

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Сафин Рафаиль Тлегенович

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КОМПОНЕНТ
СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.12.03 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Мгер Вардгесович Маркосян

Ереван, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ВИДЕОСИГНАЛОВ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	7
1.1. Методы измерения и обработки сигналов.....	7
1.1.1. Субъективная методика оценки качества измерения и обработки сигналов.....	8
1.1.2. Оценка качества передачи изображения с помощью испытательных сигналов и таблиц.....	10
1.1.3. Экспертная оценка субъективного ухудшения качества видеосигнала.....	13
1.2. Инструментальный (осцилографический) метод измерения сигналов.....	15
1.2.1. Определение параметров, влияющих на качество видеоизображения.....	15
1.2.2. Видеосигналы и радиосигналы, используемые в системах видеонаблюдения.....	17
1.2.3. Определение разрешающей способности видеокамеры.....	20
1.2.4. Определение чувствительности видеокамеры.....	21
1.3. Математическая обработка видеосигналов и измерения видеосигнала.....	23
1.3.1. Сравнительный анализ методов измерения параметров видеосигнала.....	24
1.4. Постановка задачи исследования.....	25
ГЛАВА 2. ОЦЕНКА МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ВИДЕОСИГНАЛОВ	27
2.1. Теоретическое обоснование проводимых методик.....	27
2.2. Методы измерения параметров видеосигнала и их сравнительный анализ.....	30
2.2.1. Определение параметра S/N для черно белого изображения.....	30
2.2.2. Определение параметра S/N для цветного изображения.....	34
2.3. Классификация методов обработки сигналов.....	39
2.4. Обоснование выбора и описание способа робастной нелинейной фильтрации.....	41
2.5. Расчет ширины спектра видеосигнала.....	43
2.6. Расчет робастного фильтра.....	46
2.6.1. Расчет генератора, управляемого напряжением.....	47
2.6.2. Определение емкости варикапа для перестройки по диапазону.....	55
2.6.3. Расчет блокировочных элементов.....	56
2.7. Разработка и описание лабораторного стенда.....	58
2.7.1. Сильные и слабые стороны разработки.....	59

2.7.2. Результат реализации разработки.....	59
2.7.3. Состав лабораторного стенда.....	60
2.7.4. Перечень лабораторных и исследовательских работ.....	65
2.8. Выводы.....	67
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ И ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ШИРИНОЙ СПЕКТРА.....	68
3.1. Исследование параметрической робастной фильтрации на помехозащищенность видеосистемы.....	68
3.2. Устройство нелинейной робастной фильтрации в системах с изменяющейся шириной спектра.....	78
3.3. Выводы	82
ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СПЕКТРА ПОДСВЕТКИ НА ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДЕОКАМЕРЫ.....	83
4.1. Оптические излучения и их характеристики.....	83
4.2. Увеличение чувствительности видеокамеры за счет использования подсветки в виде RGB светодиодов.....	85
4.3. Разработка и обоснование методики проведения исследовательских работ при освещенности RGB светодиодами.....	91
4.4. Выводы.....	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	96
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	97
Приложение А Нормативные ссылки	101
Приложение Б Обозначения и сокращения.....	102
Приложение В Технические характеристики оборудования применяемые в экспериментах на лабораторном стенде	104
Приложение Г Акт внедрения.....	108
Приложение Д Техническое заключение.....	109
Приложение Е Патент.....	110
Приложение Ж Патент.....	112

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Использование комплексов наблюдения находит применение в сферах безопасности правопорядка, на территориях охраняемых объектов, при мониторинге движения дорожно-транспортных средств и в других сферах.

Основной задачей системы видеонаблюдения является возможность фиксации нарушений на охраняемом объекте. Преимуществами системы видеонаблюдения являются:

- мгновенное обнаружение несанкционированного доступа;
- исключение ложных срабатываний;
- отображение поступающей информации;
- взаимодействие с другими системами безопасности;

Основным недостатком системы видеонаблюдения является ее подверженность к погодным воздействиям (дождь, туман, снегопад и т.д.), ухудшающим качество видеосистемы.

Развитие цифровых систем, широко шагнувших вперед, не умаляет также и развитие аналоговых систем, которые целесообразно использовать в некоторых случаях. В процессе передачи и преобразования с помощью радиотехнических систем аналоговые сигналы подвергаются воздействию различных помех, искажений, шумов, что в ряде случаев приводит к ухудшению визуального качества [1] и уменьшению уровня (срезанию) сигналов.

Поэтому актуальность нахождения новых путей и возможностей повышения качества видеосигналов является одной из приоритетных направлений обработки сигналов.

Основной задачей передающей системы является передача спектра видеосигнала без искажения при его прохождении через весь тракт. Работа всей системы, включая камеру, тракт и оконечный монитор, с которого снимается информация о видеосигнале, осуществляется с помощью управляющих синхроимпульсов. Они вырабатываются в камере. Поэтому системный сигнал изображения имеет импульсную характеристику, что приводит к расширению спектра частот самого сигнала и чтобы подобрать соответствующую аппаратуру следует знать главные параметры спектра частот сигнала. Для посылки изображения система видеонаблюдения имеет пропускающую полосу, такую же, как спектр этого сигнала [2].

Для фильтрации шума существует огромное число различных методов, использование которых зависит от выбранной математической модели изображения и шума [1].

На сегодняшний день, при постоянном возрастании требовании к показателю качества сигналов, его дальнейшее повышение является непреложным условием для нового

качественного рывка в развитии рынка видеонаблюдения.

Наибольшего времени безотказной работы системы видеонаблюдения можно добиться с помощью правильно продуманных конструктивных решений.

Целью работы является – повышение качества видеосигналов за счет проведения исследований и выявления недостатков путем разработки новых методов фильтрации и обработки сигналов.

Задачи исследования:

- обосновать и выбрать необходимые методы измерения и обработки видеосигналов с учетом выявленных недостатков;
- определить необходимые параметры для решения задач повышения качества видеосигналов для новых методов фильтрации сигналов;
- организовать и провести требуемые исследования;
- определить области применения полученных результатов.

Объектом исследования является область науки и техники, занимающаяся системами охранного телевидения (СОТ).

Научная новизна работы:

- установлены зависимости выходного видеосигнала для нормальной работы, в условиях воздействия внутри полосных импульсных помех без фильтра и с фильтром для видеосигналов с различной полосой пропускания и различной тактовой частотой фильтра;
- установлены зависимости влияния спектральных составляющих подсветки на основные характеристики видеокамеры;
- разработаны методики измерений и обработки видеосигнала.

Методикой исследования для решения поставленных задач выбран комплексный подход, который включает в себя анализ и обобщение данных научно-технической литературы, теоретические исследования с применением методов математического моделирования, позволяющих использовать методы современной теории измерения к системам охранного телевидения.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

- нелинейный робастный фильтр в системах с изменяемым спектром сигнала для уменьшения импульсных внутри полосных помех, требует частоты тактового генератора фильтра из условия: $f_{такт} \geq 25 \cdot f_{с\ max}$. Показано, что применение робастных нелинейных фильтров дает увеличение помехоустойчивости по сравнению с известными структурами до (10...20) дБ;
- гипотеза о том, что для увеличения чувствительности видеокамеры на (0,2...0,6) лк,

по сравнению с штатной подсветкой и с сохранением цветности изображения в темное время суток, требуется применение RGB светодиодов для подсветки видеокамеры.

Личный вклад автора:

- постановка задач исследований;
- обзор и анализ основных параметров видеосигналов и методик их измерений;
- обоснование выбранных методик измерений и определение возможных методик для проведения исследовательских работ;
- разработка устройства робастной параметрической фильтрации в системах с изменяющимся спектром (патент № 1467 от 17.03.2016 г.) для проведения оценочных работ;
- разработка устройства подсветки видеокамеры на основе управляемых RGB светодиодов (патент № 2136 от 17.03.2017г.).

Достоверность научных положений подтверждается:

- сравнением полученных результатов разработок и проведенных научных исследований с теоретическими данными.

Практическая ценность работы заключается в том, что:

- разработаны методы фильтрации и подсветки, позволяющие улучшить качество видеосигнала;
- разработан лабораторный стенд для исследования систем видеонаблюдения, который можно применять для проведения научно-исследовательских и ремонтных работ, а также может использоваться в учебных целях.

Публикации. Основные научные и практические результаты диссертации, отражающие исследования автора опубликованы в следующих публикациях:

- 2 патента РК (№ 1467 и № 2136) [3, 4];
- статья в сборнике трудов «The 11th International Conference on Computer Science and Information Technologies», входит в базу SCOPUS, [5];
- статья в журнале, входящем в базу SCOPUS, «International Journal of Applied Engineering Research» [6];
- 3 статьи в трудах ВУЗ-ов разных стран [7, 8, 9];
- статья в сборнике материалов «The XII International Scientific and Praktikal Conference» / Areas of scientific thought. Sheffield. 2015/2016 [20].

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка использованных источников из 54 наименований, содержит 115 страниц компьютерного набора, 19 таблиц, 60 рисунков и 7 приложений.

ГЛАВА 1

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ВИДЕОСИНАЛОВ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

1.1. Методы измерения и обработки сигналов

Работа проводилась на основании ГОСТ Р 51558-200 «Системы охранные телевизионные (СОТ). Общие технические требования и методы испытания», где описывается процесс разработки и модернизации систем видеонаблюдения для всех СОТ, в состав которых входят программы и приборы. Дается классификация, а также требования и методы испытаний систем видеонаблюдения [10].

Режим работы, а также техническое состояние качества видеоизображения измеряется световыми, электрическими параметрами и характеристиками аппаратуры, обеспечивающими режим их работы.

Метрика в видеонаблюдении охватывает большую часть радиотехнических и световых измерений. Световыми измерениями оцениваются яркость, освещенность, световой поток и т.д. С помощью этих измерений можно оценить сам процесс формирования и воспроизведения сигнала. Восприятие человеком изображения зависит от качества преобразования свет-сигнал и наоборот. Радиоизмерения характеризуются процессом трансформации видеосигнала, его преобразования при передаче и приеме в добротность каналов связи. Это диагностирование опирается на использовании информационных свойств видеосигналов и специальных измерительных сигналов, параметры которых выбирают с наибольшей чувствительностью использования к определенным искажениям [10, 11, 12].

Для обеспечения хорошего изображения и звука необходимо проводить контроль по всему тракту, начиная от источника сообщения до его воспроизведения. Оценка методов качества программ осуществляется сравнением и сопоставлением результатов с их данными по всему пути их следования.

Хорошее изображение в цифровых системах, похожих на аналоговые, происходит за счет снижения искажений [10, 11, 12].

В настоящее время наибольшее внимание уделяется методу субъективной оценки, предъявляемой к качеству видеоизображения. Этот метод основан на оценочном методе, который требует большие затраты времени, поэтому практически он не используется. Методом объективной оценки качества, можно производить измерения в реальном времени и

предсказывать визуальные восприятия с объективными результатами, полученными показаниями приборов [10, 11, 12].

1.1.1. Субъективная методика оценки качества измерения и обработки сигналов

Субъективный метод был предложен Международным консультативным комитетом по радио - МККР, который был переименован в Международный союз электросвязи по радиосвязи МСЭ-Р (International Telecommunication Union - ITU-R) в 1992г.

Предполагалось, что человеческая память может производить оценку с изменяющимися показаниями от наихудшего значения до наилучшего [10, 11, 12, 13, 14].

Согласно ГОСТ 26320-84, субъективный метод был принят также и в системах телевидения с применением вычислительной техники [15].

Согласно ГОСТ 14872-82, в качестве наблюдаемого объекта используется стандартная телевизионная испытательная таблица [16].

Субъективный метод качества видеоизображения измеряется по следующей методике [15]:

- для расчета результатов измерений выбирается метод показа сюжета;
- выбирается последовательность в видео, используемое в тексте;
- выбор систем измерения с соответствующими параметрами;
- для проведения эксперимента приглашаются эксперты не менее 20 человек
- проводимость самого эксперимента;
- при подсчете средней оценки на основе оценок экспертов.

Субъективные методы измерений любой сложности с участием человека в контролируемых условиях эксперимента, уже давно работают для определения качества изображения. Формально доказано, что участие большого числа зрителей гарантирует правильный учет субъективного тестирования из-за особенностей зрительной системы человека [15].

Субъективная оценка не предоставляет ту метрику, которая получается при чисто объективной оценке, но она может дать полезный и повторяемый результат. Другими словами, можно разработать такие рейтинги качества изображения, которые точно отражают восприятие типичного зрителя [15].

Международный союз электросвязи (МСЭ-Р) разработал стандарт на формальное субъективное тестирование качества изображения: Рекомендацию МСЭ-Р ВТ.500 «Методика субъективной оценки качества телевизионного изображения». Эта Рекомендация, впервые опубликованная в 1974 г., затем неоднократно обновлявшаяся, описывает ряд процедур для

оценки человеком качества изображения. Каждая процедура начинается с отбора участников, которые не должны быть экспертами, и проверки их зрения. В контролируемых условиях участники просматривают до 30 мин тестовых сцен и для каждой сцены выставляют оценку качества изображения.

В Рекомендации описаны несколько методов субъективного измерения качества видеоизображения. Рассмотрим некоторые из них.

Метод Double Stimulus Impairment Scale (Шкала деградации с двумя стимулами) заключается в следующем. Участникам дают просмотреть эталонную запись (в форме видео стандарта 601), а потом - ту же запись после ее обработки в тестируемой системе. Каждый участник после просмотра должен оценить эту обработанную запись одной оценкой по пятибалльной шкале: 1 - очень раздражает; 2 - раздражает; 3 - слегка раздражает; 4 - заметно, но не раздражает; и 5 - незаметно. Оценку выставляют для некоторого количества различных сцен [11, 12, 13, 15, 18].

Другим вариантом данной методики является то, что участники оценивают качество одной и той же сцены в паре «эталон - после обработки», не зная при этом, какая из них является эталонной. Затем производится анализ разницы оценок для каждой пары сцен.

В другой группе методик из Рекомендации МСЭ-Р ВТ.500 участникам предлагают оценивать обработанные тестовые сцены, а эталонные им не показывают. В этой методике «с одним стимулом» один и тот же тестовый сюжет может показываться зрителю один или несколько раз. Здесь также используется описанная выше, пятибалльная шкала «степени раздражения», либо 11-балльная цифровая шкала.

Метод Single Stimulus Continuous Quality Evaluation (Непрерывная оценка качества с одним стимулом) предусматривает, что зритель непрерывно оценивает одну программу длительностью (10...20) мин, а не серию тестовых сцен. Зрительские рейтинги записываются несколько раз в минуту. Однако рейтинги, основанные на просмотре реальной программы, могут зависеть от оценки участником содержания этой программы, а не только от качества изображения [11, 12, 13, 15, 18].

Субъективными методами тестирования можно проводить оценку качества практически всей аппаратуры систем видеонаблюдения. Этими методами проверяются не только аналоговые системы видеонаблюдения, но и компрессированные цифровые системы видеонаблюдения.

Однако при субъективном методе тестирования необходимо контролировать много разнообразных параметров, включая отбор и проверку участников, а также обеспечение одинаковых условий просмотра для всех зрителей. Проведение тестов и анализ результатов

требуют времени и затрат. И, что более важно, на разных студиях при оценке одного и того же оборудования могут получиться разные результаты [11, 12, 13, 15, 18].

Задачей повышения качественного изображения является улучшение параметров видеомониторов и прогресс в технологиях. Для реализации качественного изображения в видеомониторах применяется микропроцессорная техника и встроенные источники сигналов, позволяющие проводить полную обработку сигнала до его отображения [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Субъективный метод улучшается при цифровой обработке видеосигнала. В этом случае происходит преобразование растровых параметров и переход от чересстрочной развертки к возрастающему преобразованию, в результате чего появляются искажения фазы сигнала. Как следствие, возникают зазубренности наклонных линий и многие другие искажения видеоизображения.

Первостепенной задачей являлась необходимость в разработке испытательных таблиц при субъективной, объективной методиках обработки цифровых сигналов в мониторах и при возникновении искажений в процессе их обработки.

В настоящее время проводятся разработки по субъективному методу оценки качества видеоизображения с применением Рекомендаций МСЭ-Р ВТ.500. Данные рекомендации являются важным документом в проведении субъективных экспертиз по видеонаблюдению, и в других службах, где присутствует видеоизображение [10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19].

1.1.2. Оценка качества передачи изображения с помощью испытательных сигналов и таблиц

В соответствии с ГОСТ 14872-82 «Таблицы испытательные оптические телевизионные. Типы, размеры и технические требования» можно провести оценку качества изображения [16].

Оценка качества изображений является одной из наиболее часто встречающихся технических проблем. Совершенство методов оценки качества, правильный выбор технических решений, с одной стороны, и экономическая эффективность реализации систем видеонаблюдения и ее компонентов с другой стороны, определяют успех новых технологий.

На рисунке 1.1 представлена классификация методов оценки качества изображений по испытательным сигналам с указанием конкретных типов оцениваемых искажений.



Рисунок 1.1 – Классификация методов оценки искажений с помощью испытательных сигналов

На рисунке 1.2 представлена классификация методов оценки качества изображений с использованием набора испытательных изображений и цифровых последовательностей движущихся изображений.



Рисунок 1.2 – Классификация методов оценки качества телевизионных изображений с использованием набора испытательных изображений и цифровых последовательностей движущихся изображений

На рисунке 1.3 представлена классификация методов оценки качества изображений с помощью последовательности изображений и испытательной таблицы.

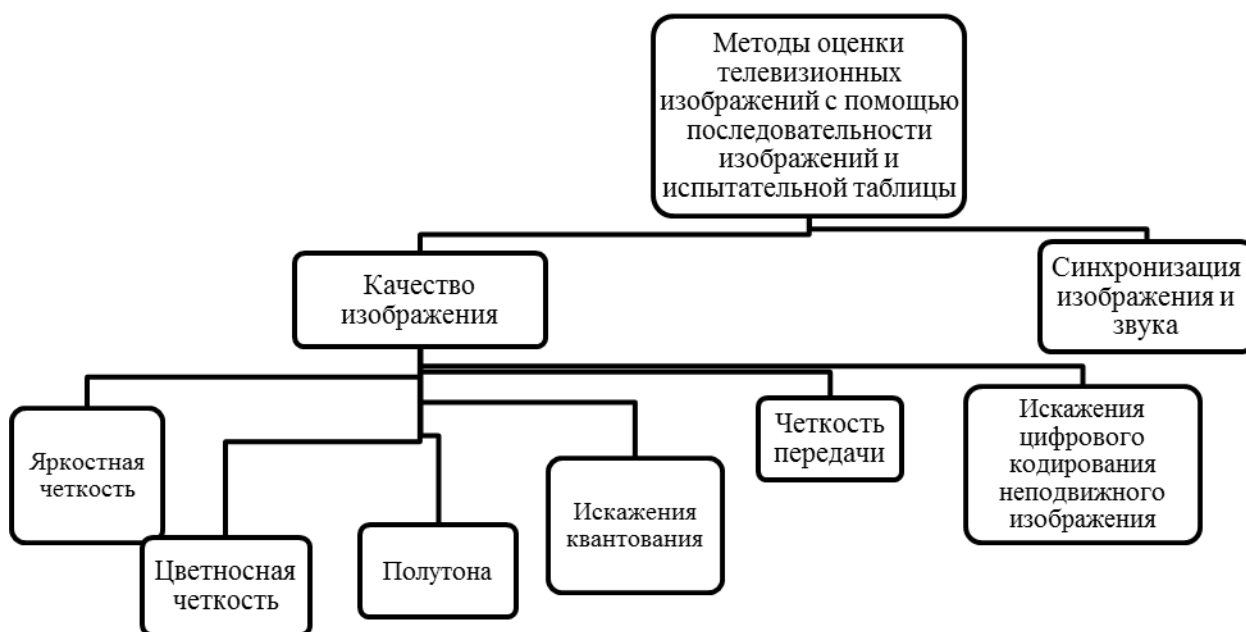


Рисунок 1.3 - Классификация методов оценки качества изображений с помощью последовательности изображений и испытательной таблицы.

Эта классификация применяется в работе с использованием Рекомендаций МСЭ-Р и других нормативных документов, определяющих оценку качества работы систем цифрового телевидения и их видеотрактов с соответствующими испытательными материалами [10, 13, 16,].

Методы оценки качества ТВ изображений по измерительным сигналам определяют показатели качества по искажению сигнала в пределах отдельных строк и в пределах кадров (полей) в целом. Использование принятой в мире новой электронной цифровой испытательной таблицы не только позволяет контролировать искажение изображений, но также позволяет организовать согласование во времени сигналов изображения и звукового сопровождения.

Сигналы, предусмотренные стандартами для определения в цифровом телевидении отдельных видов искажений, стандартизированы только для системы цифрового телевидения стандартной четкости. Стандартизация испытательных сигналов для системы с высокой четкостью представляет собой отдельную проблему, которую еще нужно решать [16, 13].

1.1.3. Экспертная оценка субъективного ухудшения качества видеосигнала

С ростом чувствительности видеокамер производитель забыл о не менее важном параметре - отношении сигнал/шум (С/Ш), являющейся одной из основных задач. С его помощью можно определить правильную распознаваемость изображения, разрешающую способность и количество градаций яркости, воспроизводимых телевизионной системой.

Шум подавить нельзя, его можно только уменьшить. Он зависит от качества изготовления прибора с зарядной связью (ПЗС-матрицы), электромагнитных полей, и т.д. Источниками шума в камере могут быть также радиоэлементы и температура окружающей среды, в которой камера эксплуатируется.

Зашумленный видеосигнал на экране черно-белого монитора показывает зернистость, а на цветном появляются вспышки. Сигнал плохого качества трудно поддается синхронизации, а его изображение имеет плохое разрешение, в результате чего пропадают мелкие детали. При плохой передаче изображения с камеры на монитор различить предметы практически невозможно. Поэтому при передаче камерой видеоизображения объекта с плохой освещенностью и некачественным изображением на мониторе включается автоматическая регулировка усиления (АРУ) [9, 14, 20, 21, 22, 23, 24, 26].

Причины ограничения чувствительности в телекамере на ПЗС-матрице показаны на рисунке 1.4.

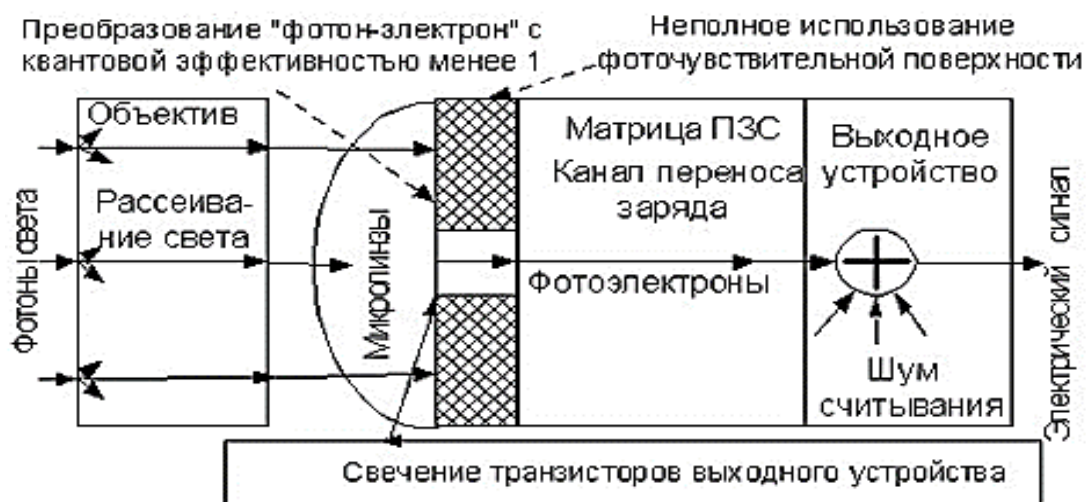


Рисунок 1.4 - Причины ограничения чувствительности в телекамере на ПЗС-матрице

Понятие «отношение сигнал/шум» основано на измерении отношения амплитуды сигнала к среднеквадратичному значению шума. Измеренное отношение амплитуды

видеосигнала U_c к среднеквадратичному шуму $U_{ш}$ является значением С/Ш равным 0,7 В или 100 IRE (единица измерения полного видеосигнала) [9, 14, 20, 21, 22, 23, 24, 26].

Различия в форме записи отношения сигнал/шум связаны с использованием либо линейной, либо логарифмической шкалы. Два способа задания этого параметра связаны соотношением:

$$\psi_{дБ} = 20 \log \psi = 20 \log \frac{U_c}{U_{ш}}, \quad (1.1)$$

Видеосигнал, измеряемый осциллографическим методом, является пиковым для шума и находится по размаху «шумовой дорожки» на уровне чёрного [9, 14, 20, 21, 22, 23, 24, 26].

В ПЗС-матрице шум вычисляют как среднеквадратичное число электронов шума σ , представляющее среднеквадратичное отклонение числа носителей в каждом зарядовом пакете [9, 14, 20, 21, 22, 23, 24, 26]:

$$\sigma = \sqrt{\sum_i \sigma_i^2}$$

Отношение С/Ш является реальной характеристикой изображения и субъективной оценкой, определяемой глазом человека. При уменьшении качества оценка, выданная экспертами при субъективном методе, показывает, что уровень шума возрастает по пятибалльной шкале, рекомендованной Международным консультативным комитетом по радиотехнике (МККР), от одного до пяти баллов. Эти данные приведены в таблице 1.1 [9, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26].

Таблица 1.1 – Экспертная оценка субъективного ухудшения качества при увеличении уровня шума по пятибалльной шкале, рекомендованной Международным консультативным комитетом по радиотехнике (МККР)

UШ, мВ при US = 100 IRE	Ψ, дБ	Ψ, раз	Качество	Ухудшение
14,0	50	316	Отличное	Не заметно
17,5	40	100	Хорошее	Заметно, но не мешает
23,0	30	32	Удовлетворительное	Немного мешает
35,0	20	10	Неудовлетворительное	Мешает
70,0	10	3	Непригодное	Сильно мешает

1.2. Инструментальный (осциллографический) метод измерения сигналов

1.2.1. Определение параметров, влияющих на качество видеоизображения

Получение заказчиком хорошего изображения по ГОСТ Р.51558–2000 «Системы охранные телевизионные. Общие технические требования и методы испытаний» является законченным построением СОТ [11].

В технических документациях на видеокамеры представлены много технических характеристик. Важными из них являются:

- величина матрицы (дюйм);
- пороговая чувствительность камер, работающих в разных режимах (черно-белый или цветной);
- разрешающая способность камер при различных режимах работы (ТВЛ);
- фокус F (мм);
- С/Ш (дБ);
- относительное отверстие (F);
- динамический диапазон [9, 11, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27].

Несмотря на то, что хорошее качество видеокамеры измеряется многими показателями, при выборе камеры для определенной системы предусматривается обязательная входная проверка трех технических характеристик видеокамеры – разрешающая способность, рабочий диапазон освещенности (чувствительность) и отношение сигнал/шум [9, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27].

Для выбора параметров системы видеонаблюдения необходимо задавать значения в виде чувствительности.

Освещённость на объекте E_0 и на матрице E_M связаны соотношением [9, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27]:

$$E_M = E_0 \frac{k_0 \tau}{4 (1+m)^2 F^2}, \quad (1.2)$$

где: k_0 – коэффициент отражения объекта;

τ – коэффициент пропускания света объективом;

m – разность фокусного расстояния объектива и расстояния до объекта;

F – разность фокусного расстояния f объектива и диаметра D его входного зрачка [9, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27].

Учитывая эти параметры и формулу (1.1) можно вычислить предельную чувствительность, т. е. пороговую освещенность сцены для реального обнаружения и опознавания малоконтрастного объекта [9, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26,27]:

$$E_{nop} = \frac{4 \psi_{nop}^2 k_{\phi} F^2}{(k_0 - k_{\phi})^2 \tau \eta \Delta^2 T_H N}, \quad (1.3)$$

где: $N = 2 \cdot 10^{12}$ – потенциально доступное ПЗС количество фотонов на 1 см^2 в 1 секунду при равномерном спектре и освещённости в видимом диапазоне 1 лк [9, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27].

При большой разнице в коэффициентах отражения объекта и фона в числитель формулы 1.2 вместо коэффициента отражения фона k_{ϕ} следует подставлять полусумму коэффициентов отражения объекта и фона. Изменять числовые значения входящих в формулу 1.2 параметров либо нельзя, либо они могут изменяться в небольших пределах. Поэтому светосила современных асферических объективов ($F = 0.8...0.75$) в ближайшее время не будет повышаться.

Квантовый выход большинства серийных ПЗС приближается к значению равному 0,5 длины волны видимого диапазона. Уменьшение площади элементов на ПЗС приводит к тому, что параметры микролинз могут достигать теоретического предела. При установке данных пределов можно получить предельную чувствительность равную $E_{nop} = 0,2$ лк, что лучше технических характеристик, приводимых в документах видеокамеры. Не только фотонный шум ограничивает чувствительность видеокамер, но и ряд дополнительных факторов [9, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27].

Во-первых, в фотообъективе происходит рассеивание светового потока. Часть фотонного света, попадая на вход объектива, рассеивается и тем самым создается дополнительный фон, из-за чего контрастность объекта падает (рисунок 1.4).

Во-вторых, ПЗС - матрица сама создает собственные шумы – считывания, темного сигнала и т. д., а из-за свечения транзисторов на выходе устройства снижается чувствительность ПЗС – матрицы. Это явление наблюдалось в охлаждаемой астрономической ПЗС – камере [9, 11, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27].

1.2.2. Видеосигналы и радиосигналы, используемые в системах видеонаблюдения

Преобразование света в сигнал характеризуется выражением, зависящим от времени, а его яркость, передаваемая от предметов обратно, пропорциональна амплитуде.

На рисунке 1.5 приводится пример фрагмента сигнала за период времени одинаковый с длительностью активной части строки развертки видеоизображения в виде вертикальных черно-белых полос.

Анализируя приведенный сигнал, можно сделать следующие выводы:

- видеосигнал представляется в виде импульсной характеристики;
- видеосигнал является однополярным (яркость видеосигнала однозначно положительная) [2].

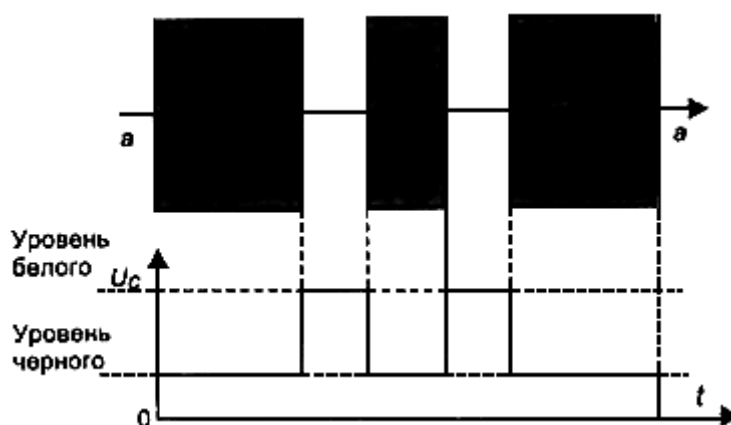


Рисунок 1.5 - Изображение и видеосигнал от него при развертке строки по линиям

Форма видеосигнала, показанная на рисунке 1.5, имеет точечную характеристику, что говорит о наличии поперечного сечения радиоэлементов.

