

На правах рукописи
УДК 621.397.2

Сами Мохамед Ахмед Гараши

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ
ФОРМИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ
ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ

Специальность: 05.12.04
«Радиотехника, в том числе системы и устройства
радионавигации, радиолокации и телевидения»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва, 2003 г.

Работа выполнена на кафедре телевидения Московского технического университета связи и информатики

Научный руководитель: д.т.н., профессор Безруков В.Н.

Официальные оппоненты: д.т.н., профессор Сизов В.П.

к.т.н., доцент Смирнов А.В.

Ведущая организация: Научно- исследовательский
Институт Радио (НИИР).

Защита диссертации состоится « — » ————— 2003г. в « — » часов на заседании диссертационного совета К219.001.02 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Московском техническом университете связи и информатики по адресу: 111024, Москва, ул. Авиамоторная, д. 8а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан « — » ————— 2003г.

Ученый секретарь

специализированного совета К 219.001.02

кандидат технических наук, доцент

Матвеева О.В.

Актуальность темы. Одно из важнейших направлений развития цифровых систем прикладного телевидения связано с селекцией заданных составляющих видеоинформации и формированием соответствующих сигналов управления исполнительными устройствами, что определяет возможность создания технических комплексов, автоматически изменяющих алгоритм своего функционирования в зависимости от результатов телевизионного (ТВ) контроля.

Актуальной в настоящее время является задача создания адаптивных систем прикладного телевидения, т.е. самонастраивающихся, способных изменять свои параметры в зависимости от изменяющихся условий наблюдения. При видеоконтроле (ВК) объектов необходимо учитывать все факторы, которые могут оказывать влияние на текущие изменения составляющих ТВ изображения. При этом должно достигаться оптимальное согласование характеристик системы и объекта, что способствует решению задач объективного контроля и уменьшению числа ложных срабатываний системы. Оценка относительных изменений видеоинформации необходима при решении многих задач во вспомогательных технических комплексах промышленного, медицинского, образовательного и других назначений.

Данная тема актуальна в связи с широким использованием методов и устройства подобного типа при реализации различных систем контроля видеоинформации. Настоящая диссертационная работа в основном ориентирована на охранное телевидение, хотя ее результаты могут быть использованы при решении других задач народного хозяйства Судана.

Цель работы. Целью настоящей диссертационной работы является исследование и разработка методов формирования информационных сигналов в системах ВК объектов и разработка устройств, реализующих обработку ТВ сигнала (ТВС) при решении задач, возникающих при ВК.

Эта цель достигается решением следующих научно-практических задач:

1. Проведен анализ основных особенностей функционирования, параметров и характеристик современных ТВ камер для аппаратуры ВК объектов.
2. Определена специфика формирования цифрового ТВС в системах видеоконтроля объектов (СТКО).
3. Проведен сопоставительный анализ современных СТКО.
4. Исследованы особенности воздействия на оператора пространственных и временных помех коммутации сигналов изображений в современных СТКО.
5. Разработан алгоритм и проведено исследование методов формирования информационных сигналов во внутрикадровом пространстве для СТКО.

6. Разработана методика распределения информационных отсчетов в пространстве ВК объектов.

7. Разработано устройство формирования сигналов управления и видеоконтроля для ТВ системы охраны объектов.

8. Проведены экспериментальные исследования элементов устройства ВК объектов.

Методы исследования. При решении поставленных задач в работе использованы современные методы анализа, основанные на теории телевидения и радиотехники, включая элементы теории цифровой обработки и дискретизации многомерных сигналов, теории функций и функционального анализа, теории интегральных ортогональных преобразований, численного анализа и программирования.

Научная новизна

1. Проведен сопоставительный анализ современных ТВ систем охраны объектов и выявлена специфика воздействия на оператора пространственных и временных помех коммутации сигналов ТВ изображений в СТКО.

2. Разработан алгоритм и проведено исследование методов формирования информационных сигналов во внутрикадровом пространстве для СТКО.

3. Разработана методика распределения информационных отсчетов в пространстве ВК объектов.

4. Разработано устройство формирования сигналов управления и ВК для ТВ системы охраны объектов.

Практическая ценность.

1. Разработан алгоритм, проведено комплексное исследование методов формирования информационных сигналов в СТКО. Использование разработанного алгоритма приводит к подавлению фоновых мешающих воздействий, что дает возможность увеличить чувствительность устройства за счет уменьшения порога по уровню при формировании сигнала “нарушений” и увеличить относительную амплитуду выделенных составляющих ТВС в диапазоне пространственных частот до 1,5 МГц.

2. Разработано устройство формирования сигналов управления и ВК для ТВ системы охраны объектов.

Реализация и внедрение результатов работы. Результаты работы использованы при выполнении НИР в лаборатории “Цифровой обработки ТВ сигналов” научно-исследовательской части (НИЧ) МТУСИ.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно – технических конференциях профессорско – преподавательского состава, МТУСИ, Москва, 1998-2001 г.г.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 9 научных работ.

Личный вклад. Все основные научные результаты в диссертационной работе получены автором лично.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа основных особенностей функционирования, параметров и характеристик современных ТВ камер для аппаратуры ВК объектов.
2. Специфика формирования цифрового телевизионного сигнала в системах ВК объектов.
3. Сопоставительный анализ современных СТКО.
4. Результаты исследования особенностей воздействия пространственных и временных помех коммутации сигналов ТВ изображений на оператора в современных системах ВК объектов.
5. Разработанный алгоритм и результаты анализа методов формирования информационных сигналов во внутрикадровом пространстве для СТКО.
6. Разработанная методика распределения информационных отсчетов в пространстве ВК объектов.
7. Разработанное устройство формирования сигналов управления и ВК для ТВ системы охраны объектов.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Работа изложена на 187 страницах машинописного текста. Список литературы включает 60 наименований.

Краткое содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность темы настоящей диссертационной работы, охарактеризовано состояние исследуемого вопроса, определены цели, задачи и методы исследования. Сформулированы научная новизна, практическая значимость результатов работы и положения, выносимые на защиту. Представлены состав и краткое описание работы, приведены сведения об апробации работы и публикациях автора.

