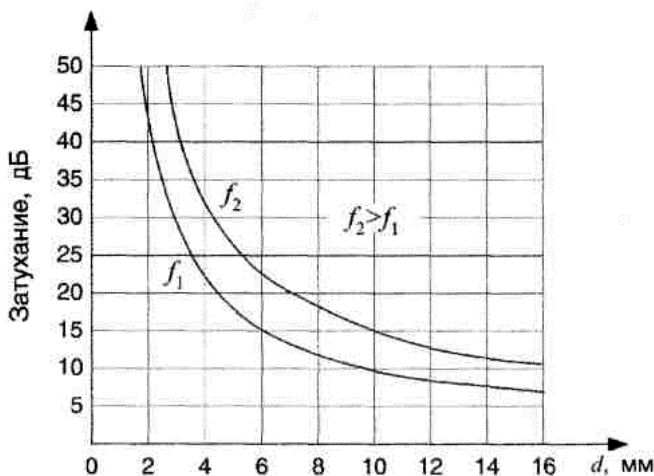


Рисунок 2.3 – Зависимость затухания от диаметра кабеля

Как видно, чем толще кабель, тем меньше в нем затухание. При необходимости вести общее видеонаблюдение [4] допустимое общее затухание сигнала составляет 6 дБ при 5 МГц, а для обеспечения передачи более мелких деталей (например, надо рассматривать лица людей или номера машин) – 3 дБ при 5 МГц. Исходя из этих цифр, можно определить максимальные расстояния для приведенных в нашем примере кабелей:

- кабель 6 мм – максимальные расстояния 230 и 115 метров,
- кабель 9 мм – максимальные расстояния 428 и 214 метров.

В том случае, если необходимо передавать сигнал на большее расстояние, чем это позволяет затухание кабеля, применяются специальные дополнительные устройства (усилители- корректоры, ретрансляторы), которые позволяют существенно увеличить максимальное расстояние передачи. Основными техническими характеристиками усилителя корректора являются следующие величины:

- коэффициент компенсации усилителя в децибелах;
- напряжение питания;
- вид исполнения: уличное или внутреннее;
- тип коннекторов.

Для определения новой максимальной дальности передачи можно воспользоваться следующей формулой:

$$L_{\max} = K \cdot 100/V, \quad (2.1)$$

где L_{\max} - максимальная длина линии передачи в метрах;

K – коэффициент компенсации усилителя в децибелах;

V – Затухание кабеля в децибелах на 100 метров при 5 МГц.

Однако безгранично увеличивать дальность связи, применяя ретрансляторы невозможно. Каждый из усилителей вносит в сигнал собственные шумы и искажения. С использованием усилителей-корректоров можно передавать сигналы на расстояние примерно до 1000 метров (рисунок 2.4).

Коаксиальный кабель, передача видеосигнала по которому была рассмотрена выше, является несимметричной линией, поскольку в нем из потенциала сигнала в каждый момент времени вычитается потенциал «земли», давая результирующее напряжение (сифазный сигнал). Когда на кабель наводится шум, он одновременно наводится на оба провода, увеличивая общую шумовую составляющую в видеосигнале. С другой стороны, внешняя оплетка кабеля является электростатическим экраном и ослабляет влияние помехи на центральный проводник (рисунок 2.5).



Камера со встроенным передатчиком

До 230 м

Камера и пассивный передатчик

До 915 м

Камера и активный передатчик

Рисунок 2.4 – Передача видеосигнала с использованием различных аппаратных средств

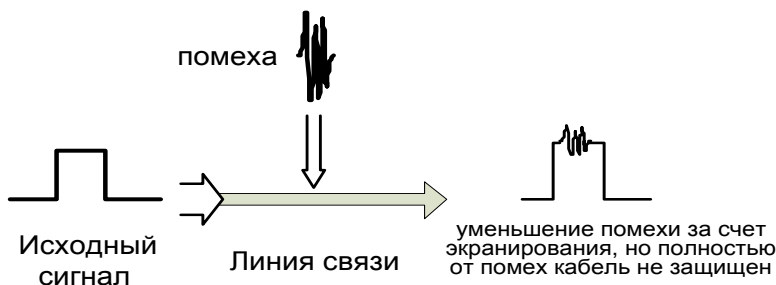


Рисунок 2.5 – Влияние помехи на коаксиальный кабель

Существует ещё один источник помех при передаче синфазного сигнала, в том числе, по коаксиальному кабелю. Если концы оплетки коаксиального кабеля находятся под разным потенциалом, то по оплетке протекает ток, создавая на ней изменяющееся с расстоянием падение напряжения. Это напряжение суммируется с сигналом. Для качества передачи представляет опасность изменения этого тока с частотами, попадающими в спектр видеосигнала. Однако давно известен достаточно простой способ понижения шумов – использование симметричной линии связи.

При использовании коаксиального кабеля необходимо обращать внимание на минимально допустимый радиус изгиба кабеля при монтаже. Во-первых, существует опасность прорезания достаточно мягкого изолятора тонким внутренним проводником и замыкания его на оплетку, во вторых – при неполном продавливании изолятора центральным проводником в этом месте возникает локальное изменение волнового сопротивления, что приводит к частичным отражениям сигнала от неоднородностей волнового сопротивления.

2.1.2 *Использование кабеля телевизионного вещания*

В жилых домах и коттеджах, оснащенных системой кабельного телевидения, можно использовать фидер антенны коллективного пользования с тем, чтобы замешать в него сигнал видеокамеры с транспонированным спектром (чаще всего в диапазон ДМВ). Такие устройства экономически эффективны, например, с помощью одного модулятора и одной видеокамеры можно обеспечить видеона-

блюдением обстановки перед входной дверью всех жильцов подъезда жилого дома.

При выборе типа радиомодулятора следует обращать внимание на следующие факторы:

- уровень побочных продуктов частотного преобразования (большой уровень будет мешать нормальному просмотру телевизионных передач);
- стабильность несущей частоты (в противном случае пользователю придется периодически осуществлять подстройку частоты);
- уровень шумов.

Для исключения конфликта радиомодулятора с антенным усилителем системы коллективного пользования может использоваться ответвитель с частотным разделением (сплиттер).

2.2 Низкочастотная передача по симметричной линии. Витые пары

Простой способ понижения шумов – использование симметричной линии. Витые пары (рисунок 2.6) – один из наиболее популярных типов проводных линий связи. Это обусловлено их малой стоимостью, широкой распространенностью, а также достаточной помехоустойчивостью для передачи сигналов на расстояния от десятков и сотен до нескольких тысяч метров. Удобно также и то, что для передачи ТВ-сигналов могут использоваться линии связи, уже проведенные на территории объекта. Например, можно использовать кабели, которые изначально планировались для телефонии и локальной вычислительной сети. Это позволяет заметно уменьшить и стоимость монтажных работ, и сроки выполнения монтажа по сравнению, к примеру, с использованием коаксиального кабеля.

Многие производители оборудования оснащают свои телекамеры соответствующими интерфейсами. Например, стационарные камеры *Ademco Video* или поворотные камеры *Orbiter (VCL)* и *KD6 (Ultrak)* могут передавать сигнал, как по коаксиальному кабелю, так и по витой паре. Но, в то же время, большое число типов телекамер оснащено либо только коаксиальными разъемами, либо только разъемами под витую пару.