Размытие крупных фронтов сигнала и уменьшение размаха самого сигнала от мелких изображений получается из за того, что апертура реальных радиоэлементов имеет конечные размеры. Это происходит потому, что находящиеся внутри апертуры элементы развертки имеют мгновенное значение видеосигнала пропорциональное средней яркости элементов изображения [2].

Изображения от мелких чередующихся деталей при преобразовании в сигнал дают ему форму близкую к синусоидальной. При дальнейшем уменьшении размеров деталей они становятся незаметными для системы видеонаблюдения.

Во время прямого хода луча развертки передается вся информация о яркости изображения. Для разделения соседних строк и полей используются гасящие синхроимпульсы, которые образуют время обратного хода развертки. Видеосигнал вместе с гасящими импульсами называется телевизионным сигналом [2].

На рисунке 1.6. показан пример ТВ-сигнала при построочной развертке

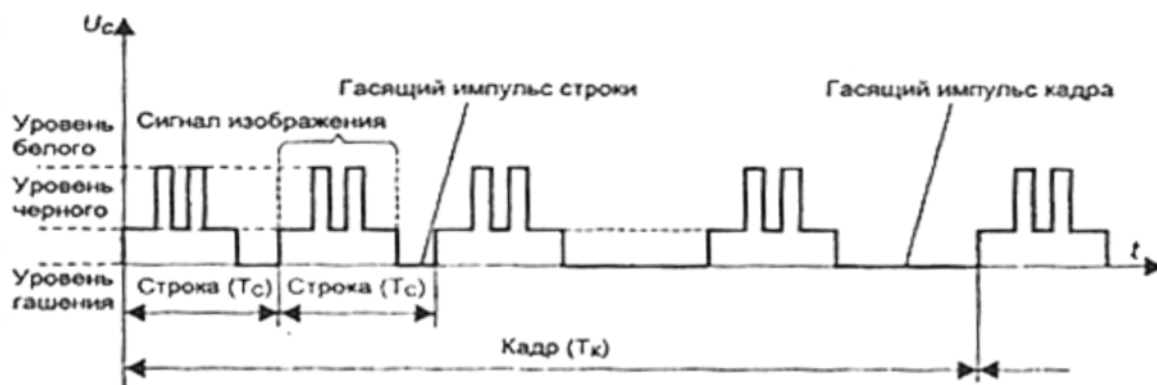


Рисунок 1.6 - Пример ТВ-сигнала при построчной развертке

Из рисунка 1.6 следует что:

- при передаче черных полос сигнал имеет уровень черного;
- при передаче белых полос величина сигнала равна уровню белого;
- во время обратного хода луча развертки по строкам и кадрам передаются гасящие строчные и кадровые импульсы. Вершины гасящих импульсов располагаются на уровне гашения (нулевой уровень) [2].

Видеосигнал имеет периодический характер с двумя периодами повторения:

- период следования строк T_c ;
- период следования кадров T_k . [1]

Спектральные характеристики сигнала изображения. Любой периодический сигнал представляется в виде суммы гармонических составляющих с частотами, кратными частоте повторения сигнала:

$$U(t) = \sum_{n=0}^{\infty} U_n \cos(\omega_n t + \varphi_n), \quad (1.4)$$

где: U_n – амплитуда;

ω_n – частота;

φ_n – начальная фаза « n » гармонической составляющей;

$\omega_n = 2\pi n/T$ – период повторения сигнала [2].

Гармонические составляющие называются спектральными составляющими, а представление сигнала в виде, изображенном на рисунке 1.7, называется спектральным разложением сигнала $U(t)$ (спектром сигнала) [2].

Особенности черно-белого изображения спектра сигнала чересстрочной развертки, показанной на рисунке 1.7, характеризуются тем что:

- с увеличением частоты величина спектра падает;
- спектр видеосигнала является дискретным [2].

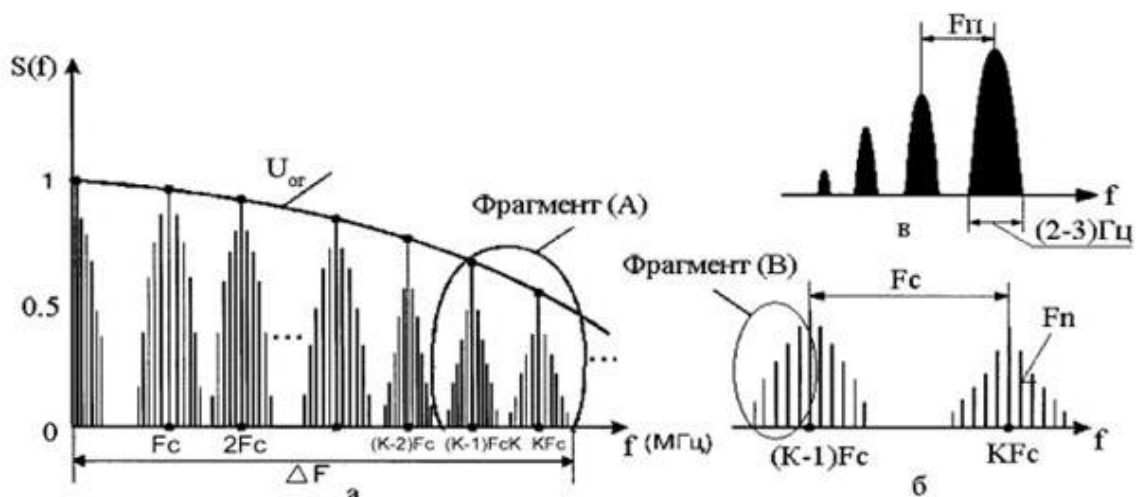


Рисунок 1.7 - Спектр сигнала черно-белого изображения:

а - общий вид;

б - фрагмент А в увеличенном масштабе;

в - фрагмент В в увеличенном масштабе при движущемся объекте;

$U_{ог}$ - огибающая спектра.

Из графика спектра сигнала можно сделать следующие выводы:

- величина амплитуды спектральных составляющих сигнала уменьшается с ростом частоты спектральных составляющих;

- спектр видеосигнала имеет гармоники $k \cdot F_c$ (где $k=1, 2, 3, \dots F_c$ – повторение частоты строк). Вокруг гармоники $k \cdot F_c$ происходит группировка составляющих с частотами, стоящими от нее на величину $\pm m \cdot F_n$ (где $m = 1, 2, 3, \dots F_n$ – повторение частоты полей). Поэтому, спектр видеосигнала представляется «сгустками» энергии на частотах, кратные частоте строк. Данная структура характеризуется периодичностью видеосигнала с частотой строк и полей [2].

Спектр видеосигнала имеет составляющую на нулевой частоте.

Для воспроизведения формы видеосигнала необходимо изменить составляющие спектра от нулевой частоты до $f_{max} = \Delta F = 6 \text{ МГц}$ [2].

При передаче видеоизображения передвигающегося объекта последующее изображение кадра мало отличается от предыдущего кадра. Это происходит из-за того, что

скорость замены кадров значительно больше скорости передвижения объекта по монитору. Однако, при передвижении объекта меняются амплитуда и фаза спектральных составляющих по времени. При этом, вокруг каждой спектральной линии образуются составляющие, которые очень близко расположены друг к другу. Эта спектральная линия вместе с составляющими образует непрерывный спектр, у которого форма огибающего похожа на лепесток. Ширина «лепестков» по временной шкале составляет единицы Герц и определяется скоростью движения объекта на экране [2,17-20].

1.2.3. Определение разрешающей способности видеокамеры

Разрешающей способностью является наибольшее количество телевизионных линий (ТВЛ), которые различаются на выходе видеосигнала от видеокамеры при минимальной глубине модуляции равной до 10%. Горизонтальная разрешающая способность определяется большим количеством градаций от черного к белому и наоборот. Они возникают в центральной части видеокамеры, куда падает световой поток. Для стабилизации цифрового изображения учитываются только те градации, которые участвуют в формировании изображения. По краям видеомонитора допускается размытость качества видеоизображения. При хорошем разрешении самой видеокамеры мелкие детали изображения на мониторе выглядят более качественно [21, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35].

Стандартное разрешение видеокамер равно (380...420) линий для черно-белых и (300...320) линий для цветных видеокамер. В видеокамерах повышенного класса разрешение равно (500...600) линий для черно-белых и (375...450) линий для цветных камер [21, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34]. Матрицу ПЗС можно характеризовать либо полным, либо эффективным количеством пикселей. В полное число входят и те пиксели на концах строк, у которых низкое разрешение. Число пикселей в строке развертки определяет верхний предел разрешения, а матрица, имеющая в строке развертки 700 пикселей по высоте кадра, обеспечивает разрешение не более 700 ТВЛ/л.

Во многих камерах с тремя матрицами для улучшения этого показателя зеленую матрицу ПЗС сдвигают на половину пикселя по горизонтали относительно красной и синей матриц. Разрешение в этих случаях, как правило, улучшается, потому что естественные объекты изображения обычно содержат значительную долю, как зеленого, так и синего и красного цветов. Однако, если снимается нечто чисто зеленое, или, напротив, абсолютно не имеющее зеленой компоненты, то сдвинутая матрица не дает дополнительных отсчетов яркости, способных улучшить разрешение. Соответствующие места кадра будут выглядеть

менее резкими по сравнению с остальным изображением (хотя обычно это различие можно заметить только при очень пристальном разглядывании). В камерах с одной матрицей возникает та же проблема, когда предмет не содержит цветовые компоненты, соответствующих цветам мозаичного фильтра на матрице [21, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35].

1.2.4. Определение чувствительности видеокамеры

Пороговая чувствительность характеризуется минимальной освещённостью на ПЗС-матрице камеры, которая обеспечивает работоспособность видеокамеры. Хорошая чувствительность видеокамеры равна (0,1...0,5) лк для черно-белых и (1...3) лк для цветных камер. В видеосистемах, которые предназначены для видеонаблюдения плохо освещенных объектов и имеющих малую отражательную способность, применяют видеокамеры с высокой чувствительностью ~ 0,01 лк. В таких камерах ПЗС-матрицы обладают важными характеристиками, которые обеспечивают качественное видеоизображение от «теплых» объектов (человека и т. д.) в полной темноте с подсветкой инфракрасными лучами. Поэтому видеокамеры оснащены встроенной инфракрасной (ИК) - подсветкой. ПЗС сенсор, используемый в качестве фотоэлектрического преобразователя телевизионных видеокамер (ТК) систем видеонаблюдения, имеет линейную световую характеристику чувствительности до освещенности насыщения. Насыщение получается, когда заполняется потенциальная яма светочувствительного прибора неосновными носителями полупроводниковой подложки. При увеличении освещенности наступает резкий излом световой характеристики, так как увеличенный заряд растекается по подложке. Этот физический процесс видеоизображения, принятый монитором, имеет вид ограничения по «белому» и при увеличении освещенности картинка становится белая [14, 24, 28, 29, 32, 33, 35].

Величина освещенности насыщения, при стандартном времени накопления, зависит от величины элемента световой чувствительности и уровня потенциала подложки, то есть от размеров ПЗС сенсора. Например, сенсоры размерами в 1/3" и 1/4" имеют освещенность насыщения (0,7...1,0) лк. Рабочая точка на световой характеристике выбирается таким образом, чтобы максимальная освещенность в кадре была бы на (20...30) % ниже освещенности насыщения, а усиление в тракте телекамеры обеспечивалось получением полного сигнала с значением 1В (0,7 В – рабочая точка) на нагрузке 75 Ом [14, 24, 28, 29, 32, 33, 35].

На рисунке 1.8 показана световая характеристика чувствительности видеокамеры к изменениям освещенности без работы АРУ.

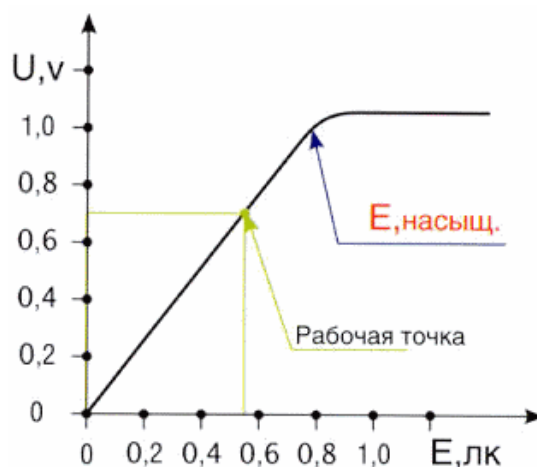


Рисунок 1.8 - Световая характеристика чувствительности ПЗС сенсора

Люкс является единицей измерения света. Значения минимальной освещенности на ПЗС-матрице и на рассматриваемом объекте различаются друг от друга, в десять раз. Например, если минимальная освещенность на матрице равна 0,01 лк при объективе F 1/4, то минимальная освещенность объекта равна 0,1 лк, а это есть среднее значение видеокамеры. Фирмы в своей технической документации обычно пишут значения освещенности на объекте, а вот средние производители видеокамер представляют свои видеокамеры значением чувствительности, стараясь не указывать, что измерения проводились на ПЗС-матрице. Но даже эти данные не дают полной картины о чувствительности. Существует множество факторов, которые влияют на результаты измерений. Эти измерения проводятся люксметром. Если камера не меняет свои параметры видеоизображения при замерах освещенности объекта в 0,1 лк, то и чувствительность равна 0,1 лк [14, 24, 28, 29, 32, 33, 35].

Чувствительность монохромных видеокамер сдвинута в инфракрасную область по сравнению с областью чувствительности человеческого глаза, т. к. она не воспринимается человеком. Данное обстоятельство при малой освещенности позволяет использовать прожектор, излучающий свет в инфракрасной области, который не воспринимается человеческим глазом, но фиксируется ПЗС-матрицей. В цветных видеокамерах, по сравнению с монохромной, чувствительность значительно меньше и поэтому нет инфракрасной области спектра. Чувствительность монохромных видеокамер равна

(0,01...1) лк при F1/2. Чувствительные видеокамеры могут работать в ночное время без инфракрасной подсветки [14, 24, 28, 29, 32, 33, 35].

1.3. Математическая обработка и измерение видеосигналов

Сигнал – это любой носитель информации, передающий сообщение. Он характеризуется любым физическим процессом, параметры которого меняются при передаче сообщения. Их изучение можно проводить с помощью вольтметра, осциллографа и других технических приборов. Но такой метод, названный осциллографическим, имеет недостаток. Процессы, происходящие в каком либо эксперименте, являются единичными и могут быть лишены обобщенности, которая бы предугадывала их результаты [20, 31].

Чтобы результаты экспериментов были объективными, для дальнейшего теоретического изучения и построения их математических моделей следует найти способ их описания математическим методом.

Создание математической модели является первым шагом на пути систематизации свойств и явлений. Математическая модель отвлечена от реальной природы сигнала, обладающего информацией [20, 31].

Сущность математической модели проявляется, в том, что есть возможность описания свойств сигнала, которые объективно являются важными, при этом игнорируется большое количество второстепенных признаков. Руководствуясь известными данными, разработчик выбирает именно ту математическую модель, которая может описать физический процесс [20, 31].

Уравнения, описывающие сигналы, принимают как вещественные, так и комплексные значения. Для математического удобства можно использовать тот или иной принцип.

Зная математические модели сигналов, можно сравнить эти сигналы между собой, устанавливать их тождество и различие, проводить классификацию [20, 31].

Одномерные и многомерные сигналы. Для радиотехнических устройств сигналом является напряжение, измеряемое в определенной точке, или значение тока в ветви. Данный сигнал, который характеризуется одной функцией времени, называется одномерным. Однако удобно рассматривать многомерные или векторные сигналы, которые описываются формулой 1.5, полученной множеством одномерных сигналов [20, 31]:

$$V(t) = \{v_1(t), v_2(t), \dots, v_N(t)\}, \quad (1.5)$$

Целое число N является размерностью такого сигнала. Многомерный сигнал является упорядоченной совокупностью одномерных сигналов. Поэтому, сигналы с разными порядками следования компонентные и они не равны между собой:

$$\{v_1, v_2\} \neq \{v_2, v_1\}. \quad (1.6)$$

Многомерные сигналы полезны при работах со сложными системами, которые анализируются с помощью персональных компьютеров [20, 31].

Детерминированные и случайные сигналы. Этим принципом классифицируют радиотехнические сигналы, основанные на возможности или невозможности точного предсказания их мгновенных значений в любой момент времени [20, 31].

Если математическая модель сигнала может осуществить такое предсказание, то сигнал называется детерминированным. Способы его задания могут быть разными, а именно: математическими формулами, вычислительными алгоритмами и словесными описаниями [20, 31].

Детерминированные сигналы равны отвечающим им детерминированным процессам. Взаимодействие систем с окружающими физическими объектами, наличие хаотических тепловых флуктуаций и неполноценные знания о начальном состоянии системы заставляют рассматривать реальные сигналы, как случайные функции времени [20, 31].

1.3.1. Сравнительный анализ методов измерения параметров видеосигнала

Параметры, которые остаются неизменными, используются для субъективного и объективного измерения качества.

Субъективные методы измерения самым широким образом используются не только при разработке новых систем, но и в практике охранного телевидения. Это обстоятельство обусловлено тем, что субъективное суждение дает прямую интегральную оценку качественных показателей изображения (строгую формальную при применении стандартных методик и быструю визуальную при обычном наблюдении телевизионного изображения). Визуальная оценка качества изображения широко используется в цифровом видеонаблюдении. Эксперименты субъективной оценки качества весьма трудоемки и связаны с большими затратами времени. А их результаты отличаются большим разбросом, поскольку подвержены влиянию большого числа трудно контролируемых факторов. Субъективные измерения не могут использоваться для целей мониторинга. Это приводит к

необходимости разработки методов объективных измерений, пригодных для оценки качества изображения, создаваемого цифровыми системами видеоизображения. Потребность в объективных измерениях особенно велика при измерениях во времени передачи сигналов охранного телевидения [13, 15].

Рассмотренные ранее объективные методы определения их результатов, должны проходить проверку повторно для оценки удовлетворенности уровня ожиданий пользователя. Это обстоятельство делает их скорость оценки маленькой.

Поэтому в данной работе предлагается комплексный подход для оценки качества видеосигнала (объективный и субъективный).

1.4. Постановка задач исследования

ГОСТ 52551-2016 группа П77 «Системы охраны и безопасности. Термины и определения», введенный 01.07.2017 году, необходим для ознакомления с терминами и их определениями в целях формирования единого технического языка в области обеспечения охраны и безопасности объектов различной ведомственной принадлежности и формы собственности, а также имущества граждан и организаций [36].

Согласно этому ГОСТ-у устанавливаются следующие технические требования и методы их испытаний. К ним относятся:

- функциональные характеристики;
- технические характеристики;
- электромагнитная совместимость;
- устойчивость к несанкционированному доступу;
- требования к электропитанию;
- требования к безопасности [36].

Требования к функциональным характеристикам систем являются обязательными и выражаются:

- при просмотре на видеомониторах изображения, которое снимается с видеокамер;
- в проверке качества изображения от всех видеокамер;
- в проверке захвата и сопровождения объекта;
- в проверке противоправных действий;
- при предупреждении о несанкционированном доступе на охраняемом объекте [36].

Требования, предъявляемые к техническим характеристикам следующие:

- значение разрешающей способности должно соответствовать техническим условиям (ТУ) заложенной в документации на проект. Разрешающая способность видеосистемы

указана для каждого канала передачи от видеокамеры до видеомонитора, и она указывается в ТВЛ [36];

- в соответствии с ТУ, видеосистема должна реагировать на любые изменения каждого канала.

Значения технических характеристик телевизионных камер должны соответствовать значениям, указанным в эксплуатационной документации конкретного устройства. Ими являются:

- разрешение;
- рабочий диапазон освещенностей;
- отношение сигнал/шум [36].

Для разработки нового стенда проведения научных исследований по повышению качества видеосигналов, необходимо было решить следующие задачи:

- обосновать и выбрать необходимые методы измерения и обработки видеосигналов с учетом выявленных недостатков;
- определить необходимые параметры при решении задач повышения качества видеосигналов для новых методов фильтрации сигналов;
- организовать и провести требуемые исследования;
- определить области применения полученных результатов [36, 37].

ГЛАВА 2

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА С СУЩЕСТВУЮЩИМИ

2.1. Теоретическое обоснование проводимых методик исследования

Решение разрешающей способности рассматривают по максимальному количеству градаций от черного к белому и обратно. Осциллографический метод - это оценка по рисунку клиньев тестовой таблицы визуальным методом. ПЗС сенсор характеризуется линейной световой характеристикой чувствительности до освещенности насыщения, поэтому для определения чувствительности был разработан лабораторный стенд с теневыми шторками, позволяющими изменять освещенность на объекте. Наиболее сложной процедурой является оценка определения отношения сигнал/шум. Число частиц N_ϕ , которые участвуют в разработке зарядового пакета за один цикл накопления на элементе сенсора ПЗС-матрицы, определяется как [11, 26, 32, 35]:

$$N_\phi = \frac{E S t}{W_\phi} \cdot \eta, \quad (2.1)$$

где: E – облучённость, Вт/м²;

c – скорость света, м/с;

S – площадь элемента, м²;

λ – длина волны излучения, м

t – время накопления, с;

h – постоянная Планка, Дж · с.

η – квантовый выход;

W_ϕ – энергия фотона;

Мощность светового излучения, равная 1 Вт белого цвета с равномерным распределением энергии в спектре кривой видимости глаза соответствует световому потоку, и он определяется в люменах (лм). При пересчете светового потока в минимальную освещенность для видеокамеры применяется соотношение 1лк = 1Вт/ м² [11, 26, 32, 35, 38].

Именно эта энергетическая освещённость, показывается по шкале в 2 люкса и регистрируется специальным прибором – люксметром, имеющим спектральную характеристику чувствительности, совпадающую с кривой видимости глаза [3, 23, 30, 33, 36].

Коэффициент ослабления потока частиц при отражении от объекта и прохождении в плоскости фокусного расстояния до объектива, рассчитывается [11, 26, 32, 35, 38]:

$$E_{\text{фотоприемника}} = (4 F^2)^{-1} E_{\text{объекта}} \rho \tau, \quad (2.2)$$

где: ρ – коэффициент отражения объекта;
 τ – коэффициент пропускания объектива;
 F – апертура объектива.

При фотоэлектрической трансформации возникают шумы – фотонный шум и собственные шумы ПЗС - матрицы и видеотракта.

Любой дискретный процесс подчиняется закону Пуассона (статистике). Поток фотонов также следует этой статистике. Согласно ей, фотонный шум равен квадратному корню из числа фотонов. Таким образом, отношение сигнал/шум в потоке фотонов, падающем на элемент сенсора ПЗС, будет равно корню квадратному из числа фотонов. Соответственно, шумовая составляющая зарядового пакета будет идентична корню квадратному из среднего значения числа электронов в потенциальной яме элемента сенсора ПЗС [11, 26, 32, 35, 38].

Число шумовых электронов [11, 26, 32, 35]:

$$N_{\text{в.шума}} = \sqrt{N_{\phi}}. \quad (2.3)$$

Собственные шумы ПЗС сенсора обусловлены многими факторами: тепловые шумы в полупроводнике, шумы переноса зарядов, шумы выходного устройства – преобразования пакетного заряда в напряжение на выходе ПЗС и другие. Практически для всех высококачественных ПЗС-матриц, широко используемых в системах видеонаблюдения, количество шумовых электронов составляет (15...25) шт. на сенсор. Это количество получается в типичных для всех кристаллов ПЗС-матрицах, где происходит преобразование заряда пикселя в напряжение [11, 32, 35, 38].

Учитывая собственные шумовые электроны ПЗС в количестве 20 шт., в пуассоновском шуме зарядового пакета, получаем [11, 26, 32, 35, 38]:

$$N_{\text{в.шума}} = \sqrt{N_{\phi} + 20^2}. \quad (2.4)$$

Расчётное отношение сигнал/шум:

$$S/N = 20 \log U_s / U_N, \quad (2.5)$$

где: U_s – размах сигнала;

U_N – среднеквадратичное отклонение;

в данном случае $U_s \equiv N_{\phi}$, а $U_N \equiv N_{\text{е.шума}}$ [11, 26, 32, 35, 38].

Обычно, измерение среднеквадратичного значения шума производят с взвешенным

фильтром, который имитирует визуальное восприятие флуктуационных помех, зависящее от распределения энергии помех по спектру. Взвешивающий фильтр как бы уравнивает мощности помех по их заметности глазом на экране монитора.

Освещенность на объекте составит [11, 26, 32, 35, 38]:

$$E_{\text{объекта}} = \frac{10^{-8} \cdot \text{Lux}}{2}. \quad (2.6)$$

Экспериментально установлено, что использование взвешивающего фильтра целесообразно при отношении сигнал/шум (S/N) больше (26...30) дБ. При меньших значениях S/N это правило нарушается. Для равномерного спектра флуктуационной помехи, затухание, вносимое таким фильтром, составляет 9,2 дБ [11, 26, 32, 35, 38]. Расчёт производится для заряженных частиц, падающих в спектральную область видимости глаза. Спектральная характеристика чувствительности сенсора ПЗС-матрицы (взята спектральная характеристика видеокамеры LTC 0500 фирмы Philips) значительно шире кривой видимости глаза и сдвинута в инфракрасную (ИК) область (Рисунок 2.1).

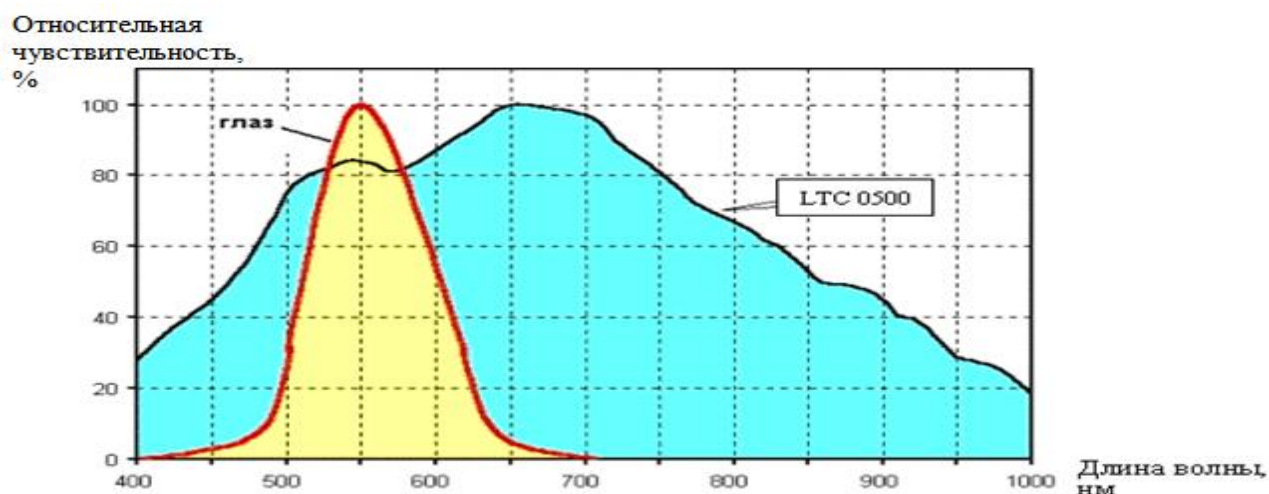


Рисунок 2.1 - Спектральная характеристика видеокамеры LTC 0500 фирмы Philips

Физически в образовании зарядового пакета принимают участие большое число заряженных частиц. В связи с этим, реальная световая чувствительность видеокамеры значительно выше относительной чувствительности видеокамеры, воспринимаемой глазом. Поэтому расчёт был произведен только для той спектральной области излучения, где чётко определены фотометрические единицы измерения параметров потока лучистой энергии, воспринимаемой глазом — люмены. Кроме этого, на практике существуют и объективные средства измерения освещённости — люксметры, работающие в основном в спектре видимости глаз. Проводить расчёты в широком спектре излучения значительно сложнее и не представляется необходимым, так как речь идет о системах охранного

телевидения [11, 26, 32, 35, 38].

Объективными измерениями являются математическими модели, определяющие результаты субъективной оценки качества. Они основаны на критериях и подтверждениях, которые могут быть измерены объективно. К ним относятся полные референсные методы, сокращенные референсные методы и неререференсные методы. Для этих методов требуется обеспечение высокого качества исходного видеосигнала [11, 26, 32, 35, 38].

Наиболее распространённым методом измерения качества обработки цифровой видеосистемы является измерение пикового отношения $C/Ш$ между исходным сигналом и сигналом на выходе системы. Она может быть автоматически вычислена компьютерной программой [11, 26, 32, 35, 38].

2.2. Методы измерения параметров видеосигнала и их сравнительный анализ

2.2.1. Определение параметра S/N для черно-белого изображения

Исходные данные и значения параметров для видеокамеры черно-белого изображения приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Исходные данные и значения параметров для видеокамеры черно - белого изображения

Исходные данные	Значения
Время накопления, t , с	0,02
Длина волны излучения, λ_{min} , м	$0,4 \cdot 10^{-6}$
Длина волны излучения, λ_{max} , м	$0,72 \cdot 10^{-6}$
Квантовый выход, для цветного спектра, $\eta_{ув}$	0,7
Квантовый выход, для черно-белого спектра, $\eta_{чн}$	0,85
Постоянная Планка, h , Дж·с	$6,626 \cdot 10^{-34}$
Скорость света, c , м/с	$3 \cdot 10^8$
Коэффициент отражения, ρ	0,75
Коэффициент пропускания, τ	0,85
Апертура, F	1,2
Энергетическая облученность объекта, $E_{объекта}$, Вт/м ²	10^{-3}
Формат камеры	1", 1/2", 1/3", 1/4"
Освещенность, Lux_1 , лк	0,001
Освещенность, Lux_2 , лк	0,01
Освещенность, Lux_3 , лк	0,1
Освещенность, Lux_4 лк	0,3
Освещенность, Lux_5 лк	1
Освещенность, Lux_6 лк	5
Освещенность, Lux_7 лк	10

Расчёт производился в программе Microsoft Excel. На рисунке 2.2 показан расчёт освещенности.

Освещенность на объекте

$$E_{\text{объекта}} = \frac{10^{-3} \cdot Lux}{2}$$

Lux_1	0,01	$E_{\text{объекта 1}}$	0,0000005	Вт/м
Lux_2	0,01	$E_{\text{объекта 2}}$	0,000005	Вт/м
Lux_3	0,1	$E_{\text{объекта 3}}$	0,00005	Вт/м
Lux_4	0,3	$E_{\text{объекта 4}}$	0,00015	Вт/м
Lux_5	1	$E_{\text{объекта 5}}$	0,0005	Вт/м
Lux_6	5	$E_{\text{объекта 6}}$	0,0025	Вт/м
Lux_7	10	$E_{\text{объекта 7}}$	0,005	Вт/м

Рисунок 2.2 - Расчёт освещённости

На рисунке 2.3 показан расчёт числа фотонов при различных уровнях освещённости.