В **первой главе** «Анализ характеристик и параметров элементов формирования сигналов в системах видеоконтроля объектов» проведен анализ параметров и характеристик датчиков ТВС на ПЗС. Такие характеристики и параметры определяют пространственно-временную разрешающую способность и энергетическую

чувствительность системы ВК. Совокупностью и последовательностью операций обработки и формирования сигналов, которые реализуются в современных формирователях видеосигнала, обеспечивается отражение (с определенной степенью соответствия) пространственных и временных изменений структуры исходного воздействия в ТВС системы ВК объектов. Рассмотрены особенности функционирования современных ТВ камер для аппаратуры ВК объектов и факторы, определяющие апертурные искажения ТВ изображений в камерах на ПЗС. Основными причинами таких искажений являются: усредняющее действие объективов, усреднение видеoinформации в пределах светочувствительных элементов матрицы ПЗС, неэффективность переноса зарядовых электродов. За счет этого имеет место ухудшение четкости ТВ изображений.

Дискретная периодическая структура матрицы кроме того может взаимодействовать с периодической структурой контролируемого объекта. Возникают биения и сигналы разностных частот, которых нет в структуре исходного контролируемого объекта. Влияние указанных биений в системах ВК может быть снижено при выборе объективов с более резким спадом частотно-контрастной характеристики (ЧКХ) в области высоких пространственных частот, превышающих $f_d/2$, где f_d – пространственная частота следования элементов ПЗС по горизонтали или по вертикали. При снижении падения результирующей ЧКХ матриц в области высоких частот увеличивается вероятность возникновения биений. Это может давать и положительный эффект при обнаружении нарушений в структуре изображений. Последнее связано с тем, что высокочастотные изменения изображения проявляются в данном случае в области низких частот и легко селективируются при обработке сигнала изображения.

Проведен анализ специфики формирования цифрового ТВС в СТКО. Формирование осуществляют с применением специальных интегральных схем аналого-цифрового преобразования, на выходе которых исходный ТВС аналогового типа преобразуют в параллельный код. Максимально возможная частота следования отсчетов в каждом из разрядов кода определяется частотой дискретизации ТВС. С учетом специфики характеристик ТВ камер на ПЗС теоретически обосновано минимальное значение частоты первичной дискретизации. Разработана функциональная схема устройства формирования цифрового ТВС и осуществлена оценка искажений дискретизации. Одним из вариантов прикладного ТВ является вариант использования ТВС для формирования сигнала “нарушений” в зоне контроля объекта. В основе реализации соответствующей аппаратуры - пространственно-

временная фильтрация ТВС, обеспечивающая выявление изменений пространственной структуры контролируемого объекта в последовательности кадров, т.е. во времени.

Вторая глава «Исследование и разработка методов формирования информационных сигналов в системах телевизионного контроля объектов» посвящена сопоставительному анализу современных СТКО. Рассмотрены специфика воздействия на оператора пространственных и временных помех коммутации сигналов изображений при видеоконтроле объектов. Это реализовано с учетом результатов, полученных при исследовании зрительной системы наблюдателя (ЗСН). Временную частотную характеристику (ВЧХ) ЗСН обычно измеряют, фиксируя спектральный состав и угловые размеры воздействия. При анализе использованы (для вычисления предельных значений частоты коммутации) результаты измерения ВЧХ, представленные в работе Д. Келли (рис1).

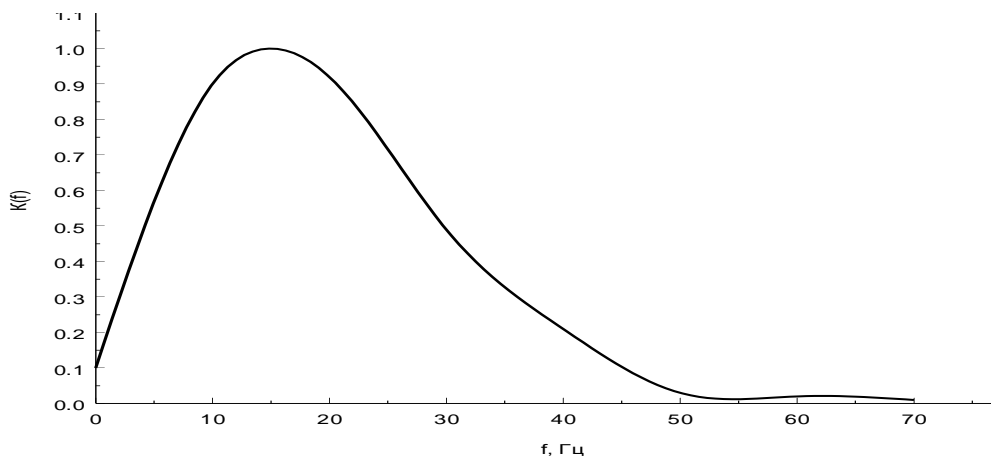


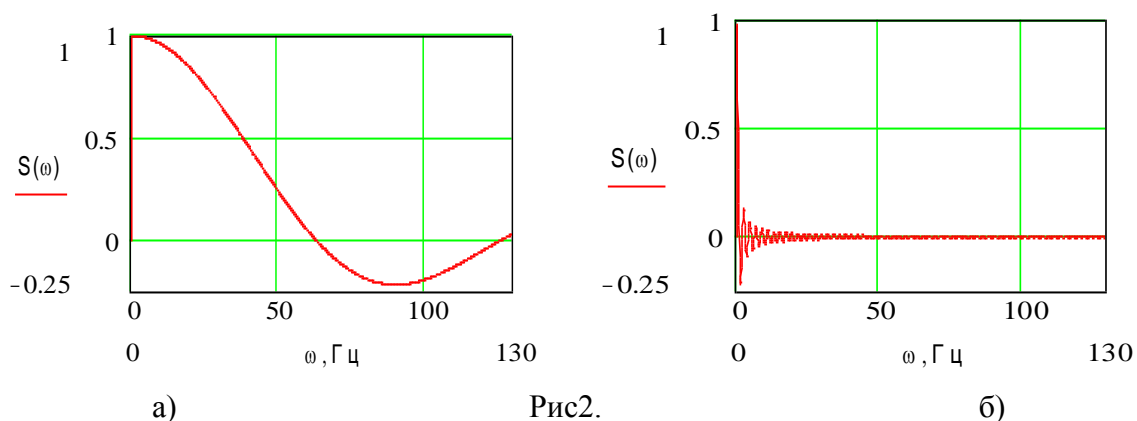
Рис1. Экспериментальная временная частотная характеристика зрительной системы наблюдателя.

