

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՍԱՖԻՆ ՌԱՖԱԻԼ ՏԼԵԳԵՆԻ

**ՏԵՄԱԴԻՏՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԲԱՂԱԴՐԻՉՆԵՐԻ
ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ**

Ե.12.03 «Հեռահաղորդակցական ցանցեր, սարքավորումներ և համակարգեր»
մասնագիտությամբ գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի
հայցման ատենախոսության

ՄԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА РА
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

САФИН РАФАИЛЬ ТЛЕГЕНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ
КОМПОНЕНТ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

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

Ереван 2019

Ատենախոսության թեման հաստատված է Հայ Ռուսական Սլավոնական
Համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝ տ.գ.դ., պրոֆ. Մ.Վ. Մարկոսյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տ.գ.դ., դոցենտ Հ.Ա. Գոմցյան
տ.գ.թ., դոցենտ Ս.Ռ. Պապյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի
ինստիտուտ

Պաշտպանությունը կայանալու է 2019թ օգոստոսի 30-ին ժամը 12.00 -ին
Հայաստանի Ազգային Պոլիտեխնիկական Համալսարանին կից ՀՀ ԲՈԿ-ի 046
«Հեռահաղորդակցական ցանցեր, սարքավորումներ և համակարգեր»
մասնագիտական խորհրդի նիստում հետևյալ հասցեով՝ 0009, Երևան, Տերյան 105

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքված է 2019 թ. հուլիսի 9-ին:

046 Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար՝ տ.գ.թ., դոցենտ  Մ.Յ. Այվազյան

Тема диссертации утверждена в Российско-Армянском (Славянском)
Университете


Научный руководитель: д.т.н., проф. М.В. Маркосян

Официальные оппоненты: д.т.н., доцент О. А. Гомцян
к.т.н., доцент С. Р. Папян

Ведущая организация: Институт радиофизики и электроники НАН РА

Защита диссертации состоится 30-го августа 2019 г. в 12.00- часов на
заседании специализированного совета 046 «Системы, сети и устройства
телекоммуникаций» ВАК при НПУА по адресу 009, Ереван, ул. Теряна 105.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА
Автореферат разослан 9-го июля 2019 г.

Ученый секретарь специализированного
совета 046, к.т.н., доцент  М.Ս. Այվազյան

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.

Основная задача системы видеонаблюдения - 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 качества¹ 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 искажений 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 сигнала².

Для фильтрации шума существует огромное число различных методов, использование которых зависит от выбранной математической модели изображения и шума².

На сегодняшний день, при постоянном возрастании требования 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.

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. и др. Основы телевизионной техники. М.: Солон-Пресс 2003. С 423.

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 со штатной подсветкой 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 17.03.2016г.) 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.

Պաշտպանության դուրս բերված հիմնական գիտական դրույթները

- տեսահամակարգերի աղմկակայունությունը բարձրացում (10...20) dB-ով նվազեցնելով ներշերտային իմպուլսային աղմուկները, կիրառելով ճկուն գոտու սակտային զեներատորի $stakt \geq 25 \cdot fc \max$ հաճախականությամբ աշխատելու դեպքում:
- տեսախցիկի զգայնության ավելացում (0.2...0.6) էկ կիրառելով RGB լուսադիոդներով ենթալուսավորում ընտրելով ցանկալի համամասնություններով գույների հարաբերությունը:
Բերված նպատակին հասնելու համար ձեռավորվել և լուծվել են հետևյալ խնդիրները.
- կատարվել է վիդեո ազդանշանների չափման եւ մշակման մեթոդների հիմնավոր ընտրություն:
- ցույց է տրված, որ օբյեկտիվ վերահսկման համար առավել ընդունելի հանդիսանում է գործիքային մեթոդը հաշվի առնելով նաև սուբյեկտիվ ընկալումը:
- ցույց է տրված, որ ազդանշան / աղմուկ հարաբերակցության օբյեկտիվ վերահսկումը հնարավոր է միայն այն դեպքում, երբ էլքային ազդանշանի մակարդակը հավասար է առնվազն 0,7 Վ-ի հնարավոր նվազագույն լուսավորության դեպքում և որ տվյալ արժեքի դեպքում թույլատրելիության կարողության և զգայնության լուսային բնութագրի որոշումը առավել համապատասխանում է տեսախցիկի իրական հատկանիշներին:
- փորձարարական ճանապարհով ցույց է տրվել չափման եւ վերամշակման մեթոդների օգտագործման ճշտությունը:
- լուծվել են խնդիրներ որոնք առաջանում են չափումների ժամանակ, այնպիսիք ինչպիսիք են լաբորատոր ստենդի պատրաստումը և հսկման և չափման սարքավորման ընտրությունը, որոնք միավորում են տեսահամալիրների պարամետրերի չափման ստուգման զգալի թվով մեթոդներ, որն էլ իր հերթին հնարավորություն է տալիս գործնականում անցկացնել անսահմանափակ կիրառական հետազոտություններ առանց որևիցե թեմատիկ սահմանափակման:
- ցույց է տրված, որ ոչ գծային ճկուն գոտիք իվիճակի է նվազեցնել ներշերտային իմպուլսային աղմուկները, պահանջելով որպեսզի տակտային զեներատորի հաճախականությունը բավարարի $frakt \geq 25 \cdot fc_{max}$ պայմանին, որի դեպքում կապահովի աղմկակայունություն աճ հայտնի կառուցվածքների համեմատությամբ մինջև (10...20) դԲ:
- փորձնական ճանապարհով ապացուցված է, որ ենթալուսավորման կիրառումը RGB լուսադիոդներով թույլ է տալիս բարձրացնել տեսախցիկի զգայնությունը [տվյալ փորձերը (0,2...0,6) էկ իրականացման դեպքում], միաժամանակ պահպանելով պատկերի գունավորումը օրվա մուր ժամանակ և պարամետրերով գերազանցելով նույնիսկ անձնակազմային լուսարձակի սպիտակ լույսով ենթալուսավորմանը:



