

На правах рукописи

Власюк Игорь Викторович

МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ СИГНАЛОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ
ПРИКЛАДНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Специальность 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства
телевидения»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2007

Работа выполнена в Московском техническом университете связи и информатики.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор Безруков Вадим Николаевич

Официальные оппоненты: Лауреат Государственной и Ленинской премий,
доктор технических наук,
профессор Селиванов Арнольд Сергеевич

кандидат технических наук,
Ульянкин Сергей Викторович

Ведущее предприятие: Открытое акционерное общество
«Всероссийский научно-исследовательский
институт телевидения и радиовещания»
(ОАО ВНИИТР)

Защита состоится 22 марта 2007 г. в 15 ч. на заседании диссертационного совета К219.001.02 в Московском техническом университете связи и информатики по адресу: 111024, Москва, ул. Авиамоторная, д. 8а, ауд. А-455.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского технического университета связи и информатики.

Автореферат разослан " ____ " _____ 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Матвеева О. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одно из важнейших направлений развития цифровых систем прикладного телевидения связано с созданием в настоящее время систем комплексной безопасности объектов, интегрирующих в своей структуре контроль разнородных составляющих, свойственных локальному или общему «нарушению» в пространстве, например, видеоконтроля. При этом должна быть обеспечена возможность адаптивной перестройки характеристик системы, обеспечивающая не только выявление «нарушений», но и классификацию объекта, являющегося его причиной. Сопоставление «нарушителя» с имеющимися архивными данными позволяет управлять реакцией системы комплексного контроля и безопасности объектов (СКБО) на данное конкретное нарушение. Поэтому одной из основных задач является селекция заданных составляющих видеоинформации и формированием соответствующих сигналов, позволяющих принять необходимое решение. С учётом многомерности контролируемого пространства (аргументы: время t , пространственные координаты x, y , глубина по оси оптического отображения z , длина волны электромагнитного излучения λ ,) имеется значительное многообразие параметров и характеристик, позволяющих реализовать полноценное описание данного объекта.

Задачей реальной системы СКБО является селекция ограниченного числа параметров и характеристик классификации объекта. Дальнейшее наращивание данного числа параметров должно обеспечивать опознавание в пределах конкретной классификации. Однако современные системы СКБО обычно работают в режиме интегрального выявления нарушения в контролируемом информационном пространстве. Опознавание объекта, являющегося причиной нарушения реализуется уже с привлечением оператора. Нарастание числа ложных тревог приводит к его утомляемости, что в последующем может привести в системе СКБО к игнорированию даже чрезвычайных нарушений. Поэтому важно последовательно вводить в систему СКБО элементы опознавания «нарушений» с соответствующей обработкой сигнала по указанным выше направлениям видеоинформационного пространства. Соответственно, важными параметрами в реальных условиях являются размеры объекта-причины «нарушения», цвет, скорость перемещения, параметры формы и т.д. При их совокупном контроле должна проводиться ранговая оценка

контролируемой ситуации с установлением приоритетов и с учетом специфики видеоинформационного пространства, что снижает степень утомления оператора и, соответственно, увеличивается эффективность функционирования реальной системы СКБО.

В связи с изложенным, актуальной в настоящее время является разработка взаимно сопряженных методов адаптивного контроля информационных параметров и характеристик сигналов объектов в системах прикладного телевидения, которые обеспечивают независимый контроль разнородных параметров и характеристик объекта-причины «нарушения» с интегральным принятием решения по результатам их контроля.

Настоящая диссертационная работа в основном ориентирована на телевизионную часть СКБО, хотя полученные в ней результаты могут быть использованы при решении других задач в области прикладного телевидения, систем машинного зрения, при реализации межкадрового сжатия изображений (определение вектора движения) и др.

Цель работы. Целью настоящей диссертационной работы является исследование и разработка методов адаптивного контроля информационных параметров и характеристик сигналов объектов в СКБО и разработка устройств для их реализации.

Для достижения поставленной цели решены следующие научно-практические задачи:

1. Проведён анализ основных характеристик и параметров датчиков сигналов телевизионных изображений (ДТВС), степени влияния различных параметров на качество работы системы СКБО.

2. Разработан и экспериментально исследован метод контроля частотно-контрастных характеристик (ЧКХ) ДТВС, приведены и проанализированы результаты измерения указанным методом ЧКХ различных современных ДТВС.

3. Реализована численная оценка степени снижения контраста сигналов изображений объектов на краях раstra, обусловленная мультипликативными искажениями внутрикадровой структуры сигналов изображений в преобразователях «свет-сигнал» (ПСС).

4. Предложен метод относительной оценки пространственных характеристик ДТВС с введением параметра: «эквивалентная протяженность пространственной импульсной характеристики (ПИХ)».

5. Исследована степень влияния на оператора коммутационной помехи в зависимости от изменения частоты коммутации для случая последовательного периодического видеоконтроля нескольких изображений.

6. Проведён анализ функционирования устройств формирования сигналов управления для ТВ систем безопасности объектов с эталонной памятью.

7. Разработаны метод и устройство (устройство 1) селекции нарушений с относительной пороговой оценкой специфики структуры сигнала изображений в пределах дискретных фрагментов.

8. Разработаны метод и устройство (устройство 2) селекции нарушений с преобразованием структуры пространственного спектра сигналов изображений.