Спектр прямоугольного во времени ТВ воздействия на ЗСН протяженностью $T_{пр}$ определяется выражением:

$$S(\omega) = \frac{\sin \frac{\omega T_{пр}}{2}}{\omega T_{пр} / 2}, \quad (1)$$

где $\omega = 2\pi f$ – временная частота, $T_{пр}$ – время переключения ТВ изображений на экране видеоконтрольного устройства.

Отношение сигнал/ коммутационная помеха (С/КП) проанализировано для прямоугольных воздействий различной протяженности $T_{пр}$.



Спектры прямоугольных воздействий протяженности 0,1сек (рис2а) и 7сек (рис2б).

В качестве иллюстрации на рис2а,б представлены характеристики спектров прямоугольного воздействия при $T_{пр} = 0,1$ и 7с.

Коммутационную помеху (КП) создают гармоники сигнала переключения изображений в зоне максимальной чувствительности зрения к мельканиям.(по уровню 0,9 ЧКХ зрительной системы рис 1).

Согласно расчетным результатам, рис. 2(а,б), при $T_{пр} = 0,1$ с получаем отношение $C/КП = 20\lg(1/0,156) = 16,47$ дБ. При $T_{пр} = 7$ с - $C/КП = 20\lg(1/0,0023) = 52,76$ дБ.

Расчетные данные позволяют построить график зависимости отношения $C/КП$ от протяженности предъявлению наблюдателю коммутируемых ТВ изображений.

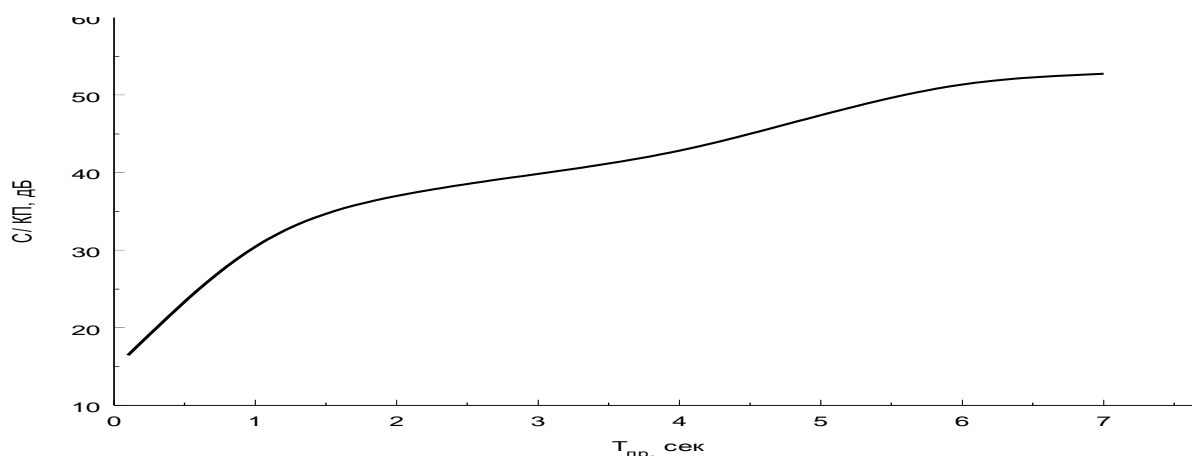


Рис.3. График зависимости отношения $C/КП$ от протяженности предъявлению наблюдателю каждого из коммутируемых ТВ изображений.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что время видеоконтроля изображения должно превышать 3 сек. Это обеспечивает отношение $C/КП \geq 40$ дБ, позволяет уменьшить утомляемость наблюдателя и соответственно увеличить

эффективность ВК объектов в условиях периодического и поочередного их воспроизведения.

Одним из основных параметров для субъективного ВК является размер экрана ТВ приемника. При выборе размера экрана ТВ приемника необходимо учитывать мешающее воздействие на наблюдателя его краев. Пространственный спектр светящегося экрана полностью определяется произведением спектра ограничивающей функции $F(x, y)$ и яркости B_0 . Ограничивающую функцию $F(x, y)$ по вертикали можно представить прямоугольной функцией. Нормированная огибающая модуля спектра этой функции:

$$\xi = | \sin(z/z) |, \quad (2)$$

где $z = \omega_y \cdot \varphi_{ЭВ}/2$; $\varphi_{ЭВ}$ – вертикальный размер экрана;

$\omega_y = 2\pi / y$ – пространственная частота.

Пространственная ЧКХ (ПЧКХ) зрительной системы наблюдателя, как и временная, имеет подъем в области средних пространственных частот и зависит от яркости фона. При анализе была использована ПЧКХ, построенная на основе результатов работы Д. Келли для варианта воздействия белого света.

Проведен анализ мешающего действия экрана ТВ приемника при ВК. Помеху в данном случае создают гармоники спектра сигнала изображения экрана в зоне максимальной чувствительности ЗСН к пространственным периодическим воздействиям (8 пер/град).

Согласно расчетным результатам, при $\varphi = 4^\circ$ получаем отношение $C/КП = 20\lg(1 / 9,5 \cdot 10^{-3}) = 40,42$ дБ. При $\varphi = 30^\circ$ $C/КП = 20\lg(1 / 0,0002) = 74,5$ дБ.

Результаты расчетов позволили сделать вывод о том, что при вертикальном размере экрана $\varphi = 4^\circ$ оператор сможет наблюдать за объектом на грани заметности мешающего воздействия. Пространственный размер изображения уменьшается при изменении расстояния от экрана до оператора.

Заданное отношение $C/КП$ определяет местонахождение оператора от плоскости экрана в соответствии с соотношением:

$$\text{Tg}(\varphi/2) = 0,5h_s / L, \quad (3)$$

где φ , - вертикальный размер экрана;

h_s – высота экрана;

L – расстояние между оператором и экраном. Расчетные выражения получены при фиксации соотношения $C/КП$. С их использованием определены расстояния между оператором и экраном для разных размеров $D_{ЭК}$ телевизионных экранов по диагонали ($D_{ЭК} = 12'', 14'', 17''$).

Допустимое расстояние между оператором и экраном увеличивается с увеличением диагонали экрана. С одной стороны, целесообразно оператору наблюдать за изображением при больших экранах. При этом оператор экологически защищен от пространственных помех в структуре изображения, но, с другой стороны, это неэкономично и приводит к относительно быстрому утомлению оператора. Ведь чем меньше размер экрана, тем меньше заметны мелькания. Обычно используют один большой экран с разделением на независимые секторы видеоконтроля (рис.4 а,б) с тем же самым форматом ($P = 4/3$).