Число фотонов N_{ϕ}

$$N_{\phi} = \frac{ESt}{W_{\phi}} \cdot \eta$$

$$W_{\phi} = 3,54E - 19 \text{ Дж}$$

Время накопления, $t = 0,02 \text{ с}$

где: W_{ϕ} – энергия фотона, Дж [38];

S – площадь элемента ПЗС[38]:

для формата 1" $S_1 = 3,1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$;

для формата 1/2" $S_2 = 7,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$;

для формата 1/3" $S_3 = 3,4 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$;

для формата 1/4" $S_4 = 1,9 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$

$$W_{\phi} = h \cdot \frac{2c}{\lambda_{\min} + \lambda_{\max}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^8}{(0,72 + 0,4) \cdot 10^{-6}} = 3,54 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Для формата 1" $S_1 = 3,10E-08 \text{ м}^2$

$N_{\phi 1}$	744,3503
$N_{\phi 2}$	7443,503
$N_{\phi 3}$	74435,03
$N_{\phi 4}$	223305,1
$N_{\phi 5}$	744350,3
$N_{\phi 6}$	3721751
$N_{\phi 7}$	7443503

Для формата 1/2" $S_2 = 7,70E-09 \text{ м}^2$

$N_{\phi 1}$	184,887
$N_{\phi 2}$	1848,87
$N_{\phi 3}$	18488,7
$N_{\phi 4}$	55466,1
$N_{\phi 5}$	184887
$N_{\phi 6}$	924435
$N_{\phi 7}$	1848870

Для формата 1/3'' S3 = 3,40E-09 м2		Для формата 1/4'' S4 = 1,90E-09 м2	
$N_{\phi 1}$	81,63842	$N_{\phi 1}$	45,6215
$N_{\phi 2}$	816,3842	$N_{\phi 2}$	456,215
$N_{\phi 3}$	8163,842	$N_{\phi 3}$	4562,15
$N_{\phi 4}$	24491,53	$N_{\phi 4}$	13686,4
$N_{\phi 5}$	81638,42	$N_{\phi 5}$	45621,5
$N_{\phi 6}$	408192,1	$N_{\phi 6}$	228107
$N_{\phi 7}$	816384,2	$N_{\phi 7}$	456215

Рисунок 2.3 - Расчёт числа фотонов

Энергетическая облучённость фотоприемника:

$$E_{\text{фотоприемника}} = (4F^2)^{-1} \cdot E_{\text{объекта}} \rho \tau = (4 \cdot 1,2^2)^{-1} \cdot 10^{-3} \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 1,9 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2$$

Расчёт собственных шумовых электронов ПЗС в количестве 20 шт. в пуассоновском шуме зарядового пакета показан на рисунке 2.4 [38].

Собственные шумовые электроны ПЗС в количестве 20 шт. в пуассоновском шуме зарядового пакета [38]:

$$N_{e_шума} = \sqrt{N_{\phi} + 20^2}$$

Для формата 1''

$N_{e_шума 1}$	33,828
$N_{e_шума 2}$	88,564
$N_{e_шума 3}$	273,56
$N_{e_шума 4}$	472,97
$N_{e_шума 5}$	862,99
$N_{e_шума 6}$	1929,3
$N_{e_шума 7}$	2728,4

Для формата 1/3''

$N_{e_шума 1}$	21,946
$N_{e_шума 2}$	34,877
$N_{e_шума 3}$	92,541
$N_{e_шума 4}$	157,77
$N_{e_шума 5}$	286,42
$N_{e_шума 6}$	639,21
$N_{e_шума 7}$	903,76

Для формата 1/2''

$N_{e_шума 1}$	24,184
$N_{e_шума 2}$	47,422
$N_{e_шума 3}$	137,44
$N_{e_шума 4}$	236,36
$N_{e_шума 5}$	430,45
$N_{e_шума 6}$	961,68
$N_{e_шума 7}$	1359,9

Для формата 1/4''

$N_{e_шума 1}$	21,11
$N_{e_шума 2}$	29,261
$N_{e_шума 3}$	70,443
$N_{e_шума 4}$	118,69
$N_{e_шума 5}$	214,53
$N_{e_шума 6}$	478,02
$N_{e_шума 7}$	675,73

Рисунок 2.4 - Расчёт собственных шумовых электронов ПЗС

Расчёты по соотношению сигнал/шум представлены на рисунке 2.5.

Расчетное соотношение сигнал/шум $C/Ш = 20 \log(N_{\Phi}/N_{\text{шума}})$			
Для формата 1''		Для формата 1/2''	
$C/Ш_1$	26,85	$C/Ш_1$	17,667
$C/Ш_2$	38,49	$C/Ш_2$	31,818
$C/Ш_3$	48,694	$C/Ш_3$	42,576
$C/Ш_4$	53,481	$C/Ш_4$	47,409
$C/Ш_5$	58,715	$C/Ш_5$	52,66
$C/Ш_6$	65,707	$C/Ш_6$	59,657
$C/Ш_7$	68,718	$C/Ш_7$	62,668
Для формата 1/3''		Для формата 1/4''	
$C/Ш_1$	11,411	$C/Ш_1$	6,6937
$C/Ш_2$	27,387	$C/Ш_2$	23,858
$C/Ш_3$	38,911	$C/Ш_3$	36,227
$C/Ш_4$	43,82	$C/Ш_4$	41,238
$C/Ш_5$	49,098	$C/Ш_5$	46,554
$C/Ш_6$	56,104	$C/Ш_6$	53,574
$C/Ш_7$	59,117	$C/Ш_7$	56,588

Рисунок 2.5 - Расчёт соотношения сигнал/шум

Полученные расчетные данные сигнал/шум, при различных уровнях освещенности, для визуального черно-белого изображения сводим в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Зависимость соотношения сигнал/шум от освещенности для визуального черно-белого изображения

Формат	Освещенность, лк						
	0,001	0,01	0,1	0,3	1	5	10
1"	34,23	46,778	56,636	62,188	67,727	70,828	72,353
1/2"	27,555	40,74	51,508	57,348	63,593	67,159	69,622
1/3"	21,954	35,636	46,891	53,786	60,359	64,166	66,479
1/4"	16,075	30,883	42,616	49,028	54,444	60,064	62,778

Затем строим график зависимости соотношения сигнал/шум от освещенности для визуального черно-белого изображения, который изображен на рисунке 2.6.

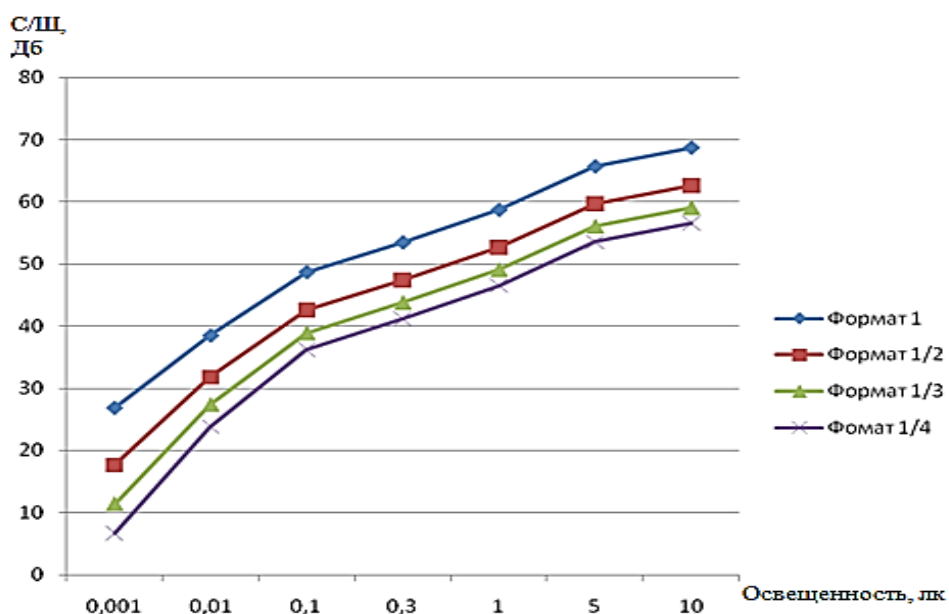


Рисунок 2.6 - Зависимость соотношения С/Ш от освещенности для визуального черно-белого изображения

2.2.2. Определение параметра S/N для цветного изображения

Исходные данные и значения параметров для видеокамеры цветного изображения приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Исходные данные и значения параметров для видеокамеры цветного изображения

Исходные данные	Значения
Время накопления, t , с	0,02
Минимальная длина излучаемой волны, λ_{min} , м	$0,4 \cdot 10^{-6}$
Максимальная длина излучаемой волны, λ_{max} , м	$0,72 \cdot 10^{-6}$
Квантовый выход, для цветного спектра, $\eta_{цв}$	0,7
Квантовый выход, для черно-белого спектра, $\eta_{чн}$	0,85
Постоянная Планка, h , Дж·с	$6,626 \cdot 10^{-34}$
Скорость света, c , м/с	$3 \cdot 10^8$
Коэффициент отражения, ρ	0,75

Продолжение таблицы 2.3

Коэффициент пропускания, τ	0,85
Апертура, F	1,2
Энергетическая облученность объекта, $E_{\text{объекта}}, \text{Вт/м}^2$	10^{-3}
Формат камеры	1", 1/2 ", 1/3", 1/4 "
Освещенность, $Lux_1, \text{лк}$	0,001
Освещенность, $Lux_2, \text{лк}$	0,01
Освещенность, $Lux_3, \text{лк}$	0,1
Освещенность, $Lux_4 \text{лк}$	0,3
Освещенность, $Lux_5 \text{лк}$	1
Освещенность, $Lux_6 \text{лк}$	5
Освещенность, $Lux_7 \text{лк}$	10

Расчёт производился в программе Microsoft Excel. На рисунке 2.7 показан расчёт освещенности.

Освещенность на объекте				
$E_{\text{объекта}} = \frac{10^{-3} \cdot Lux}{2}$				
Lux_1	0,001	$E_{\text{объекта 1}}$	0,0000005	Вт/м
Lux_2	0,01	$E_{\text{объекта 2}}$	0,000005	Вт/м
Lux_3	0,1	$E_{\text{объекта 3}}$	0,00005	Вт/м
Lux_4	0,3	$E_{\text{объекта 4}}$	0,00015	Вт/м
Lux_5	1	$E_{\text{объекта 5}}$	0,0005	Вт/м
Lux_6	5	$E_{\text{объекта 6}}$	0,0025	Вт/м
Lux_7	10	$E_{\text{объекта 7}}$	0,005	Вт/м

Рисунок 2.7 - Расчёт освещённости

На рисунке 2.8 показан расчёт числа фотонов при различных уровнях освещённости.

Число фотонов N_{ϕ}

$$N_{\phi} = \frac{ESt}{W_{\phi}} \cdot \eta$$

$$W_{\phi} = 3,54E - 19 \text{ Дж}$$

Время накопления, $t = 0,02$ сек

где: W_{ϕ} – энергия фотона, Дж [38];

S – площадь элемента ПЗС [38]:

для формата 1" $S_1 = 3,1 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$;

для формата 1/2" $S_2 = 7,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$;

для формата 1/3" $S_3 = 3,4 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$;

для формата 1/4" $S_4 = 1,9 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2$.

$$W_{\phi} = h \frac{2c}{\lambda_{\min} + \lambda_{\max}} = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2 \cdot 3 \cdot 10^8}{(0,72 + 0,4) \cdot 10^{-6}} = 3,54 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Для формата 1" $S_1 = 3,10E-08 \text{ м}^2$

$N_{\phi 1}$ 612,9944

$N_{\phi 2}$ 6129,944

$N_{\phi 3}$ 61299,44

$N_{\phi 4}$ 183898,3

$N_{\phi 5}$ 612994,4

$N_{\phi 6}$ 3064972

$N_{\phi 7}$ 6129944

Для формата 1/3" $S_3 = 3,40E-09 \text{ м}^2$

$N_{\phi 1}$ 67,23164

$N_{\phi 2}$ 672,3164

$N_{\phi 3}$ 6723,164

$N_{\phi 4}$ 20169,49

$N_{\phi 5}$ 67231,64

$N_{\phi 6}$ 336158,2

$N_{\phi 7}$ 672316,4

Для формата 1/2" $S_2 = 7,70E-09 \text{ м}^2$

$N_{\phi 1}$ 152,26

$N_{\phi 2}$ 1522,6

$N_{\phi 3}$ 15226

$N_{\phi 4}$ 45678

$N_{\phi 5}$ 152260

$N_{\phi 6}$ 761299

$N_{\phi 7}$ 1522599

Для формата 1/4" $S_4 = 1,90E-09 \text{ м}^2$

$N_{\phi 1}$ 37,5706

$N_{\phi 2}$ 375,706

$N_{\phi 3}$ 3757,06

$N_{\phi 4}$ 11271,2

$N_{\phi 5}$ 37570,6

$N_{\phi 6}$ 187853

$N_{\phi 7}$ 375706

Рисунок 2.8 - Расчёт числа фотонов

Энергетическая облучённость фотоприемника:

$$E_{\text{фотоприемника}} = (4F^2)^{-1} \cdot E_{\text{объекта}} \rho \tau = (4 \cdot 1,2^2)^{-1} \cdot 10^{-3} \cdot 0,75 \cdot 0,85 = 1,9 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2$$

Расчёт собственных шумовых электронов ПЗС в количестве 20 шт. в пуассоновском шуме зарядового пакета показан на рисунке 2.9 [38].

Собственные шумовые электроны ПЗС в количестве 20 шт. в пуассоновском шуме зарядового пакета [38]:

$$N_{e_шума} = \sqrt{N_{\phi} + 20^2}$$

Для формата 1''

$N_{e_шума\ 1}$	31,828
$N_{e_шума\ 2}$	80,808
$N_{e_шума\ 3}$	248,39
$N_{e_шума\ 4}$	429,3
$N_{e_шума\ 5}$	783,19
$N_{e_шума\ 6}$	1750,8
$N_{e_шума\ 7}$	2476

Для формата 1/3''

$N_{e_шума\ 1}$	21,616
$N_{e_шума\ 2}$	32,746
$N_{e_шума\ 3}$	84,399
$N_{e_шума\ 4}$	143,42
$N_{e_шума\ 5}$	260,06
$N_{e_шума\ 6}$	580,14
$N_{e_шума\ 7}$	820,19

Для формата 1/2''

$N_{e_шума\ 1}$	23,5
$N_{e_шума\ 2}$	43,847
$N_{e_шума\ 3}$	125
$N_{e_шума\ 4}$	214,66
$N_{e_шума\ 5}$	390,72
$N_{e_шума\ 6}$	872,75
$N_{e_шума\ 7}$	1234,1

Для формата 1/4''

$N_{e_шума\ 1}$	20,918
$N_{e_шума\ 2}$	27,852
$N_{e_шума\ 3}$	64,475
$N_{e_шума\ 4}$	108,03
$N_{e_шума\ 5}$	194,86
$N_{e_шума\ 6}$	433,88
$N_{e_шума\ 7}$	613,27

Рисунок 2.9 - Расчёт собственных шумовых электронов ПЗС

Расчёты по соотношению сигнал/шум представлены на рисунке 2.10.

Расчетное соотношение сигнал/шум $C/Ш = 20 \log (N_{\Phi}/N_{\text{е шум}})$			
Для формата 1''		Для формата 1/2''	
$C/Ш_1$	25,693	$C/Ш_1$	16,23
$C/Ш_2$	37,6	$C/Ш_2$	30,813
$C/Ш_3$	47,846	$C/Ш_3$	41,713
$C/Ш_4$	52,636	$C/Ш_4$	46,559
$C/Ш_5$	57,872	$C/Ш_5$	51,814
$C/Ш_6$	64,864	$C/Ш_6$	58,813
$C/Ш_7$	67,874	$C/Ш_7$	61,825
Для формата 1/3''		Для формата 1/4''	
$C/Ш_1$	9,8562	$C/Ш_1$	5,0865
$C/Ш_2$	26,248	$C/Ш_2$	22,6
$C/Ш_3$	38,025	$C/Ш_3$	35,309
$C/Ш_4$	42,962	$C/Ш_4$	40,368
$C/Ш_5$	48,25	$C/Ш_5$	45,702
$C/Ш_6$	55,26	$C/Ш_6$	52,729
$C/Ш_7$	58,273	$C/Ш_7$	55,744

Рисунок 2.10 - Расчёт соотношения сигнал/шум

Полученные результаты по соотношениям сигнал/шум, при различных уровнях освещенности для визуального цветного изображения (Рисунок 2.10) сводим в таблицу 2.4 и строим график зависимости сигнал/шум от освещенности для визуального цветного изображения, который изображен на рисунке 2.11.

Таблица 2.4 – Зависимость соотношения сигнал/шум от освещенности для визуального цветного изображения

Формат	Освещенность, лк						
	0,001	0,01	0,1	0,3	1	5	10
1"	26,722	38,391	48,6	53,386	58,621	65,612	68,623
1/2"	17,555	31,74	42,508	47,342	52,593	59,59	62,602
1/3"	11,341	27,336	38,871	43,781	49,059	56,066	59,079
1/4"	6,675	23,843	36,216	41,228	46,544	53,564	56,578

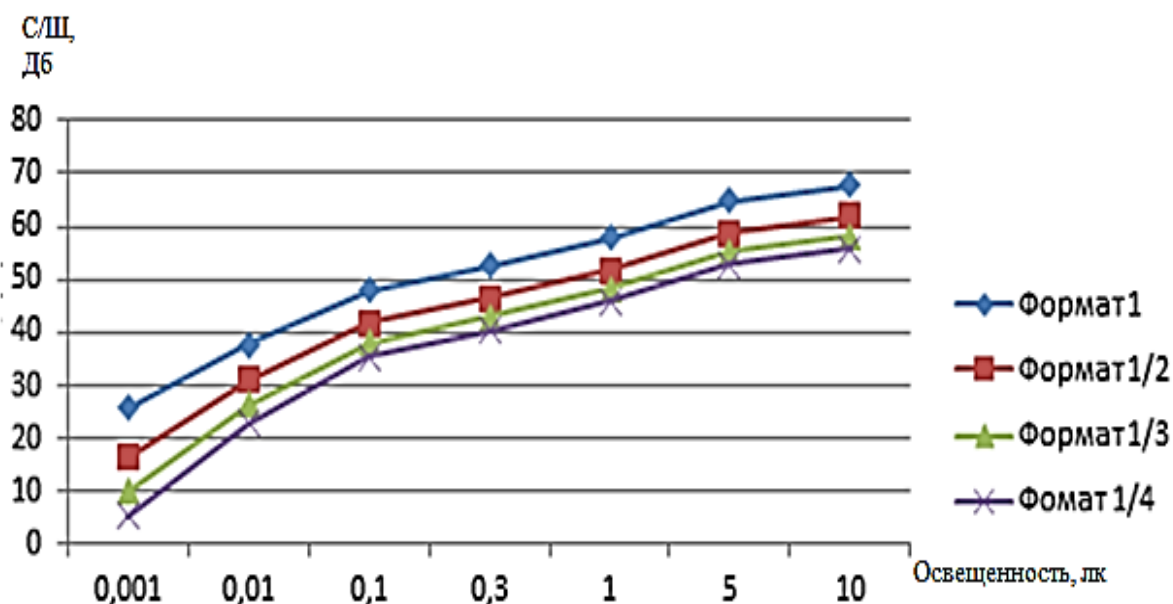


Рисунок 2.11 - Зависимость отношения $C/Ш$ от освещенности для визуального цветного изображения

Расчет погрешностей вычисления отношения сигнал/шум для различных типов камер был произведен в программе Microsoft Excel. Листинг и результаты расчетов приведены в таблицах 2.2, 2.4. и рисунках 2.2-2.5, 2.7-2.10.

2.3. Классификация методов обработки сигналов

Первым этапом цифровой обработки является предварительная обработка изображений, которая состоит из нескольких различных операций. Она нужна потому что, датчик имеет нелинейную характеристику и ее значения необходимо корректировать. Поэтому необходимо улучшить показатели яркости и контрастности изображения, а также восстановить геометрические искажения, которые были внесены при составлении изображения [40, 41].

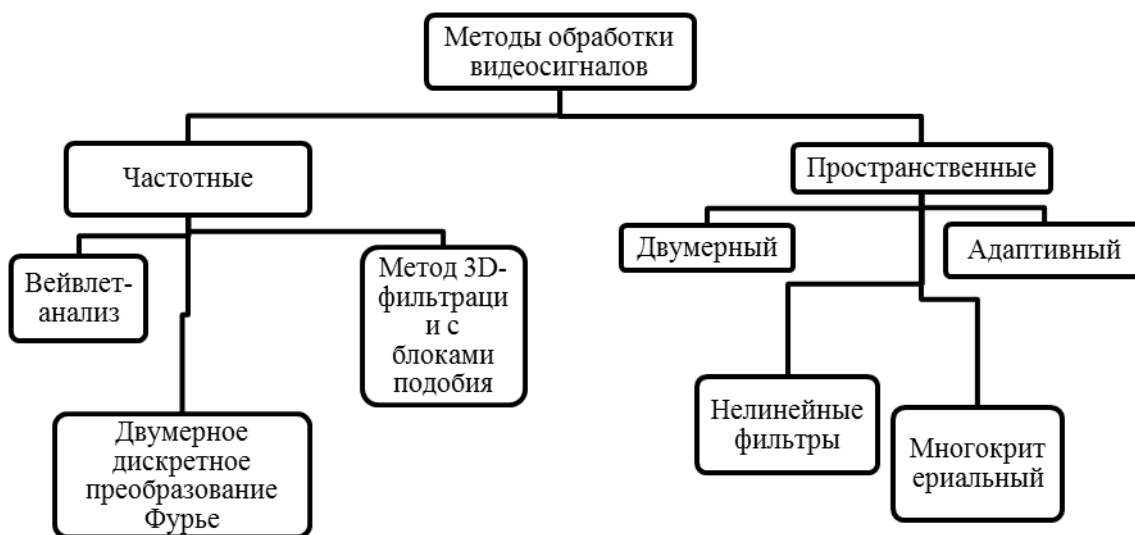


Рисунок 2.12 - Классификация методов обработки видеосигналов

Методы качественного улучшения видеосигнала разделяются на категории:

- частотные методы;
- пространственные методы.

Частотный метод основан на преобразовании видеосигнала в ряд Фурье. Его применяют при использовании спектрального анализа, при котором происходит разложение сложного полезного сигнала на несколько простых сигналов (колебаний) с целью определения работоспособности каждого сигнала (колебания) в сложном сигнале [40, 41].

Пространственный метод относится к плоскости изображения и основывается на прямой манипуляции пикселями изображения. Некоторые локальные преобразования оперируют одновременно как со значениями пикселей в окрестности, так и с соответствующими им значениями некоторой матрицы, имеющей те же размеры, что и окрестность. Такую матрицу называют фильтром, маской, ядром, шаблоном или окном. Значения элементов матрицы принято называть коэффициентами [40, 41].

В данное время не существует обобщенной теории улучшения качества сигналов. Только восприятие человеком может определить качество изображения того или иного метода. Это является субъективным процессом, который определяет понятие «качественного изображения» по сравнению с неуловимым эталонным изображением, что является необходимостью сравнения эффективности алгоритма [38, 40, 41].

При цифровой обработке необходимо получать изображение в виде электрических сигналов. Такие сигналы легко поддаются оцифровке в виде комбинации чисел, а потом их можно обрабатывать на компьютере. Существует много способов преобразования видеоизображения в дискретные числа [40, 41].

На видеоизображения, передаваемые по каналам связи, воздействуют различные виды помех, которые усложняют задачу визуального и автоматического контроля и также его анализ. Существует много различных способов фильтрации или сглаживания зашумленной полезной составляющей, которая зависит от правильно выбранной математической модели видеоизображения и шума. Математические модели полезной и шумовой составляющих видеоизображения делятся на группы:

- аддитивные;
- мультипликативные;
- смешанные, или комбинированные [40, 41].

В настоящее время применение указанных методов выделения полезного двумерного сигнала на фоне аддитивного шума предлагает наличие априорных знаний об исходном изображении и статистических свойствах аддитивной шумовой составляющей. Уменьшение объема априорной информации сильно затрудняет процесс обработки изображений и иногда необходимо применение визуального контроля [40, 41].

С учетом вышеизложенного, при рассмотрении большого количества методов обработки видеосигналов, всегда остро стоит вопрос выбора того или иного метода, т.к. у каждого метода есть свои неоспоримые достоинства и недостатки. При этом часть методов исследована достаточно глубоко, другая же требует мощный математический аппарат. В связи с тем, что данная работа посвящена физическим исследованиям, для дальнейшей, более глубокой проработки был выбран один из пространственных методов, а именно: метод нелинейной фильтрации, хорошо исследованный при узкополосных сигналах. В то же время исследования данного метода при широкополосных сигналах недостаточны, а для сигналов с изменяющейся шириной спектра вообще не проводились.

2.4. Обоснование выбора и описание способа робастной нелинейной фильтрации

Помимо определения основных характеристик видеокамеры в работе были рассмотрены методы обработки видеoinформации и фильтрующих систем, позволяющие повысить качество видеосигнала. В современных СОТ широко используемые методы обработки информации недостаточно эффективны.

Анализ фильтрующих систем.

Фильтры с характеристиками Баттерворта имеют равномерную характеристику в полосе пропускания, которая медленно убывает в полосе заграждения. Фильтр Чебышева имеет колебательную характеристику в полосе пропускания и быстрее убывает в полосе заграждения

по сравнению с фильтром Баттерворта. Фильтр Золотарева отличается от фильтра Чебышева тем, что в полосе заграждения он имеет колебательную характеристику, а у Чебышева затухание с частотой стремится к бесконечности. Все эти фильтры чувствительны к помехам. К тому же данные типы фильтров имеют фиксированные частоты, что не позволяет использовать их в системах с изменяемой полосой пропускания.

В современных системах охранного видеонаблюдения широко применяемые методы обработки информации (многокритериальный и линейный) недостаточно эффективны. Поэтому предлагается использовать робастный метод обработки информации, основанный на применении критериев леммы Неймана – Пирсона, которую мы используем для обработки сигналов с изменяемой шириной полосы пропускания спектра и изображения, полученные с выхода ПЗС и светочувствительной матрицы видеокамеры.

Под термином робастность подразумевается свойство статистического метода. Он характеризуется снижением помех или их исключением в ходе проведения исследовательских работ. При оценке качества также используются робастные методы.

В качестве нового подхода в данном направлении предлагается метод нелинейной робастной фильтрации, который применяет условно – параметрический метод обнаружения нестационарных сигналов при действии произвольных помех. Этот метод позволяет организовать функционирование системы с использованием сигналов с изменяющейся полосой пропускания, как в условиях статистической неопределенности, так и в условиях мощных помех. Разработка новых математических моделей и алгоритмов обработки базируется на принципах теории робастных статистик и Марковских случайных процессов, а алгоритмы реализуются в виде систем нелинейных дифференциальных уравнений [8, 11, 26, 32, 35].

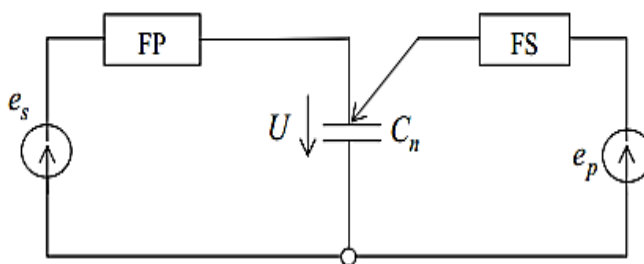


Рисунок 2.13 - Эквивалентная схема включения нелинейной емкости

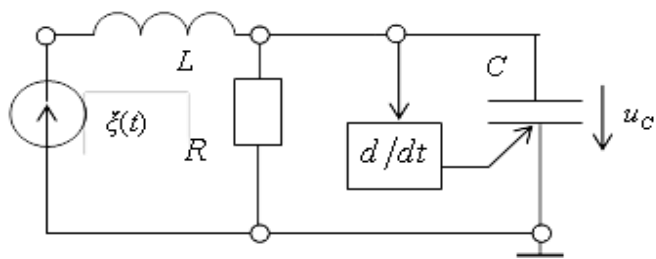


Рисунок 2.14 - Принципиальная схема робастного нелинейного фильтра

Нелинейный робастный фильтр может быть изготовлен на основе переключаемых конденсаторов (рисунки 2.13 и 2.14). Ее технология является весьма перспективной для изготовления различных аналоговых интегральных схем высокого уровня. Фильтры на основе переключаемых конденсаторов являются устройствами дискретно-аналоговой обработки, а входное напряжение дискретизируется по времени, а по уровню остается неизменной.

Главной особенностью таких фильтров является простота регулировки частоты среза с помощью микропроцессорных систем управления. Частота среза является линейной зависимостью от тактовой частоты, подаваемой на фильтр. Поэтому их называют синхронными фильтрами. Также важным преимуществом является отсутствие резисторов и индуктивностей в схемах фильтров (Рисунок 2.15 и Рисунок 2.16) [8, 11, 26, 32, 35].

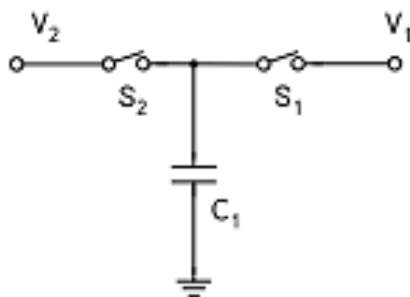


Рисунок 2.15 - Пример замены резистора конденсатором и двумя ключами

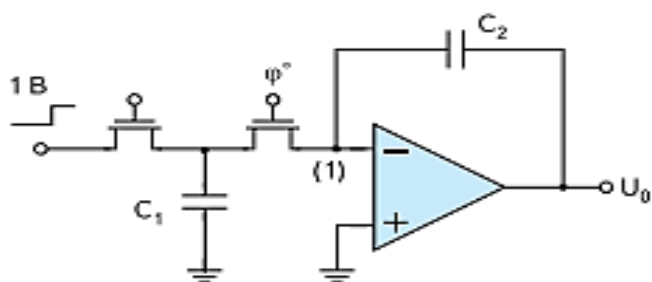


Рисунок 2.16 - Схема интегрального фильтра

Аналоговый сигнал подается на вход фильтра. Коэффициент усиления и частота среза задаются 4-х разрядными кодами на входах G0–G3 и F0–F3. Выходной сигнал снимается с входа OUT. Частота среза данных фильтров является фиксированной [42, 43, 44].

2.5. Расчет ширины спектра видеосигнала

В зависимости от того, в каком режиме работает система видеонаблюдения, меняется частота кадров от 1 кадр/с во время отсутствия в системе объектов до 100 кадр/с, когда особенно необходимо повышенное разрешение видеоизображения.