Определенное взаимное расположение проводников в витой паре позволяет уменьшить паразитные параметры линии связи, а дифференциальная обработка симметричного сигнала – в значительной степени скомпенсировать помехи, наведенные на проводах пары.

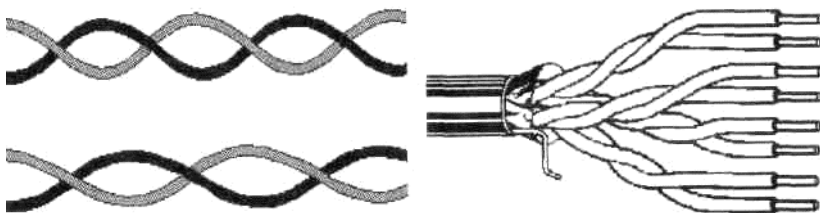


Рисунок 2.6 – Кабель с витыми парами

Витые пары типа *UTP* (*unshielded twisted pair* – неэкранированная витая пара) выпускаются различных категорий, например, категории 3, категории 5 или 7. Конструктивно они отличаются шагом свивки проводников в паре. Это приводит к различиям в значениях коэффициента подавления синфазной помехи и частоте полосы пропускания. Так кабель *UTP* категории 3 имеет полосу пропускания 16 МГц, категории 5 – 100 МГц, категории 7 – 600 МГц. Один кабель содержит несколько витых пар, и может быть снабжен упрочняющим стальным тросиком (рисунок 2.7).

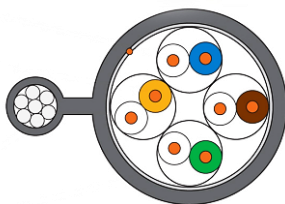


Рисунок 2.7 – Конструкция кабеля с четырьмя витыми парами и упрочняющим тросиком

Принцип работы симметричной линии (с использованием витой пары) состоит в том, что видеосигнал на входе делится на две части, которые с фазовым сдвигом 180° передаются каждая по своему

проводу (рисунок 2.8). На эту линию, наводятся помехи, однако на обеих линиях пары они имеют одинаковую фазу и амплитуду. При установке на выходе линии вычитающего усилителя получим сложение полезного сигнала и вычитание шумов друг из друга.

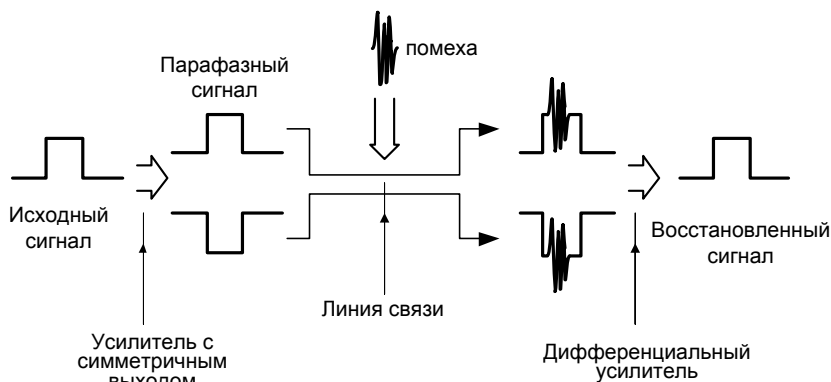


Рисунок 2.8 – Передача сигнала по витой паре

Таким образом, существенно увеличивается соотношение сигнал/ шум в видеосигнале. При использовании витой пары видеосигнал можно передавать на расстояния до 3 километров (кабель категории 5) без существенного его искажения.

К недостаткам подобного способа передачи можно отнести лишь необходимость применения аппаратных адаптеров формирования парафазного сигнала и дифференциального приемника, что несколько увеличивает общую стоимость системы.

2.3 Низкочастотная цифровая передача по телефонным линиям

Идея передачи видеосигнала по узкополосным общественным линиям связи была высказана давно, однако практическая ее реализация в охранных системах применяется примерно с 1990 г., поскольку только относительно недавно были достигнуты достаточно высокие скорости передачи данных по коммутируемым каналам

связи. К этому времени были также разработаны методы сжатия видеоизображения.

Основными величинами, влияющими на скорость передачи сигнала, являются следующие параметры систем передачи по телефонным линиям:

- тип телефонной линии;
- используемые методы цифрового и аппаратного сжатия сигнала;
- требуемое разрешение изображения.

Обычно используемый метод цифрового сжатия видеосигнала – адаптивное сжатие или условное обновление. В этом методе первый кадр передается целиком, а в последующих кадрах отражаются только произошедшие в них изменения, т. е. первый кадр передается достаточно долго, а скорость обновления последующих будет зависеть от объема площади кадра, и происшедших изменений. При этом, передача первого кадра будет занимать до 30 секунд, последующих – менее секунды.

Применение *ADSL* (рисунок 2.9) позволяет передавать сигналы в системах охранного телевидения без ограничений качества видеоизображения (техническая скорость *ADSL* достигает 8 Мбит/сек, реально 2–4 Мбит/сек, по сравнению с максимальной скоростью передачи через модем 54,6 кбит/с). Необходимо отметить, что *ADSL* обеспечивает двустороннюю связь, при этом скорости обмена несимметричны (см. рисунок 2.9), и при использовании сплиттера сохраняется возможность одновременного использования обычного телефона. На рисунке 2.10 приведены зависимости скорости передачи данных по каналам связи с использованием *ADSL* и *ADSL 2* от длины линии связи.

В настоящее время существуют две принципиально разные схемы передачи видеосигнала по телефонным линиям:

1. В качестве и приемной и передающей станции используются два специальных модуля.

2. В качестве передающей станции используется специальный модуль, а в роли приемной станции выступает персональный компьютер с модемом.