9. Разработаны метод и устройство (устройство 3) селекции «нарушений» с опознаванием структуры изображений в пределах дискретных фрагментов.

10. Проведено экспериментальное исследование методов по п.п. 7-9 в различных условиях функционирования.

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

Научная новизна работы. Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Проведен анализ степени влияния основных параметров и характеристик ДТВС на работу СКБО, введен интегральный параметр для оценки пространственной импульсной характеристики ДТВС – эквивалентная протяженность ПИХ.

2. Предложен метод контроля сквозной частотно-контрастной характеристики ДТВС.

3. Разработан метод селекции нарушений с относительной пороговой оценкой специфики структуры сигнала изображений в пределах дискретных фрагментов и устройство для его реализации.

4. Разработан метод селекции нарушений с преобразованием структуры пространственного спектра сигналов изображений в системах видеоконтроля объектов и устройство для его реализации.

5. Разработан метод селекции нарушений с опознаванием структуры изображений в пределах дискретных фрагментов и устройство для его реализации.

Практическая ценность:

1. Разработан и экспериментально исследован метод контроля частотно-контрастных характеристик ДТВС, выполнены измерения и сопоставление с его использованием характеристик различных современных ДТВС, позволяющие осуществить выбор для конкретной СКБО соответствующий тип ДТВС и минимизировать число параметров для описания качественных показателей последнего.

2. Разработаны эффективные методы и устройства селекции нарушений: а) с относительной пороговой оценкой специфики структуры сигнала изображений в пределах дискретных фрагментов; б) с преобразованием структуры пространственного спектра сигналов изображений; в) с опознаванием структуры изображений в пределах дискретных фрагментов.

3. Выполнено экспериментальное исследование и сопоставление методов (устройств) по п.1-2 в различных условиях функционирования.

Реализация и внедрение результатов работы. Результаты работы использованы при разработке устройства контроля безопасности объекта ЗСГО Государственного унитарного предприятия Специальное пусконаладочное управление (ГУП СПНУ), при выполнении НИР в лаборатории “Цифровой обработки ТВ сигналов” научно – исследовательской части (НИЧ) МТУСИ, в учебном процессе кафедры телевидения МТУСИ.

Апробация результатов работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 25-28 октября 2005 г., научно – технических конференциях профессорско-преподавательского состава, МТУСИ, Москва, 2003-2006 г.г.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 15 научных работ.

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

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа основных характеристик и параметров датчиков сигналов ТВ изображений и степени влияния различных параметров на качество работы системы СКБО.

2. Метод контроля сквозной ЧКХ ДТВС, результаты экспериментального исследования и варианты его практического использования.

3. Методы селекции нарушений с относительной пороговой оценкой специфики структуры сигнала изображений в пределах дискретных фрагментов.

4. Метод селекции нарушений с опознаванием структуры изображений в пределах дискретных фрагментов.

5. Устройства для реализации разработанных методов селекции нарушений для СКБО.

6. Результаты программного моделирования разработанных методов и сравнения их по эффективности.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Работа изложена на 196 страницах машинописного текста. Список литературы включает 95 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 «Пространственно-временные характеристики и параметры современных преобразователей свет-сигнал» конкретизированы основные параметры датчиков ТВС на твердотельных ПСС и анализируется степень их влияния на качество работы систем прикладного телевидения. При этом выявлены существенные параметры и характеристики, влияющие на качество работы, прежде всего, систем с

опознаванием структурных составляющих контролируемых объектов в нормальных условиях (достаточный уровень освещенности, отсутствие мешающих засветок и т.д.). К ним следует отнести в первую очередь интегральную чувствительность и пространственные характеристики твердотельных преобразователей свет-сигнал, которые достаточно полно определяются сквозной пространственной частотно-контрастной характеристикой (ЧКХ), являющейся функцией координат на плоскости светочувствительной матрицы и пространственных частот воздействия.

В содержании данной главы реализован также аналитический обзор современных методов контрастирования при выделении структурных элементов изображений, результаты которого используются в последующих главах работы. С учётом специфики функционирования современных СКБО, где одним видеосервером обрабатываются сигналы нескольких источников ТВС, рекомендовано использовать линейные методы контрастирования и выделение структурных элементов на основе ортогональной интегрально-дифференциальной обработки с последующей пороговой оценкой. Указанные рекомендации соответствуют получению минимальной вычислительной сложности обработки при сравнительно высоком качестве селекции.

С учётом сложности реализации используемых в настоящее время субъективных методов оценки сквозной пространственной ЧКХ ДТВС предложен новый метод, позволяющий не только повысить точность измерений, но и осуществлять контроль заданных сечений соответствующей двумерной функции.

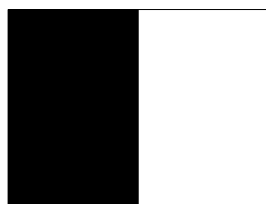


Рис. 1. Тестовое изображение

Перед ДТВС в данном случае, в плоскости его фокусировки, устанавливается тестовое изображение (ТИ), показанное на рис. 1, таким образом, что граница раздела областей яркости ортогональна направлению, в котором контролируется ЧКХ. После аналого-цифрового преобразования последовательность значений отсчетов в строке контролируемого направления (например, вертикального, горизонтального, диагонального) матрицы отсчетов кадра, пропорциональная переходной характеристике датчика, может быть проконтролирована непосредственно и представлена в виде графика либо с помощью необходимых математических преобразований (усреднение соседних строк, дифференцирование, интерполяция,

преобразование в частотную область) представлена в частотной области виде сечения сквозной ЧКХ.