Расчет зависимости ширины спектра видеоизображения от частоты кадра и числа строк (разрешения) решается по формуле [42, 43, 44, 45].

$$f_{\text{в}} = \frac{\kappa_c \cdot \kappa_{\phi} \cdot z^2 \cdot f_k}{2}. \quad (2.7)$$

где: $\kappa_c = 0,8 \dots 0,9$;

κ_{ϕ} - формат кадра;

z - число строк;

f_k - частота кадра [36, 37, 38, 39].

Необходимо рассчитать ширину спектра изображения при частотах кадра равных 1 к/с, 25 к/с, 50 к/с, 100 к/с. Число строк (z) выбирается равным 625 и 1080 строк, что соответствует ширине строк видеоизображения в стандарте SECAM и в телевидении высокой четкости (ТВЧ) [42, 43, 44, 45].

а) При $f_k = 1$ к/с и $z = 625$ строк:

$$f_{\text{в1}} = \frac{0,9 \cdot \frac{4}{3} \cdot (625)^2 \cdot 1}{2} = 0,23 \text{ МГц}.$$

При $f_k = 1$ к/с и $z = 1080$ строк:

$$f_{\text{в2}} = \frac{0,9 \cdot \frac{4}{3} \cdot (1080)^2 \cdot 1}{2} = 07 \text{ МГц}.$$

б) При $f_k=25$ к/с и $Z=625$ строк:

$$f_{\text{в1}} = \frac{0,9 \cdot \frac{4}{8} \cdot (625)^2 \cdot 25}{2} = 5,86 \text{ МГц.}$$

При $f_k=25$ к/с и $Z=1080$ строк:

$$f_{\text{в2}} = \frac{0,9 \cdot \frac{4}{8} \cdot (1080)^2 \cdot 25}{2} = 17,5 \text{ МГц.}$$

в) При $f_k=50$ к/с и $Z=625$ строк:

$$f_{\text{в1}} = \frac{0,9 \cdot \frac{4}{8} \cdot (625)^2 \cdot 50}{2} = 11,72 \text{ МГц.}$$

При $f_k=50$ к/с и $Z=1080$ строк:

$$f_{\text{в2}} = \frac{0,9 \cdot \frac{4}{8} \cdot (1080)^2 \cdot 50}{2} = 34,99 \text{ МГц.}$$

г) При $f_k=100$ к/с и $Z=625$ строк:

$$f_{\text{в1}} = \frac{0,9 \cdot \frac{4}{8} \cdot (625)^2 \cdot 100}{2} = 23,44 \text{ МГц.}$$

При $f_k=100$ к/с и $Z=1080$ строк:

$$f_{\text{в2}} = \frac{0,9 \cdot \frac{4}{8} \cdot (1080)^2 \cdot 100}{2} = 69,98 \text{ МГц.}$$

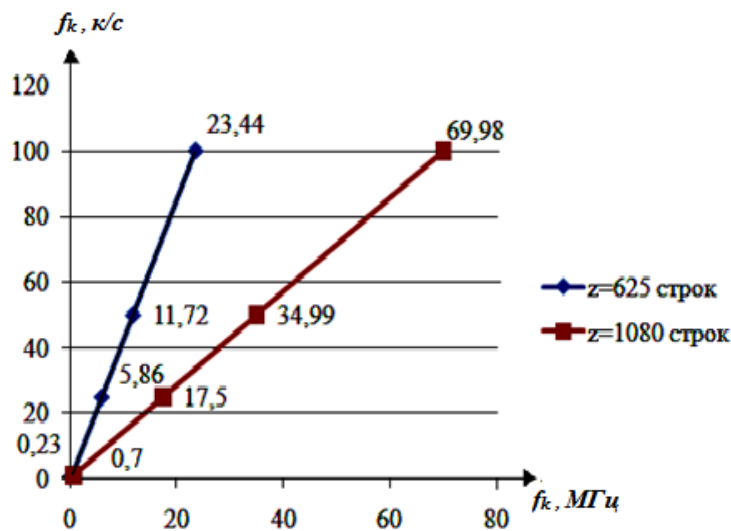


Рисунок 2.17 – Зависимость ширины спектра видеосигнала от частоты кадров и разрешения

Таким образом, судя по рисунку можно сказать, что ширина спектра сигнала может изменяться от 1 МГц до 70 МГц. Поэтому необходимо обеспечить заданную перестройку по частоте, то есть выделить необходимый частотный диапазон. Но проблема заключается в том, что этот метод используется только для узкополосных сигналов и нельзя учитывать разнос по частотам, а именно широкую полосу пропускания сигнала [42, 43, 44, 45].

2.6. Расчет робастного фильтра

Нелинейный робастный фильтр был реализован на основе переключаемых конденсаторов. Для этого были проведены расчеты по определению емкости конденсатора в зависимости от реализуемой полосы частот.

Переданный заряд от V_2 к V_1 можно определить [42, 43, 44]:

$$\Delta q = C_1 \cdot (V_2 - V_1) \quad (2.8)$$

где: C_1 - емкость фильтра;

$(V_2 - V_1)$ - разность значений напряжений.

Количество заряда, передаваемое в единицу времени при повторении процесса переключения рассчитывается по формуле:

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{C_1 \cdot (V_2 - V_1) \cdot N}{\Delta t} \quad (2.9)$$

где: Δt - выбранный промежуток времени;

N - количество переключений.

Ток, протекающий в системе можно вычислить из представленного равенства:

$$i = C_1 \cdot (V_2 - V_1) \cdot f_{CLK} , \quad (2.10)$$

где f_{CLK} - частота переключения конденсатора

$$\frac{(V_2 - V_1)}{i} = \frac{1}{C_1 \cdot f_{CLK}} = R. \quad (2.11)$$

$$(V_2 - V_1) = 1,0 - 0,75 = 0,25B .$$

Искомая емкость конденсатора находится по формуле:

$$C_x = \frac{i_{mp}}{(V_2 - V_1) \cdot f_{ТАКТ}} , \quad (2.12)$$

где $f_{такт}$ – тактовая частота.

Ток, протекающий в фильтре, взят из справочных значений полевого транзистора МОП n-канального с изолированным затвором BSS 138.

$$i = C_1 \cdot (V_2 - V_1) \cdot f_{CLK} ,$$

$$i = 0,6 \text{ мА} = 600 \text{ мкА}.$$

Из формулы тока, протекающего в фильтре, можно вынести и определить значение емкости:

$$C_1 = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{(1,0 - 0,75) \cdot 80 \cdot 10^6} = 30 \text{ нФ} ; ,$$

$$C_2 = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{(1,0 - 0,75) \cdot 115 \cdot 10^6} = 21 \text{ нФ} ; ,$$

$$C_3 = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{(1,0 - 0,75) \cdot 125 \cdot 10^6} = 19,2 \text{ нФ} ; ,$$

$$C_4 = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{(1,0 - 0,75) \cdot 150 \cdot 10^6} = 16 \text{ нФ} ; ,$$

В таблице 2.5 представлены расчетные емкости фильтра, а также указаны действительные значения емкостей, которые были использованы при разработке данного фильтра.

Таблица 2.5 – Рассчитанные значения емкостей фильтра

$f_{\text{такт}}, \text{ МГц}$	80	115	125	150
$C_{\text{х.расч}}, \text{ пФ}$	30	21	19,2	16
$C_{\text{х.фак}}, \text{ пФ} \pm 10\%$	32	22	20	16

2.6.1. Расчет генератора, управляемого напряжением

Генераторы, управляемые напряжением (ГУН), охваченные петлёй фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), – необходимые элементы синтезаторов частот, используемых в передающих и приёмных трактах радиосистем [7].

ГУН состоит из двух выходов: один необходим для передачи мощности колебаний в нагрузку, второй используют для организации петли фазовой автоподстройки частоты. При проектировании задают следующие основные параметры: частоту колебаний f_0 , мощность на каждом выходе $P_{\text{вых}}$, диапазон электрической перестройки частоты Δf , крутизну электрической перестройки $df/dU_{\text{упр}}$ ($U_{\text{упр}}$ – управляющее напряжение), развязку между каналами, подавление гармоник основной частоты $10\log(P_n/P_{\text{вых}})$ (n – номер гармоники) и фактор затягивания (максимальное изменение частоты генерации при изменении фазы коэффициента отражения от нагрузки на определённом модуле коэффициента отражения) [22].

Заранее заданный уровень стабилизации ГУН необходим при нестабильном напряжении питания и малом уровне фазового шума [22].

Следящий контур ФАПЧ постоянно следит за входным сигналом по фазе. Поэтому ГУН, который находится в составе контура, постоянно перестраивается по фазе. Это показано на рисунке 2.18 [22, 45].

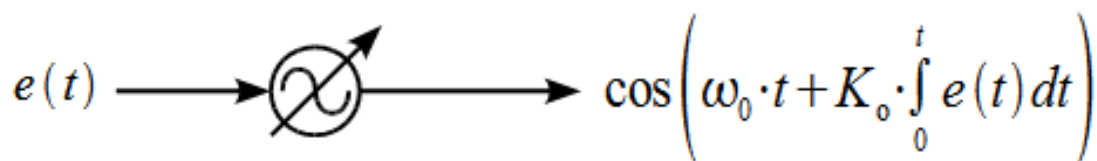


Рисунок 2.18 - Генератор управляемый напряжением

На входе ГУН ошибка сигнала $e(t)$, а на его выходе – сигнал с полной фазой $\Phi(t)$ равной величине, что находится под косинусом [22]:

$$\Phi(t) = \omega_0 \cdot t + K_0 \cdot \int_0^t e(t) dt . \quad (2.13)$$

На выходе ГУН мгновенная частота представляется производной полной фазы, которая пропорциональна текущему управляющему напряжению $e(t)$, K_0 – коэффициент пропорциональности. На рисунке 2.19 показан пример зависимости мгновенной частоты на выходе ГУН от управляющего напряжения $e(t)$ [22, 42, 43, 44, 45].

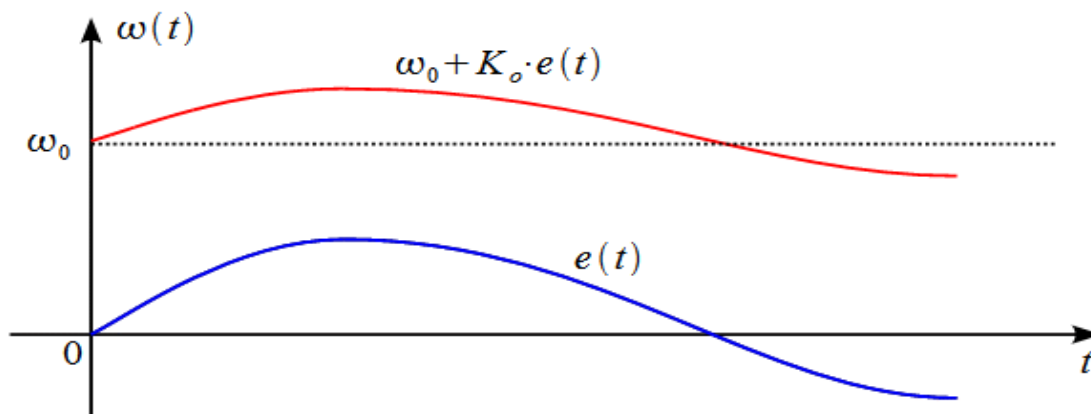


Рисунок 2.19 - Мгновенная частота на выходе ГУН

Предлагается следующий порядок проектирования ГУН:

- составление электрической схемы перестраиваемого автогенератора, а также улучшение его параметров с целью получения сигнала с нужной частотой, определенной мощностью, заданной полосой, крутизной электрической перестройки частоты и минимальным уровнем фазового шума;
- расчёт делителя мощности, необходимого для получения двух выходных каналов;
- проектирование буферных каскадов, обеспечивающих требуемую нагрузочную характеристику перестраиваемого автогенератора и нужную развязку между выходными каналами [22, 45].

Принципиальная схема генератора представлена на рисунке 2.20.

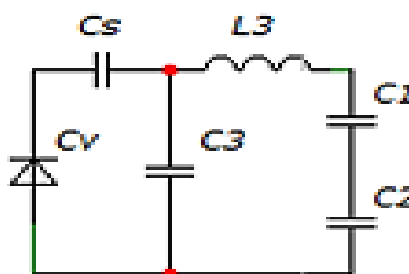


Рисунок 2.20 – Расчетная схема генератора, управляемого напряжением

Выбираем значения минимальной и максимальной частоты, согласно полосе пропускания: $f_{min} = 4 \text{ МГц}$, $f_{max} = 6 \text{ МГц}$, $f_0 = 5 \text{ МГц}$.

Напряжения питания выбираем согласно значению напряжения питания микросхемы $E_K = 5 \text{ В}$.

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0, \quad (2.14)$$

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot 5 \cdot 10^6 = 31,4 \text{ МГц}.$$

Промежуточная частота f_{mt} рассчитывается по формуле, как среднеквадратичное значение произведения минимального и максимального значения частоты:

$$f_{mt} = \sqrt{f_{min} \cdot f_{max}}, \quad (2.15)$$

где f_{min} – минимальное значение частоты;

f_{max} – максимальное значение частоты.

$$f_{mt} = \sqrt{4 \cdot 10^6 \cdot 6 \cdot 10^6} = 4,899 \text{ МГц}.$$

Значение девиации выбираем:

$$\Delta F_{ном} = 5 \cdot 10^4 \text{ Гц}$$

Допустимое отклонение напряжения смещения на варикапе $\frac{\Delta E_{vt}}{E_{vt}}$ равно $\varepsilon E_{vt} = 10^{-4}$
Относительная девиация частоты рассчитывается по формуле:

$$dF'_{ном} = \frac{\Delta F_{ном}}{f_{mt}}, \quad (2.16)$$

где: $\Delta F_{ном}$ - девиация частоты;

f_{mt} - промежуточная частота

$$dF'_{ном} = \frac{5 \cdot 10^4}{4,9 \cdot 10^6} = 0,01.$$

Выбираем коэффициент защищенности от помех: $A_{ip} = 60 \text{ дБ}$.

Нормированная амплитуда модулируемого сигнала $X_{ном}$ рассчитывается как произведение допустимого отклонения напряжения смещения на варикапе и коэффициента защищенности от помех и равна, не менее:

$$X_{ном} = \varepsilon \cdot E_{vt} \cdot 10^{0,05 \cdot A_{ip}}, \quad (2.17)$$

$$X_{ном} = 10^{-4} \cdot 10^{0,5 \cdot 60} = 0,1.$$

Коэффициент управления частотой $P_y(S_1)$ рассчитывается по формуле:

$$p_y(S_1) = 4 \cdot \frac{dF'_{\text{НОМ}}}{X}, \quad (2.18)$$

$$p_y(S_1) = 4 \cdot \frac{0,01}{0,1} = 0,4.$$

Коэффициент гармоник, находится по формуле:

$$K_{2\Omega} = 3 \cdot \frac{X_{\text{НОМ}}}{16}, \quad (2.19)$$

$$K_{2\Omega} = 3 \cdot \frac{0,1}{16} = 0,019.$$

Характеристическое сопротивление контура, выбрано из промежутка:
 $p=(50...100) \text{ Ом}$, $p=70 \text{ Ом}$

Паразитная емкость катушки $C_0=(1...5) \text{ нФ}$, $C_0=1 \text{ нФ}$.

Коэффициент включения контура $0,1...0,2$, $p_k=0,2$.

Емкость контура в режиме молчания:

$$C_{KT} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{mt} \cdot p}, \quad (2.20)$$

где f_{mt} – промежуточная частота;

p - характеристическое сопротивление.

$$C_{KT} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,9 \cdot 10^6 \cdot 70} = 4,643 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}.$$

Максимальная емкость варикапа рассчитывается как произведение коэффициента управления частотой и емкости контура в режиме молчания:

$$C_{Bmax} = (4 ... 20) \cdot p_y \cdot C_{KT}; \quad (2.21)$$

$$C_{Bmax} = 7,429 \cdot 10^{-22} \text{ Ф};$$

$$C_{Bmax1} = 37,144 \cdot 10^{-22} \text{ Ф}.$$

Выбираем варикап KB117A с $C_{вар} = 26...39 \text{ пФ}$ и $C_{B0} = 38 \text{ пФ}$ [26].

При номинальном изменении напряжения $E_0 = 3 \text{ В}$, $E_{дон} = 25 \text{ В}$.

Средняя емкость 32 пФ на $f_{v0} = 5 \text{ МГц}$.

Добротность $Q_v = 180$.

Разность потенциалов $E_\phi = 0,7$, $n = 0,5$.

Добротность на рабочей частоте:

$$Q_{vf} = Q_v \cdot \frac{f_{v0}}{f_{mt}}, \quad (2.22)$$

$$Q_{vf} = 180 \cdot \frac{5}{4,899} = 184.$$

При этом управляющее напряжение находится в промежутке (3...18) В.

Выбираем диапазон изменения напряжения E_{var} . Минимальное и максимальное значения $E_{vmin} = 3$ В и $E_{vmax} = 7$ В.

E_{var} молчания, рассчитывается как среднее значение суммы максимального и минимального значений напряжения:

$$E_{vt} = \frac{E_{vmax} + E_{vmin}}{2}, \quad (2.23)$$

$$E_{vt} = (3 + 7) \cdot 0,5 = 5 \text{ В},$$

C_{var} молчания, принимаем равным 38 пФ:

Емкость C_{vt} рассчитывается как отношение емкости молчания и корня квадратного из отношения напряжений контура:

$$C_{vt} = \frac{C'_{vmax}}{\sqrt{\frac{E_{vt}}{E_0}}}, \quad (2.24)$$

$$C_{vt} = \frac{38 \cdot 10^{-12}}{\sqrt{\frac{5}{3}}} = 2,943 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}.$$

Допустимое нестабильное напряжение на варикапе E_{var} (В) рассчитывается по формуле:

$$\Delta E_{vd} = 10^{-4} \cdot E_{vt}, \quad (2.25)$$

$$\Delta E_{vd} = 5 \cdot 10^{-4}$$

Допустимая амплитуда модулирующего напряжения рассчитывается по формуле:

$$U_{\Omega max} = X_{ном} \cdot E_{vt}, \quad (2.26)$$

$$U_{\Omega max} = 0,1 \cdot 5 = 0,5 \text{ В}.$$

Допустимая амплитуда ВЧ напряжения находится по формуле:

$$U_{fd} = E_{vt} - E_{vmin} - U_{\Omega max}, \quad (2.27)$$

$$U_{fd} = 5 - 3 - 0,5 = 1,5 \text{ В}.$$

Емкость делителя рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{двл}} = \frac{C_{kt}}{p_k}, \quad (2.28)$$

$$C_{\text{двл}} = \frac{4,643 \cdot 10^{-11}}{0,2} = 23,215 \cdot 10^{-11} \Phi.$$

Суммарная емкость C_3 и варикапа в режиме молчания равна:

$$C_{k0} = \frac{(C_{kt} - C_0)}{\left[1 - \frac{(C_{kt} - C_0)}{C_{\text{двл}}}\right]}, \quad (2.29)$$

где: C_{kt} – емкость контура в режиме молчания;

C_0 – паразитная емкость катушки;

$C_{\text{дел}}$ – емкость делителя.

$$C_{k0} = \frac{(4,643 \cdot 10^{-11} - 1 \cdot 10^{-12})}{\left[1 - \frac{(4,643 \cdot 10^{-11} - 1 \cdot 10^{-12})}{23,215 \cdot 10^{-11}}\right]} = 5,648 \cdot 10^{-11} \Phi.$$

Девиация рассчитывается по формуле:

$$\Delta f_{\text{rass}} = \frac{dF'_{\text{пот}}}{1 - p_k}, \quad (2.30)$$

$$\Delta f_{\text{rass}} = \frac{0,01}{1 - 0,2} = 0,012.$$

Рассчитанное значение крутизны Mx находится по формуле:

$$\Delta S'_{\text{rass}} = \frac{\Delta f_{\text{rass}}}{X_{\text{пот}}}, \quad (2.31)$$

$$\Delta S'_{\text{rass}} = \frac{0,012}{0,1} = 0,12.$$

Рассчитанное значение коэффициента управления частоты находится по формуле:

$$p_{\text{yrass}} = \frac{p_y}{1 - p_k}, \quad (2.32)$$

$$p_{\text{yrass}} = \frac{0,4}{1 - 0,2} = 0,5.$$

Рассчитанное значение коэффициента управления варикапа равно:

$$p_v = \sqrt{p_{\text{yrass}} \cdot \frac{C_{kt}}{C_{vt}}}, \quad (2.33)$$

$$p_v = \sqrt{0,5 \cdot \frac{4,643 \cdot 10^{-11}}{2,943 \cdot 10^{-11}}} = 0,888.$$

Емкость связи рассчитывается по формуле:

$$C_s = \frac{p_v \cdot C_{vt}}{1 - p_v}, \quad (2.34)$$

$$C_s = \frac{0,888 \cdot 2,943 \cdot 10^{-11}}{1 - 0,88} = 2,333 \cdot 10^{-10} \Phi.$$

Емкость C_3 контура находится по формуле:

$$C_3 = C_{k0} - \frac{C_s \cdot C_{vt}}{C_s + C_{vt}}, \quad (2.35)$$

$$C_3 = 5,648 \cdot 10^{-11} - \frac{2,333 \cdot 10^{-10} \cdot 2,943 \cdot 10^{-11}}{2,333 \cdot 10^{-10} + 2,943 \cdot 10^{-11}} = 3,035 \cdot 10^{-11} \Phi,$$

Индуктивность L_3 контура рассчитывается по формуле:

$$L_3 = \frac{p}{2 \cdot \pi \cdot f_{mt}}, \quad (2.36)$$

где f_{mt} – промежуточная частота

$$L_3 = \frac{70}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,899 \cdot 10^6} = 2,275 \cdot 10^{-6} \Gamma H,$$

Напряжение на конденсаторе $C_s < U_{Csdon}$ равно:

$$U_{Csдоп} = U_{fvdop} \frac{C_{vt}}{C_s}, \quad (2.37)$$

$$U_{Csдоп} = 1,5 \cdot \frac{2,943 \cdot 10^{-11}}{2,333 \cdot 10^{-10}} = 0,189 B.$$

Напряжение на конденсаторе C_3 рассчитывается по формуле:

$$U_{C3доп} = U_{fvdop} + U_{Csдоп}, \quad (2.38)$$

$$U_{C3доп} = 1,5 + 0,189 = 0,689 B.$$

Напряжение на индуктивности L_3 находится по формуле:

$$U_{L3доп} = \frac{U_{fvdop}}{1 - p_k}, \quad (2.39)$$

$$U_{L3доп} = \frac{1,5}{1-0,2} = 1,875B.$$

Напряжение на емкостном делителе C_1, C_2 равно:

$$U_{ксмк} = p_k \cdot U_{Lдоп}, \quad (2.40)$$

$$U_{ксмк} = 0,2 \cdot 1,875 = 0,375 B.$$

Контурный ток находится по формуле:

$$I_k = \frac{U_{Lдоп}}{p}, \quad (2.41)$$

$$I_k = \frac{1,875}{70} = 0,027 A.$$

Эквивалентное сопротивление нагружаемого контура, приняв равным:

$$R_{экв} = p \cdot Q_{наг}, \quad (2.42)$$

$$R_{экв} = 70 \cdot 120 = 84 \cdot 10^3 Ом.$$

Сопротивление нагрузки в цепи K -Э находится по формуле:

$$R = p_k^2 \cdot R_{экв}, \quad (2.43)$$

$$R = 0,2^2 \cdot 84 \cdot 10^3 = 3,36 \cdot 10^3 Ом,$$

Максимальная допустимая колебательная мощность автогенератора (АГ) равна:

$$R_{АГ} = \frac{U_{ксмк}^2}{2 \cdot R}, \quad (2.44)$$

$$R_{АГ} = \frac{0,375^2}{2 \cdot 3,36 \cdot 10^3} = 2,093 \cdot 10^{-5} B.$$

Таким образом, был рассчитан генератор, управляемый напряжением, его элементы, максимальная допустимая колебательная мощность автогенератора, был выбран варикап KB117A [42, 43, 44, 45].

2.6.2. Определение емкости варикапа для перестройки по диапазону

Для перестройки ГУН с минимальной до максимальной частоты необходимо изменять емкость контура. Для этого параллельно емкости (главной составляющей общей емкости

контура) через емкость связи подключаем варикап KB117A.

При параллельном подключении варикапа к емкости C_3 необходимо изменять ее величину (при неизменных значениях остальных емкостей) в пределах пФ.

Исходные данные: $f_{min} = 4$ МГц, $f_{max} = 6$ МГц.

Формула расчета коэффициента перестройки по диапазону:

$$n = \left(\frac{f_{max}}{f_{min}} \right)^2, \quad (2.45)$$

$$n = \left(\frac{6 \cdot 10^6}{4 \cdot 10^6} \right)^2 = 2,25.$$

Параметры варикапа KB117A при номинальном напряжении $E_0=3$ В:

Номинальная емкость $C_{v0} = 12$ пФ.

Коэффициент разности потенциалов $n = 0,5$.

Добротность $Q = 150$.

Управляющее напряжение, выберем значения $U_{min} = 3$ В, $U_{max} = 6$ В.

Емкости варикапа находятся по формулам:

$$C_{vmin} = \frac{C_{k0} \cdot (E_\phi + E_0)}{(E_\phi + U_{max})^{0,5}}, \quad (2.46)$$

где: E_ϕ – значение напряжения;

E_0 – номинальное значение напряжения.

$$C_{vmin} = \frac{5,648 \cdot 10^{-11} \cdot (0,7 + 3)}{(0,7 + 3)^{0,5}} = 1,086 \cdot 10^{-10} \text{ Ф},$$

$$\Delta C_v = 1,086 \cdot 10^{-10} - 8,073 \cdot 10^{-11} = 2,787 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}.$$

Таким образом, был рассчитан коэффициент перестройки по диапазону. Если помимо напряжения варьировать величины R и C , диапазон перестройки можно значительно расширить, используя практически всю допустимую полосу частот микросхемы [42, 43, 44, 45].

2.6.3. Расчет блокировочных элементов

Блокировочные конденсаторы источников питания необходимо устанавливать в непосредственной близости от выводов микросхемы. Блокировочный конденсатор защищает источник от токов высокой и модулирующей частот [4].

а) в цепи базы $X_{C\delta n} = 1$:

$$C_{\delta n} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{mt}}, \quad (2.47)$$

где: f_{mt} – промежуточная частота.

$$C_{\delta n} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,899 \cdot 10^6} = 3,25 \cdot 10^{-8} \Phi.$$

б) в цепи коллектора $X_{C\delta n}=1$:

$$\begin{aligned} X_{L\delta} &= 10 \cdot R; \\ X_{L\delta} &= 3,36 \cdot 10^3; \end{aligned} \quad (2.48)$$

$$\begin{aligned} L_{\delta n} &= \frac{X_{L\delta}}{2 \cdot \pi \cdot f_{mt}}; \\ L_{\delta n} &= \frac{3,36 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,899 \cdot 10^6} = 1,215 \cdot 10^{-5} \Gamma_H. \end{aligned} \quad (2.49)$$

в) в цепи ФАПЧ

$$X_{c1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{mt} \cdot C_{v \min}}; \quad (2.50)$$

где: C_{vmin} – минимальное значение емкости.

$$\begin{aligned} X_{c1} &= \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,899 \cdot 10^6 \cdot 8,073 \cdot 10^{-11}} = 402,622; \\ X_{dr} &= 20 \cdot X_{c1}; \\ X_{dr} &= 20 \cdot 402,622 = 8,052 \cdot 10^3; \end{aligned} \quad (2.51)$$

$$\begin{aligned} L_{dr} &= \frac{X_{dr}}{2 \cdot \pi \cdot f_{mt}} \\ L_{dr} &= \frac{8,052 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,899 \cdot 10^6} = 1,311 \cdot 10^{-5} \Gamma_H. \end{aligned} \quad (2.52)$$

г) в цепи МОД

$$\begin{aligned} X_{c2} &= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{mt} \cdot C_{vt}}; \\ X_{c2} &= \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,899 \cdot 10^6 \cdot 2,943 \cdot 10^{-11}} = 1107; \end{aligned} \quad (2.53)$$

$$X_{dr2} = 20 \cdot X_{c2}; \quad (2.54)$$

$$L_{dr2} = \frac{X_{dr}}{2 \cdot \pi \cdot f_{mt}}; \quad (2.55)$$

$$L_{dr2} = \frac{22140}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,899 \cdot 10^6} = 7,211 \cdot 10^{-4} \Gamma_{H}.$$

Выберем из ряда E24 номинальные значения элементов:

$$L_3 = 230 \text{ нГн},$$

$$L_{вк1} = 15 \text{ мкГн},$$

$$L_{вк2} = 1 \text{ мГн}.$$

$$C_1 = 50 \text{ пФ},$$

$$C_2 = 30 \text{ пФ},$$

$$C_3 = 30 \text{ пФ},$$

$$C_{cv1} = 13 \text{ пФ},$$

$$C_{cv2} = 100 \text{ пФ},$$

$$C_{ол} = 35 \text{ нФ}.$$

Напряжение питания ГУН равно 5 В. Мы получаем его, используя стабилизатор 2С156А, $U_{стном} = 5 \text{ В}$.

Таким образом, были рассчитаны генератор, управляемый напряжением, напряжения питания, коэффициент перестройки по диапазону и выбраны варикап КВ117А, блокирующие элементы, дополнительные емкости, [42, 43, 44, 45].

2.7. Разработка и описание работы лабораторного стенда

Разработка стенда необходима для проведения исследовательских, ремонтных работ по системам охранного телевидения [11, 26, 27, 46], а также для улучшения технической оснащённости лабораторий по изучению и исследованию систем видеонаблюдения.

Задачей разработки данного стенда является создание оборудования, соответствующего современному уровню развития технологий в телекоммуникационной отрасли и государственным образовательным стандартам специальностей в области радиотехники.

Обучающиеся на лабораторном стенде выполняют работы, в которых исследуются возможности видеокамер при различных уровнях освещённости, влияние фокусного расстояния и угла обзора на разрешающую способность различных типов видеокамер и объективов, определяются значения рабочих, дальних и мёртвых зон, исследуется

зависимость скорости видеозаписи на качество записанного видеосигнала. Исследование данных режимов работы позволяет правильнее оценить основные качественные показатели систем видеонаблюдения и глубже понять процессы, происходящие в основных узлах устройств, а так же дает возможность приобретения навыков работы с системами видеонаблюдения [6, 27]. Созданный стенд (рисунок 2.21) обеспечивает проведение, как учебных лабораторных работ, так и исследовательских работ, что является одним из требований государственного образовательного стандарта для магистратуры по специальностям в области радиотехники [6, 27].



Рисунок 2.21 – Внешний вид лабораторного стенда

При исследовании было выявлено, что аналогичного лабораторного стенда по подготовке специалистов в области систем видеонаблюдения не имеется. [6, 27].