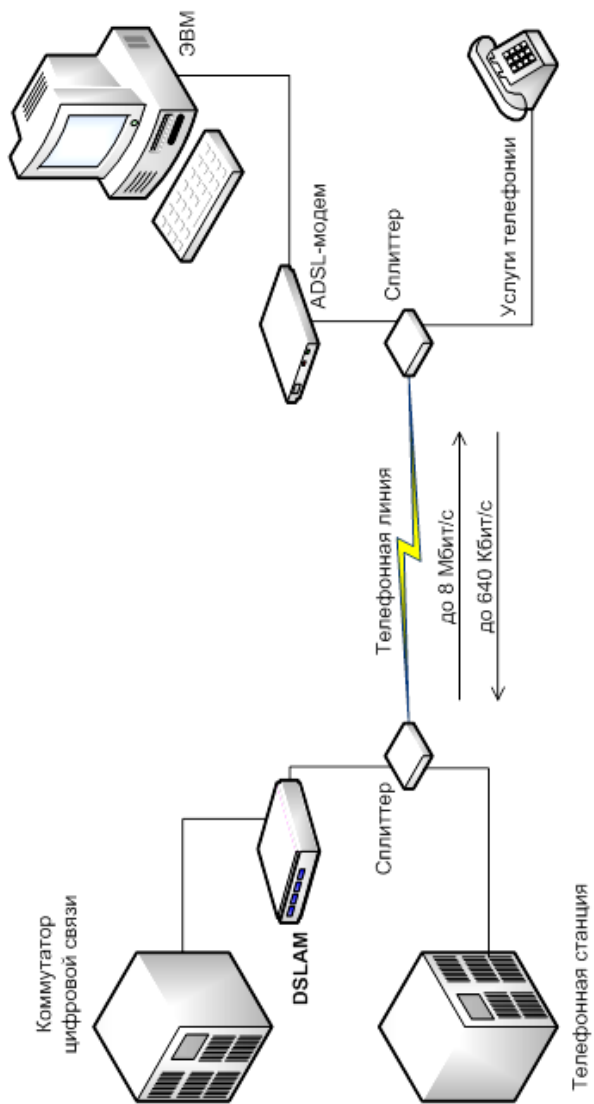


Рисунок 2.9 – Передача сигналов с использованием ADSL

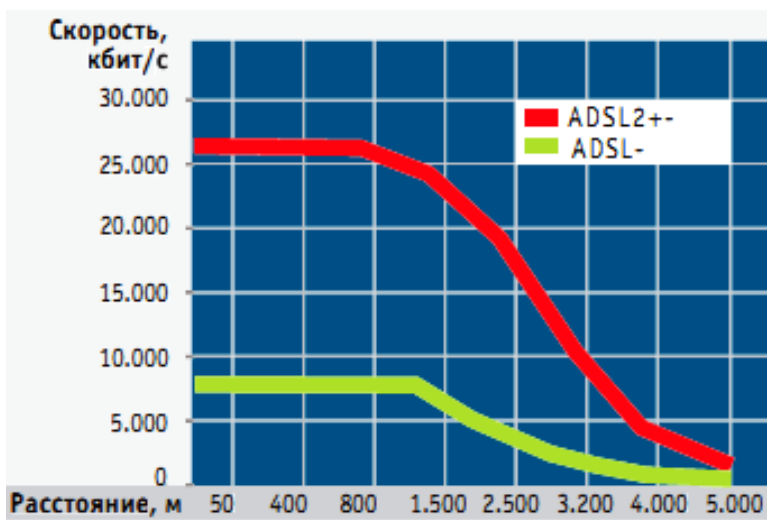


Рисунок 2.10 – Зависимость скорости передачи данных по каналам связи с использованием каналов связи *ADSL* и *ADSL 2* от длины линии связи

2.4 Передача по оптическому каналу связи

В качестве несущего сигнала в оптических каналах связи используется оптическое излучение (обычно ИК светодиодного лазера), что обеспечивает широкую допустимую частотную полосу модулирующего сигнала и высокую скорость передачи данных. Используется передача данных, как по оптическому кабелю, так и по открытому (для излучения) оптическому каналу. Оптические каналы связи нечувствительны к электромагнитным помехам и сами не являются источником электромагнитного излучения. В то же время, любой электрический кабель характеризуется паразитными антенными свойствами, как излучатель и приемник электромагнитного излучения. Это определяет существенные преимущества оптических каналов связи по сравнению с проводными.

2.4.1 Передача по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС)

Оптические кабели используют принцип полного внутреннего отражения (рисунок 2.11) при распространении света в тонком (\varnothing 50–150 мкм) сердечнике кабеля. Остальные элементы кабеля (рисунок 2.12) служат для защиты сердечника и обеспечения необходимых механических свойств. Все необходимые элементы узла согласования электрического сигнала с оптической линией связи объединены в модуль электронно-оптического преобразователя (рисунок 2.13). Некоторые типы видеокамер имеют встроенные адаптеры интерфейсов ВОЛС.

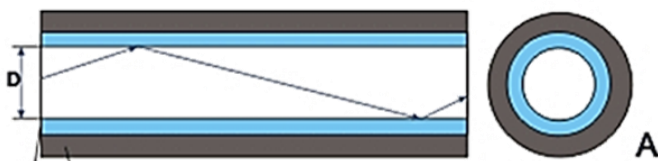


Рисунок 2.11 – Структура волоконно-оптической линии связи



Рисунок 2.12 – Конструкция ВОЛС

Достоинства передачи информации по волоконно-оптическим линиям связи:

1. Нечувствительность к электромагнитным и высокочастотным помехам.
2. Полная электрическая изоляция (идеальная гальваническая развязка).
3. Высокая степень секретности канала передачи информации.
4. Малый диаметр, вес и высокая гибкость кабеля.

Недостатки подобного способа передачи.

1. Высокая стоимость кабеля (в несколько раз выше проводной линии связи).
2. Сложный, требующий точных юстировок и специального инструмента, монтаж.

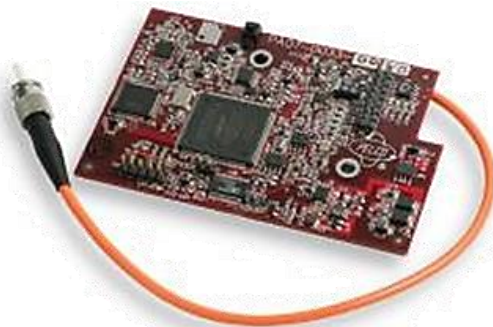


Рисунок 2.13 – Модуль электронно-оптического преобразователя ВОЛС

При необходимости, по одному волокну можно передавать сигналы от нескольких телекамер, используя мультиплексор волнового (спектрального) разделения. В этом случае, для разделения каналов в каждом передатчике используется лазер с отличающейся длиной волны. Например, лазеры с длинами волн 1470, 1490, 1510 и 1530 нм.

Современные каналы связи с использованием ВОЛС обеспечивают передачу от 1 до 16-и видеоканалов совместно с данными *RS232/422/485, Manchester, Bi-Phase* по многомодовому и одномодовому волокну. При этом обеспечивается полнофункциональная работа с цветным и ч/б сигналом на расстоянии от 2-х до 30 км в диапазоне рабочих температур от минус 40 до +75°C.

2.4.2 Передача по открытому оптическому каналу

Еще одной возможностью для передачи видеосигнала является передача по открытому оптическому каналу. В этом случае видеосигнал от одной или нескольких камер подается на специальный модуль, который преобразует его в модулированное лазерное излучение ближнего инфракрасного диапазона 780–850 нм и выдает в виде лазерного луча. Приемный модуль, находящийся на расстоя-

нии до 2 км, осуществляет обратное преобразование. Такой способ передачи обладает всеми достоинствами передачи по ВОЛС, но не требует применения кабеля, однако оборудование для него является достаточно дорогостоящим. Этот способ передачи ставит условие наличия прямой видимости (в противном случае необходимо применять сложную систему дополнительных отражателей). Имеет смысл применять этот способ передачи при наличии между камерами и постом наблюдения труднопреодолимых преград: широких рек, болот, озер и т.д.

Оборудование *FlightStrata* (рисунок 2.14) позволяет передавать данные со скоростью до 1,25 Гбит/с на расстояние до 800 м, а *FlightLite* – на расстояние 300 м.



Рисунок 2.14 – Оборудование открытого оптического канала связи

Следует отметить, что характеристики канала связи с открытой оптической линией связи существенно зависят от атмосферных условий (таблица 2.1). Дождь и туман могут существенно ослабить интенсивность лазерного луча. Локальные изменения температуры воздуха могут привести к атмосферной турбулентности и отклонению направления лазерного луча. Стая птиц может на некоторое время привести к прерыванию связи.