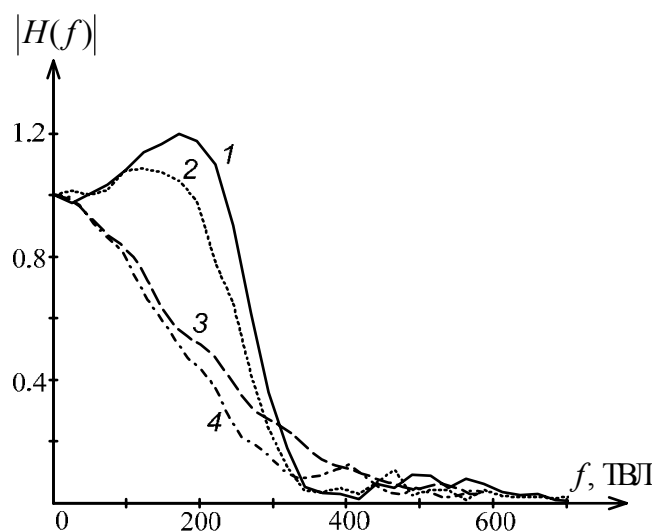


Рис. 2. Сечения измеренной ЧКХ ДТВС в различных направлениях по растру

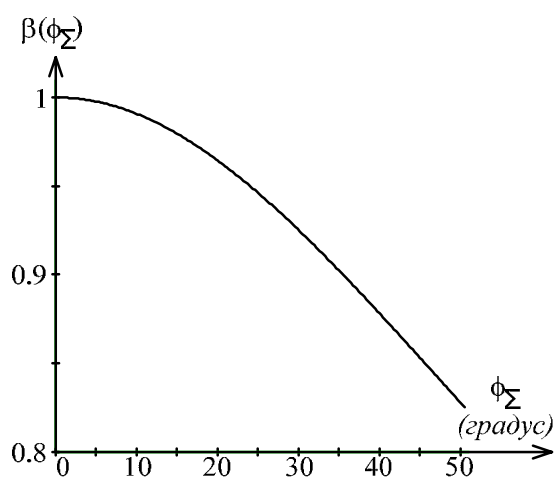


Рис. 3. Изменение величины мультипликативных искажений в зависимости от угла зрения ДТВС

Пример результата практического использования данного метода – горизонтальное (1,2) и вертикальное (3,4) сечения модуля сквозной частотно-контрастной характеристики в центре (1,3) и на краю (2,4) раstra приведен на рис. 2. Поскольку измерялись параметры ДТВС различных типов, их усредненные значения используются в последующих главах при разработке методов селекции сигналов «нарушений».

В первой главе работы также рассматривается специфика мультипликативных искажений внутрикадровой структуры сигналов изображений преобразователей «свет-сигнал» систем прикладного телевидения, искажения данного типа могут превышать в реальных ДТВС величину 20%, что приводит к искажениям на крупных объектах в пространстве ВК, а движущиеся объекты меняют свою контрастность, что в некоторых условиях приводит к ошибкам опознавания и формирования сигнала тревоги. Проанализированы причины возникновения искажений указанного типа. Для случая ортогонального контроля получено соотношение, конкретизирующее изменения мультипликативных искажений в пределах внутрикадрового пространства и, соответственно, условия их компенсации. Указанные выражения являются приближенными, погрешность расчетов возрастает с увеличением угла зрения ДТВС, достигая 1% при 130°. Графически полученный результат представлен на рис. 3.

Оптическая система ДТВС вносит существенный вклад в качество сигнала изображения, особенно в системах прикладного телевидения, где требования к габаритам ОС не позволяют реализовать приемлемые параметры по качеству проецирования. Фактически пространственные характеристики ОС определяются протяженностью и формой ее ПИХ. Однако целесообразно описывать качество ОС и датчика в целом не многомерной характеристикой, а одним параметром, эквивалентной протяженностью ПИХ, для определения которого предлагается следующий алгоритм:

1. Вычисляют функции модуля первой и более высокого порядка производных от формы одномерного сечения ПИХ по данному направлению.

2. Полученную по п. 1 функцию первой производной разделяют, с учётом специфики изменений уровня производных более высокого порядка в пределах амплитудного диапазона (местоположения точек максимумов, нулей, перегиба), на элементарные смежные участки, отличающиеся друг от друга в её общей структуре по параметрам изменения в их пределах формы и протяжённости.

3. Форму сечения ПИХ по данному направлению разделяют на участки, соответствующие результату п. 2 и вычисляют площадь каждого из таких участков S_i .

4. С учетом полученных в п. 2 значений производных, а также сохранения площади и амплитуды участков, осуществляют последовательную (по смежным участкам) ступенчатую аппроксимацию формы сечения ПИХ и определяют протяжённость (по оси абсцисс) каждой из ступеней.