Рис.4

Рис.4 а,б Варианты деления экрана видеоконтрольного устройства на участки воспроизведения независимых изображений от четырех(а) и 16(б) ТВ камер.

Изменение масштаба и деление независимых изображений в пространстве экрана реализуется с использованием специального преобразователя исходных изображений от n камер. В каждом изображении уменьшается число элементов по горизонтали и по вертикали в \sqrt{n} раз. При этом общее число воспроизводимых изображений увеличивается в n раз и в n раз уменьшается общая четкость изображений. С выхода преобразователя масштаба сигнал поступает на ВК устройство. Экран разделен на n частей воспроизведения. В пределах каждой из частей экрана воспроизводят ТВ изображение от одной из n камер.

Преимуществом обычного варианта ВК является низкая скорость сканирования ТВ изображения. Поэтому влияние инерционности зрительной системы не очень велико. Это преимущество позволяет уменьшить утомляемость оператора и увеличить эффективность ВК объектов. На рис.4 а,б показаны варианты воспроизведения с разделением основного экрана на 4 и 16 независимых изображений. В каждом изображении уменьшается число элементов по горизонтали и по вертикали в 2 и 4 раза. Общее число изображений увеличивается в 4 и 16 раз, в 4 и 16 раз уменьшается общая четкость изображений. Это приводит к тому, что относительное время ВК отдельного изображения уменьшается.

При 16 воспроизводимых изображениях большая скорость сканирования отдельных изображений приводит к влиянию инерционности зрительной системы. Появляется эффект интегрального восприятия сканируемых изображений. Падает четкость изображений видеоконтроля, что приводит к утомляемости оператора. Поэтому не

следует рекомендовать использование видеоконтроля с большим числом разделенных изображений на экране.

Следовательно, с уменьшением размеров экрана от 30° до 4° возрастают мешающее стробирующее действие экрана при видеоконтроле изображений. При этом высокочастотные составляющие пространственного спектра зоны локализации отдельного изображения в пространстве экрана попадают в полосу пропускания зрительной системы человека как фильтра пространственных частот. Зависимость мешающего воздействия экрана в диапазоне размеров от 30° до 4° - 40,42 (4°) до 74 (30°) ДБ.

В третьем разделе второй главе разработан алгоритм и проведено исследование методов формирования информационных сигналов для СТКО во внутрикадровом пространстве. Формирования информационных сигналов в таких системах определяется необходимостью обнаружения, например, во времени изменений в пространственной структуре контролируемого изображения. При этом чаще всего необходимо контролировать изменения в последовательности элементов во внутрикадровом пространстве. Собственно задача обнаружения изменений может быть реализована за счет обнаружения изменений в фиксированном числе участков (элементов) структуры ТВ изображения. Величина периодов следования контролируемых участков (элементов) структуры изображения определяется многими факторами. Важное значение, например, имеют относительная разрешающая способность датчика сигнала, уровень освещенности контролируемых объектов, весовая относительная оценка объектов в пределах кадра, контрастность по отношению к фону и т.д. Для сигнала ТВ изображений характерно ухудшение отношения сигнал/шум (с/ш) на высоких пространственных частотах, что обусловлено спецификой функционирования соответствующих преобразователей “свет-сигнал.” Поэтому при формировании сигнала “нарушений” в зоне охраны обычно используют пространственную фильтрацию. За счет этого из сигнала, подвергаемого дальнейшей обработке для выделения информации, связанной с “нарушениями” в зоне охраны, практически исключают высокочастотные пространственные составляющие сигнала изображения и шума. Следовательно, снижается воздействие шумов на результат обнаружения “нарушений”. Однако, при этом возрастают и минимальные пространственные размеры объектов, изменения которых могут обнаруживаться в СТКО как “нарушения”.

Сигнал «нарушений» формируют за счет запоминания эталонного сигнала изображения и его вычитания из текущего. Существуют различные варианты формирования структуры отсчетов для запоминания видеоинформации. Каждый отсчет

усредняется в пределах пространственной зоны. В результате формируется отфильтрованный отсчет НЧ пространственной составляющей. Распределения отсчетов, конфигурация зон усреднения могут быть различными.

Другой важный параметр – перекрытие зон усреднения в пространстве. Недостаточное перекрытие приводит к биениям частоты выборки отсчетов с высокочастотными составляющими пространственной видеoinформации, соответствующей контролируемому объекту. Разностный сигнал между отсчетами, эталонными и текущими, детектируют. Результат детектирования интегрируют и ограничивают по минимуму. При этом порог ограничения по минимуму определяется отношением с/ш в контролируемом сигнале. От разрешающей способности и чувствительности зависит эффективность работы системы ВК объектов. Чувствительность системы определяется отношением с/ш на входе порогового устройства. Для увеличения соотношения с/ш используется подавление шума путем цифровой фильтрации. Апертурные искажения определяют относительный уровень увеличения шума в высокочастотной части спектра ТВС.

С учетом вида апертурной характеристики (АХ) определена необходимая степень усреднения отсчетов, обеспечивающая требуемое отношение сигнал/шум. Максимум второй производной определяет начало среза АХ как фильтра низких частот. Показано, что частота 1,9 МГц ограничивает участок полосы пропускания фильтра при подавлении шумов. Таким образом, именно в диапазоне $f > 1,9$ МГц возникает падение отношения сигнал/шум в ТВ сигнале по отношению к его максимальному значению в диапазоне от 50 до $1,9 \cdot 10^6$ Гц. Это дает основу для ограничения диапазона усреднения отсчетов, например, в горизонтальном направлении полосой частот $50 - 1,5 \cdot 10^6$ Гц. Частота следования отсчетов выбрана в 2,25 раза больше – 3,375 МГц. Следовательно, количество отсчетов, которые формируют усреднением информационного сигнала во внутрикадровом пространстве определяется матрицей в 4×4 элемента. Соответственно при формировании каждого информационного отсчета используется 16 исходных отсчетов. Практически имеет место низкочастотная пространственная фильтрация отсчетов контролируемого изображения в соответствии с импульсной характеристикой цифрового фильтра нижних пространственных частот (ЦФНЧ). Простейший вариант реализации такого пространственного цифрового фильтра имеет место при выборе импульсной характеристики (ИХ) прямоугольного вида (рис.5), которая в реальной области представлена соответствующей функцией “окна”:

$$H(x,y) = \text{rect}(x/n \cdot x_0) \cdot \text{rect}(y/k \cdot y_0),$$

Практически имеет свертка ИХ пространственного фильтра низких частот (ПФНЧ) с сигналом изображения $F(x, y)$ (в пространственном представлении изображения):

$$F_{\text{нч}}(x, y) = \text{rect}(x/a) \cdot \text{rect}(y/b) \otimes F(x, y),$$