Таблица 2.1 – Зависимость параметров открытого канала связи от атмосферных условий

Погодные условия	Метеорологическая дальность видимости, км (мин.–макс.)	Ослабление, дБ/км (мин.–макс.)
------------------	---	-----------------------------------

Ясно	1–10	2–17
Дождь	0,4–1	17–43
Снег	0,3–0,8	21–57
Туман	0,05–0,9	19–340

2.5 Высокочастотная передача по радиоканалу

Передача видеосигнала по радиоканалу отличается высокой стоимостью оборудования и относительно невысокой помехозащищенностью. Обычно частотный диапазон, в котором осуществляется передача видеосигнала, составляет сотни мегагерц – несколько гигагерц (см. рисунок 2.1). Преимуществом этого способа передачи является очень большое расстояние, которое определяется, в основном, мощностью передатчика и возможность обхода физических препятствий. Передатчики охранных устройств могут быть удалены от многоканального приемника, находящегося на центральном посту охраны, на расстояние от нескольких сотен метров до нескольких десятков километров.

Данное обстоятельство позволяет строить широкомасштабные, пространственно разнесенные, охранные системы и держать под неусыпным контролем объекты большой площади или протяженности. Кроме того, радиоканал находится практически вне конкуренции, когда речь идет о мобильных и быстро разворачиваемых охранных системах, в особенности, если необходимо организовать охрану объекта на пересеченной местности.

Для конфиденциальности передачи используется кодирование и скремблирование видеосигналов [3].

Однако из главных достоинств системы вытекают и ее главные недостатки. Для производства и применения «радиоканальных» охранных устройств необходимо получить разрешение Государственного комитета по радиочастотам, и это, конечно же, отрицательно сказывается на их привлекательности для потенциальных потребителей. Радиоканал связи СТВН создает помехи бытовому телевидению и другим радиотехническим системам. С другой стороны, канал связи подвержен действию помех природного и индустриального происхождения. Одно дело, если это будут случайные наводки от микроволновок и бытового оборудования, и совсем другое, когда помехи создаются целенаправленно. Опыт военных кон-

фликтов последних лет, в частности Югославии и Ираке, показывает, насколько эффективно работают системы радиотехнического противодействия. Нельзя исключать применения подобных систем в «мирных целях». Потенциальный противник (конкурирующая организация, террористы или грабители) может использовать сигнал в зоне действия передатчика в своих корыстных целях. Видеоизображение, поступающее от телевизионной камеры по радиоканалу, с одинаковым успехом может отображаться как на мониторах охранной структуры, так и на переносном телевизоре в микроавтобусе. Для закрытия информации от злоумышленников требуется дополнительное кодирование информации и организация системы контроля доступа к информации по паролям.

Подобных недостатков в значительной степени лишены охраняемые системы, работающие в сантиметровом диапазоне, а также системы, в которых для передачи информации используется ИК канал связи. Однако они работают только в зоне прямой видимости, а их дальность действия в значительной мере зависит от оптической плотности среды (снег, дождь, туман, пыль и т. п.). Перспективным является диапазон частот 2,4 ГГц, здесь помехи на качество изображения практически не влияют. Однако в этом диапазоне велико поглощение излучения парами воды (этот же диапазон используется в микроволновых печах – практически всё излучение эффективно поглощается влагой продукта) и дальность связи зависит от влажности воздуха и наличия в луче излучения объектов, содержащих влагу (листва, птицы, и др.).

В радиоканале прямой видимости мощность сигнала на входе приемного устройства

$$P_{\text{ПРМ}} = \frac{P_{\text{ПРД}} \eta_{\text{ПРД}} G_{\text{ПРД}} G_{\text{ПРМ}} \eta_{\text{ПРМ}}}{L_0 L_{\text{ДОП}}} \quad (2.2)$$

где $G_{\text{ПРД}}$, $G_{\text{ПРМ}}$ – коэффициенты направленного действия антенн передатчика и приемника;

$\eta_{\text{ПРД}}$, $\eta_{\text{ПРМ}}$ – потери в фидерных трактах передатчика и приемника;
 L_0 – потери при распространении радиоволн в свободном пространстве;

$L_{\text{ДОП}}$ – дополнительные потери в атмосфере, в дожде, из-за различий поляризации передающей и приемной антенн и т. д.

Потери энергии при распространении в свободном пространстве

$$L_0 = \frac{(4\pi R)^2}{\lambda^2}, \quad (2.3)$$

где R – расстояние между передатчиком и приемником;
 λ – длина волны несущего колебания.

Для реальных систем радиодоступа типовым является многолучевое распространение радиоволн вследствие отражений от различных объектов, как, например, показано на рисунке 2.15.

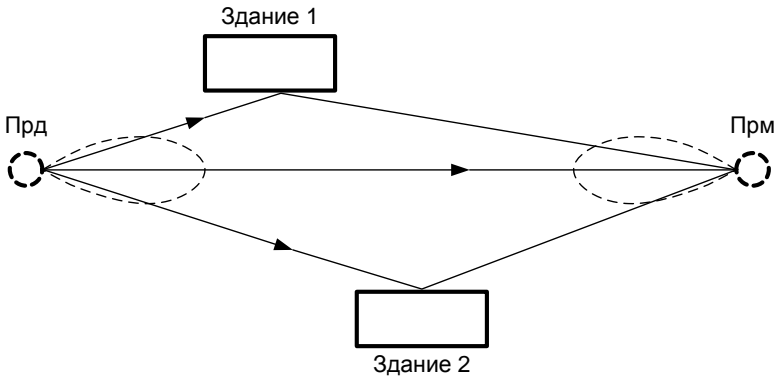


Рисунок 2.15 – Распространение радиоволн при многолучевом приёме

Многолучевой прием приводит к возникновению интерференционных явлений, следствием которых является немонотонный характер изменения затухания от расстояния передатчик – приёмник; возможно существенное изменение качества приёма при небольшом изменении положения приёмной антенны.

2.6 Передача информации по компьютерным сетям

Передача видеосигналов по стандартным компьютерным интерфейсам, с использованием компьютерных сетей, ничем не отличается от передачи любой другой информации. Особенностью использования компьютерных сетей в СОТ (рисунок 2.16, 2.17) является необходимость использования оборудования со встроенными связными адаптерами компьютерных сетей – IP-оборудования (IP-камер, IP-видеорегистраторов и др.).