5. С использованием всех полученных значений протяжённости определяют эквивалентные протяжённость и амплитуду ступенчатой аппроксимации сечения ПИХ данной формы в соответствии с выражениями:

$$L_{E0} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_0} l_i = \frac{S_1}{S_0} l_1 + \frac{S_2}{S_0} l_2 + \frac{S_3}{S_0} l_3 + \dots + \frac{S_n}{S_0} l_n; \quad h_{E0} = \frac{S_0}{L_{E0}}, \quad (1)$$

где S_0 – общая площадь сечения; L_{E0} , h_{E0} – эквивалентные протяжённость и высота контролируемой ПИХ; $S_1, S_2 \dots S_i, \dots S_n$; $l_1, l_2 \dots l_i, \dots l_n$ – соответственно площади и протяжённости отдельных участков аппроксимации контролируемого сечения.

Вторая глава «Разработка методов селекции нарушений в системах комплексного контроля объектов» содержит анализ принципов построения и работы современных телевизионных систем контроля безопасности объектов. Рассмотрены

системы, в которых видеоконтроль осуществляется оператором, при этом оценено влияние на оператора так называемой коммутационной помехи, возникающей при смене изображения на экране ВКУ или последовательном контроле оператором различных изображений. Для этого рассмотрена характеристика изменения чувствительности зрения в зависимости от временной частоты и выполнена ее ступенчатая аппроксимация (для получения аналитического выражения). Аппроксимированная функция сопоставлена со спектром коммутационной помехи. В результате выработаны рекомендации для разработки новых и настройки существующих систем видеоконтроля, в частности, при последовательном ВК четырех различных объектов минимально рекомендуемый период коммутации составляет 42,0 с. При этом каждый из четырех объектов оказывается неконтролируемым оператором на время 31,5 с. Таким образом, обоснована целесообразность перехода к автоматизированным СКБО, при этом отмечено, что важнейшее значение при разработке телевизионной части таких систем имеет создание эффективных устройств селекции сигналов «нарушений» в видеоинформационном пространстве. Необходимость локализации «нарушений» в пространстве и требования к вычислительной сложности разрабатываемых методов определили целесообразность создания блочных методов. Однако разбиение изображения на блоки и формирование из них информационных отсчетов является дополнительной двумерной пространственной дискретизацией, и может вызвать соответствующие искажения, проявляющиеся в виде ложных срабатываний. Поэтому в работе выводится выражение, описывающее спектр структуры отсчетов блока для случая четного числа отсчетов по вертикали и горизонтали с учетом пространственной дискретизации, осуществляемой в ДТВС (2). Здесь a и b – относительные размеры светочувствительного элемента, n_x , n_y – число элементов в структуре по горизонтали и вертикали соответственно.

$$D_{er}(\omega_x, \omega_y) = \frac{abx_1y_1}{n_x n_y} \left(\frac{\sin\left(\frac{2n_x+1}{2}\omega_x x_1\right) \sin\left(\frac{2n_y+1}{2}\omega_y y_1\right)}{\sin\left(\frac{\omega_x x_1}{2}\right) \sin\left(\frac{\omega_y y_1}{2}\right)} - \frac{\sin((n_x+1)\omega_x x_1) \sin\left(\frac{2n_y+1}{2}\omega_y y_1\right)}{\sin(\omega_x x_1) \sin\left(\frac{\omega_y y_1}{2}\right)} - \frac{\sin\left(\frac{2n_x+1}{2}\omega_x x_1\right) \sin((n_y+1)\omega_y y_1)}{\sin\left(\frac{\omega_x x_1}{2}\right) \sin(\omega_y y_1)} + \frac{\sin((n_x+1)\omega_x x_1) \sin((n_y+1)\omega_y y_1)}{\sin(\omega_x x_1) \sin(\omega_y y_1)} \right) \operatorname{sinc}\left(\frac{ax_1\omega_x}{2}\right) \operatorname{sinc}\left(\frac{by_1\omega_y}{2}\right). \quad (2)$$

На рис. 4 показаны для структуры блока размерами 8×8 элементов (а), типичного для цифровых телевизионных систем, спектральная плотность (б), получаемая по (2), и спектральная плотность результата выборки информационного отсчета в усреднении отсчетов в пределах выбранного блока (в).

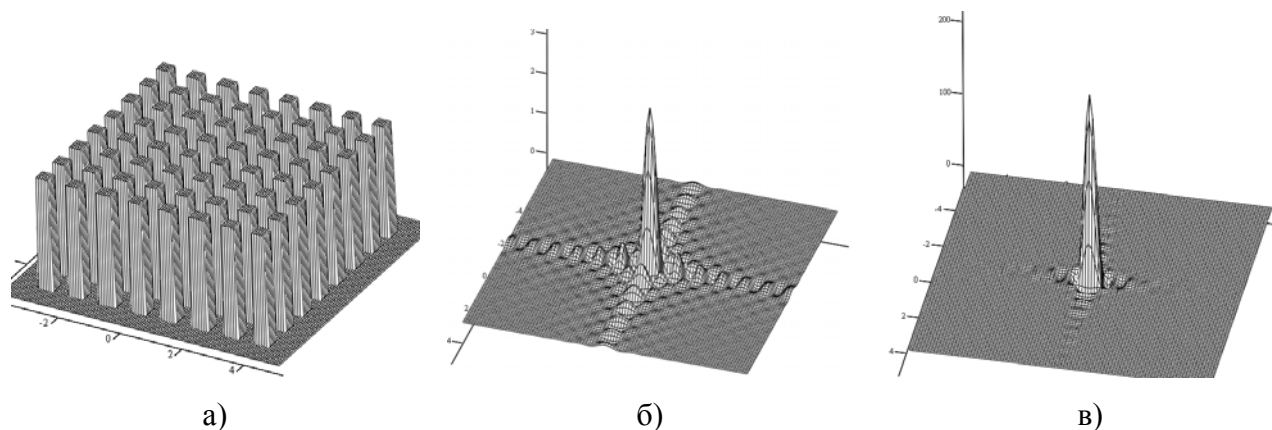


Рис. 4. Структура дискретизации в пределах блока в реальной и спектральной областях