Соответственно в спектральной области (в области пространственных частот) для каждого отсчета на выходе фильтра имеет место произведение спектров пространственной импульсной характеристики (ПИХ) и спектра сигнала изображения:

$$S_{\text{нч}}(\omega_x, \omega_y) = \frac{ab \sin \frac{\omega_x a}{2}}{\frac{\omega_x a}{2}} \cdot \frac{\sin \frac{\omega_y b}{2}}{\frac{\omega_y b}{2}} S_{F(x,y)}(\omega_x, \omega_y), \quad (4)$$

где a, b – размеры прямоугольника в горизонтальном и вертикальном направлениях по растру.

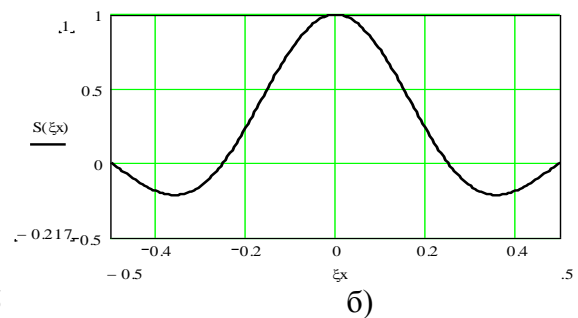
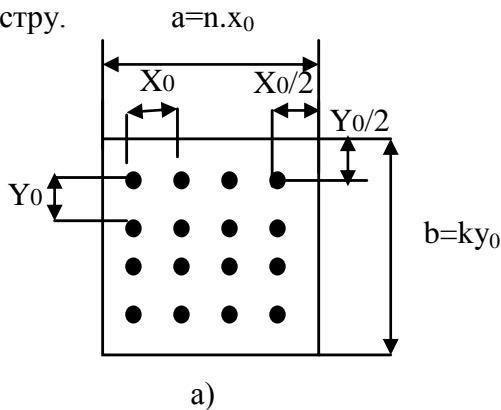


Рис.5

Рис 5. Расположение отсчетов внутри “ окна ” прямоугольного формы (а) и сечение относительного спектра прямоугольного “ окна ” в горизонтальном по растру направлении (б).

При этом осуществляется усреднение информационных отсчетов, что отражается подавлением высокочастотных пространственных составляющих сигнала (ВЧПС) изображения и сигнала шума. Затем сигнал подвергают субдискретизации с более низкой частотой.

Однако в видеотрактах возникают шумовые воздействия и в области низких частот: сетевые помехи, промышленные, низкочастотные помехи, нестабильности и др. С другой стороны возникают и фоновые изменения освещенности из-за, например, быстро-временных изменений погодных условий, нестабильности освещения контролируемых объектов и т.д. Все это обуславливает целесообразность подавления также составляющих и области низких пространственных частот (НЧПС), что, в конечном итоге, дает снижение количества (или средней плотности) ложных тревог. Необходимое подавление составляющих НЧПС должно быть обеспечено структурой

характеристик передачи соответствующего цифрового фильтра. Это подавление отражается увеличением относительного уровня сигнала изменений пространственной структуры изображения и соответственно приводит к возрастанию чувствительности устройств обнаружения сигнала изменений.

Необходимое подавление НЧПС и ВЧПС может быть реализовано при формировании каждого отдельного отсчета по следующему алгоритму:

- Формируют усредненный отсчет, соответствующий малоразмерной матрице видеоинформации.

- Формируют отсчет, соответствующий матрице усреднения с относительно увеличенной размерностью.

- Обеспечивают относительную весовую нормировку усредненных отсчетов.

- Вычитают из усредненного отсчета, соответствующего малоразмерной матрице, отсчет от матрицы с увеличенной размерностью.

В результате имеет место интегрально-дифференциальная обработка каждого выделенного отсчета, совокупность которых используется в последующем для формирования базового информационного сигнала.

Исключение ВЧПС сигнала изображения и шума при формировании сигнала “нарушений” реализуется за счет низкочастотной пространственной фильтрации ТВС, что отражается нежелательным увеличением минимальных пространственных размеров объектов, изменения которых могут обнаруживаться в системе видеоконтроля как “нарушения”. Сохранение влияния ВЧПС возможно при использовании, например, ступенчатой обработки сигнала изображения. Указанная обработка реализуется на основе предложенного алгоритма формирования информационных отсчетов во внутрикадровом пространстве для СТКО. При этом формирование усредненного отсчета, соответствующего малоразмерной матрице видеоинформации, осуществляют суммированием результатов параллельного усреднения информационных отсчетов в пределах матриц 2×2 , 4×4 , 6×6 , 8×8 элементов. Весовым суммированием результатов усреднения в четырех указанных матрицах получают общий отсчет. Формируют также отсчет НЧПС, соответствующий матрице усреднения с относительно увеличенной размерностью. Рассмотрены варианты формирования отсчетов НЧПС с использованием матриц с размерностью 16×16 и 32×32 элементов, т.е. с общим количеством элементов – 256 и 1024.

Использование расчетных весовых коэффициентов позволяет изменять структуру аппроксимации импульсной частотной характеристики фильтра ПЧ таким

образом, чтобы уменьшить колебания результирующего спектра. При обеспечении весовой нормировки усредняющих матриц (объем малоразмерной матрицы равен объему матрицы формирования отсчетов НЧПС увеличенной размерности) из усредненного отсчета, соответствующего малоразмерной матрице, вычитается отсчет от матрицы с увеличенной размерностью.