2.7.1. Сильные и слабые стороны разработки

Данный стенд был изготовлен для повышения технической оснащенности лабораторного фонда кафедры «Систем информационной безопасности», а также для обучения бакалавров и магистрантов по специальности «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» современным технологиям в области инфокоммуникационных

технологий. Разработка данного стенда по системам охранного телевидения привлекает дополнительный контингент студентов на специальность «РЭТ» в АУЭС.

Слабая сторона разработки заключается в невозможности прогнозирования доходности вложений финансовых средств [6, 9, 27].

2.7.2. Результат реализации разработки

Создание технически оснащенной лаборатории для проведения учебного процесса, соответствующей мировым требованиям и достижениям в сфере телекоммуникаций, повышение конкурентоспособности АУЭС по подготовке специалистов для Республики Казахстан [6, 9, 27].

Основная цель предлагаемой разработки: повышение качества учебного процесса, а также улучшение технической оснащенности кафедры (СИБ) «Алматинского Университета Энергетики и Связи» лабораторией по изучению и исследованию систем видеонаблюдения.

Назначение разработки:

- создание лабораторного стенда необходимо для проведения исследовательских работ магистрантов в соответствии с современными технологиями в области систем охранного телевидения, а также может быть использован для проведения ремонтных работ [6, 9, 27].

2.7.3. Состав лабораторного стенда

В состав лабораторного стенда входят: аппаратура системы видеонаблюдения, контрольно-измерительная аппаратура, а также проведены каналы связи и система электропитания. Общий вид стенда представлен на рисунке 2.21 [6, 9, 27].

Лабораторный стенд (рисунок 2.22) представляет собой стойку №1, на одной из стенок которого расположены две купольные камеры, объективы которых направлены на держатель, расположенный на противоположной стороне стойки, где размещаются плакаты в виде тестовых таблиц для снятия характеристик используемых видеокамер.

На держателе установлен также датчик люксметра, необходимый для определения уровня освещенности на наблюдаемом объекте внутри стойки. Вдоль стойки расположены направляющие для цилиндрической камеры, которые позволяют перемещать камеру, изменяя ее расстояние от объектива до держателя тестовых таблиц [6, 27].

Особенностью стойки №1 является наличие затемняющих шторок (которые не отображены на приведенных рисунках стенда), позволяющих создать требуемый уровень освещения внутри стойки, что так же необходимо при снятии характеристик

видеокамер [46]. На левой стенке стойки расположены элементы подсветки (оптического диапазона, красного и инфракрасного света) [6, 9, 27].

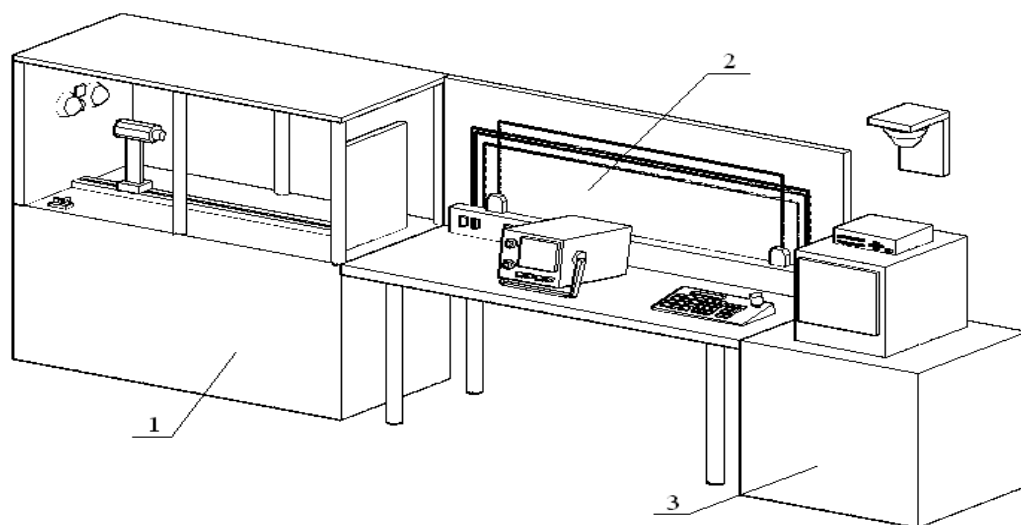


Рисунок 2.22 - Внешний вид лабораторного стенда.

Условные обозначения:

1 – лабораторная стойка №1;

2 – лабораторная стойка №2;

3 – лабораторная стойка №3.

Расположение различных частей и оборудования лабораторной стойки №1 показано на рисунках 3. и 4.

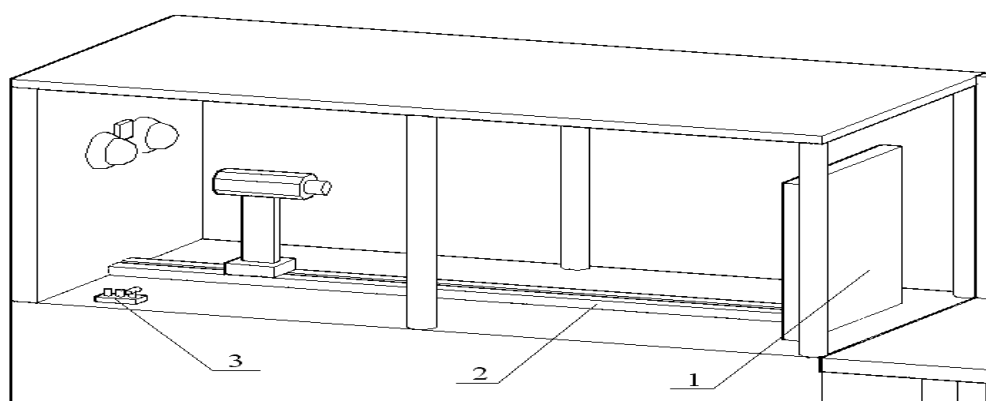


Рисунок 2.23 - Фрагмент лабораторной стойки

Условные обозначения:

1 – держатель;

2 – направляющие цилиндрической камеры;

3 – разъемы для подключения дополнительной контрольно- измерительной аппаратуры.

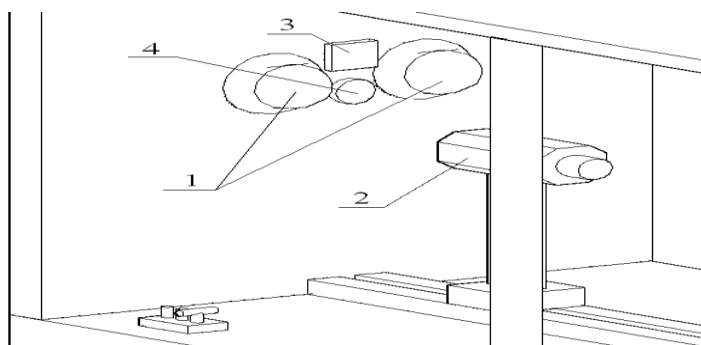


Рисунок 2.24 - Фрагмент лабораторной стойки

Условные обозначения:

- 1 – купольные видеокамеры NVC-SC200D и NVC-HC200D;
- 2 –цилиндрическая видеокамера NVC-825-DN с варифокальным объективом NVL-416D/IR;
- 3 – прожектор видимого спектра излучения (выполнен на светодиодах);
- 4 – прожектор инфракрасного спектра излучения IR-6/20-880

На лабораторной стойке №1 смонтирован также блок питания постоянного тока с выходным напряжением 12В, предназначенный для обеспечения электропитания видеокамер [9, 47].

В лабораторной стойке №2 имеются, проложенные через кабелегоны по задней стенке, кабели связи:

- два коаксиальных кабеля РК-75;
- один кабель UTP 4x2 e5 cat;
- один оптический одномодовый кабель.

Подключение видеокамер к устройству видео регистрации по оптическому каналу связи производится посредством электрооптического (OVT-1) и оптоэлектрического (OVR-1) преобразователей [6, 9, 27].

Вдоль задней стенке так же смонтирован кабельный канал 80x100, в котором проложены кабели слаботочного питания и вмонтированы выключатели.

Кроме этого, на лабораторной стойке №2 расположен осциллограф С1-220, индикатор люксметра и клавиатура управления поворотным устройством купольной вари фокальной видеокамеры [6, 9, 27].

На лабораторной стойке №3 стоит видеомонитор и цифровой видеорегистратор. На стене позади лабораторного стенда закреплена купольная поворотная камера. Так же находится радиоприёмник, который настроен на приём сигнала с беспроводной камеры, установленный в другом конце помещения [6, 9, 27].

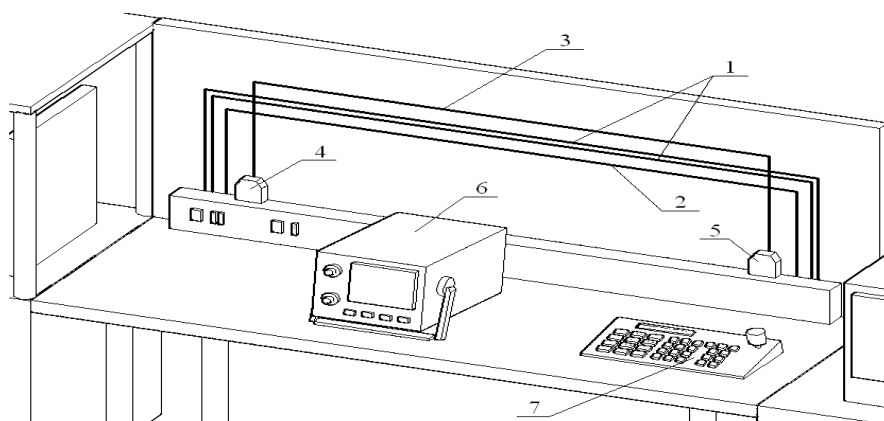


Рисунок 2.25 - Фрагмент лабораторной стойки №2.

Условные обозначения:

- 1 – коаксиальные кабели РК-75
- 2 – кабель UTP 4x2 e5 cat;
- 3 – оптический одномодовый кабель;
- 4 – электрооптический преобразователь OVT-1;
- 5 – оптоэлектрический преобразователь OVR-1;
- 6 – осциллограф С1-220;
- 7 – клавиатура управления поворотным устройством NV-KBD40

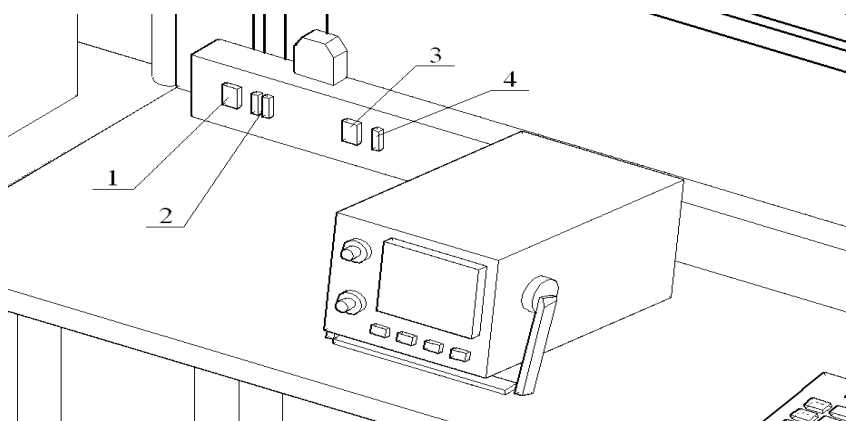


Рисунок 2.26 - Фрагмент лабораторной стойки №2

Условные обозначения:

- 1 – общий выключатель питания;
- 2 – выключатели питания прожекторов;
- 3 – переключатель линий;
- 4 – выключатель питания оптических преобразователей.

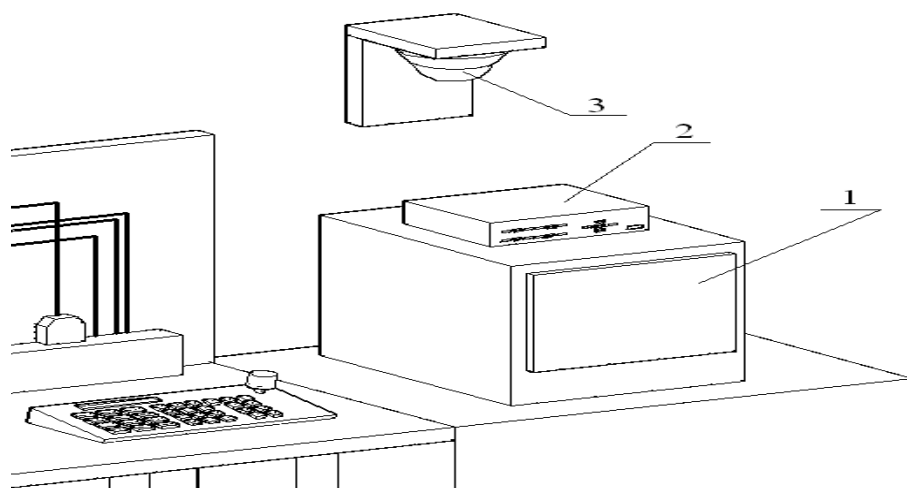


Рисунок 2.27 - Фрагмент лабораторного стола №3.

Условные обозначения:

- 1 – монитор видеонаблюдения NVM-015CH;
- 2 – цифровой видеорегистратор NV-DVR1014;
- 3 – купольная поворотная видеокамера САМА- mini IINVC-MSD22D

Closed-circuit television – системы закрытой трансляции телевидения. Отличием построения системы видеонаблюдения является её недоступность к свободному доступу.

В данной сети используется 5 видеокамер, 1 цифровой регистратор и 1 монитор наблюдения. Переключатели дают возможность коммутировать различные линии связи, подключать необходимые камеры для каждой работы, подсветку и другие устройства. Данная лабораторная сеть позволяет расширять и устанавливать различные дополнительные камеры [6, 9, 27].

Лабораторная работа №2. Исследование возможностей различных видов видеокамер при изменении освещенности. Определение характеристик чувствительности различных видов видеокамер – 4 часа.

Лабораторная работа №3. Определение фокусного расстояния, угла обзора и разрешающей способности различных типов видеокамер и объективов– 4 часа.

Лабораторная работа № 4. Определение рабочей зоны наблюдения, дальней и мертвой зон для различных типов видеокамер и объективов – 4 часа.

Лабораторная работа №5. Определение условно мертвых зон для различных скоростей записи видеорегистратора и при различных фокусных расстояниях – 4 часа.

Лабораторная работа №6. Определение объема и качества записанной информации от значения скорости записи видеорегистратора – 2 часа.

Исследовательские работы для магистрантов могут быть определены научным руководителем и зависят от темы исследований. Примерный перечень приведен ниже.

Исследовательская работа №1. Влияние спектра подсветки на основные качественные характеристики видеокамеры.

Исследовательская работа №2. Влияние робастной фильтрации на помехозащищенность видеосистемы.

Исследовательская работа №3. Сравнительные характеристики аналоговых и цифровых видеокамер.

Исследовательская работа №4. Исследование влияния скорости записи видеорегистратора на основные характеристики видеосистемы.

Перечень лабораторных и исследовательских работ может быть значительно расширен, т. к. лабораторная сеть видеонаблюдения практически не имеет ограничений.

Выводы:

1. Определены задачи, возникшие при организации измерений;
2. Оценено значительное количество методик измерения параметров видеосистемы, дающие возможность проведения прикладных исследований практически без ограничения в тематике;
3. Для объективного контроля при проведении различных исследований видеосистемы показано, что наиболее приемлемым является инструментальный метод с учетом субъективных восприятий;
4. Показано, что основными параметрами для проведения объективного контроля видеокамеры являются разрешающая способность видеокамеры, соотношение сигнал/шум и световая чувствительность видеокамеры, при относительном отверстии F ;
5. Показано, что для правильной установки видеокамеры необходимо учитывать фокусное расстояние, формат, значения мертвых зон и некоторые другие параметры, которые определяются при проведении исследовательских работ;
6. Объективный контроль соотношения $C/Ш$, возможен только при значении уровня выходного сигнала равном не менее 0,7 В, при минимально возможной освещенности. В этом случае определение разрешающей способности и световой характеристики чувствительности наиболее соответствуют реальным характеристикам видеокамеры;
7. Отклонение от данного условия приведет к тому, что характеристики, при проведенных замерах, не будут соответствовать действительным значениям.
8. Разработан лабораторный стенд для проведения учебных и исследовательских работ по системам видеонаблюдения;
9. Разработано описание работы стенда и перечень необходимой аппаратуры для проведения исследований;
10. Разработан ориентировочный перечень лабораторных работ;
11. Разработан ориентировочный перечень исследовательских работ;
12. Выполнение лабораторных и исследовательских работ на лабораторном стенде позволяет приобретать знания, умения и навыки, необходимые выпускникам в свете требований работодателей и с учетом рекомендаций Министерства образования и науки РК;
13. Перечень лабораторных и исследовательских работ может быть значительно расширен за счет дополнительных аналоговых, цифровых и сетевых решений.

ГЛАВА 3

ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ДАННЫХ МЕТОДИК ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ШИРИНОЙ СПЕКТРА

3.1. Исследование параметрической робастной фильтрации на помехозащищенность видеосистемы

Эксперимент был проведен в АУЭС, в лаборатории «Системы телевидения и видеонаблюдения» на учебной телевизионной стойке УТС-2010 по тематике «Устройство робастной параметрической фильтрации в системах с изменяющейся полосой пропускания» на который получен патент РК №1467 (Приложении Е) [3]. Экспериментальные исследования влияния нелинейного фильтра на видеосигнал в условиях воздействия импульсных помех проводились в соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 3.1.

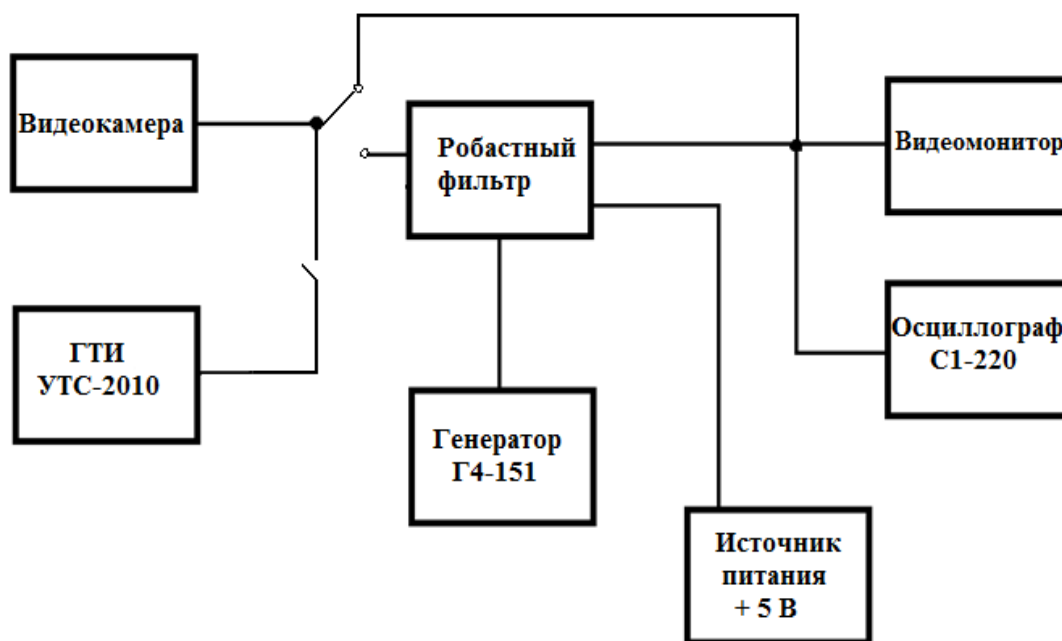


Рисунок 3.1 – Структурная схема подключения аппаратуры для проведения экспериментальных исследований

В данном эксперименте использовались видеокамеры (NVC-SDN 500, VidaTec, NVC-825DN и NVC-825DN) с разрешающими способностями: 380, 420, 480 и 580 ТВЛ при изменении изображения от черно-белого до цветного.

Эксперимент проводился на телевизионной установке ГТИ УТС 2010, с использованием оборудования: осциллограф С1-220, генератор Г4-151 и источник питания + 5В. Точность измерительного прибора $\pm 0,25$ дБ.

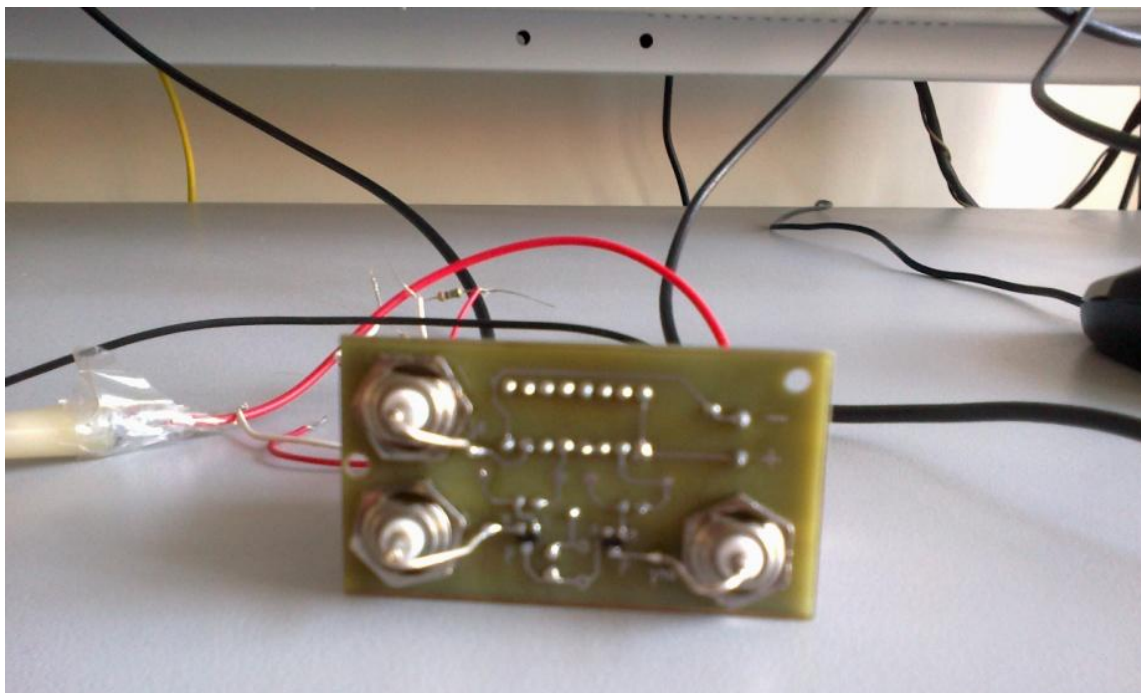


Рисунок 3.2.—Изображение фильтра

На рисунке 3.3 представлен стенд, на котором был проведен данный эксперимент. В эксперименте были использованы видеокамеры с разной разрешающей способностью (NVC-825DN, NVC-SDN 500, VidaTec, NVC-200DN), телевизионная стойка УТС-2010, генератор тактовых импульсов (ГТИ), применяемый в качестве генератора помех, осциллограф С1-220, генератор Г4-151 и источник питания + 5В. В качестве фильтра использовался макет, представленный на рисунке 3.2 [9, 48].

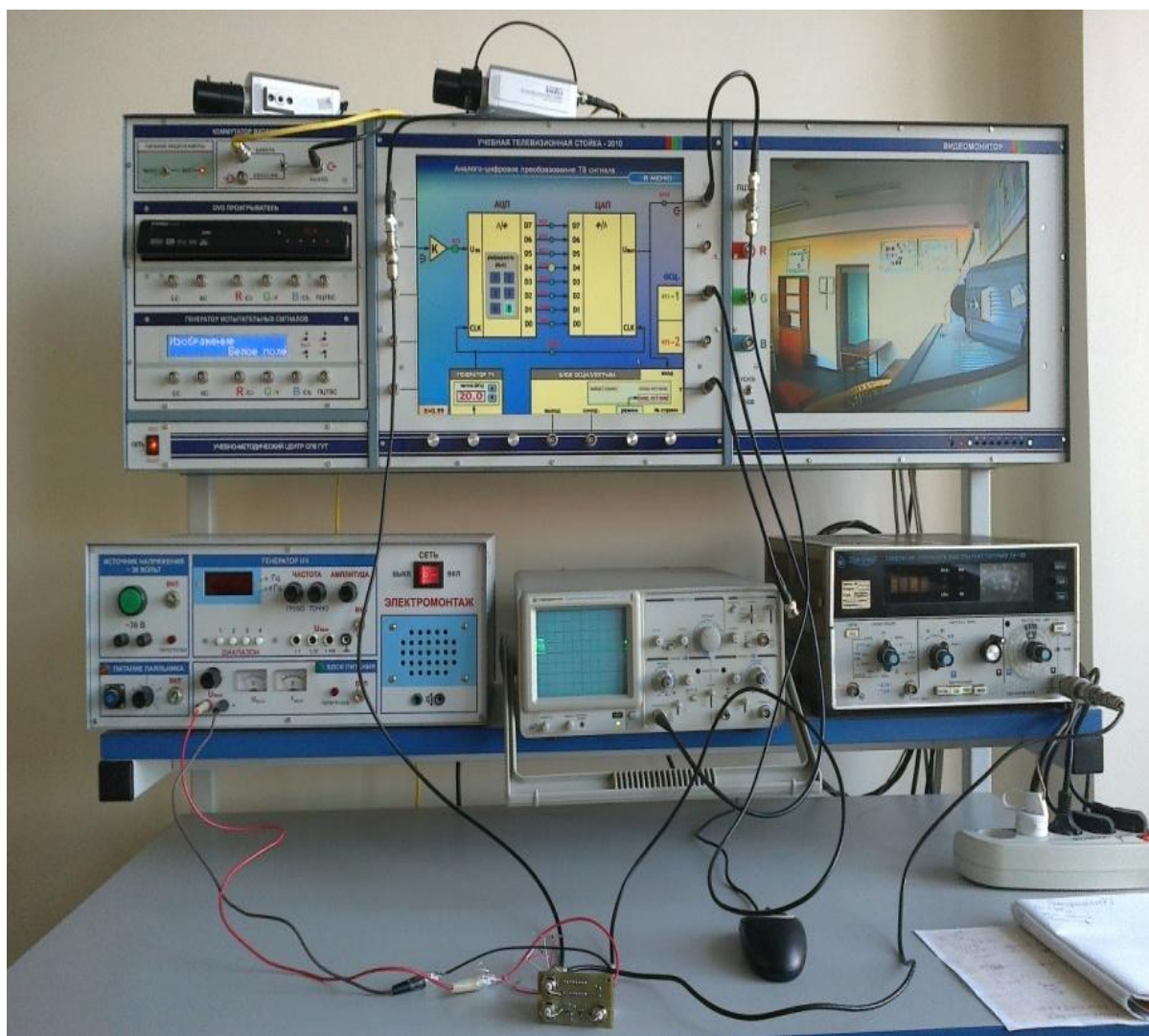


Рисунок 3.3 – Внешний вид установки стенда для проведения исследований

Характеристики видеокамер представлены в таблице 3.1 [9, 48].

Таблица 3.1– Типы источников сигналов и их характеристики

Тип видеокамеры	Изображение	Разрешающая способность (ТВЛ)	Занимаемая полоса частот, МГц
NVC-SDN 500	Черно-белое	380	4,5
Vida Tec	Цветное	420	5
NVC-825DN	Цветное	480	5,8
NVC-825DN	Черно-белое	580	7,5

Замеры выходного сигнала с видеокамеры производились:

- при нормальной работе;
- в условиях воздействия внутрислостных импульсных помех без фильтра;
- в условиях воздействия внутрислостных импульсных помех с фильтром с различной тактовой частотой.

Осциллограммы сигналов представлены на рисунках 3.4, 3.5, 3.6



Рисунок 3.4 – Изображение и осциллограмма видеосигнала при нормальной работе без помехи

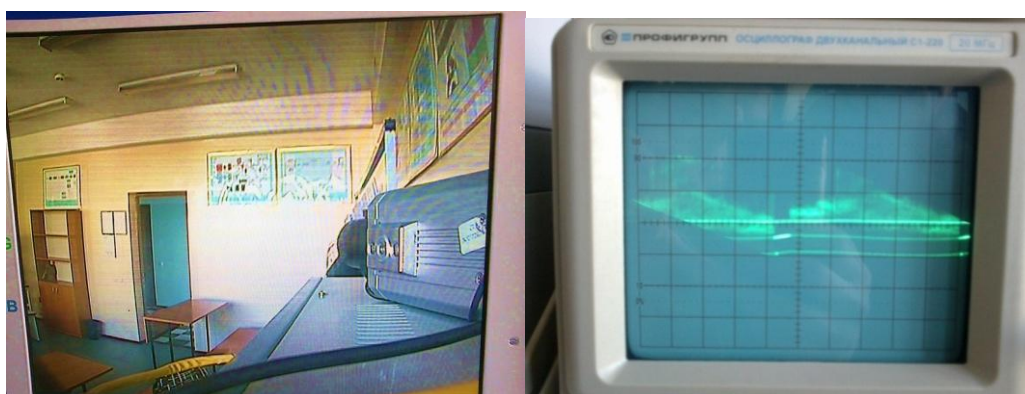


Рисунок 3.5 – Изображение и осциллограмма видеосигнала при наличии импульсной помехи

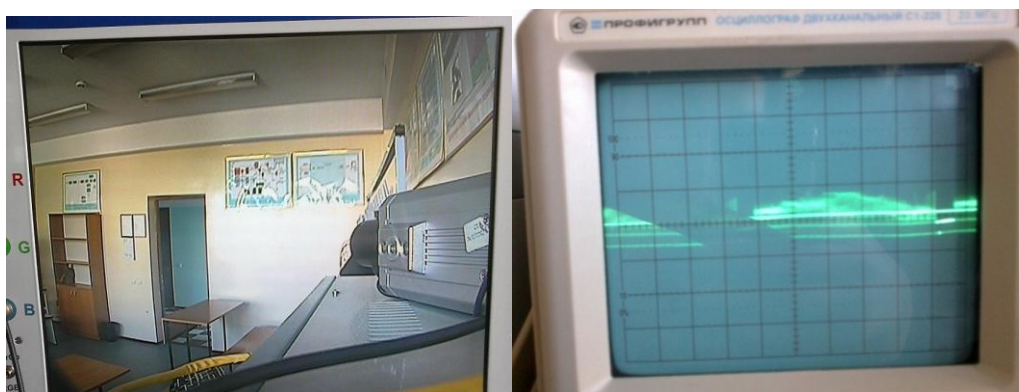


Рисунок 3.6– Изображение и осциллограмма при наличии помех с работающим фильтром

По осциллограммам и изображениям видно, что нелинейный робастный фильтр хоть и уменьшает уровень полезного сигнала, но фильтрует импульсную помеху. Правда, это происходит только при определенных тактовых частотах, переключающих емкость фильтра. В дальнейших экспериментах была поставлена задача – определение тактовых частот и их связь с полосой пропускания робастного фильтра.