На рис. 4б можно видеть неидеальность действия элементов в структуре светочувствительной матрицы в качестве пространственного ФНЧ, что вызывает как пространственные частотные искажения, вследствие значительной неравномерности ПАЧХ в полосе пропускания, так и искажения, связанные с невыполнением теоремы о выборках при пространственной дискретизации, проявляющиеся в виде муара на изображении.

Предложенный и разработанный метод селекции нарушений с относительной пороговой оценкой специфики структуры сигнала изображений в пределах дискретных фрагментов (первый метод) основан на формировании информационных отсчетов в пространственной области и сравнении их во временной области с эталонными значениями. Для сочетания достаточной помехоустойчивости, разрешающей способности и приемлемой вычислительной сложности было предложено формирование в пределах блоков размерами 16×16 элементов двух информационных отсчетов, формируемых из блоков пикселей 4×16 и 16×4 . Изложенный принцип формирования структуры отсчетов приведен на рис. 5.

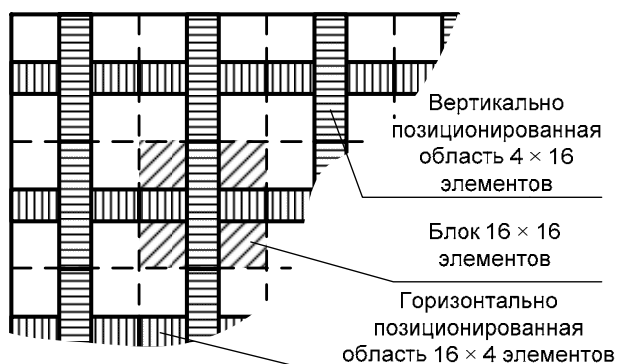


Рис. 5. Позиционирование информационных отсчетов в пространстве кадра

Протяженная часть отсчета обуславливает осуществление по соответствующему направлению низкочастотную фильтрацию изображения, обеспечивающую устранение муаровых эффектов. В связи с этим определяются требования к характеристикам фильтра и проводится аналитический обзор существующих вариантов «окон». В условиях малого числа отсчетов было принято решение получать ПИХ не за счёт ограничения функции $\text{sinc}(x)$ соответствующей функцией «окна», а непосредственным подбором функции ПИХ. По совокупности требований выбрана форма ПИХ – параболоид на цилиндрическом пьедестале (3).

$$K_k(x, y) = K_p(x, y) + K_c(x, y), \quad (3)$$

где $K_p(x, y)$ и $K_c(x, y)$ - функции параболоида и пьедестала (цилиндра) соответственно:

$$K_p(x, y) = \begin{cases} 1 - \left(\frac{x^2}{a_p^2} + \frac{y^2}{b_p^2} \right), & z \geq 0; \\ 0, & z < 0 \end{cases}; \quad K_c(x, y) = \begin{cases} k_c, & \frac{x^2}{a_c^2} + \frac{y^2}{b_c^2} \leq 1 \\ 0, & \frac{x^2}{a_c^2} + \frac{y^2}{b_c^2} > 1 \end{cases}.$$

Отдельно рассмотрены варианты параболоида на отрицательном и положительном пьедестале, с размерами пьедестала больше и меньше размеров основания усеченного параболоида. Высота и протяженность пьедестала оптимизированы по минимуму побочных лепестков модуля ПАЧХ для каждого варианта. Три оптимальных варианта ПИХ сравниваются по значению побочных максимумов и объему основного лепестка ПАЧХ. В результате выбран вариант ПИХ со следующими параметрами: $a_c/a_p = b_c/b_p = 1,3$; $k_c = 0,19$. При этом уровень побочных максимумов ПАЧХ не превышает 0,015 (рис. 6а), для случая рис. 4в. он составляет 0,086. На рис. 6б показан общий вид ПИХ с параметрами $a_c = 8$; $b_c = 2$, а на рис. 6в – спектральная плотность результирующего разностного отсчета. В ней

обеспечивается подавление низких пространственных частот и плавный спад в ВЧ-области, соответствующий характеристикам ДТВС.