Результирующая характеристики передачи пространственного цифрового фильтра определяется следующим образом :

- сигнал в реальной области:

$$F_{\text{нч}}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = A_0 \text{rect}(\mathbf{x}/a_0) \cdot \text{rect}(\mathbf{y}/b_0) \otimes F(\mathbf{x}, \mathbf{y}) + A_1 \text{rect}(\mathbf{x}/a_1) \cdot \text{rect}(\mathbf{y}/b_1) \otimes F(\mathbf{x}, \mathbf{y}) + A_2 \cdot \text{rect}(\mathbf{x}/a_2) \cdot \text{rect}(\mathbf{y}/b_2) \otimes F(\mathbf{x}, \mathbf{y}) + A_3 \cdot \text{rect}(\mathbf{x}/a_3) \cdot \text{rect}(\mathbf{y}/b_3) \otimes F(\mathbf{x}, \mathbf{y}) - A_4 \cdot \text{rect}(\mathbf{x}/a_4) \cdot \text{rect}(\mathbf{y}/b_4) \otimes F(\mathbf{x}, \mathbf{y}),$$

- спектр результирующего сигнала :

$$K_{\text{нч}}(\omega_x, \omega_y) = \frac{a_0 \cdot b_0 \cdot A_0 \sin \frac{\omega_x \cdot a_0}{2} \sin \frac{\omega_y \cdot b_0}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_0}{2} \cdot \frac{\omega_y \cdot b_0}{2}} \cdot S_{F(\mathbf{x}, \mathbf{y})}(\omega_x, \omega_y) + \frac{a_1 \cdot b_1 \cdot A_1 \sin \frac{\omega_x \cdot a_1}{2} \sin \frac{\omega_y \cdot b_1}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_1}{2} \cdot \frac{\omega_y \cdot b_1}{2}} \cdot S_{F(\mathbf{x}, \mathbf{y})}(\omega_x, \omega_y) + \frac{a_2 \cdot b_2 \cdot A_2 \sin \frac{\omega_x \cdot a_2}{2} \sin \frac{\omega_y \cdot b_2}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_2}{2} \cdot \frac{\omega_y \cdot b_2}{2}} \cdot S_{F(\mathbf{x}, \mathbf{y})}(\omega_x, \omega_y) + \frac{a_3 \cdot b_3 \cdot A_3 \sin \frac{\omega_x \cdot a_3}{2} \sin \frac{\omega_y \cdot b_3}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_3}{2} \cdot \frac{\omega_y \cdot b_3}{2}} \cdot S_{F(\mathbf{x}, \mathbf{y})}(\omega_x, \omega_y) - \frac{a_4 \cdot b_4 \cdot A_4 \sin \frac{\omega_x \cdot a_4}{2} \sin \frac{\omega_y \cdot b_4}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_4}{2} \cdot \frac{\omega_y \cdot b_4}{2}} \cdot S_{F(\mathbf{x}, \mathbf{y})}(\omega_x, \omega_y),$$

где $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$ – размеры (длина и ширина прямоугольников)

A_0, A_1, A_2, A_3, A_4 - весовые коэффициенты,

ω_x, ω_y – пространственные частоты, $\omega_x = 2\pi f_x$, $\omega_y = 2\pi f_y$.

В случае, когда воздействие (δ -функция) имеет

спектр ≈ 1 , то спектр сформированных низкочастотных составляющих объекта ВК

$F_{\text{нч}}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ в горизонтальном направлении по растру $K_{\text{нч}}(\omega_x, 0)$ фактически определяет соответствующий коэффициент передачи пространственного фильтра:

$$K_{\text{нч}}(\omega_x, 0) = \frac{a_0 \cdot b_0 \cdot A_0 \sin \frac{\omega_x \cdot a_0}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_0}{2}} + \frac{a_1 \cdot b_1 \cdot A_1 \sin \frac{\omega_x \cdot a_1}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_1}{2}} + \frac{a_2 \cdot b_2 \cdot A_2 \sin \frac{\omega_x \cdot a_2}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_2}{2}} + \frac{a_3 \cdot b_3 \cdot A_3 \sin \frac{\omega_x \cdot a_3}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_3}{2}} - \frac{a_4 \cdot b_4 \cdot A_4 \sin \frac{\omega_x \cdot a_4}{2}}{\frac{\omega_x \cdot a_4}{2}}.$$

Если x_0, y_0 – периоды дискретизации во внутрикадровом пространстве по вертикали и по горизонтали, то

$$x_0 = 1 / f_{x_0}, \quad y_0 = 1 / f_{y_0},$$

$\xi_x = f_x / f_{x_0}$, $\xi_y = f_y / f_{y_0}$ – компоненты относительных пространственных частот, характеризуемые отношением текущих частот f_x, f_y к частотам дискретизации по строкам f_{x_0} и кадрам f_{y_0} .

В результате анализа определены конкретные параметры характеристики передачи интегрально-дифференциального пространственного цифрового фильтра, сечение которого ($\xi_{y_0} = 0$) имеет следующий вид:

$$K4(\xi_x, 0) = 0,3 \frac{\sin 2\pi\xi_x}{2\pi\xi_x} + 0,46 \frac{\sin 4\pi\xi_x}{4\pi\xi_x} + 0,22 \frac{\sin 6\pi\xi_x}{6\pi\xi_x} + 0,02 \frac{\sin 8\pi\xi_x}{8\pi\xi_x} - \frac{\sin 32\pi\xi_x}{32\pi\xi_x} \quad (5)$$

Общая структура расположения информационных отсчетов интегрально-дифференциального цифрового фильтра и расчетные характеристики передачи цифрового фильтра представлены на рис ба,б,в.