Проведены ряд экспериментов, условия проведения и результаты которых представлены в таблицах 3.2 – 3.5 и на графиках (Рисунки 3.7 – 3.10) [9, 48].

$$f_{\text{имп.пом1}} = 3,33 \text{ МГц},$$

$$f_{\text{имп.пом2}} = 4,0 \text{ МГц},$$

$$f_{\text{имп.пом3}} = 5,0 \text{ МГц},$$

$$f_{\text{имп.пом4}} = 6,67 \text{ МГц}.$$

В данном эксперименте значение фактической тактовой частоты равно $f_{\text{факт.факт}} = 113,52 \text{ МГц}$, значение рассчитанной тактовой частоты равно $f_{\text{факт.расч}} = 115 \text{ МГц}$ при $U_{\text{тех}} = 1,0 \text{ В}$.

В таблице 3.2 представлены значения напряжений, снятые с осциллографа при подаче различных частот.

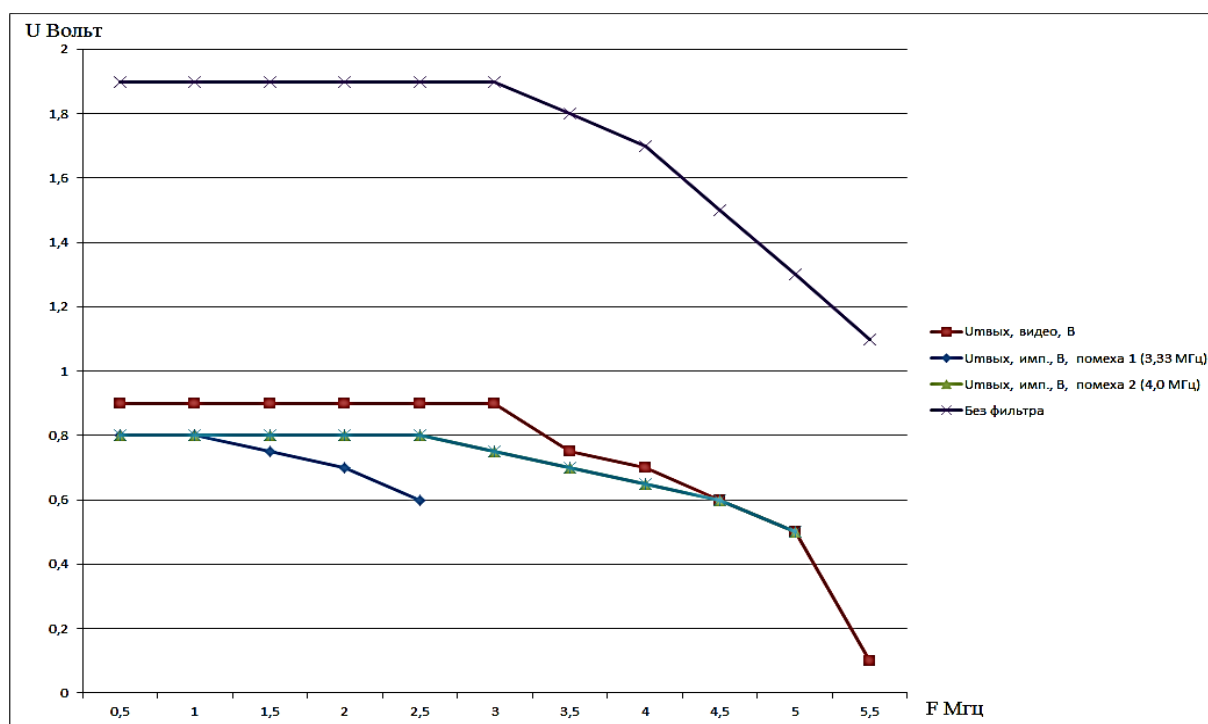


Рисунок 3.7 – Уровни сигналов, полученных в эксперименте 1

Из графика видно, что импульсная помеха 3,33 МГц срезается при частоте тактового генератора 80 МГц, импульсная помеха 4 МГц срезается при частоте тактового генератора 115 МГц, что соответствует расчетной тактовой частоте генератора.

Таблица 3.2 – Уровни сигналов для 380 ТВЛ, при $U_{max}=1,0\text{ В}$, $U_{имп.ном}=2,0\text{ В}$

$f_{такт}$, МГц	60	70	78,35	80	90	100	110	113,52	115	120	125
$F_{спектра}$, МГц	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
$U_{твых}$, видео, В	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,75	0,7	0,6	0,5	0,1
$U_{твых,имп.}$, В, помеха 1(3,33МГц)	0,8	0,8	0,75	0,7	0,6	-	-	-	-	-	-
$U_{твых,имп.}$, В, помеха 2 (4,0 МГц)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,5	-
$U_{твых,имп.}$, В, помеха 3 (5,0 МГц)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$U_{твых,имп.}$, В, помеха 4 (6,67МГц)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

При проведении 2-ого эксперимента использована видеокамера VidaTec с ТВЛ=420 и цветным изображением с выставлением параметров телевизионной установки, при которых частоты импульсных помех от ГТИ УТС-2010 $f_{имп.ном}$ при $U_{тном}=2,0\text{ В}$ были равны [38, 46, 49]:

$$f_{имп.ном1} = 3,33\text{ МГц},$$

$$f_{имп.ном2} = 4,0\text{ МГц},$$

$$f_{имп.ном3} = 5,0\text{ МГц},$$

$$f_{имп.ном4} = 6,67\text{ МГц}.$$

В данном эксперименте значение фактической тактовой частоты равно $f_{такт.факт}=123,33\text{ МГц}$, значение рассчитанной тактовой частоты при $U_{max}=1,0\text{ В}$ равно $f_{такт.расч}=125\text{ МГц}$.

В таблице 3.3 представлены значения напряжений, снятых с осциллографа на различных частотах.

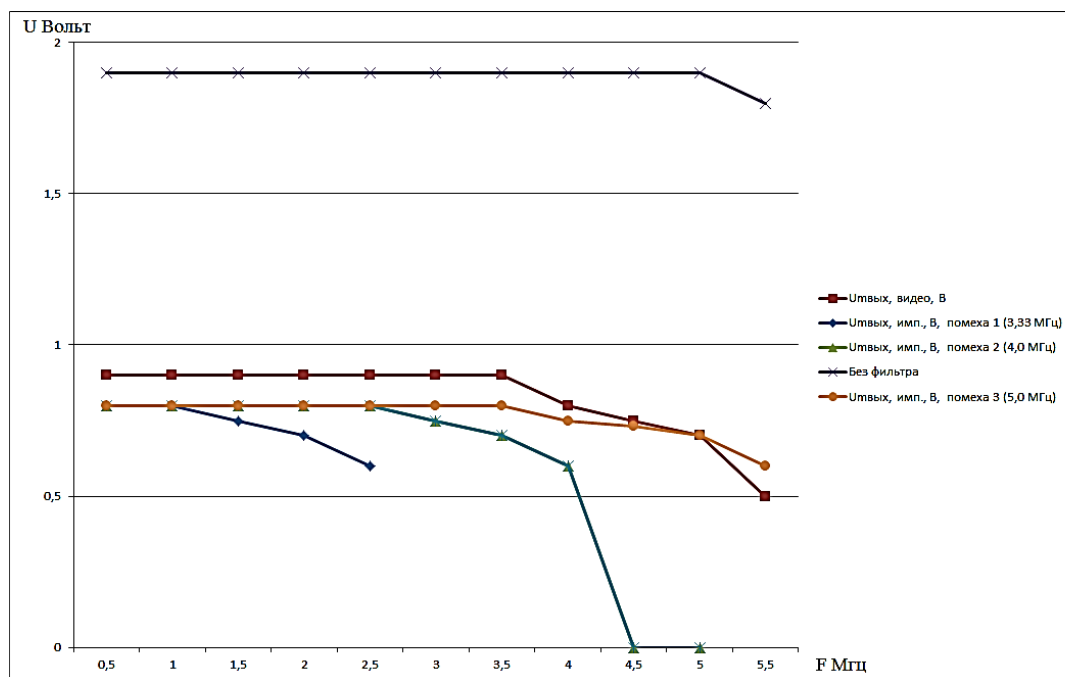


Рисунок 3.8– Уровни сигналов, полученных в эксперименте 2

В данном случае импульсная помеха 3,33 МГц срезается при частоте тактового генератора 80 МГц, импульсная помеха 4 МГц срезается при частоте тактового генератора 100 МГц, импульсная помеха 5 МГц срезается при частоте тактового генератора 123 МГц, что соответствует расчетной тактовой частоте генератора [9, 48].

Таблица 3.3 – Уровни сигналов для 420 ТВЛ, при $U_{\text{твх}}=1,0 \text{ В}$, $U_{\text{имп.пом}}=2,0 \text{ В}$

$f_{\text{такт}}$, МГц	50	60	70	80	82,1	90	100	110	120	123,33	130	140
$F_{\text{спектра}}$, МГц	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
$U_{\text{твх, видео, В}}$	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,75	0,7	0,5	0,9
$U_{\text{твх, имп., В, помеха 1 (3,33 МГц)}}$	0,8	0,8	0,75	0,7	0,6	-	-	-	-	-	-	-
$U_{\text{твх, имп., В, помеха 2 (4,0 МГц)}}$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,75	0,7	0,6	-	-	-	-
$U_{\text{твх, имп., В, помеха 3 (5,0 МГц)}}$	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,75	0,73	0,7	0,6	-
$U_{\text{твх, имп., В, помеха 4 (6,67 МГц)}}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

При проведении 3-его эксперимента была использована видеокамера NVC-825DN с ТВЛ=480 и цветным изображением с параметрами телевизионной установки, при которых частоты импульсных помех от ГТИ УТС-2010 при $U_{\text{тпом}}=2,0 \text{ В}$ были равны:

$$f_{имп.ном1} = 3,33 \text{ МГц},$$

$$f_{имп.ном2} = 4,0 \text{ МГц},$$

$$f_{имп.ном3} = 5,0 \text{ МГц},$$

$$f_{имп.ном4} = 6,67 \text{ МГц}.$$

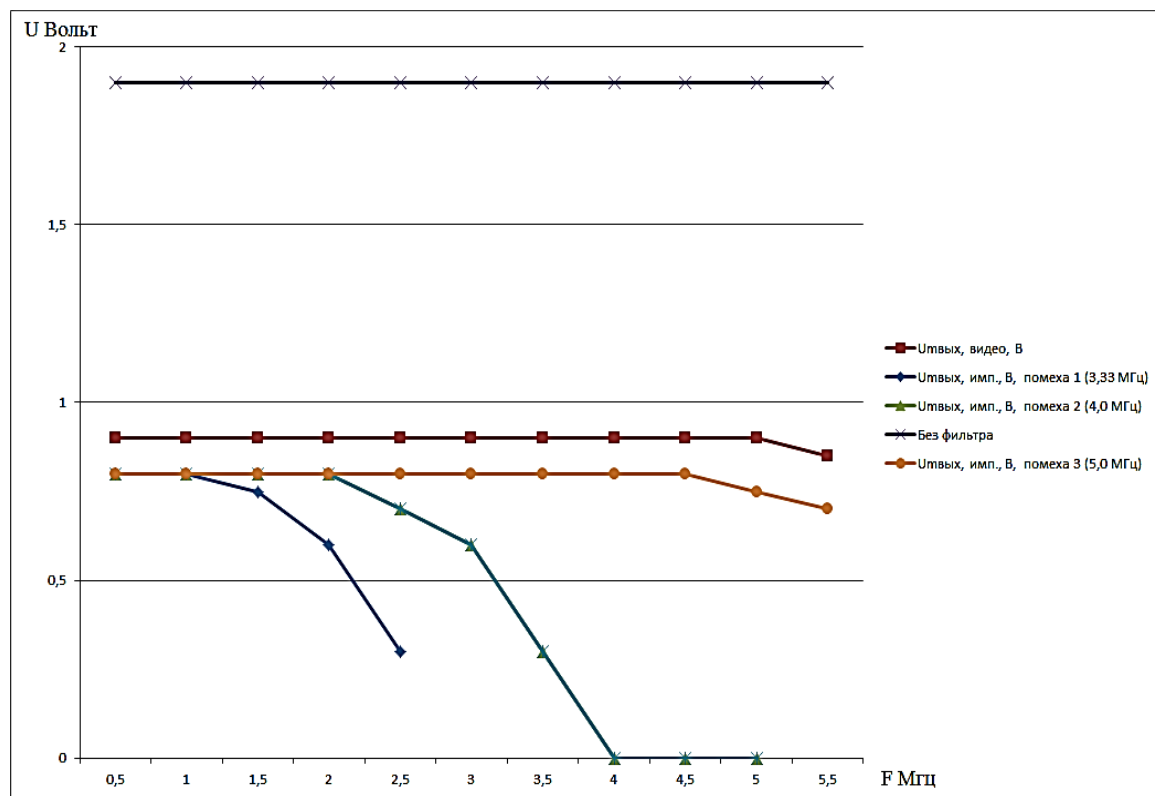


Рисунок 3.9 - Уровни сигналов, полученных в эксперименте 3

Импульсная помеха 3,33 МГц срезается при частоте тактового генератора 95 МГц, импульсная помеха 4 МГц срезается при частоте тактового генератора 110 МГц, импульсная помеха 5 МГц срезается при частоте тактового генератора 140 МГц, что соответствует расчетной тактовой частоте генератора [9, 48].

В данном эксперименте значение фактической тактовой частоты равно $f_{такт.факт} = 148,75 \text{ МГц}$, значение рассчитанной тактовой частоты равно $f_{такт.расч} = 150 \text{ МГц}$ при $U_{max} = 1,0 \text{ В}$ [9, 48].

В таблице 3.4 представлены значения напряжений, снятых с осциллографа при подаче различных частот.

Таблица 3.4 – Уровни сигналов для 480 ТВЛ, при $U_{\text{твх}}=1,0 \text{ В}$, $U_{\text{имп.пом}}=2,0 \text{ В}$

$f_{\text{такт}}$, МГц	70	80	90	100	110	115	120	125	130	135	140	148
$F_{\text{спектра}}$, МГц	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
$U_{\text{твх}}$ видео, В	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,85	0,7
$U_{\text{твх}}$, имп., В помеха 1 (3,33 МГц)	0,8	0,8	0,75	0,6	0,3	-	-	-	-	-	-	-
$U_{\text{твх}}$, имп., В помеха 2 (4,0 МГц)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,3	-	-	-	-	-
$U_{\text{твх}}$, имп., В помеха 3 (5,0 МГц)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,75	0,7	0,6
$U_{\text{твх}}$, имп., В помеха 4 (6,67 МГц)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

При проведении 4-ого эксперимента была использована видеокамера NVC-825DN с ТВЛ=580 и цветным изображением с выставлением следующих параметров телевизионной установки, при которых частоты импульсных помех от ГТИ УТС-2010 при $U_{\text{тпом}}=2,0 \text{ В}$ были равны:

$$f_{\text{имп.пом1}} = 3,33 \text{ МГц},$$

$$f_{\text{имп.пом2}} = 4,0 \text{ МГц},$$

$$f_{\text{имп.пом3}} = 5,0 \text{ МГц},$$

$$f_{\text{имп.пом4}} = 6,67 \text{ МГц}.$$

В данном эксперименте значение фактической тактовой частоты равно $f_{\text{такт.факт}} = 148,75 \text{ МГц}$, значение рассчитанной тактовой частоты равно $f_{\text{такт.расч}} = 187,5 \text{ МГц}$ при $U_{\text{твх}}=1,0 \text{ В}$. При этих частотах фильтр не работает [9, 48].

В таблице 3.5 представлены значения напряжений, снятые с осциллографа при подаче различных частот. На рисунке 3.10 представлена зависимость выходного максимального напряжения от значения тактовой частоты при различных значениях импульсных помех.

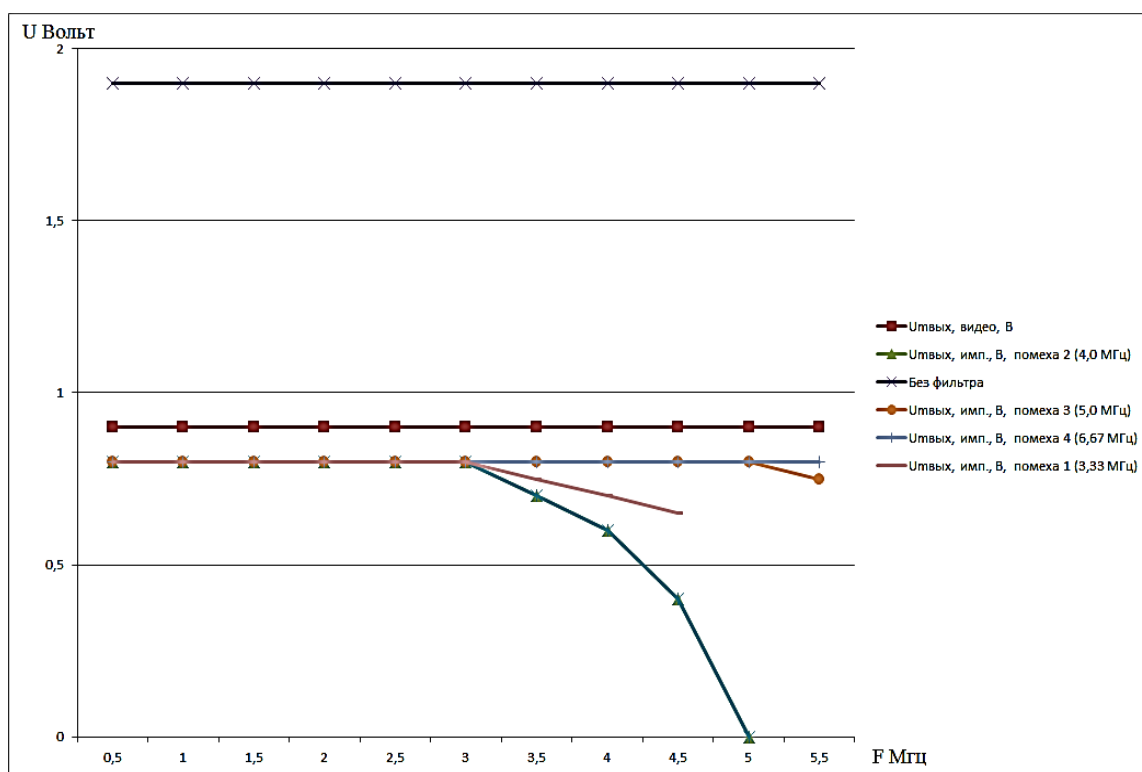


Рисунок 3.10 - Уровни сигналов, полученных в эксперименте 4

Таблица 3.5 – Уровни сигналов для 580 ТВЛ, при $U_{\text{твх}}=1,0 \text{ В}$, $U_{\text{имп.ном}}=2,0 \text{ В}$

$f_{\text{такт}}$, МГц	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	148,75
$F_{\text{спектра}}$, МГц	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
$U_{\text{твых,видео}}$, В	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$U_{\text{твых,имп.}}$, В помеха 1 (3,33 МГц)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,75	0,7	0,65	-	-
$U_{\text{твых,имп.}}$, В помеха 2 (4,0 МГц)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,4	-	-
$U_{\text{твых, имп.}}$, В помеха 3 (5,0 МГц)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,75
$U_{\text{твых, имп.}}$, В помеха 4 (6,67 МГц)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Импульсная помеха 3,33 МГц срезается при частоте тактового генератора 110 МГц, импульсная помеха 4 МГц срезается при частоте тактового генератора 130 МГц, импульсная помеха 5 МГц проходит, поэтому можно сделать вывод, что фильтр на данных частотах не работает. Данные значения обусловлены тем, что не удалось выставить более высокую частоту задающего генератора, так как максимальная частота генератора Г4-152

составляет 150 МГц. По графикам (Рисунки 3.7, 3.8, 3.9, 3.10) можно сделать вывод, что внеполосная помеха не влияет на уровень и качество сигнала, внутрисполосная помеха не успевает пройти через фильтр при совпадении с частотой среза фильтра. С увеличением тактовой частоты фильтра, внутрисполосная импульсная помеха, проходя через фильтр, ослабляется сильнее [9, 48].

3.2. Устройство нелинейной робастной фильтрации в системах с изменяющейся шириной спектра

Данные исследования, проводимые в экспериментах, показали, что разработанный прибор относится к информационно-измерительным и может работать в системах обработки сигналов с изменяющимся спектром, а именно в системах охранного телевидения [3].

Известно, что прибор работает на принципе робастной оценки несущей частоты радиоимпульса патент [48].

Структурная схема прибора состоит из полосового усилителя-ограничителя, перестраиваемого робастного полосового фильтра, синхронизатора, порогового устройства, системы фазовой автоподстройки частоты, сумматоров, перестраиваемого генератора, фазовый детектора и фильтра нижних частот [48].

Недостатки прибора:

- работа только с фиксированным спектром входного сигнала;
- не может работать в системах обработки сигналов с изменяющимся спектром [48].

Существует устройство, которое позволяет обнаруживать и устранять значения импульсного шума при ограниченном объеме априорной информации о статистических характеристиках неискаженного изображения, действующих аддитивных помех и импульсных шумов патент [48, 49]. Структурная схема этого устройства, реализующего рассмотренный алгоритм, содержит блок хранения результатов измерений, блок установки количества порогов, блок формирования порогов, блоки дискриминаторов, блоки хранения штрафных значений, блок установки интервала обнаружения, блоки обнаружения интервалов нестационарности штрафных значений, блоки обнуления, блок суммирования, блок порога, генератор тактовых импульсов [49, 50].

К недостаткам установки относятся:

- ограниченный объем априорной информации о статистических характеристиках неискаженного изображения;
- большие вычислительные затраты, которые требуют дополнительного программно-

аппаратного устройства или привлечения дополнительного математического аппарата [49, 50].

Наиболее приемлемым по техническим характеристикам является схема робастного нелинейного фильтра, предложенная в статье [51].

К недостаткам данного фильтра относятся:

- узкополосность;
- работа с фиксированным спектром входного сигнала.

Устранение импульсных шумов на одной фиксированной частоте, достигается путем использования генератора тактовых импульсов, частота которых меняется в зависимости от ширины спектра входного сигнала за счет использования частотно зависимых коэффициентов.

Устранение недостатка узкополосности достигается путем применения анализатора ширины спектра сигнала и нелинейной переменной емкости фильтра (варикапа) в зависимости от ширины спектра сигнала.

Структурная схема устройства для предлагаемого способа фильтрации, представленная на рисунке 3.11, поясняет принцип работы [3], где:

ОГ – опорный генератор

ДФКД – делитель с фиксированным коэффициентом деления (m)

ИФД – импульсно-фазовый детектор

ФНЧ с ЗУ – фильтр НЧ с запоминанием уровня

П.Н – преобразователь уровня напряжения

ГУН – генератор, управляемый напряжением

ДПКД – делитель с переменным коэффициентом деления (n)

АШС – анализатор ширины спектра сигнала

ПШК – преобразователь ширина спектра – код (коэффициент деления n)

РФ – робастный фильтр

Н.Э. – нелинейный элемент (варикап)

Структурная схема разработанного устройства для предлагаемого способа фильтрации, поясняющая принцип работы, представлена на рисунке 3.11

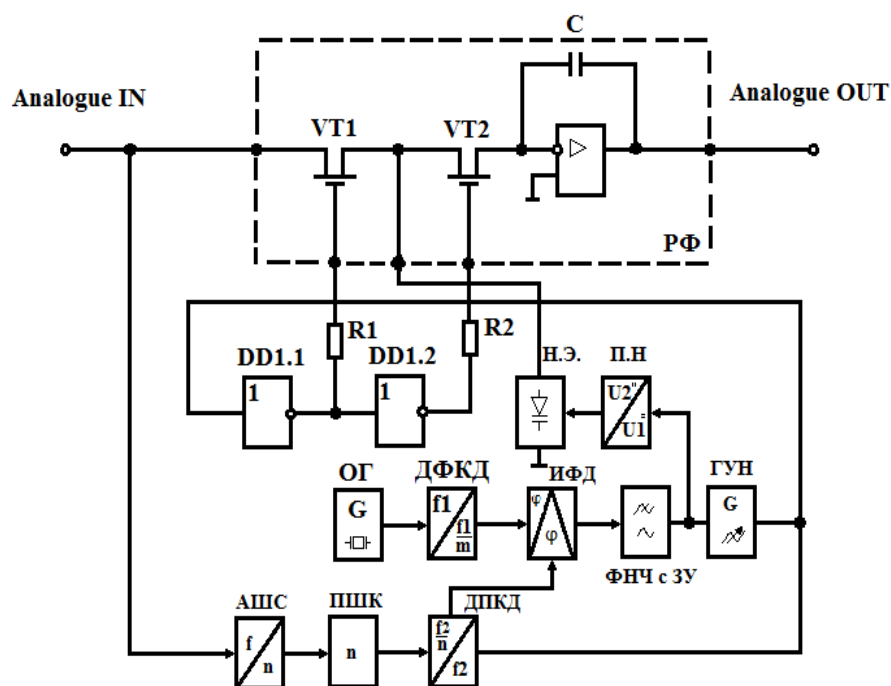


Рисунок 3.11 - Структурная схема робастного фильтра

Технический результат, полученный при использовании предлагаемого изобретения [3], существенно повышает помехоустойчивость сигналов в системах с изменяющимся спектром, в частности, в системах видеонаблюдения.

Устройство робастной нелинейной фильтрации в системах с изменяющейся шириной спектра, содержит транзисторные ключи VT1 и VT2, которые работают в противофазе от генератора тактовой частоты, равной двадцати пяти кратному значению частоты среза фильтра. Емкость, соединенная с транзисторными ключами, определяет частоту среза фильтра. В качестве емкости введена нелинейная параметрическая емкость (варикап) НЭ, которая формирует частоту среза робастного фильтра РФ в зависимости от подаваемого напряжения с преобразователя уровня напряжения ПН и, соответственно, от ширины спектра входного сигнала, а так же генератора управляемого напряжением ГУН, выходная частота которого определяется шириной спектра входного сигнала, т. е. напряжением, поступающим на ГУН с импульсно-фазового детектора ИФД через фильтр нижних частот с запоминанием уровня ФНЧ с ЗУ. На основной вход импульсно-фазового детектора ИФД поступает сигнал фиксированной частоты от опорного генератора ОГ через делитель с фиксированным коэффициентом деления m (ДФКД). На дополнительный вход ИФД поступает сигнал пропорциональный частоте выходного напряжения ГУН и ширине спектра входного сигнала от ДПКД. Коэффициент деления ДПКД (n) зависит от ширины спектра входного сигнала, который определяется анализатором ширины спектра АШС и преобразователем ширина

спектра - код ПШК. Сигнал с выхода ГУН с требуемой частотой подается на робастный фильтр РФ через инвертирующие схемы DD1.1 и DD1.2, определяющие открытие и закрытие транзисторов VT1 и VT2 робастного фильтра РФ в противофазе.

Нелинейный элемент (варикап) Н.Э. формирует частоту среза робастного фильтра РФ в зависимости от подаваемого напряжения с преобразователя уровня напряжения П.Н. и соответственно от ширины спектра входного сигнала. Генератор, управляемый напряжением ГУН формирует выходное напряжение с требуемым уровнем и частотой, которым управляют ключи VT1 и VT2 робастного фильтра РФ и делитель с переменным коэффициентом деления ДПКД. Инвертирующие элементы DD1.1 и DD1.2 формируют импульсы прямоугольной формы для управления ключами VT1 и VT2 [3].

Делитель с переменным коэффициентом деления ДПКД формирует требуемое напряжение с соответствующей частотой и фазой в зависимости от выходного напряжения генератора, управляемого напряжением ГУН и ширины спектра входного сигнала, формируемого преобразователем ширины спектра-код ПШК. Анализатор ширины спектра сигнала АШС формирует напряжение, управляющей работой преобразователя ширина спектра-код ПШК [3].

Таким образом, предложенная схема на рисунке 3.11 позволяет обрабатывать сигналы с изменяющейся шириной спектра, повышая их помехоустойчивость и снижая уровень импульсных помех в системах с изменяющимся спектром сигналов, в том числе и в системах видеонаблюдения, что позволяет значительно расширить диапазон использования предлагаемого устройства [3]. В зависимости от подаваемого напряжения с преобразователя уровня напряжения ПН и, соответственно, от ширины спектра входного сигнала, а также генератора, управляемого напряжением ГУН, выходная частота которого определяется шириной спектра входного сигнала, т.е. напряжением, поступающим на ГУН с импульсно-фазового детектора ИФД через фильтр нижних частот с запоминанием уровня ФНЧ с ЗУ. На основной вход импульсно-фазового детектора ИФД поступает сигнал фиксированной частоты от опорного генератора ОГ через делитель с фиксированным коэффициентом деления m ДФКД. На дополнительный вход ИФД поступает сигнал пропорциональный частоте выходного напряжения ГУН и ширине спектра входного сигнала от ДПКД. Коэффициент деления n ДПКД зависит от ширины спектра входного сигнала, который определяется анализатором ширины спектра АШС и преобразователем ширина спектра - код ПШК. Сигнал с выхода ГУН с требуемой частотой подается на робастный фильтр РФ через инвертирующие схемы DD1.1 и DD1.2, определяющие открытие и закрытие транзисторов VT1 и VT2 робастного фильтра в противофазе [3].

Выводы:

Проведенные исследования по влиянию робастной фильтрации на помехозащищенность видеосистемы показали что:

- нелинейный робастный фильтр способен уменьшать импульсные внутриполостные помехи, требуя при этом частоты тактового генератора из условия: $f_{такт} \geq 25 \cdot f_c \max$;

- применение робастных нелинейных фильтров дает увеличение помехоустойчивости по сравнению с известными структурами до (10...20) дБ;

По результатам проведенных экспериментов подана заявка на изобретение. Получен патент РК № 1467 зарегистрированный 19.04.2016.

Патент РК №1467 может быть использован в системах обработки сигналов с изменяющимся спектром.

ГЛАВА 4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ СПЕКТРА ПОДСВЕТКИ НА ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДЕОКАМЕРЫ

4.1. Оптические излучения и их характеристики

Фотометрия изучает спектральную плотность энергетической яркости и измеряет ее световую величину. Радиометрия это есть совокупность измерений активности источников ионизирующего излучения, то есть изучает измерения по всему оптическому диапазону, а ее единицы называют энергетическими. Световое излучение, воспринимаемое человеческим глазом, лежит в полосовом спектре (380...780) нм, а в оптической области излучения она равна от 10 нм до 1мм. Функция вида $V(\lambda)$ является «спектральной световой эффективностью» и ее график показан на рисунке 4.1. Для измерения спектральной характеристики используют прибор называемый люксметром [45, 52].