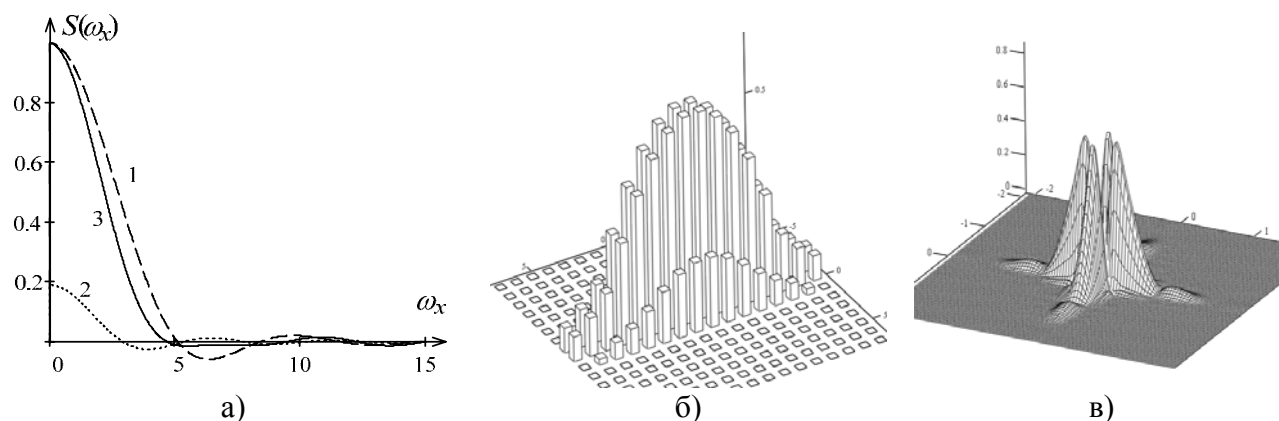


Рис. 6. Информационный отсчет. а) – половина сечения нормированного спектра: 1 – параболической функции, 2 – оптимизированного пьедестала, 3 – результирующей функции (ПАЧХ); б) – Общий вид ПИХ. в) – ПАЧХ формирования разностного отсчета

Второй метод – метод селекции нарушений с преобразованием структуры пространственного спектра сигналов изображений в системах видеоконтроля объектов основан на учете снижения значений ОСШ на выходе ДТВС при росте пространственной частоты и состоит в следующем. Диапазон входных пространственных частот разделяется на несколько (например, две) частотных полос равной ширины. Сигналы во всех высокочастотных полосах (ВЧП), кроме низкочастотной (НЧП), детектируются. Поскольку детектирование (взятие модуля) – нелинейная операция, следует подавить комбинационные пространственные частоты, что выполняется фильтром с той же характеристикой, что и для выделения НЧ-полосы. Продетектированные сигналы подвергаются пороговой обработке с целью подавления шумовой составляющей в каждой субполосе, такой, что все значения сигнала яркости ниже уровня порога приравниваются к нулю. При этом большое значение имеет выбор порогов (порога). Для определения оптимального значения порога рассматриваются основные факторы снижения ОСШ с ростом пространственной частоты - спад ЧКХ оптической системы, исследованный в главе 1, влияние размеров элемента матрицы и шумов видеотракта, определяются количественные значения и динамика их изменений с ростом пространственной частоты. Для оценки влияния последнего фактора приведена и проанализирована эквивалентная схема входного каскада видеотракта, вследствие минимального уровня сигнала данный участок видеотракта определяет его шумовые характеристики. На

основе найденной общей динамики изменения ОСШ определяются значения порогов, коэффициент анизотропии, вводимый в ПИХ фильтров для компенсации анизотропного характера изменения ОСШ. Коэффициент анизотропии для современных ДТВС среднего класса составляет $k_a = 0.907$ – на эту величину протяженность ПИХ НЧ-канала больше в горизонтальном направлении, чем в вертикальном. После пороговой обработки сигналы всех (НЧП и ВЧП) каналов могут быть суммированы. В результате получают сигнал, содержащий частоты в соответствии с частотой среза пространственного ФНЧ, которые, вместе с тем, отражают информацию о наличии интенсивных пространственных ВЧ-составляющих (в нелинейно искаженном виде). Этот сигнал может подаваться вместо ТВ сигнала изображения с выхода АЦП на устройства селекции сигналов «нарушений» без опознавания внутрикадровой структуры, что обеспечивает повышение эффективности использования составляющих пространственного спектра ТВ сигнала.

Третий разработанный метод - метод селекции нарушений с опознаванием структуры изображений в пределах дискретных фрагментов. Сущность метода состоит в разбиении исходного изображения на блоки, классификации структуры изображения в пределах каждого блока, присвоении каждому блоку некоторого значения – позиции алфавита, межкадровом сравнении присвоенных значений. При ненулевой разности формируется сигнал «нарушения» в соответствующем блоке. Предложен вариант предварительной дифференциально-интегральной обработки, рассмотрены варианты типичных структур фрагментов изображения, на основании этого предложены варианты алфавитов классификации, при этом отмечена зависимость рекомендуемого числа позиций алфавита от размеров дискретного фрагмента, обоснован размер блока для данного метода - 8×8 пикселей из соображений, в частности, приемлемого числа позиций алфавита.

В третьей главе проводится разработка устройств для реализации предложенных в работе методов селекции нарушений. Приведены синтезированные структурные схемы по каждому из методов, рассмотрено их функционирование.