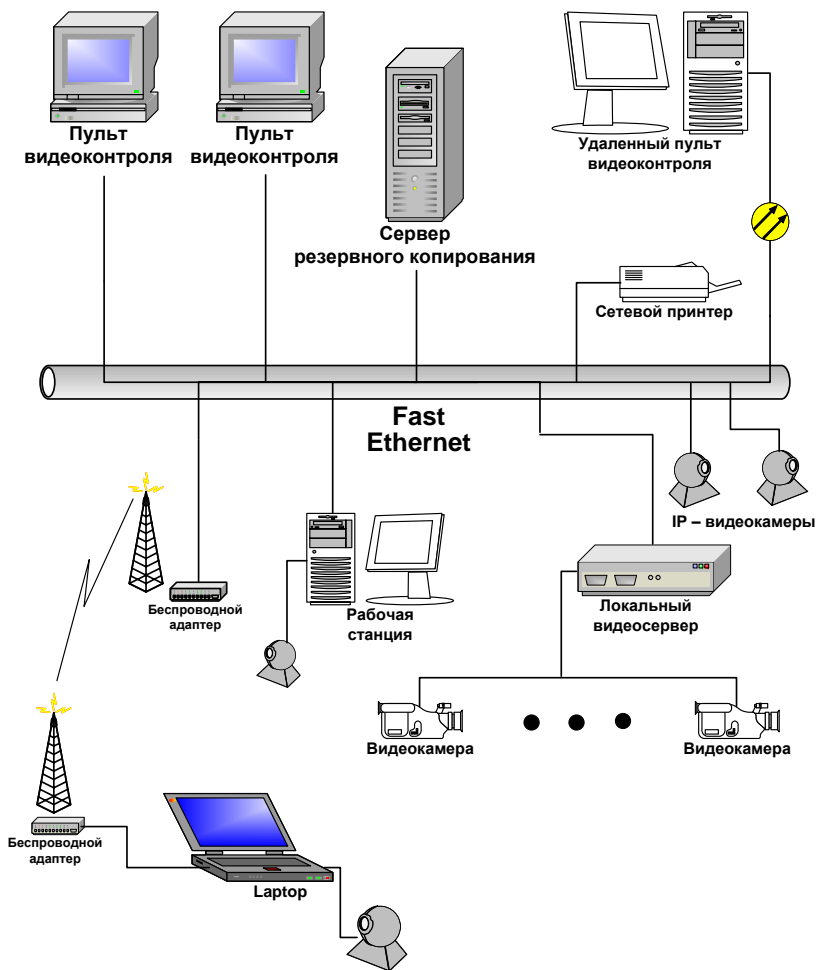


Рисунок 2.16 – Структура СОТ на базе средств связи ЛВС

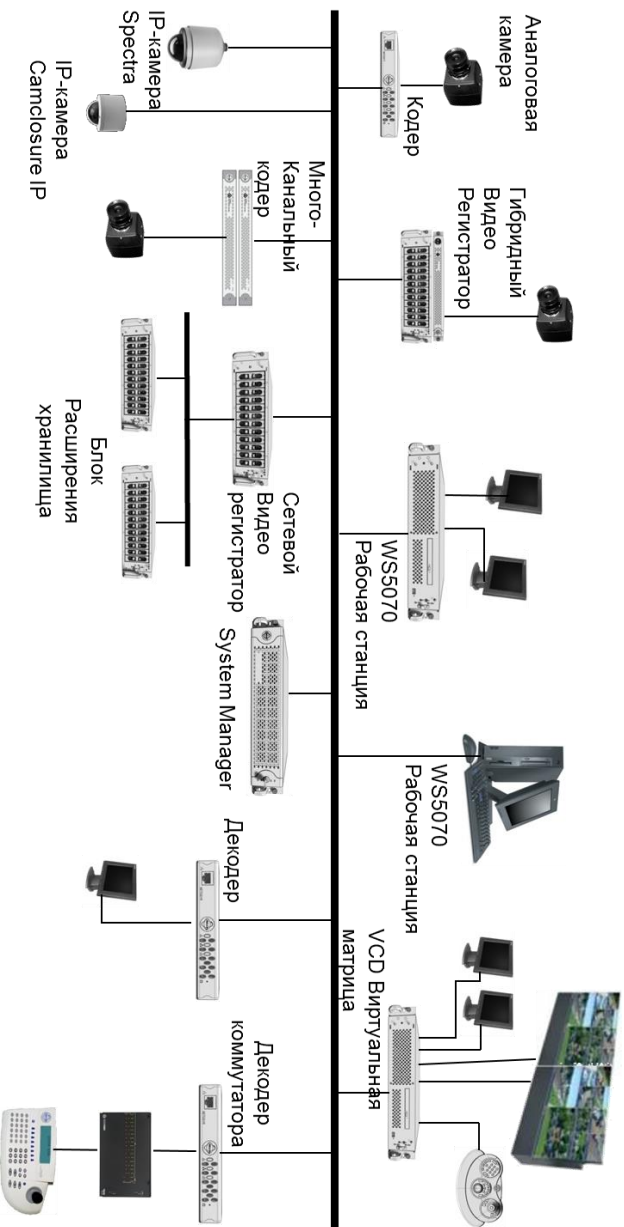


Рисунок 2.17 – Структура СОТ с применением IP-оборудования и средств ЛВС

Естественно, что параметры связи при передаче видеосигналов, сигналов управления элементами СОР определяются параметрами локальной вычислительной сети (ЛВС) при обмене любой другой информацией. Пропускная способность каналов связи СОР в этом случае ограничивается параметрами стандартных интерфейсов компьютерных сетей. Особенностью применения СОР в структуре ЛВС является доступность сигнала на физическом уровне для любого пользователя, в том числе преступника. Поэтому все сигналы СОР при передаче по интерфейсам компьютерных сетей должны кодироваться и шифроваться. Доступ к функциям управления IP-компонентов СОР должна осуществляться с использованием паролей. Здесь используются те же методы, что и для защиты компьютерной информации.

Из особенностей организации обмена данными в компьютерных сетях возникает возможность организации интра-структур СОР, когда разные компоненты системы телевизионного наблюдения могут находиться даже в различных городах, а связь между удалёнными подсистемами СОР будет осуществляться через Интернет (рисунок 2.18). Собственно физическое (географическое) положение компонентов СОР в компьютерной сети не имеет значения, обмен данными осуществляется с использованием методов логической адресации (*IP*-адресов).

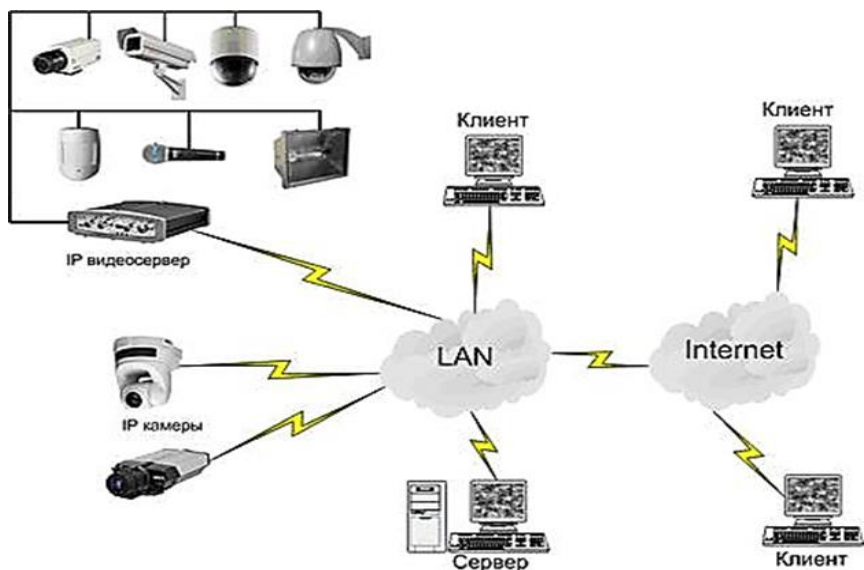


Рисунок 2.18 – Структура пространственно-распределенной интра-COT с использованием средств ЛВС и Интернет

2.7 Способы передачи команд управления

Существующие системы COT позволяют управлять многими функциями элементов системы на расстоянии, например:

- поворотом телекамер в двух плоскостях;
- фокусным расстоянием объективов;
- включением внешних исполнительных устройств.