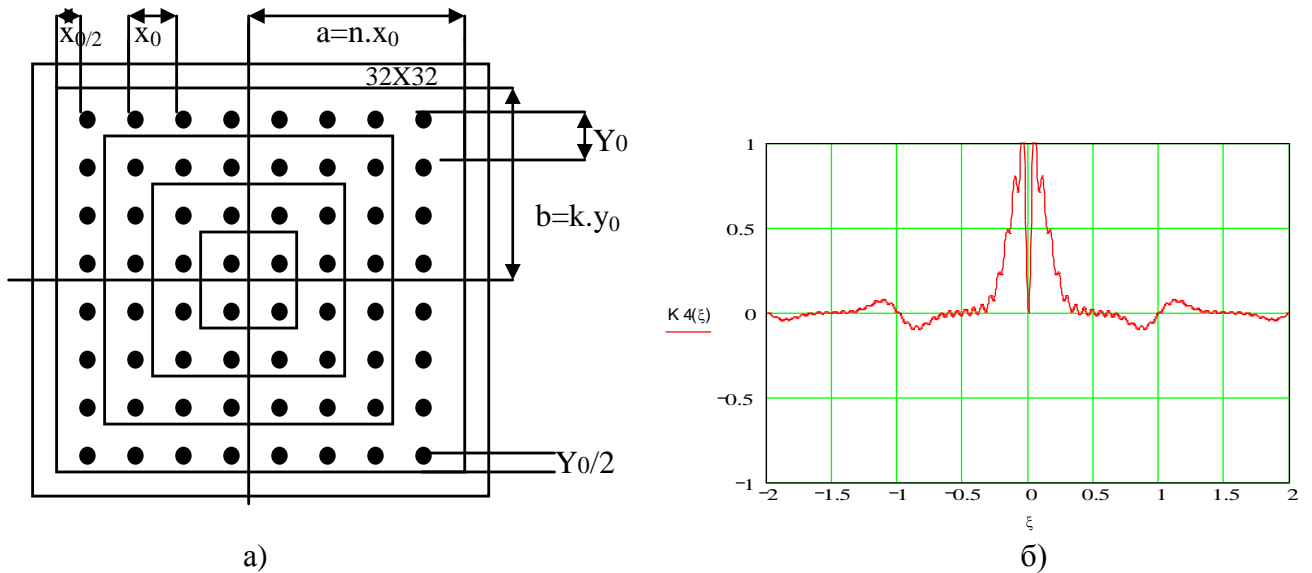


Рис.6 Общая структура расположения информационных отсчетов (а), сечение коэффициента передачи при $\xi_{y_0} = 0$ (б), функция коэффициента передачи пространственного цифрового фильтра (в).

По результатам анализа сделан вывод о том, что при увеличении размерности матриц, используемых при формировании отсчетов НЧПС, уменьшаются колебания коэффициента передачи в области относительно высоких пространственных частот. Однако дальнейшее увеличение размерности матрицы формирования НЧПС отсчетов нецелесообразно из-за возможности проникновения искажений фонового типа в рабочий сигнал. Причем спектр рабочего сигнала в основном определяется размерами воздействия, реализующего “нарушения”. При относительно больших в пространстве растра размерах объекта, реализующего “нарушения,” алгоритм подавления фоновых искажений может быть скорректирован за счет сужения области НЧ режекции. В данном случае “нарушения” обнаруживаются в особых точках самого объекта.

В результате дифференциальной обработки по предложенному алгоритму удалось эффективно подавить фоновые изменения объекта контроля. При этом в характеристике результирующего спектра в основном подавлены выбросы. Смежные выбросы разнополярны, что обеспечивает их взаимокompенсацию и относится к преимуществам разработанного варианта пространственной фильтрации, т.к. сужение эквивалентной полосы пространственного фильтра отражается увеличением чувствительности системы видеоконтроля объектов.

В четвертом разделе второй главы рассмотрены методы формирования сигналов “нарушение” в СТКО. Формирование реализуется за счет сравнительной оценки ТВС, соответствующих, например, текущему и предыдущему кадрам. При этом самый простейший вариант реализуется за счет вычитания текущего и предшествующего кадров. Выявлен существенный недостаток такого варианта, заключающийся в падении чувствительности к медленно-временным изменениям уровня видеоинформационных сигналов. Последнее связано с отсутствием накопления разностного сигнала по межкадровому направлению, что приводит к резкому снижению уровня сигнала изменений (“нарушений”). Практически при медленном движении имеет место уменьшения протяженности участков нарушения в пространстве. Из-за интегрирования в пространственной области возникает сопутствующее снижение амплитуды разностного сигнала. Амплитуда сигнала “нарушений” в данном случае может недопустимо снизиться до “подпорогового” значения. При этом возникает пропуск “нарушения”. В связи с этим используется вариант видеоконтроля с эталонным изображением, которое запоминается и сравнительно редко обновляется. Это позволяет фиксировать и медленно движущиеся объекты. Сигнал управления формируется за счет вычитания сигналов текущего кадра и эталонного. Использование этого метода формирования обеспечивает

обнаружение “ нарушений ” в пределах охраняемой зоны вне зависимости от скорости перемещения объектов. Главным отличием данного варианта, является возможность накопления сигнала межкадровой разности с увеличением степени низкочастотной пространственной фильтрации (НЧПФ), что особо важно при функционировании системы ВК в условиях низкой освещенности.

В третьей главе «Разработка функциональных элементов и устройства телевизионного контроля объектов» разработано устройство формирования аналогового ТВС на входе интегральной схемы АЦП.

Рассмотрены особенности распределения информационных отсчетов в пространстве ВК объектов. При распределении информационных отсчетов в пространстве ВК объектов целесообразно использовать метод сокращения избыточности ТВ сигнала, основанный на принципе выборочной фиксации отсчетов сигнала изображения объекта . При этом структура дискретизированных отсчетов меняется в зависимости от свойств изображения, т.е. осуществляется адаптивное изменение структуры отсчетов при ВК объектов различного типа. Сущность метода заключается в правильном выборе месторасположения отсчетов, т.е. комплекса архивируемых отсчетов с тем, чтобы использовать минимальное число отсчетов (на ТВ кадр) для ВК объектов с заданной эффективностью. При этом обеспечивается возможность регулировки (автоматически или вручную) параметров распределения отсчетов в системе охранного телевидения при контроле частного объекта.

Определение месторасположения отсчетов, т.е. комплекса архивируемых отсчетов, осуществляется с помощью двух дискретных двумерных фильтров с соответствующими импульсными откликами. Одним из вариантов реализации таких фильтров является последовательное скользящее суммирование отсчетов в пределах матрицы $M \times N$ элементов по строкам и в последовательности строк. Соответственно каждый отсчет получают за счет свертки исходного ТВС и ИХ фильтра

$$g_{\phi 1}(m_{x0}, n_{y0}):$$

$$F_{\text{ВЫХ}}(i_{x0}, j_{y0}) = F(i_{x0}, j_{y0}) \otimes g_{\phi 1}(m_{x0}, n_{y0}),$$

где $F(i_{x0}, j_{y0})$ - входной дискретный видеосигнал,

$$g_{\phi 1}(m_{x0}, n_{y0}) = \sum_{m=-a}^a \sum_{n=-b}^b \delta(x - m_{x0})\delta(y - n_{y0}) \quad \text{- импульсная характеристика фильтра,}$$

$2a, 2b$ – размеры ИХ фильтра по горизонтали и вертикали.

x_0, y_0 - периоды дискретизации в горизонтальном и вертикальном направлениях

В результате трехкратной свертки $F(i_{x0}, j_{y0})$ с пространственной импульсной характеристикой фильтра $g_{\phi 1}(m_{x0}, n_{y0})$ реализована пространственная низкочастотная фильтрация с уменьшенным уровнем колебаний коэффициента передачи в полосе пропускания:

$$F_{\text{ВЫХ}}(i_{x0}, j_{y0}) = (((F(i_{x0}, j_{y0}) \otimes g_{\phi 1}(m_{x0}, n_{y0})) \otimes g_{\phi 1}(m_{x0}, n_{y0})) \otimes g_{\phi 1}(m_{x0}, n_{y0})).$$

При однократной свертке коэффициент передачи фильтра фактически определяется спектром импульсной характеристики $S_{\phi 1}(\omega_x, \omega_y)$.