Формирование информационных отсчетов в устройстве для реализации метода селекции нарушений с относительной пороговой оценкой специфики структуры сигнала изображений в пределах дискретных фрагментов осуществляется в полном соответствии с описанием в главе 2 работы. Необходимая межкадровая

преобразованиям – получается абсолютная ее величина в блоке детектирования БД, возникшие в результате нелинейной операции вычисления модуля комбинационные частоты подавляются БПНФ2, аналогичном блоку БПНФ по характеристикам, после чего сигнал подвергается пороговой обработке в пороговом устройстве (ПУ), управляемом сигналом установки порога (СУП), зависящим от уровня освещенности на объекте ВК, за счет чего подавляются шумовые составляющие. Полученный сигнал и НЧП поступают на сумматор БС. В результате пространственной низкочастотной фильтрации в обоих каналах устройства имеется возможность провести децимацию сигнала в 2 раза по вертикали и горизонтали, что реализовано в соответствующем блоке. Выходной сигнал отличается обогащенным спектром и содержит информацию об интенсивных ВЧ-составляющих, преобразованную в НЧ. Дальнейшая обработка сигнала осуществляется аналогично рассмотренному выше методу 1, либо с использованием других устройств селекции нарушений без опознавания структуры изображения.

Разработка устройства для реализации третьего метода включает в себя выбор ПИХ фильтров дифференциальной и интегральной обработки, определение значения порога, выбор алфавита классификации из числа предложенных – шестипозиционного.

Входной сигнал подвергается дифференциально-интегральной обработке параллельно в четырех направлениях. Дифференцирование осуществляется в четырех каналах в вертикальном, горизонтальном направлениях, под углами 45° и -45° градусов к горизонтали. Интегральная обработка в каждом канале осуществляется в ортогональном направлении. Далее в каждом канале осуществляется детектирование сигнала, разбиение на блоки и пороговая обработка. В результате в каждом канале каждому блоку присваивается значение «1» при превышении порога и «0» в противном случае. На основании полученных значений осуществляется классификация (рис. 9).

Пример классификации представлен на рис. 10, полученном с помощью программной модели метода. В межкадровой области проводится аналогичная описанной выше обработка.

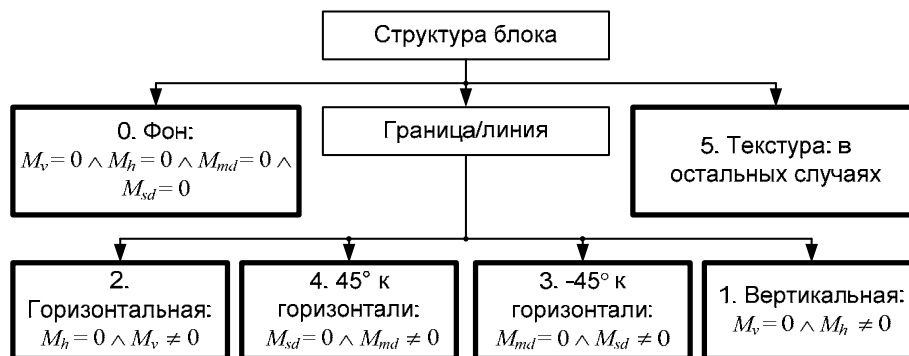


Рис. 9. Схема классификации структуры блока



Рис. 10. Классификация блоков ТИ

В четвертой главе приводятся данные о результатах экспериментальных исследований. Для проведения исследований подготовлены: тестовая последовательность кадров, содержащая движущиеся объекты различной контрастности и угловых размеров, программа для добавления аддитивных шумов в последовательность, тестовое изображение для демонстрации промежуточных результатов работы методов.

Для оценки качества работы трех методов разработаны соответствующие программные модели. Выходные данные представляются в трех моделях в единообразном виде – блоки, в которых отсутствует сигнал «нарушения» заштриховываются, как показано на рис. 11.



Рис. 11. Пример кадра выходной последовательности. Метод 2, ОСШ=26 дБ

Приводятся промежуточные результаты внутрикадровой обработки – вертикальная и горизонтальная составляющая информационных отсчетов, а также их разностный сигнал (информационный отсчет) – по первому методу, процесс преобразования пространственного спектра изображения на разных стадиях по второму методу и изображение с нанесенными на нее в схематическом виде результатами опознавания внутрикадровой структуры в пределах блоков 8×8 . Работа методов оценивается параметром «относительный коэффициент ошибочного детектирования нарушения», определяющимся как количество блоков с ошибочным обнаружением «нарушения» типа «пропуск цели» и «ложная тревога», отнесенное к общему количеству блоков, соответствующие

результаты приведены в таблице 1. Кроме того, оценивались средние значения времени обработки тестовой последовательности. Для метода 1 оно составляет 12,1 с., для метода 2 – 118,4 с., для метода 3 – 96,8 с.

Таблица 1. Значения относительного коэффициента ошибочного детектирования «нарушения» для различных методов и ОСШ

ОСШ входного сигнала, дБ	Метод 1	Метод 2	Метод 3
40	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$
26	0,082	0,029	0,043
12	0,17	0,063	0,18

Приемлемая вычислительная сложность метода 1 и хорошие качественные показатели позволяют рекомендовать его для СКБО. Метод 2 применим для наиболее сложных условий, где не удастся обеспечить приемлемое качество сигнала. Возможен также вариант адаптивного включения преобразователя структуры пространственного спектра сигналов изображений при низком ОСШ. Метод 3 отличается повышенной разрешающей способностью, кроме того, является перспективным. Дальнейшая его разработка – отказ от фиксированной формы и размеров блока в пользу опознавания в пределах объекта позволит повысить его качественные показатели.