Простейшим устройством управления поворотным устройством является пульт управления, на выходах которого вырабатываются напряжения управления двигателями поворотного устройства. Изменением установки концевых датчиков поворотного устройства устанавливаются предельные положения поворотной платформы, что позволяет исключить повреждение конструкции. Можно реализовать режим автоматического сканирования видеокамеры по горизонтали в пределах задаваемого сектора наблюдения. Как правило, подобный пульт позволяет осуществлять и ручное управление вариообъективом видеокамеры (приближение-удаление, фокусировка

изображения, управление диафрагмой). Максимальное расстояние между пультом управления и поворотным устройством, как правило, не превышает сотни метров.

Практически все способы передачи видеосигнала позволяют передавать и команды управления, однако для передачи команд управления не требуется высокой скорости передачи и для передачи команд управления периферийными устройствами характерно использование двух основных способов передачи, а именно: прямое управление по многожильному проводу, управление по двухпроводной цифровой линии.

2.7.1 Прямое управление по многожильному проводу

При этом способе передачи команд не требуется никаких дополнительных модулей, кроме пультов управления, и все функции реализуются путем коммутации проводов многожильного кабеля (чем больше функций, тем больше жил). Такому способу передачи присущи три недостатка:

1. высокая стоимость кабеля;
2. необходимость к каждой группе устройств подводить свой кабель;
3. сложность протяжки кабеля из-за его большого диаметра.

Данный способ передачи стоит применять в случае, если количество исполнительных устройств мало (до 3–5) и расстояние от поста наблюдения до них невелико (приблизительно не больше 100 метров).

2.7.2 Управление по двухпроводной цифровой линии

При использовании последовательного цифрового интерфейса все исполнительные устройства соединяются с помощью двухпроводного информационного кабеля, который прокладывается от центрального модуля управления напрямую или звездообразно. Дешифровка управляющих сигналов происходит в адресуемых цифровых приемниках (отдельный блок приемника или, интегрированная в защитный кожух камеры, плата приемника). Требуется комплектация системы приемниками-контроллерами (*Telemetry Receivers*) на каждую группу исполнительных устройств и цифровым

дистанционным пультом управления с прямой адресацией. При этом часто используется стандартный интерфейс *RS-485* (*ISO 8482*). В случае построения больших систем или при больших расстояниях передачи данный способ и по цене, и по качеству становится предпочтительнее за счет экономии кабельной продукции, стоимости монтажных работ и простоты управления.

Интерфейсы с двухпроводными линиями связи (*RS-422A*, *RS-485*), параметры которых приведены в таблице 2.1, требуют использования приемников с дифференциальными входами и парафазных выходов у передатчиков информации (рисунок 2.19). На фоне парафазного информационного сигнала все помехи, носящие синфазный характер, не влияют на верность передаваемой информации, т. к. взаимно вычитаются на дифференциальных входах приемников.

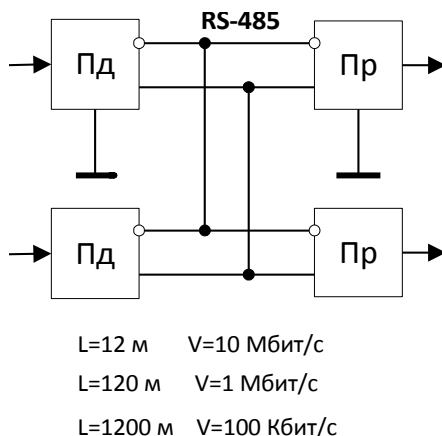


Рисунок 2.19 – Структура интерфейса *RS-485*

В интерфейсах *RS-422A*, *RS-485* информативной является разность потенциалов между проводниками *A* и *B*. Если на входе приемника $U_A - U_B > 0,2$ В (*A* положительнее *B*) – состояние «выключено» (*space*), $U_A - U_B < -0,2$ В (*A* отрицательнее *B*) – состояние «включено» (*mark*). Диапазон $|U_A - U_B| < 0,2$ В является зоной нечувствительности (гистерезис), защищающей от воздействия помех. На выходах передатчика сигналы U_A и U_B обычно переключаются

между уровнями 0 и +5 В (КМОП) или +1 и +4 В (ТТЛ), дифференциальное выходное напряжение должно лежать в диапазоне 1,5–5 В.

Таблица 2.2 – Параметры интерфейсов *RS-422* и *RS-485*

Параметр	<i>RS-422</i>	<i>RS-485</i>
Порог срабатывания, $ U_A - U_B $, В	0,2	0,2
Допустимое напряжение синфазной помехи, В	$\pm 6,8$	От $-6,8$ до $+ 11,8$
Допустимое напряжение на входах, В	± 7	От -7 до $+ 12$
Входное сопротивление приемника, кОм	4	12
Минимальное сопротивление нагрузки передатчика, Ом	100	60
Максимальное число узлов	1 передатчик + 10 приемников	32 (передатчиков, приемников или их комбинаций)
Максимальная длина, м	1200 (100 кБ/с) 12 (10 МБ/с)	1200 (100 кБ/с) 12 (10 МБ/с)
Терминаторы, $R = 100$ Ом	На дальнем конце от передатчика	На обоих концах

2.8 Автоматизированная оценка параметров видеосигнала и каналов связи

При решении типовых задач оценки параметров видеосигнала, каналов связи СОТ, а также требуемого объема памяти носителей информации для записи изображения можно использовать различные программные утилиты, представляющие либо самостоятельные программы (рисунок 2.20), либо макросы, например, *Excel* (рисунок 2.21), или один из инструментов анализа программного комплекса автоматизированного проектирования систем охранного телевидения, например, *VideoCAD*.

Расчет винчестера | Расчет времени | **Расчет трафика**

Размер кадра (кб)

Скорость (кадров/сек) на 1 камеру

Число камер

Итого:
 9600,00 кбайт
 76800,00 кбит
 9,38 Мбайт
 75,00 Мбит

Полученные данные приближительны!
 Необходимо учитывать также
 расходы TCP/IP
 примерно 50 байт на пакет

Рисунок 2.20 – Пример расчета трафика в утилите *VIDEOcalculator*

Введите количество камер	<input type="text" value="12"/>	Введите скорость по каждой камере, к/с	<input type="text" value="25"/>			
Суммарная скорость записи	<input type="text" value="300"/>	Суммарная скорость записи должна быть не более максимальной суммарной скорости, указанной для выбранного регистратора.				
Введите интенсивность записи	<input type="text" value="100%"/>					
Качество записи	Размер кадра, Кб	Требуемый объем, Гб				
		Сутки	Неделя	10 Дней	Месяц	12
0	60	1 559.5	10 890.7	15 556.3	46 660.3	18 666.7
1	50	1 300.3	9 076.3	12 964.3	38 884.3	15 556.3
2	40	1 041.1	7 261.9	10 372.3	31 108.3	12 445.9
3	20	522.7	3 633.1	5 188.3	15 556.3	6 225.1
4	10	263.5	1 818.7	2 596.3	7 780.3	3 114.7

Оптимальный уровень

Рисунок 2.21 – Пример расчета трафика в *Excel*.