Если, например, спектр исходного воздействия $S_v(\omega_x, \omega_y) \approx 1$, то коэффициент передачи фильтра

$$K_{\phi 1}(\omega_x, \omega_y) = S_{\phi 1}(\omega_x, \omega_y) / S_v(\omega_x, \omega_y) = S_{\phi 1}(\omega_x, \omega_y) / 1 = S_{\phi 1}(\omega_x, \omega_y).$$

Для случае трехкратной свертки:

$$K_{\phi 3}(\omega_x, \omega_y) = K_{\phi 1}^3(\omega_x, \omega_y) = S_{\phi 1}^3(\omega_x, \omega_y) \quad \text{при НЧ фильтрации} \quad (6)$$

Полученные отсчеты вычитаются из исходных. В результате формируется сигнал разности.

Показано, что оптимальный размер матрицы суммирования для первичного фильтра является 7×7 .

Рекомендуемая структура маски суммирования для второго фильтра показана на рис.7.

$$\begin{bmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

Рис.7 Структура маски суммирования.

Выбор структуры распределение отсчетов сделан на основе учета характеристик конкретных изображений.

Сигнал с выхода второго фильтра детектируется, интегрируется и сравнивается с пороговым уровнем. Превышение порогового уровня определяет сигнал управления, в соответствии с которым реализуется распределение отсчетов.

На основе полученных результатов анализа и предложенных методов формирования сигнала было разработано конкретное устройство формирования сигналов управления и видеоконтроля для ТВ системы охраны объектов.

В четвертой главе приводятся результаты экспериментального исследования разработанных методов элементов и устройства телевизионного видеоконтроля объектов (в виде фотографий). Здесь, в частности, приведены результаты всех этапов обработки ТВ изображения в разных блоках устройства видеоконтроля, полученные

моделированием на ЭВМ. Программа обработки введенного со сканера изображения написана на языке Delphi5.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В приложении представлены листинги программы обработки ТВ изображения и акты о внедрении результатов диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. Проведен анализ основных особенностей функционирования, параметров и характеристик современных телевизионных камер для аппаратуры видеоконтроля объектов.
2. Определена специфика формирования цифрового телевизионного сигнала в системах видеоконтроля объектов.
3. Проведен сопоставительный анализ современных телевизионных систем охраны объектов
4. Исследованы характеристики воздействия на оператора пространственных и временных помех коммутации сигналов изображений в современных системах видеоконтроля объектов.
5. Разработан алгоритм и проведено исследование методов формирования информационных сигналов во внутрикадровом пространстве для системы телевизионного контроля объектов.
6. Разработана методика распределения информационных отсчетов в пространстве видеоконтроля объектов.
7. Разработано устройство формирования сигналов управления и видеоконтроля для ТВ системы охраны объектов.
8. Представлены результаты экспериментального исследования разработанных методов и устройства видеоконтроля объектов.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Сами Мохамед Ахмед Гараши. Формирования цифрового телевизионного сигнала в системах видеоконтроля объектов. // Депонирована в ЦНТИ «Информсвязь» № 2140, св. 99 от 27.04.1999г., с.126-139.
2. Безруков В.Н., А. М. Эльбашир, Сами Мохамед Ахмед Гараши . Формирование информационных отсчетов во внутрикадровом пространстве для системы охранного телевидения//Депонирована в ЦНТИ «Информсвязь» № 2190, св. 2001 от 22.05.2001, с. 79-97. – Соавт.: Безруков В.Н., А.М.Эльбашир.
3. Сами Мохамед Ахмед Гараши, А.М.Эльбашир. Особенности функционирования и характеристики современных камер для аппаратуры видеоконтроля

объектов//Депонирована в ЦНТИ «Информсвязь» № 2190, св. 2001 от 22.05.2001, с. 129-154. – Соавт.: А.М.Эльбашир.

4. Сами Мохамед Ахмед Гараши. Особенности формирования цифрового телевизионного сигнала в системах видеоконтроля объектов. //Тез.докл.,НТК Профессорско-преподавательского,научного и инженерно-технического состава МТУСИ. – Москва, 1999г.

5. Сами Мохамед Ахмед Гараши. Ограничение протяженности пространственного и временного спектра сигнала в системах видеоконтроля объектов.//Тез.докл.,НТК Профессорско-преподавательского,научного и инженерно-технического состава МТУСИ. – Москва, 2000г.

6. Сами Мохамед Ахмед Гараши. Современные датчики ТВ сигнала для систем видеоконтроля объектов.//Тез.докл.,НТК Профессорско-преподавательского,научного и инженерно-технического состава МТУСИ. – Москва, 2001г.

7. Сами Мохамед Ахмед Гараши. Влияние пространственных биений структуры матрицы ПЗС и объектов на эффективность обнаружения нарушений в системах охранного телевидения.//Тез.докл.,НТК Профессорско-преподавательского,научного и инженерно-технического состава МТУСИ. – Москва, 2001г.

8. Сами Мохамед Ахмед Гараши. Методы формирования информационного сигнала в системах охранного телевидения .//Тез.докл.,НТК Профессорско-преподавательского,научного и инженерно-технического состава МТУСИ.–Москва, 2001г.

9. Безруков В.Н., Сами Мохамед Ахмед Гараши, А. М. Эльбашир. Линейные и нелинейные пространственно-временные преобразования сигнала изображений в охранных системах телевизионного контроля объектов. //Тез.докл.,НТК Профессорско-преподавательского,научного и инженерно-технического состава МТУСИ. – Москва, 2001г.