В заключении приведены основные выводы и результаты выполненной работы.

В приложении представлены: детализованная структурная схема ключевых блоков устройства селекции нарушений с относительной пороговой оценкой специфики структуры сигнала изображений в пределах дискретных фрагментов; фрагменты программных моделей для оценки качества работы предложенных методов селекции сигналов нарушений; акты о внедрении результатов диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработан метод контроля пространственных характеристик твердотельных преобразователей свет-сигнал в системах прикладного телевидения.

2. Получено выражение для расчета величины мультипликативных искажений возникающих в оптической системе преобразователей свет-сигнал.

3. Предложена методика оценки внутрикадровых характеристик преобразователя «свет-сигнал» параметром «эквивалентная протяженность пространственной импульсной характеристики».

4. Проведен анализ влияния на утомляемость оператора коммутационной помехи при последовательном видеоконтроле нескольких изображений.

5. Проведен анализ функционирования устройств формирования сигналов управления для ТВ систем безопасности объектов.

6. Разработан метод селекции нарушений с относительной пороговой оценкой специфики структуры сигнала изображений в пределах дискретных фрагментов и устройство для его реализации.

7. Разработан метод селекции нарушений с преобразованием структуры пространственного спектра сигналов изображений в системах видеоконтроля объектов и устройство для его реализации.

8. Разработан метод селекции нарушений с опознаванием структуры изображений в пределах дискретных фрагментов и устройство для его реализации.

9. Проведено моделирование функционирования разработанных методов со сравнением их эффективности.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Безруков В.Н., Власюк И.В., Комаров П.Ю. Цифровое ТВ: специфические искажения. // Мобильные системы.– 2006. – № 11– С. 28-33.
2. И.В. Власюк, А.В. Балобанов, П.Ю.Комаров. Коррекция пространственных искажений сигнала изображения в системах цифрового телевидения. // Инфокоммуникационные технологии. – 2006. – № 4. – С. 69 – 73.
3. И.В. Власюк, А.В. Балобанов, А.А. Басекеев. Анализ пространственно-частотных характеристик распределения светочувствительных элементов в пределах раstra матрицы ПЗС. // Метрология и измерительная техника в связи. – 2006. – № 3. – С.36 – 40.
4. И.В. Власюк. Метод контроля пространственных характеристик телевизионных камер. // Метрология и измерительная техника в связи. – 2005. – № 6. – С.13 – 16.

5. А.В. Рабинович, И.В. Власюк. Технологические основы мобильного телевидения. // Информационно-аналитический бюллетень ОАО ВНИИТР «Телерадиовещание» . – 2005. – №4. – С.11 – 14.
6. В.Н. Безруков, И.В. Власюк, П.Ю. Комаров. Мультипликативные амплитудные искажения оптического отображения видеоинформации в пространство кадра при телевизионном контроле. // Метрология и измерительная техника в связи. – 2005. – №5. – С.24 – 28.
7. И.В. Власюк, А.А. Басекеев. Преобразование параметров и характеристик структуры изображений в системах видеоконтроля. // Научная конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава: Тез. докл. Книга 1. – М.: МТУСИ, 2004. – С.113 – 114.
8. И.В. Власюк, Ф.М. Игнатов, С.В. Козлов. Многоканальная система наземного телевизионного вещания. // Научная конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава: Материалы конференции. Книга 1. – М.: МТУСИ, 2003. – С.129 – 130.
9. И.В. Власюк, Ю.А. Шустров. Особенности построения и функционирования современных аналого-цифровых сетей кабельного телевидения. // Научная конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава: Тез. докл. Книга 1. – М.: МТУСИ, 2002. – С. 115 – 116.
10. И.В. Власюк. Особенности магистральных усилителей для сетей кабельного телевидения. – Деп. в ЦНТИ “Информсвязь” от 14.06.03. №2232 св.2003. – С. 21 – 35.
11. И.В. Власюк. Методы выделения объектов в системах прикладного телевидения. – INTERMATIC-2005 // Материалы Международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 25-28 октября 2005 г., г.Москва. – М.: МИРЭА, 2006, часть 2. – 284 с. – С. 152-155.
12. Безруков В.Н., Власюк И.В., Басекеев А.А. Специфика оценки пространственных характеристик сигналов изображений в системах телевизионного контроля объектов. // Метрология и измерительная техника в связи. –2006. –№2. – С.42 – 48.
13. А.В. Балобанов, И.В. Власюк. Коррекция искажений сигналов изображения быстро движущихся объектов. // Научная конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава: Тез. докл. Книга 1. – М.: МТУСИ, 2006. – С. 123 – 124.

14. И.В. Власюк. Контроль сквозных частотно-контрастных характеристик телевизионных камер для систем прикладного телевидения. // Научная конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава: Тез. докл. Книга 1. – М.: МГУСИ, 2006. – С. 125 – 126.

15. И.В. Власюк, А.В. Балобанов. Оценка зависимости амплитудных искажений от угла проецирования при видеоконтроле объектов. // Научная конференция профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава: Тез. докл. Книга 1. – М.: МГУСИ, 2006. – С. 126 – 127.