При использовании программы *VideoCAD* возможно моделирование связи параметров видеосигнала и качества изображения (рисунок 2.22). Возможно получение модели изображения на экране моделируемого монитора с учётом параметров конкретного оборудования. Если настройка на вкладке «Обработка» производилась по параметрам записанного изображения, то данные модели имеют именно качество записанных кадров (рисунок 2.23). На рисунке приведен не кадр целиком, а около четверти кадра.

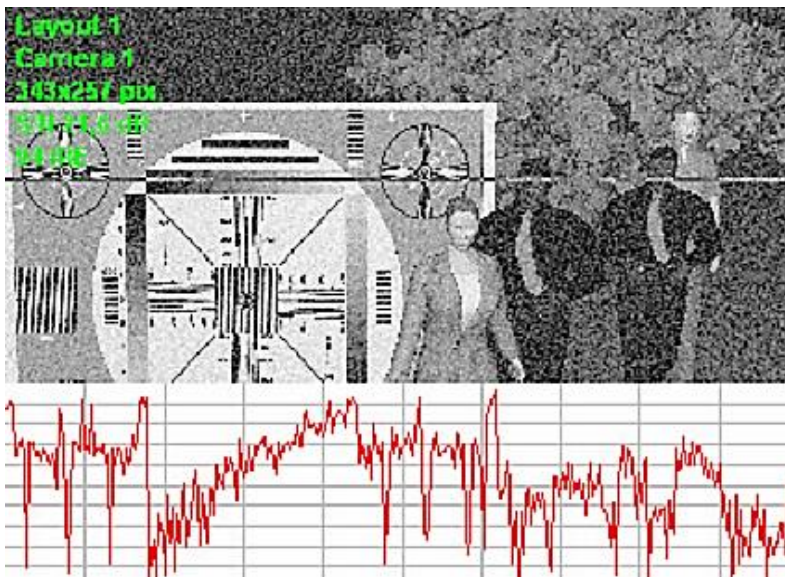


Рисунок 2.22 – Результат моделирования изображения и видеосигнала в программе VideoCAD

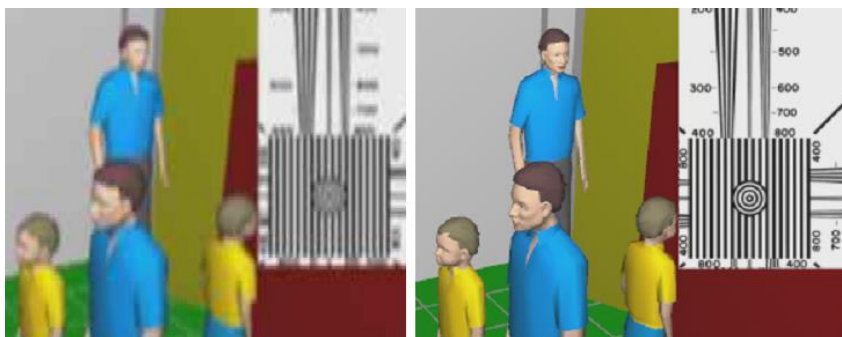


Рисунок 2.23 – Фрагмент модели изображения в реальном масштабе с учетом реального качества кадров (слева) и фрагмент модели изображения без учета реального качества (справа)

Таким образом, использование средств компьютерного расчета или моделирования позволяет оперативно, непосредственно в среде

разработки СОР оценить влияние параметров канала связи на качество изображения и оптимизировать выбор режимов передачи информации. Однако этот выбор обусловлен критериями качества, заложенными в параметры программы разработчиком программного обеспечения, и не всегда может совпадать с критериями качества разрабатываемого проекта.

2.9 **Замечания по использованию каналов связи в СОР**

При использовании аналоговых каналов связи увеличение дальности связи, влияние помех, качества линии связи приводит к постепенному ухудшению качества видеосигнала и восстановленного из него изображения. При использовании цифровых каналов связи влияние тех же факторов на качестве изображения не сказывается до достижения определённой пороговой величины, затем изображение пропадёт. В некоторых случаях связной адаптер при ухудшении характеристик линии связи может автоматически снизить скорость обмена.

При расчете параметров цифровых каналов связи, в том числе ЛВС, необходимо учитывать, что реальный трафик всегда будет больше, чем рассчитанный исходя из параметров информационного сигнала. Информационные пакеты дополнительно содержат служебную информацию, объем которых зависит не только от протокола обмена, но и, например, загрузки интерфейса. Причем различие между «чистым» и «реальным» значениями трафика может составлять десятки процентов.

Сигналы, передаваемые по каналам связи СОР, являются достаточно высокочастотными и используемые проводные линии связи нужно считать электрическими длинными линиями. Это приводит к необходимости согласования входных сопротивлений связных адаптеров с волновыми сопротивлениями используемых линий. использование кабеля с несоответствующим значением волнового сопротивления приведёт к появлению отражений, что приведёт к уменьшению мощности принятого сигнала и искажению его формы. На восстановленном изображении это проявится как зашумление изображения и появление дополнительных повторяющихся контуров объектов. Ряд интерфейсов требует применения на одном или

обоих концах линии связи согласующих сопротивлений – терминаторов.

В стандартах максимальные значения дальности связи и скорости передачи приведены для определенных типов линий связи и кабелей. Использование кабелей более низкой категории, чем указано в требованиях к интерфейсу, приведет либо к уменьшению одного или нескольких параметров канала связи, либо при использовании цифрового канала и работе с параметрами близкими к предельным – к пропаданию связи.

Каналы связи в таких системах, как COT, имеют большую протяженность, прокладываются в различных условиях и требуют обязательной защиты от электрических перегрузок. Причем использование элементов грозозащиты обязательно на обоих концах линий связи. Защитой от электрических перегрузок должны быть обеспечены и линии питания, и линии передачи сигналов управления, синхронизации и т. д.

3 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ КАНАЛОВ СВЯЗИ СИСТЕМ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

При передаче телевизионного сигнала требуется обеспечить отношение сигнал – шум квантования не хуже 50 дБ. Определить минимальное число разрядов АЦП, необходимых для оцифровки выборки телевизионного сигнала.

Из уравнения соотношения

$$M\sqrt{3} = U_c / \sigma_{\text{КВ}},$$

где $U_c / \sigma_{\text{КВ}}$ – отношение сигнал шум, выраженное в децибелах.

$$U_c / \sigma_{\text{КВ}} = 20 \lg(M\sqrt{3}) = 50.$$

Отсюда $M=182$. Требуемое число разрядов АЦП определяем из соотношения $2^k \geq M$, отсюда $k = 8$.