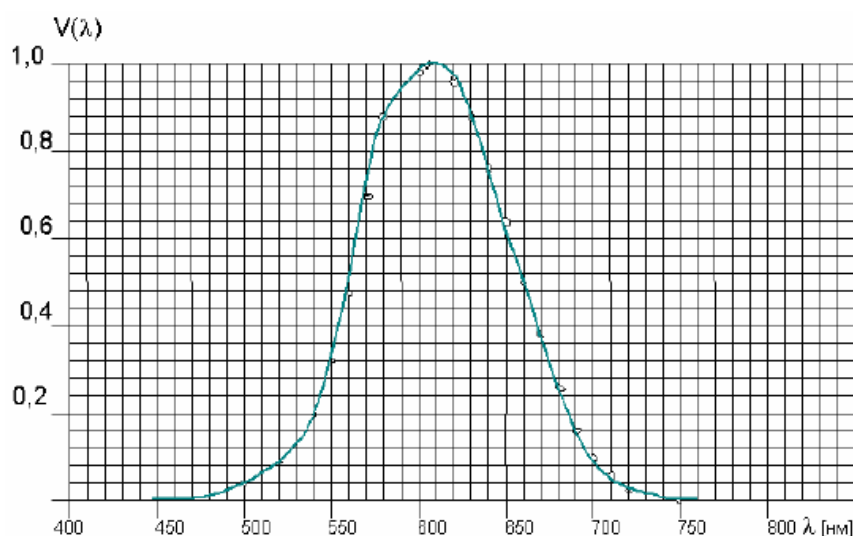


Рисунок 4.1 - Графический вид спектральной световой эффективности

Видеокамеры на ПЗС-матрицах и на электронно - оптических преобразователях (ЭОП) имеют спектральные характеристики отличные от спектральной эффективности глаза. Они имеют диапазон от ультрафиолетового (120 нм для ЭОП) до инфракрасного (1мкм для ЭОП и ПЗС).

Относительные спектральные характеристики показаны на рисунке 4.2.

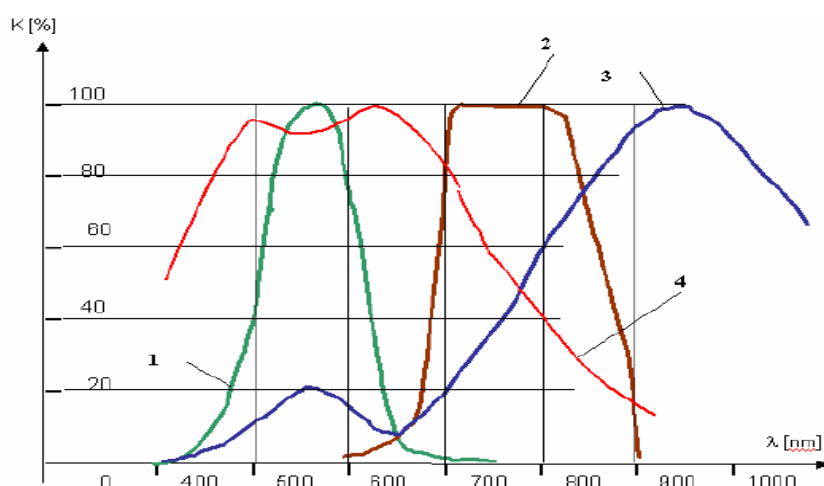


Рисунок 4.2 – Относительные спектральные характеристики

кривая 1 – чувствительность люксметра, имеющего характеристику чувствительности глаза человека;

кривая 2 – чувствительность арсенид-галлиевого фотокатода ЭОП;

кривая 3 – излучение ночного свода; безлунного ночного небосвода;

кривая 4 – чувствительность ПЗС матрицы ICX249 [45, 52].

На данном рисунке можно увидеть, что мощность излучения в видимом диапазоне намного меньше мощности инфракрасного излучения ночного свода равного $\lambda > 760$ нм. Люксметр же может измерить только диапазон (400...700) нм, а фотокатод ЭОП может измерить оптическое излучение в диапазоне (600...900) нм. Хорошую чувствительность в инфракрасном диапазоне имеет только ПЗС-матрица. Она меньше 1 мкм (кривая 4) [45, 52].

На основании вышеизложенного можно понять, что для систем видеонаблюдения, обладающих спектральными характеристиками, отличающимися от спектральной чувствительности глаза, применение светотехнических единиц (люкс, люмен и т.п.) будет не совсем корректно [45, 52].

Энергетический расчет считают в количестве фотонов (в единицу времени, на единицу площади и т.п.). Чувствительность ПЗС-матрицы оценивается по количеству электронов в ячейке (квантов). Этот расчет решают на основе квантовой природы света. Он удобен при импульсном режиме облучения регистрируемого изображения.

Оценка чувствительности ПЗС или ЭОП представляет собой свертку двух функций:

- спектральной характеристики фотоприемника;
- спектрального состава излучения [45, 52].

Практически такая свертка осуществляется графическим построением. Ее спектральный диапазон делят на интервалы с одинаковой погрешностью, выполняют расчет для каждого интервала, считая значения мощности излучения источника и квантовой эффективности фотоприемника постоянными. Полученные результаты суммируются [45, 52].

4.2. Увеличение чувствительности видеокамеры за счет использования подсветки в виде RGB светодиодов

Эксперимент проводился в лаборатории «Системы телевидения и видеонаблюдения» Алматинского университета энергетики и связи. Лабораторный стенд представляет собой трансформированную оптическую скамью [27].

Разработка методов исследования предназначена для определения характеристик объективов и камер по субъективному методу, а само исследование проводится по инструментальному (осциллографическому) методу. Лабораторный стенд оснащен затемняющими шторками, встроенными прожекторами подсветки инфракрасной и видимой части спектра и люксметром, позволяющим при измерениях изменять освещенность в значительных пределах.

В ходе проведения эксперимента для каждой видеокамеры, имеющие свои параметры изображения должны соблюдаться следующие требования:

- освещенности объекта должна быть 0,1 лк;
- чувствительность 0,1 лк. при условии, что величина выходного сигнала с видеокамеры равна (0,7...1) В, а ее отражательная способность тестируется до объекта [27].

Но существует еще одна проблема – единица света лк определена только для монохроматического излучения, а его длина волны равна 550 нм. Поэтому, спектральная зависимость камеры является важной характеристикой. В отличие от глаза человека, чувствительность монохроматических видеокамер приближена к инфракрасному диапазону. Диапазоны некоторых камер приближаются и даже входят в инфракрасный диапазон, который человеческий глаз не видит. Такие камеры предназначены для работы с инфракрасными прожекторами. Спектральная чувствительность цветных камер совпадает с человеческим глазом. Этим обосновывается укомплектованность лабораторного стенда необходимым оборудованием [27] для проведения подобных измерений.

Исследования в данном эксперименте заключались в рассмотрении зависимости основных характеристик видеокамеры от спектральных составляющих подсветки и определение возможности ее использования в видимом спектре.

Задачей данной работы является определение зависимости основных характеристик видеокамеры от спектральных составляющих подсветки и определение возможности использования подсветки видимого спектра. Программа эксперимента включала в себя:

- проверку соответствия характеристик различных типов видеокамер при нормальном освещении (без затемнения);
- проверку характеристик видеокамер в теневой камере с использованием различных вариантов подсветки (инфракрасная, красная, оранжевая, зеленая, синяя, фиолетовая, белая).

Для оценки параметров видеосигнала были проведены экспериментальные исследования выходного передаваемого сигнала в зависимости от типа подсветки на установке, представленной на рисунке 4.3.

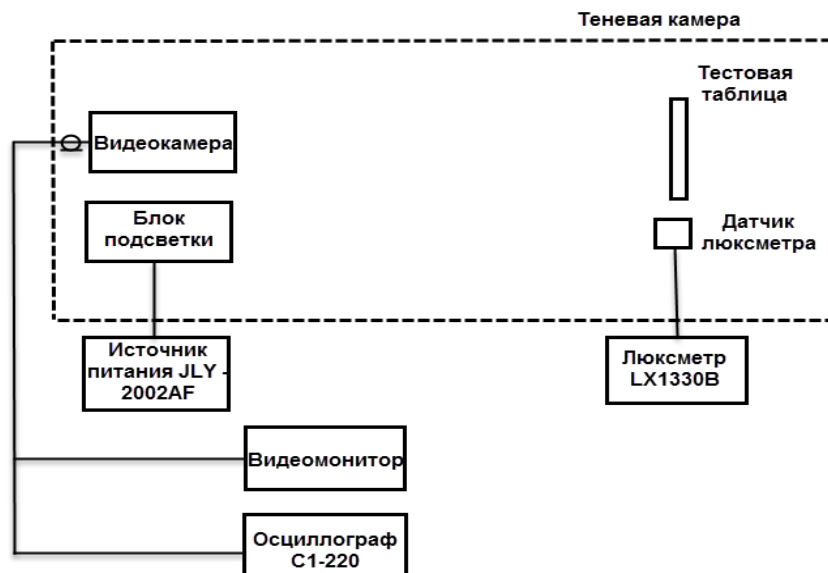


Рисунок 4.3 - Общая структурная схема для проведения экспериментальных исследований

На лабораторном стенде проводились экспериментальные исследования по влиянию действия света на различные виды видеокамер. В эксперименте использовались 4 типа камер ТАТ-603S, JN-2019P, VHT VC45B-230 и QIHAN QH-1139C-3 при разрешающих способностях 380, 420 и 600 ТВЛ. Технические характеристики видеокамер представлены в таблице 4.1.

При проведении эксперимента использовалась возможность подключения различных типов видеокамер. Эксперимент проводился с использованием четырех моделей видеокамер - ТАТ-603S, JN-2019P, VHT VC45B-230 и QIHANQH-1139C-3 при разрешающих способностях 380, 420 и 600 ТВЛ. В ходе экспериментов был использован видеомонитор,

осциллограф С1-220, источник питания JLY–2002AF, люксметр LX1330B и блок подсветки в виде светодиодов различного диапазона. Предусматривалось использование 8 типов подсветок – инфракрасный, красный, желтый, зеленый, синий, фиолетовый, ультрафиолетовый и белый. Схема представлена на рисунке 4.4.

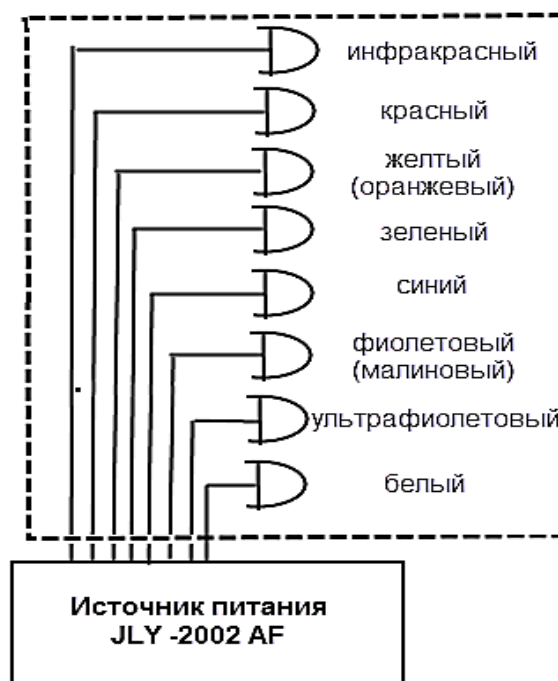


Рисунок 4.4 - Структурная схема подключения различных видов подсветки

Таблица 4.1 – Технические характеристики используемых видеокамер

Модель	JN-2019P	VHTVC45B-230	TAT -603S	QIHAN QH-1139C-3
Матрица	1/4"SHARP	1/3"	1/4"SHARP	1/3"DIS
Система	NTSC, PAL	Черно - белая	NTSC, PAL	PAL
Разрешение	420ТВЛ	420ТВЛ	380ТВЛ	600ТВЛ
Чувствительность	0.5 лк/F1.2	0.03лк/F1.4	0.8 лк/F1.2	0.3лк (ИКвкл)
Отношение сигнал/шум	48 дБ	50 дБ	48 дБ	48 дБ
Встроенная подсветка	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отключена

На рисунках 4.5–4.8 показаны результаты экспериментов в виде диаграмм зависимости выходного сигнала, снятого с осциллографа, от освещенности, фиксируемой люксметром, при использовании различных вариантов подсветки. Кроме этого качество изображения контролировалось по видеомонитору.

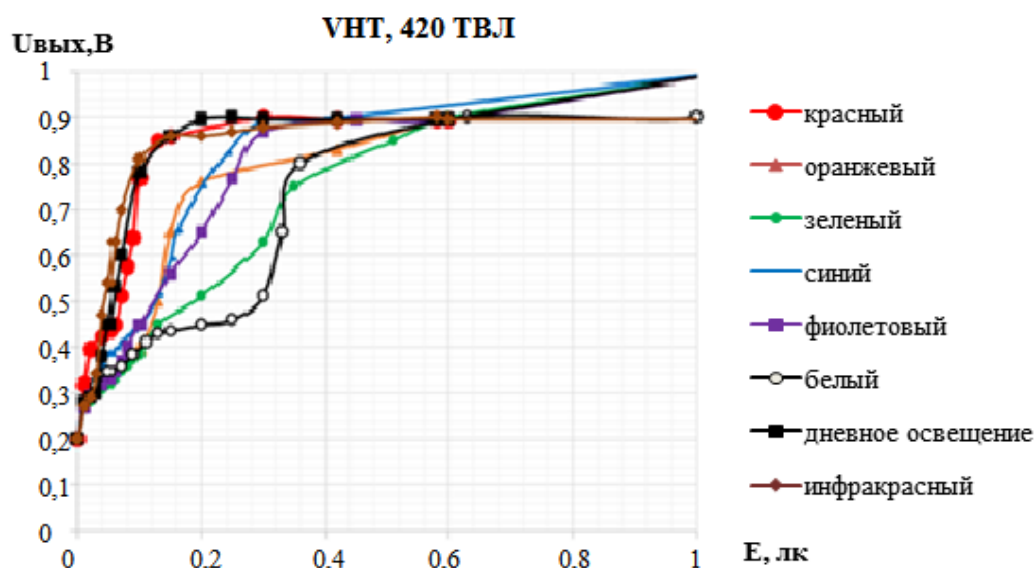


Рисунок 4.5 – Зависимость выходного напряжения от освещенности объекта при различных спектрах подсветки для черно-белой видеокамеры VHTVC45B-230, 420 ТВЛ

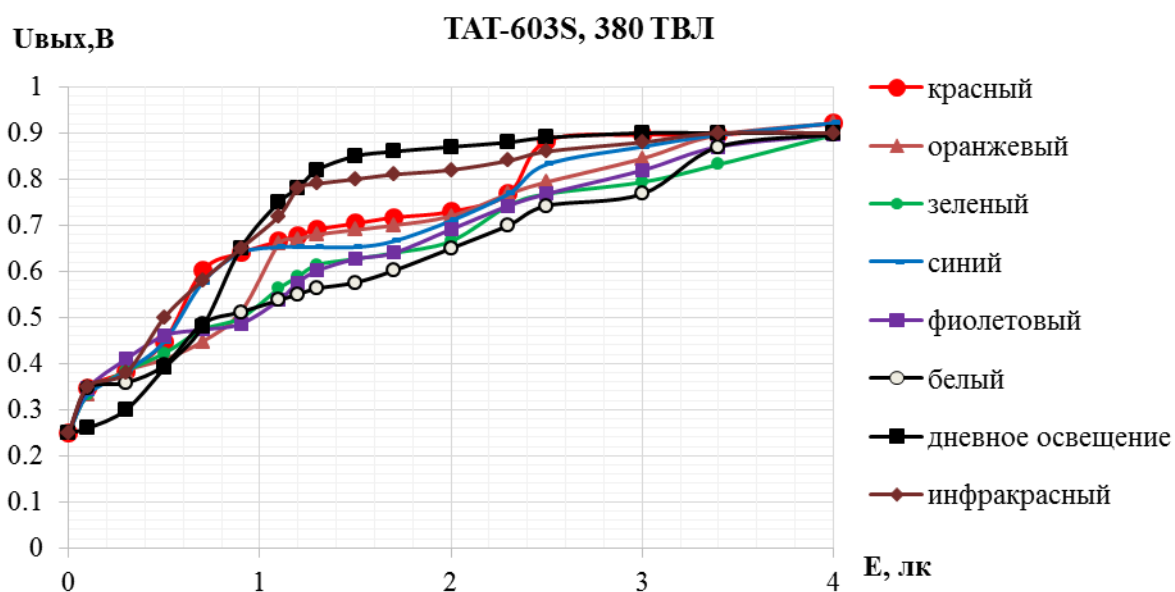


Рисунок 4.6 – Зависимость выходного напряжения от освещенности объекта при различных спектрах подсветки для цветной видеокамеры TAT-603S, 380 ТВЛ

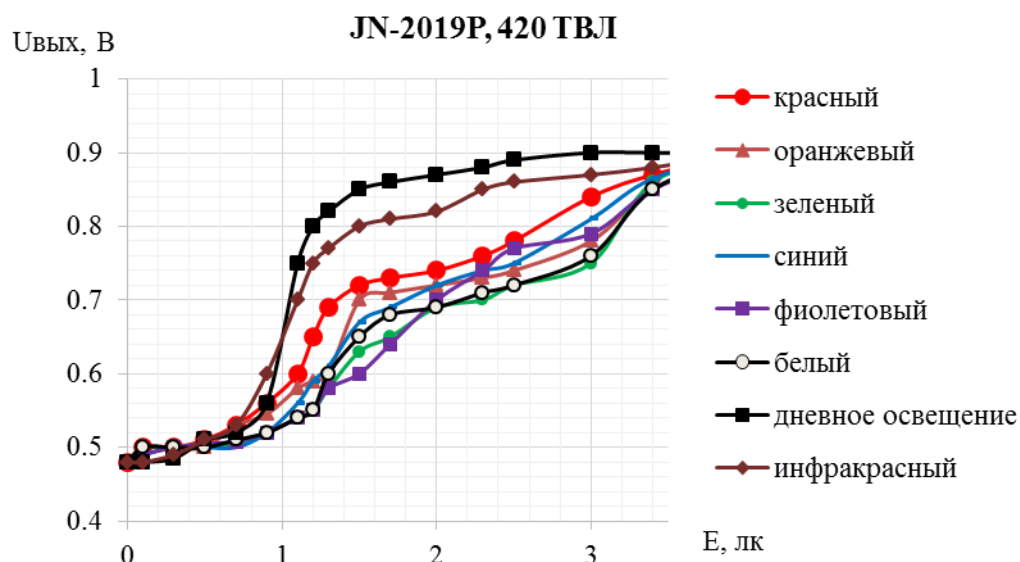


Рисунок 4.7 – Зависимость выходного напряжения от освещенности объекта при различных спектрах подсветки для цветной видеокамеры JN-2019P, 420 ТВЛ

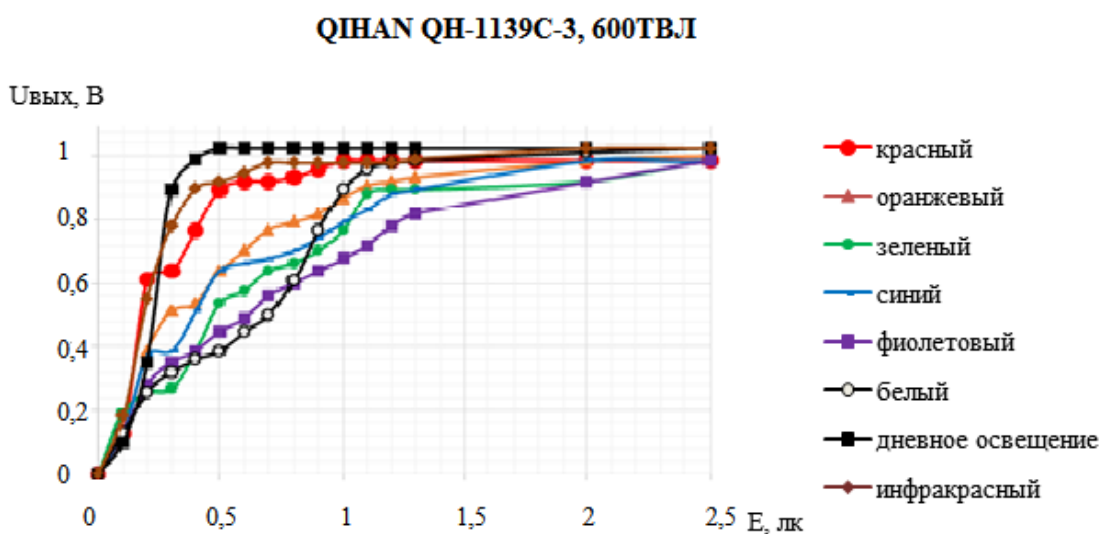


Рисунок 4.8 – Зависимость выходного напряжения от освещенности объекта при различных спектрах подсветки для цветной видеокамеры QIHAN QN-1139C-3, 600 ТВЛ

По результатам эксперимента было выявлено, что при подключении подсветки инфракрасного и красного цветов чувствительность у камер больше по сравнению со светодиодом белого света. Светодиод белого света дает самую низкую чувствительность камеры. Было выявлено, что «искусственные источники света имеют различные цветовые температуры, в зависимости от источника. Связанно это с тем, что искусственные источники

света имеют различные цветовые температуры в зависимости от источника, а также несогласованности в цепи: источник подсветки – матрица - монитор.

Согласно утверждению, приведенному выше, был проведен эксперимент, заключающийся в сравнении уровней выходных сигналов, полученных при использовании различных типов источника подсветки белого цвета (прожектор белого цвета, светодиод белого цвета, RGB светодиоды и дневное освещение). На рисунках 4.5 – 4.8 представлены графики зависимости выходного напряжения от освещенности объекта при различных спектрах подсветки, полученные экспериментально.

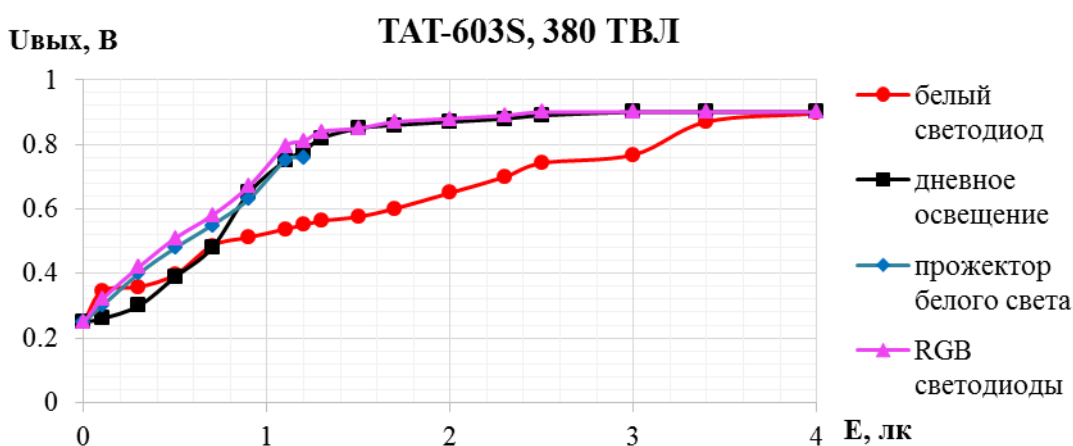


Рисунок 4.9 – Зависимость выходного напряжения белого от освещенности объекта при различных источниках подсветки для цветной видеокамеры TAT-603S, 420 ТВЛ



Рисунок 4.10 - Уровень выходного сигнала и изображение тестовой таблицы с видеомонитора, полученные при использовании цветной видеокамеры TAT-603S, 420 ТВЛ при дневном освещении.



Рисунок 4.11 - Уровень выходного сигнала и изображение тестовой таблицы с видеомонитора, полученные при использовании цветной видеокамеры ТАТ-603S, 420 ТВЛ при освещении RGB светодиодами.

4.3. Разработка и обоснование методик проведения исследовательских работ при освещении RGB светодиодами

Проведенные патентные исследования показали следующее.

Согласно патенту RU № 2399833, «Светильник светодиодный», представленный светильник дает освещение белого света и из-за того, что конструкция выполнена в виде гранёного стакана, обеспечивающего только круговое освещение, его использование в виде подсветки видеокамеры, где требуется фронтальное освещение, невозможно [53].

Запатентованное устройство RU № 2479048, «Способ и система для управления фоновой подсветки в дисплее» используется в системе управления фоновой подсветки, содержащей формирователь значений возбуждения. Светосила фоновой подсветки здесь регулируется посредством ограниченной заданной силы света фоновой подсветки, которая зависит от яркости изображения [47].

К недостаткам данного устройства относятся:

- значительные трудности в применении его для наших целей, а именно: формирователь значений возбуждения выполнен с возможностью управления так, что профиль фоновой подсветки постепенно убывает вокруг участка на дисплее, при этом этот участок дисплея имеет более высокую яркость, чем область вокруг него, а для видеокамеры предпочтительнее статичная подсветка;
- применение в качестве подсветки мониторов, дисплеев, телевизоров и т.д. [47].

Следующее устройство, обеспечивающее прожекторное освещение, основой которого являются светоизлучающие диоды (СИД) для освещения сцены предложено в патенте

RU 2503883, «Способы и устройства для обеспечения прожекторного освещения на основе светоизлучающих диодов в приложениях для освещения сцены» [17]. Оно имеет цилиндрическую форму, внутри которой и расположен данный осветительный прибор, содержащий множество источников света СИД-ов.

К недостаткам устройства относится:

- установка вентилятора, что усложняет конструкцию;
- схмотехническое решение было изготовлено на диодах белого свечения [17].

Недостатками очередного устройства RU 2455706 «Осветительное устройство с матрицей управляемых излучателей» [25] являются:

- наличие сложной схемы управления подсветки, микроконтроллера, цифрового сигнального процессора (ЦСП, DSP), специализированной интегральной схемы (ASIC) или программируемой логики увеличивает стоимость прибора;
- наличие оптических барьеров, усложняющих теплоотвод [25].

Для устранения недостатков вышеизложенных патентов предлагается другое устройство RGB подсветки, способное генерировать хорошо управляемый белый свет с изменяемой цветовой температурой в широком диапазоне цветовых температур на основе СИД-ов (красный, зеленый, синий) и блока возбуждения с использованием регулировочных резисторов, которые обеспечивают соответствующие пропорции всех трех цветов для получения итогового белого света.

Технический результат, получаемый при использовании предлагаемого устройства, заключается в существенном повышении чувствительности видеокамеры (в случае проведенных экспериментов на $(0,2...0,6)$ лк) при генерировании белого света на основе RGB СИД-ов по сравнению с СИД-ами белого света, сохраняя при этом цветность изображения в темное время суток [4].

Устройство, содержит произвольную двумерную матрицу светоизлучающих диодов, равномерно размещенную над объективом по оси излучения светоизлучающих диодов, расположенных таким образом, чтобы ось излучения каждого светоизлучающего диода была в одной плоскости с соответствующим радиусом кругового ряда, а соединительные ножки каждого светоизлучающего диода соединены с источником питания и расположены в параллельных плоскостях [4].

Двумерная матрица светоизлучающих диодов, состоящая из RGB СИД-ов, показана на рисунке 4.12. В большинстве случаев матрица 1 будет двумерной плоской компоновкой излучателей света. Оси излучения RGB СИД-ов 2, снабженные радиаторами 3, могут

располагаться под углом к оптической оси объектива в зависимости от требуемой диаграммы излучения осветительного прибора [4].

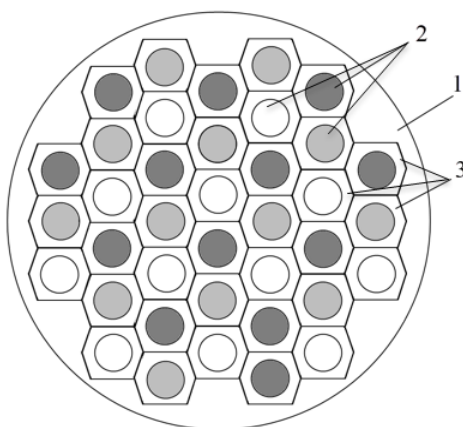


Рисунок 4.12 - Матрица светоизлучающих диодов

Осветительные приборы, включающие в себя СИД-ы красного, зеленого и синего света, т.е. приборы на основе RGB СИД-ов, могут проецировать лучи света, имеющие видимый цвет белого, в частности, когда освещают белую или иную полностью отражающую поверхность.

Результаты экспериментов показали, что сложение цветов RGB требуемой пропорции делает итоговый цвет ярче и ближе по цветовой температуре к естественному белому свету. Это позволяет добиться увеличения чувствительности видеокамеры на (0,2...0,6) лк по сравнению с СИД-ами белого света штатной подсветки. Увеличение яркости RGB светодиодов за счет увеличения их количества приводит к дальнейшему увеличению чувствительности видеокамеры при сохранении цветности изображения. Кроме того, спектр RGB СИД-ов согласован со спектральной характеристикой глаза, что благоприятно сказывается на изображении видеомонитора и соответственно воспринимается человеком [4].

На рисунке 4.13 приведен вариант реализации одного из сегментов осветительного устройства 1, представленного в виде светоизлучающих диодов красного, синего и зеленого света 2, снабженных радиаторами 3 с целью облегчения рассеивания тепла от СИД-ов. Для достижения требуемого технического результата использованы построечные резисторы 4, которые могут быть заменены подобранными постоянными. Блок питания 5 присоединен к подобранным резисторам 4, которые обеспечивают присутствие всех трех цветов в соответствующей пропорции для получения итогового белого света [4, 6].

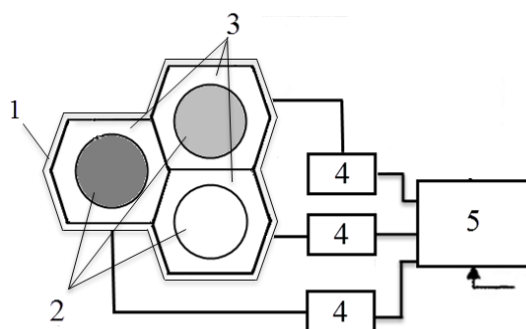


Рисунок 4.13 - Устройство подсветки видеокамеры на основе управляемых RGB светодиодов

Предлагаемое устройство подсветки позволило устранить или уменьшить недостатки рассмотренных ранее устройств, сохраняя при этом все необходимые характеристики, предъявляемые к данным устройствам. А именно:

- устройство подсветки видео камеры, сформированное тремя типами светодиодов (красного, зеленого и синего света), может генерировать итоговый белый свет, превосходящий по параметрам подсветку в виде штатного прожектора белого света;

- в устройстве подсветки видеокамеры используются подстроченные резисторы, которые обеспечивают присутствие всех трех цветов в соответствующей пропорции для получения итогового белого света;

- RGB СИД-ы расположены в виде произвольной двумерной матрицы индивидуально управляемых излучателей света таким образом, чтобы ореолы, вызываемые посредством «рассеяния» света в темные области, были достаточно узкими для того, чтобы исчезать благодаря ограничениям зрительной системы человека; [4, 6].

Реализация предлагаемого устройства подсветки видеокамеры на основе управляемых RGB светодиодов не вызывает затруднений, т. к. все входящие в него элементы общеизвестны, подробно описаны в технической литературе и могут быть использованы при выполнении работ на предлагаемом устройстве без дополнительной доработки. В устройство подсветки видеокамеры, представленное в виде произвольной двумерной матрицы управляемых излучателей света (светоизлучающих диодов красного, синего и зеленого цветов) дополнительно введены подстроечные резисторы, которые обеспечивают присутствие всех трех цветов в соответствующей пропорции для получения итогового белого света. Это упрощает его конструкцию, а также уменьшает стоимость за счет исключения микроконтроллеров. Кроме того, светоизлучающие диоды снабжены радиаторами так, чтобы облегчить рассеивания тепла от СИД-ов, что приводит к увеличению срока их службы [4, 6].

По результатам проведенных экспериментов на данное устройство получен патент № 2136 от 17.03.2017 г., который приведен в приложении Ж.

Выводы:

Проведенные исследования по влиянию спектра подсветки на основные качественные характеристики видеокамеры показали:

- использование подсветки в виде RGB светодиодов в проведенном эксперименте позволяет увеличить чувствительность видеокамеры на (0,2 ...0,6) лк), сохраняя при этом цветность изображения в темное время суток и превосходя по параметрам даже подсветку в виде штатного прожектора белого света [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной диссертационной работе были решены следующие задачи:

- обоснован выбор методик измерения и обработки видеосигнала;
- показано, что для проведения объективного контроля наиболее приемлемым является инструментальный метод с учетом субъективных восприятий;
- показано, что объективный контроль соотношения $C/Ш$, возможен только при значении уровня выходного сигнала равном не менее 0,7 В, при минимально возможной освещенности и, что при данном значении определение разрешающей способности и световой характеристики чувствительности наиболее соответствуют реальным характеристикам видеокамеры;
- проведены экспериментальные исследования пригодности данных методик измерений и обработки видеосигналов и подтверждена правильность определенных методик измерений и обработки видеосигнала;
- решены задачи, возникшие при организации измерений, а именно, изготовлен лабораторный стенд и выбрана контрольно-измерительная аппаратура, которые объединяют значительное количество методик измерения параметров видеосистемы, что дает возможность проведения прикладных исследований практически без ограничения в тематике;
- на основе проведенных исследований показано, что нелинейный робастный фильтр способен уменьшать импульсные внутриполосные помехи, требуя при этом частоты тактового генератора из условия $f_{такт} \geq 25 \cdot f_{с\ max}$ и дает увеличение помехоустойчивости по сравнению с известными структурами до (10-20) дБ;
- экспериментально доказано, что использование подсветки в виде RGB светодиодов позволяет увеличить чувствительность видеокамеры на (0,2...0,6) лк, сохраняя при этом цветность изображения в темное время суток и превосходя по параметрам даже подсветку в виде штатного прожектора белого света [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронин В.В. Методы, алгоритмы и устройства обработки двумерных сигналов при восстановлении изображений в условиях неполной априорной информации: дис. ... канд. тех. наук – Шахты, 2009 – 151с.
2. Лузин В.И., Никитин Н.П., Шестаков А.А., Стефанович Ю.Г., Исаков В.Г. Основы телевизионной техники. – М.: Солон-Пресс, 2003.– 423 с.
3. Сафин Р.Т., Артюхин В.В., Шабельников Е. Устройство робастной параметрической фильтрации в системах с изменяющейся полосой пропускания // Патент Республики Казахстан № 1467. 2016. Бюл. №.5
4. Артюхин В.В., Сафин Р.Т., Туржанова К.М. Устройство подсветки видеокамеры на основе управляемых RGB светодиодов. // Патент Республики Казахстан № 2136. 2017. Бюл №.7.
1. 5. Markosyan M.V., Safin R.T., Satimova E.G., Artyukhin V.V. Determination of the Eb/N0 Ratio and Calculation of the Probability of an Error in the Digital Communication Chanel of the IP-Video Surveillance System. // Conference Computer Science and Information Technologies. RA. Yerevan. September 25-29. ISBN 978-5-8080-0797-0. – 2017. – pp. 386 - 389.
2. 6. Artyukhin V.V., Safin R.T., Turzhanova K.M., Satimova Y.G. The influence of the spectral components of the basic charactersnics of video camera.// International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562. – 2017, Volume 12. – №1– pp. 1-6
7. Safin R.T. Criteria for evaluation the quality of video signals indigital CCNV // Журнал «Высшая школа Казахстана» – Алматы.: 2018, №4. – С.262-267.
8. Safin R. T. Variable Spectrum Signal Processing Methods. // Журнал «Высшая школа Казахстана» – Алматы.: – 2018. – № 4. – С. 272-275
9. Сафин Р.Т. Определение областей применения стенда по исследованию систем видеонаблюдения. Вестник национального политехнического университета Армении. Информационные технологии, электроника, радиотехника.- Ереван: -2018 №2 с.78 -84
10. Кривошеев М. И. Международная стандартизация цифрового телевизионного вещания. – М.: НИИР, 2006. – 928 с.
11. ГОСТ 51558-2000. Системы охранные телевизионные. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 2000-01-26. – М.: Госстандарт России.
12. Кривошеев М.И. Основы телевизионных измерений. 3-е изд., перераб. и доп.– М.: Радио и связь. 1989. – 608 с.

13. РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-Р ВТ.500-13 Методика субъективной оценки качества телевизионных изображений.

[Электронный ресурс]: – URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-13-201201-I!!PDF-R.pdf

14. Никитин В. В. Цицулин А. К. Телевидение в системах физической защиты. [Электронный ресурс]: – URL: <http://zapishemvse.ru/televidenie-v-sistemax-fizicheskoy-zashhity-v-nikitin-a-ciculin/>

15. ГОСТ 6320-84. Оборудование студийное и внестудийное. Методы субъективной оценки качества цветных телевизионных изображений.– Введ. 1985-07-01. – М.: Изд-во стандартов.

16. ГОСТ 14872-82 Таблицы испытательные оптические телевизионные. Типы размеры и технические требования. – Введ. 1983-07-01. – М.: Изд-во стандартов.

17. Чемел Б., Блэкуэлл М., Пипграс К., Уорвик Д. Способы и устройства для обеспечения прожекторного освещения на основе светоизлучающих диодов в приложениях для освещения сцены // Патент RU 2503883.2014. Бюл. №1.

18. М.Кривошеев, В.Федунин. Международные стандарты по цифровому телевизионному вещанию // Электроника НТБ. – 2007. – №8.– С. 28-36.

19. Параметры телевизионных камер. [Электронный ресурс]: – URL: sio.su/down_asec_8_def.aspx

20. Artyukhin V.V., Safin R.T., Esenova A.K. Device of signals processing with variable spectrum // XII International research and practice conference / Areas of scientific thought. ISBN 978-966-8736-05-6. Volume 18. 2015/2016. pp. 7-10.

21. Разработка телевизионных систем защиты территорий и помещений. [Электронный ресурс]: – URL: works.doklad.ru/view/V4Oi9BuH-3Q/all.html

22. Контур фазовой автоподстройки частоты и его основные свойства // <http://www.dsplib.ru/content/pll/pll.html>

23. Чувствительность видеокамер <https://www.proline-rus.ru/faq/articles/chuvstvitelnost-videokamer/>

24. Деменьтьев А.Н. Электронные системы безопасности личности и имущества. Часть 2. Охранное телевидение: Учебное пособие / Кафедра телевидения и управления ТУСУР. – Томск: – 2012.– 191с.

25. Акерманн Б., Зауэрлендер Г. Осветительное устройство с матрицей управляемых излучателей. //Патент RU 2455706. 2012. Бюл. № 19.

26. Артюхин. В.В. Инструментальное определение качественных характеристик

видеокамер в системах охранного телевидения // Материалы 6-ой научно-практической конференции. «Актуальные возможности науки – 2010». [Электронный ресурс]: – URL: http://www.rusnauka.com/17_AND_2010/Tecnic/64760.doc.htm

27. Артюхин В.В., Утенов Ч.А. Контроль соотношения сигнал/шум для видеокамер систем охранного телевидения. [Электронный ресурс]: – URL: http://www.rusnauka.com/6_NITSHB_2011/Tecnic/6_80344.doc.htm

28. Владо Дамьяновски. CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии. / Пер. с англ. – М: ООО «Ай-Эс-Эс Пресс». – 2006. – 480 с.

29. Охранные системы. Телевизионные камеры для систем видеонаблюдения. Технические характеристики и методики выбора. [Электронный ресурс]: URL: kiev-security.org.ua/box/3/11.shtml.

30. Артюхин В.В. Системы видеонаблюдения. – Алматы: АУЭС, 2009. – 120с.

31. Уваров Н.Е. Практические советы по фокусировке телевизионных камер. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.bre.ru/security/8004.html>

32. Технические параметры камер и их значения. [Электронный ресурс]: <https://iqcomfort.ru/help/stati/tehnicheskie-parametry-kamer-i-ih-znacheniya>

33. Технические параметры телекамер и что они означают. [Электронный ресурс]: – URL: <https://helpiks.org/3-39192.html>

34. Видеонаблюдение и системы безопасности. [Электронный ресурс]: каталог – URL: www.akvilona.ru.

35. Уваров Н.Е. Секреты высокой чувствительности ТВ камер.// Журнал «Алгоритм безопасности». – 2002. – №6. . – С.14-18.

36. ГОСТ 52551-2016 Системы охраны и безопасности. Термины и определения. – М.: Введ. 2017-07-01.

37. Алексеев С.А., Волхонский В. В., Суханов А.В. Телевизионные системы наблюдения, Особенности применения устройств. / Учебное пособие – Санкт. Петербург: СПб; Университет ИТМО. – 2015– 103с.

38. Арбузов Р.С. Исследования и совершенствование метода оптического контроля внешней изоляции электрооборудования высокого напряжения. дис. ... канд. техн. наук : – Новосибирск, 2005. - 203 с.

39. Artyukhin V.V., Shabelnicov E.A., Safin R.T. Robust nonlinear filtration of signals with a variable spectrum // «The XII International Scientific and Praktikal Conference» / Areas of scientific thought. – Sheffield.– ISBN 978-966-8736-05-6. Volume 18. – 2015/2016. – pp.10-14.

40. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах. –

Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 168 с.

41. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения.– М.: Мир, 1990.– 584с.

42. Хьюбер П. Робастность в статистике. / Пер. с англ. – М.: Мир. – 1984. – 304 с.

43. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. – М.: Советское радио. – 1979. – 312с.

44. Семенищев Е.А. Способы, устройства и алгоритмы сглаживания цифровых сигналов по нескольким критериям в условиях ограниченного объема априорной информации. Автореферат дис. канд. техн. наук – Таганрог: Издательство «Луч».– 2009 –98с.

45. Крутик М.И., Майоров В.П. Люмены, канделы, ватты и фотоны. Различные единицы - различные результаты измерения чувствительности телевизионных камер на основе ЭОП и ПЗС. «Специальная техника» №5, 2002 г. // [Электронный ресурс]: – URL: www.videoscan.ru/page/714

46. ГОСТ 15.101-98 Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно – исследовательских работ. Введ. 2000-07-01. – М.: Изд-во стандартов.

47. Будзелар Франсискус П. М., Доммисе Ардьян Способ и система для управления фоновой подсветки в дисплее. // Патент RU № 2479048. 2013. Бюл. № 10.

48. Неволин В.И. Устройство обнаружения и оценки частоты радиоимпульсов.// Патент RU № 2267226 Публикация патента: 27.12.2005г.

49. Марчук В.И., Воронин В.В., Шерстобитов А.И., Франц В.А., Франкова К.Н., Даниленко И.Н. Способ обнаружения и устранения импульсного шума при обработке изображений и устройство, его реализующее, дата публикации заявки 27.04.2012г. // <http://www.free patent.ru/patents/2449355>

50. Ананьев А.В., Безуглов Д.А., Юхнов В.И. Повышение помехоустойчивости узкополосных каналов радиосвязи на основе применения сигналов с внутриимпульсной частотной // Современные проблемы науки и образования. – 2013. -№1. –С 8-12.

51. Махлин А.В. Фильтры на переключаемых конденсаторах // Компоненты и технологии. – 2008. – № 6. – С.36 – 38.

52. Гедзберг Ю. Нерешаемые проблемы охранного телевидения //Алгоритм безопасности № 5 2009 С.46-51

53. Смолин Е.В. Светильник светодиодный. // Патент RU № 2399833. 2010. Бюл. № 26.

54. ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин Группа Т80. Дата введения 2003-09-01.

Приложение А

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на ГОСТы:

1. ГОСТ 26320-84 Оборудование студийное и внестудийное. Методы субъективной оценки качества цветных телевизионных изображений;
2. ГОСТ 14872-82 Таблицы испытательные оптические телевизионные. Типы размеры и технические требования;
3. МСЭ-500 (01/2012) «Методика субъективной оценки качества телевизионных изображений» серия ВТ; РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-Р ВТ.500-13 Методика субъективной оценки качества телевизионных изображений.
4. ГОСТ. Р. 51558 – 2000 «Системы охранные телевизионные. Общие технические требования и методы испытаний;
5. ГОСТ 15.101-98 группа Т51 Межгосударственный стандарт. Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно – исследовательских работ, введенный 01.07 2000 году;
6. ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин Группа Т80. Дата введения 2003-09-01.

Приложение Б

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей диссертации применяются следующие термины с соответствующими определениями, обозначениями и сокращениями ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин Группа Т80. Дата введения 2003-09-01 [54]:

МККР - Международный консультативный комитет по радиовещанию, преобразованный в МСЭ - Международного союза электросвязи;

СОТ – системы охранного телевидения;

ТВ – телевизионный тракт;

ПЗС – прибор с зарядной связью;

APY – автоматическая регулировка усиления;

U_C – амплитуда сигнала;

$U_{\text{ш}}$ – значение среднеквадратичного шума;

IRE – единица полного видеосигнала;

С/Ш – отношение сигнал/шум;

E_0 – освещённость на объекте;

E_M – освещенность на матрице;

k_0 – коэффициент пропускания света объективом;

F – апертура (общее ослабление света);

$f_{\text{такт}}$ – тактовая частота генератора фильтра;

$f_{\text{сmax}}$ – частота сигнала максимальная;

дБ – единица измерения сигнал/шум;

F – относительное отверстие;

лк – единица освещенности;

мВ – единица измерения напряжения;

мкВт – единица измерения мощности;

τ – коэффициент пропускания света;

m – отношение фокусного расстояния объектива к расстоянию до объекта;

T_c – период следования строк;

T_k – период следования кадров;

ТВЛ – количество телевизионных линий;

ЭВМ – электронная вычислительная машина;
ТУ – технические условия;
ИК – инфракрасная область;
КМОП – светочувствительная матрица;
МГц – единица измерения частоты
В – единица измерения напряжения;
ОГ – опорный генератор;
ДФКД – делитель с фиксированным коэффициентом деления *m*;
ИФД – импульсно-фазовый детектор;
ФНЧ с ЗУ – фильтр НЧ с запоминанием уровня;
ПН – преобразователь уровня напряжения;
ГУН – генератор, управляемый напряжением;
ДПКД – делитель с переменным коэффициентом деления *n*;
АШС – анализатор ширины спектра сигнала;
ПШК – преобразователь ширины спектра – код (коэффициент деления *n*);
РФ – робастный фильтр;
НЭ – нелинейный элемент (варикап);
VT1 и VT2 - транзисторные ключи;
V(λ) - спектральной световой эффективностью;
ЭОП – электронно - оптический преобразователь;
нм–единица монохроматического излучения;
СИД, LED – светоизлучающий диод;
ЦСП, DSP – сигнальный процессор;
ASIC – специализированная интегральная схема;
Лк – единица освещенности;
мВ – единица измерения напряжения;
мкВт – единица измерения мощности;
F– отношение фокусного расстояния *f* объектива к диаметру *D* входного зрачка.

Приложение В

Технические характеристики оборудования, применяемые в экспериментах на лабораторном стенде

Характеристики цветных купольных камер с небольшой разрешающей способностью, с вариообъектив дают возможность переключения режимов «день-ночь». Поворотные с дистанционным управлением и высокой разрешающей способностью приведены в таблицах 3.1.1 – 3.1.4 [6, 27].

Таблица 1 – Технические характеристики купольных видеокамер NVC-SC200D и NVC-HC200D

Параметры	Значения
Чувствительный элемент	1/3” CCD
Разрешение, ТВЛ	380 / 480
Чувствительность, лк. (при F=2.0mm)	0.3 / 0.8
Отношение сигнал/шум, дБ	48
Баланс белого	Авто.
Выход видео	1 В, 75 Ом
Фокусное расстояние объектива, мм	3.8
Напряжение питания, В (пост.)	12

Таблица 2 – Технические характеристики видеокамеры NVC-825DN

Параметры	Значения
Чувствительный элемент	1/3” CCD
Разрешение, ТВЛ	570
Чувствительность, лк.	0.1
Отношение сигнал/шум, дБ	50
Баланс белого	Авто.
Выход видео	1 В, 75 Ом
Фокусное расстояние объектива, мм	(без объектива)
Функция день-ночь	Имеется
Напряжение питания, В	12

Продолжение приложения В

Таблица 3 – Технические характеристики видеокамеры NVC-MSD22DN

Параметры	Значения
Чувствительный элемент	1/4" CCD
Разрешение, ТВЛ	480 (цвет.) / 570 (черно-белое)
Чувствительность, лк. (при F=1.6mm)	0.5 (цвет) / 0.05 (черно-белое)
Отношение сигнал/шум, дБ	50
Баланс белого	Авто.
Выход видео	1 В, 75 Ом
Фокусное расстояние объектива, мм	3.9 ... 85.8
Функция день-ночь	Имеется
Напряжение питания, В (пост. / перем.)	12 / 24
Управление поворотным устройством	по RS-485

Таблица 4 – Технические характеристики объектива NVL-416D/IR [6, 27].

Параметры	Значения
Формат матрицы	1/3"
Фокусное расстояние, мм	4 ... 16
Тип крепления	CS
Диафрагма	Авто.
Работа в ИК диапазоне	+

Продолжение приложения В

Таблица 5 – Технические характеристики цифрового видеорегистратора NV-DVR1014

Параметры	Значения
Операционная система	Linux
Входы видео	4 × BNC, сквозные
Выходы видео	к основному монитору (1 × BNC, 1 × VGA)
Входы тревоги	4
Выходы аудио	1 × RCA
Скорость записи	до 100 к/с (360× 288), 25 к/с (720 ×288)
Компрессия	MPEG-4 (4 уровня)
Разрешение записи	720 × 288, 360 ×288
Режим записи	постоянный /расписание/тревога/детекция движения
Скорость отображения	100 к/с (в реальном времени)
Детекция движения	сетка 30×24 с регулировкой чувствительности и размеры активной зоны
Детекция потери сигнала	Есть
Жёсткие диски	возможность установки 1-го жесткого диска SATA (макс. 500 Гб)
Внешние порты	1 × Ethernet - интерфейс RJ-45, 100 Мбит/с 1 × USB - для внешних носителей памяти 1 × RS-485 - для подключения камер PTZ 1 м RS-485- для подключения клавиатур NV-KBD60, NV-KBD30
Электропитание	DC 12 В (сетевой адаптер на DC 12 В/AC 100 ~ 240 В в комплекте)
Потребляемая мощность	12 Вт без дисков, 35 Вт с дисками

Продолжение приложения В

Технические характеристики клавиатуры управления поворотным устройством NV-KBD40 и монитора видеонаблюдения NVM-015CH приведены в таблицах 6 и 7 [6, 27].

Таблица 6 – Технические характеристики клавиатуры NV-KBD40

Параметры	Значения
Джойстик	3х – осный, с функцией управления ZOOM-ом
Клавиатура	33 кнопки
Дисплей	LCD, 2 строки по 16 символов
Поддерживаемые протоколы	NOVUS + смежные с ним
Порт управления	RS-485
Напряжение питания, В	9
Потребляемая мощность, Вт	3

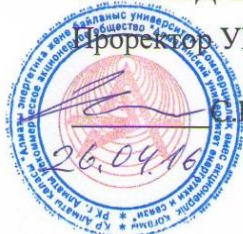
Таблица 7– Технические характеристики монитора NVM-015CH

Параметры	Значение
Диагональ	15”
Вход видео	5 × BNC, 75 Ом
Разрешение	700 ТВЛ
Система формирования сигнала	NTSC / PAL (автоопределение)
Напряжение питания, В	230 (50 / 60 Гц)
Потребляемая мощность, Вт	68

Приложение Г

УТВЕРЖДАЮ

Проректор УМП



С.В.Коньшин.

Акт внедрения

Данным актом лабораторные работы:

«Изучение параметров, режимов работы и конфигурации системы видеонаблюдения «NOVUS»;

«Исследование возможностей различных видов видеокамер при изменении освещенности. Снятие характеристик чувствительности»;

«Определение фокусного расстояния, угла обзора и разрешающей способности различных типов видеокамер и объективов»;

«Определение рабочей зоны наблюдения, дальней и мертвой зоны для различных типов видеокамер и объективов»;

«Определение условно мертвых зон для различных скоростей записи видеорегистратора и при различных фокусных расстояниях»;

«Определение объема и качества записанной информации от значения скорости записи видеорегистратора»

по дисциплине «Системы видеонаблюдения и космические системы слежения» специальности 5В071900 - РЭТ у бакалавров вводятся в эксплуатацию.

По разделу «Системы видеонаблюдения» дисциплины СВН и КСС программой курса предусмотрено 15 часов лабораторных занятий и 6 лабораторных работ. Продолжительность работ:

- 2 часа;
- 2 часа;
- 2 часа;
- 2 часа;
- 4 часа;
- 4 часа.

Начальник УМО

Зав. кафедрой КИБ

Старший преподаватель

Мустафин М.А.

Сатимова Е.Г.

Сафин Р. Т.
14.05.2016г.

Приложение Д



ООО «УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР при САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»

193232, г. Санкт-Петербург,
пр.Большевиков, дом 22,
корп.5, оф.104

Тел./факс : +7(812) 3151447

E-mail: cem@sut.ru

04 апреля 2017 г.

№ 059/04

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

на выполненную работу (лабораторный стенд «Изучение и исследование систем видеонаблюдения», в рамках диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук соискателя Сафина Р.Т. по теме диссертации «Разработка и исследование методики измерения видеосигнала и определение области применения»

Необходимость модернизации учебно-лабораторного фонда кафедр и разработки или приобретения новых лабораторных стендов объясняется тем, что специальность «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» - РЭТ имеет тенденцию к очень быстрому обновлению оборудования и технологий. Техническая документация на лабораторный стенд «Изучение и исследование систем видеонаблюдения», представленная авторами разработки Сафиным Р.Т. и Артюхиным В.В. (Алматинский университет энергетики и связи) на проведение технического заключения позволяет сделать следующие выводы:

- анализ существующих альтернативных разработок показал, что аналогичное лабораторное оборудование в конкурирующих по подготовке специалистов в области телекоммуникаций ВУЗах не имеется;

- сильной стороной разработки является улучшение технической оснащенности лабораторного фонда кафедры в области современных технологий по системам видеонаблюдения, что позволило в рамках проведенных исследований получить два патента на изобретение. Кроме этого, имеется значительная вероятность привлечения дополнительного контингента обучающихся на специальность РЭТ;

- слабая сторона разработки заключается в невозможности прогнозирования доходности от вложений финансовых средств.

Результатом реализации разработки явилось создание технически оснащенной лаборатории для проведения научно-исследовательских работ, повышение качества учебного процесса при подготовке бакалавров и магистрантов специальности РЭТ, соответствующего мировым требованиям и достижениям в области систем видеонаблюдения, повышение конкурентоспособности ВУЗа на рынке предоставления образовательных услуг.

Генеральный директор Учебно-методического центра
при Санкт-Петербургском государственном университете
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича



Танов Виктор Михайлович



Рисунок Е.1 - Патент.

Продолжение приложения Е



(19) **МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

ПАТЕНТ

(11) **№ 1467**

(12) **НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ**

(54) **НАЗВАНИЕ:** Устройство робастной параметрической фильтрации в системах с изменяющейся полосой пропускания

(73) **ПАТЕНТООБЛАДАТЕЛЬ:** Сафин Рафаиль Тлегенович (KZ)

(72) **АВТОР (АВТОРЫ):** Сафин Рафаиль Тлегенович (KZ); Артюхин Владимир Викторович (KZ); Шабельников Евгений Алексеевич (KZ)

(21) **Заявка № 2015/0354.2** (22) **Дата подачи заявки:** 16.10.2015

Зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан 19.04.2016.

Действие патента распространяется на всю территорию Республики Казахстан при условии своевременной оплаты поддержания патента в силе.

**Заместитель министра юстиции
Республики Казахстан**

 **Э. Азимова**

Сведения о внесении изменений приводятся на отдельном листе в виде приложения к настоящему патенту

Рисунок Е.2 - Патент (продолжение).

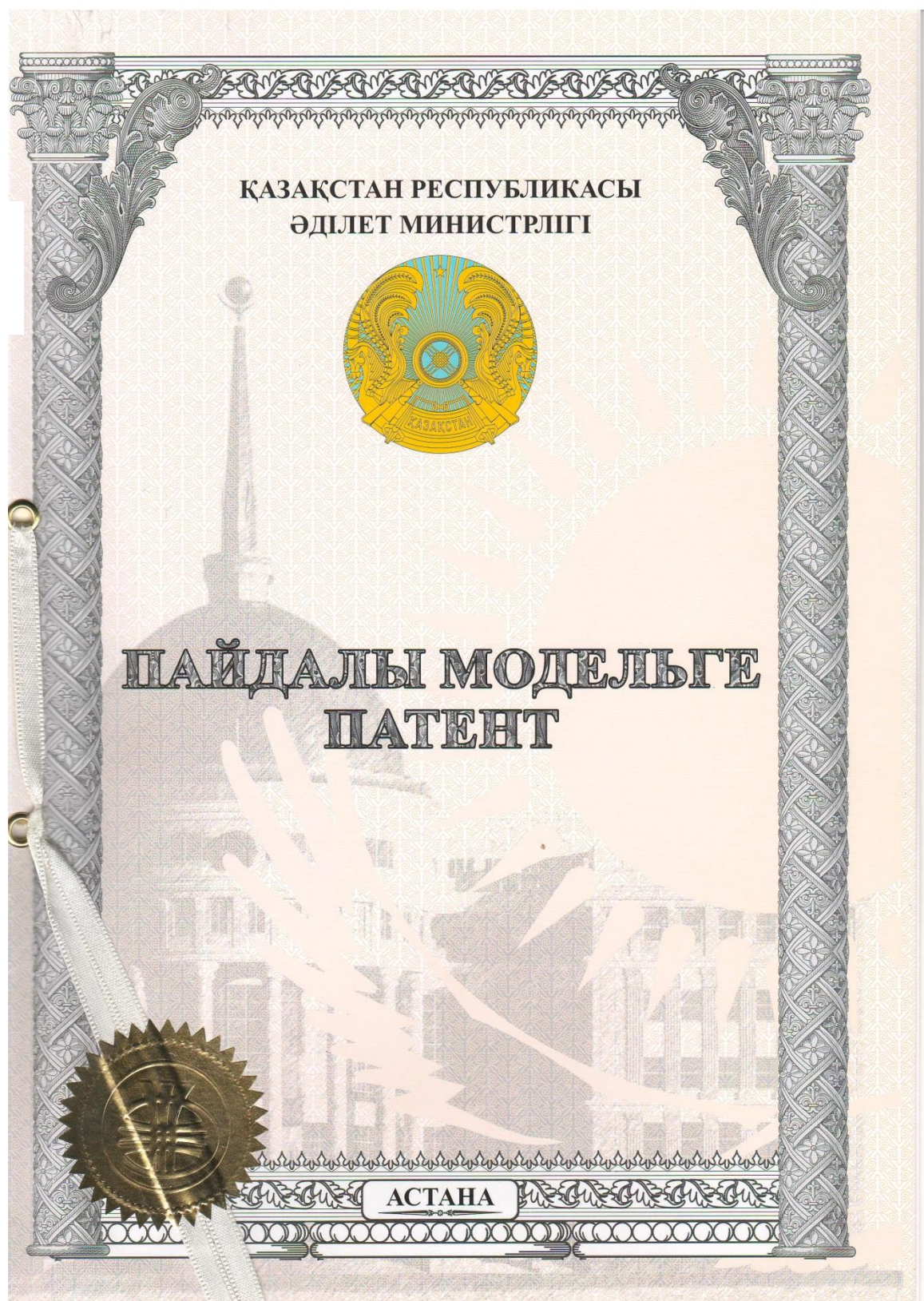


Рисунок Ж.1 - Патент.

Продолжение приложения Ж



(19) **МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

ПАТЕНТ

(11) **№ 2136**

(12) **НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ**

(54) **НАЗВАНИЕ:** Устройство подсветки видеокамеры на основе управляемых RGB светодиодов

(73) **ПАТЕНТООБЛАДАТЕЛЬ:** Некоммерческое акционерное общество "Алматинский университет энергетики и связи" (KZ)

(72) **АВТОР (АВТОРЫ):** Артюхин Владимир Викторович (KZ); Сафин Рафаиль Тлегенович (KZ); Туржанова Карина Муратовна (KZ)

(21) Заявка № 2016/0587.2 (22) Дата подачи заявки: 25.10.2016

Зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан 17.03.2017.

Действие патента распространяется на всю территорию Республики Казахстан при условии своевременной оплаты поддержания патента в силе.

Заместитель министра юстиции
Республики Казахстан

Э. Азимова

Сведения о внесении изменений приводятся на отдельном листе в виде приложения к настоящему патенту

Рисунок Ж.2 - Патент.

Продолжение приложения Ж



МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

УДОСТОВЕРЕНИЕ АВТОРА

№ 97158

Настоящим удостоверяется, что Сафин Рафаиль Тлегенович (KZ)

и Артюхин Владимир Викторович (KZ); Туржанова Карина Муратовна (KZ)

является(ются) автором(ами) полезной модели

(11) 2136

(54) Устройство подсветки видеокамеры на основе управляемых RGB светодиодов

(73) *Патентообладатель:* Некоммерческое акционерное общество "Алматинский университет энергетики и связи" (KZ)

(21) 2016/0587.2

(22) 25.10.2016

Заместитель министра юстиции
Республики Казахстан

Э. Азимова

Рисунок Ж.4 - Патент



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІ

№ 97158

АВТОРДЫҢ КУӘЛІГІ

Сафин Рафаиль Тлегенович (KZ)

және Артюхин Владимир Викторович (KZ); Туржанова Карина Муратовна (KZ)

пайдалы модельге авторы(лары) болып табылатындығы осымен куәландырылады

(11) 2136

(54) Басқарылатын RGB жарықдиодтар негізіндегі бейне камераларының комескі жарық құрылғысы

(73) Патент иеленушісі: "Алматы энергетика және байланыс университеті" коммерциялық емес акционерлік қоғамы (KZ)

(21) 2016/0587.2

(22) 25.10.2016

Қазақстан Республикасы
Әділет министрінің орынбасары

Э. Әзімова

Рисунок Ж.5 - Патент.