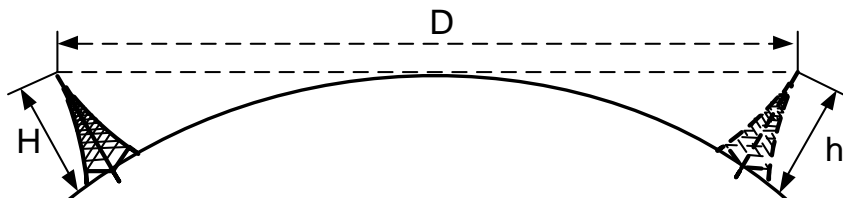
При формировании телевизионного сигнала используется оцифровка сигнала яркости 8 разрядным АЦП. В используемой системе сжатия вычисляется средний уровень яркости кадра, который передается отдельным низкочастотным сигналом (при решении задачи не учитывается). Определите коэффициент сжатия видеосигнала при условии, что человек различает в отдельной сцене не более 10 градаций.

Для передачи $M = 10$ градаций яркости требуется оцифровка выборки телевизионного сигнала $k = 4$ битами ($2^k \geq M$). Отсюда коэффициент сжатия равен 2 раза.

Чему равен максимальный временной интервал дискретизации речевого и телевизионного сигнала, если верхнюю частоту в спектрах сигналов принять равной 4 кГц и 6,5 МГц, соответственно?

Определите предельную дальность прямой радиосвязи в УКВ диапазоне при высоте установки антенн 20 м.

Ультракороткие волны распространяются прямолинейно, и поэтому максимально возможная дальность приема определяется расстоянием прямой видимости передающей антенны из точки, где установлена приемная антенна.



Исходя из сферической формы поверхности Земли, расстояние прямой видимости

$$D = 3,57(\sqrt{H} + \sqrt{h}),$$

где D – расстояние прямой видимости в км;

H – высота передающей антенны в м;

h – высота приемной антенны в м.

Изобразите график энергетического баланса канала связи (зависимость мощности от длины для различных участков линии) и определите максимальную длину второго участка ВОЛС при запасе надежности 6 дБ.*

Передаваемая мощность	-6дБм (250 мкВт)
Выходной диаметр передатчика	100 мкм
Затухание в волокне	4 дБ/км
Длина первого участка линии	3 км
Диаметр волокна на первом участке	85 мкм
Диаметр волокна на втором участке	125 мкм
Затухание на соединителях	1 дБ на соединение
Диаметр соединителя	100 мкм
Чувствительность приемника	-39 дБм (125 нВт)
Диаметр приемника	150 мкм

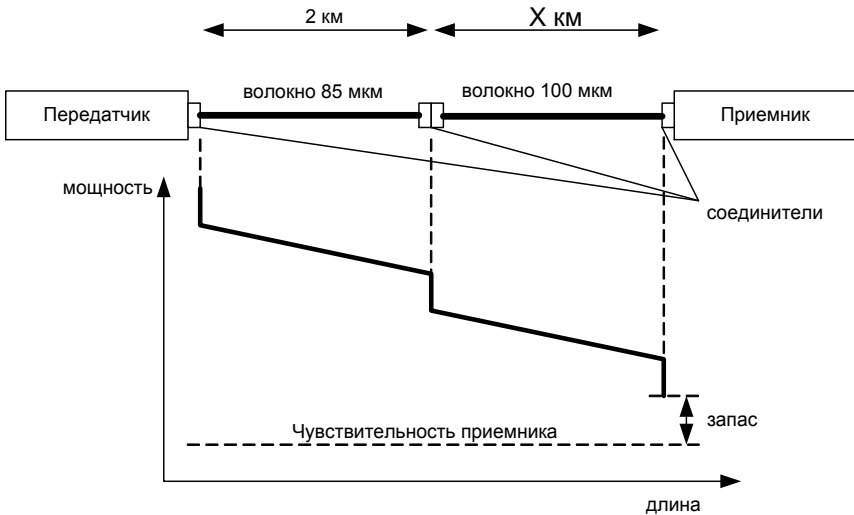
Из задания следует, что в канале связи имеется несколько рассогласований между размерами. Энергетический баланс канала связи составляет 33 дБ (разность между чувствительностью приемника и мощностью передатчика = 39дБ – 6 дБ). После вычитания запаса надежности 6 дБ получаем допустимые потери на линии 33 – 6 = 27 дБ. Определим составляющие потерь. Потери на передающем

* Для оптических каналов связи за 0 дБ принят уровень оптической мощности сигнала 1 мВт.

устройстве связаны с потерями соединителя и рассогласованием между 100-мкм диаметром выхода передатчика и 85-мкм диаметром волокна

$$loss_{dia} = 10 \log_{10} \left(\frac{d_{\text{волокна}}}{d_{\text{выхода}}} \right)^2 = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{85}{100} \right)^2 = -1,4 \text{ дБ.}$$

Общие потери на интерфейсе передающего устройства 2,4 дБ. Потери в волокне на длине первого участка 12 дБ. Общие потери равны 14,4 дБ.



Диаметр волокна на втором участке больше, поэтому потери рассогласования отсутствуют. Потери на соединителе 1 дБ. Общие потери = 15,4 дБ. Потери рассогласования на интерфейсе приемника также отсутствуют. Потери на соединителе приемника 1 дБ. Общие потери 16,4 дБ. Отсюда допустимые потери на втором участке $27 - 16,4 = 10,6$ дБ, и допустимая длина линии второго участка

$$\frac{10,6}{4} = 2,65 \text{ км.}$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волхонский, В. В. Телевизионные системы наблюдения: учеб. Пособие / В. В. Волхонский. – СПб. : Экополис и культура, 2005. – 167 с.
2. Гедзберг, Ю. М. Охранное телевидение / Ю. М. Гедзберг. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 312 с.
3. Клюев, Л. Л. Теория электрической связи / Л. Л. Клюев. – Минск : Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.
4. Гвоздек, М. Справочник по технике для видеонаблюдения. Планирование, проектирование, монтаж / М. Гвоздек. – М. : Техносфера, 2010. – 552 с.
5. Тявловский, К. Л. Системы телевизионного наблюдения. Основы проектирования : метод. пособие / К. Л. Тявловский, Т. Л. Владимиров, Р. И. Воробей. – Минск : БНТУ, 2010. – 85 с.
6. Технические средства и системы охраны. Телевизионные системы видеонаблюдения (системы охранные телевизионные). Правила производства и приемки работ : РД 28/3.005–2001. – Минск : МВД Республики Беларусь. – 2001.
7. Системы охранные телевизионные. Общие технические требования и методы испытаний : ГОСТ Р 51558–2000. – М. : Изд-во стандартов, 2000.
8. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, ЭВМ и организации работы : СанПиН 9131 РБ 2000.
9. European Standart En 501132-2-1. July 1997 Alarm Systems – CCTV Surveillance Systems for use in Security Applications. Part 2-1: Black and White Cameras.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ВИДЕОСИГНАЛ. ТРЕБУЕМЫЕ ОБЪЕМЫ И СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ	4
2 КАНАЛЫ СВЯЗИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОСИГНАЛА	18
3 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ КАНАЛОВ СВЯЗИ СИСТЕМ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ.....	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	51

Учебное издание

ТЯВЛОВСКИЙ Константин Леонидович
ТЯВЛОВСКИЙ Андрей Константинович
ВОРОБЕЙ Роман Иванович

КАНАЛЫ СВЯЗИ СИСТЕМ ОХРАННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Методическое пособие
для студентов специальности 1-38 02 03
«Техническое обеспечение безопасности»

Подписано в печать 15.02.2013. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 3,08. Уч.-изд. л. 2,41. Тираж 200. Заказ 1253.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.