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 при проведении научно-исследовательских и ремонтных работ, а так же может быть использован в учебных целях.
- Публикации.** Основные научные и практические результаты диссертации, отражающие исследования автора опубликованы в следующих публикациях:
- 2 патента РК (№ 1467 и № 2136) [1,3];
 - статья в сборнике трудов «The 11th International Conference on Computer Science and Information Technologies», входит в базу SCOPUS, [4];
 - статья в журнале, входящем в базу SCOPUS, «International Journal of Applied Engineering Research» [5];
 - статья в трудах ВУЗов разных стран [2,7,9];
 - статья в сборниках материалов [6,8].

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

Краткое содержание работы

В введении показана важность решения задач, связанных с оценкой качества систем видео наблюдений, представлены структура диссертации и краткое содержание глав.

В первой главе - проведен обзор методов измерений и обработки видеосигналов и их сравнительный анализ. Показано, что цифровая видеoinформация, передаваемая через телекоммуникационные сети, подвергается искажению. Это происходит в процессах оцифровки, сжатия, передачи, декодирования и воспроизведения видеосигнала.

В момент сжатия видеосигналов происходит снижение качества передаваемой информации, связанное с уменьшением количества информации о структуре изображения. 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 использовании 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, т.е. сами результаты подвергаются 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 системами видеоизображения. Потребность в объективных измерениях особенно велика при измерениях во времени передачи сигналов охранного телевидения.

Одним из таких методов является метод обработки сигналов с изменяющимся спектром.

В случаях, когда качество сигналов страдает от влияния помех или шума, применяются методы восстановления сигналов, которые имеются в большом количестве. Для применения многих из них необходима априорная информация о свойствах двумерных сигналов и статистических характеристик шума, которая часто ограничена или труднодоступна. В связи с этим, актуальной является задача восстановления сигналов и выделения полезного двумерного сигнала на фоне шума в условиях неполной априорной информации.

Основным предназначением всех методов, которые были созданы, является улучшение качества сигнала, что также означает повышение помехоустойчивости сигнала к различным помехам и шумам.

На практике чаще используются методы, рассматриваемые для узкополосных сигналов или на определенной фиксированной частоте, что лишает их возможности быть примененными в сигналах с большой полосой пропускания. Такие сигналы можно встретить в системах охранного телевидения, где происходит значительная регулировка качества.

COT, где происходят изменения частоты кадров и количества телевизионных линий, может иметь различные состояния:

- состояние тревоги;
- состояние наблюдения;
- состояние охраны.

В зависимости от того, в каком режиме на данный момент работает COT, существенно меняется частота кадров от 1кадр/с во время отсутствия в системе объектов до 100 кадр/с, когда особенно необходимо повышенное разрешение видеозображения.

Субъективный метод визуальной оценки качества телевизионного изображения по ГОСТ 26320-84, принят в системах телевидения с применением современных средств вычислительной техники. В качестве наблюдаемого объекта используется стандартная телевизионная испытательная таблица с основными параметрами по ГОСТ 14872-82, специальным образом доработанная для проведения испытаний объективов. Субъективное качество видео измеряется по следующей методике:

- выбираются видеопоследовательности для использования в тесте;
- выбираются параметры системы измерения;
- выбирается метод показа видео и подсчета результатов измерения;
- приглашается необходимое число экспертов (обычно не меньше 15);
- проводится сам тест;
- подсчитывается средняя оценка на основе оценок экспертов.

Субъективные измерения разной степени сложности - от высказываний типа «помоему, хорошо» до формальных оценок с участием многих наблюдателей и при контролируемых условиях эксперимента - уже давно применяются для оценки качества видео при разработке изделий, их оценке заказчиками, а также в постпроизводстве. Формализованное субъективное тестирование с участием большого числа зрителей гарантирует правильный учет особенностей зрительной системы человека.

Субъективная оценка не предоставляет той метрики, которая получается при чисто объективной оценке, но она может дать полезный и повторяемый результат.

ՏԵՄԱԴԻՏՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԲԱՂԱԴՐԻՉՆԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ ԵՎ ՀԵՏԱԶՏՈՏԻՄ

Այսօրվա տեսահսկումը կարևոր դեր է խաղում գրեթե յուրաքանչյուր օբյեկտի 24 ժամյա անվտանգության ապահովման գործում: CCTV համակարգը հուսալի աղբյուր է անվտանգության աշխատակիցների համար:

Աշխատանքի նպատակը տեսաազդանշանների որակի բարձրացումն է հետազոտությունների անցկացման շնորհիվ թերությունների վերացման միջոցով, զարգացնելով ազդանշանների մշակման և ֆիլտրացման նոր մեթոդներ:

Հետազոտությունների նպատակները.

- հիմնավորել և ընտրել տեսաազդանշանների չափման և մշակման համար անհրաժեշտ մեթոդները, հաշվի առնելով հայտնաբերված թերությունները.
- որոշել տեսազանգերի որակի բարելավման համար ազդանշանների ֆիլտրման նոր մեթոդների անհրաժեշտ պարամետրերը.
- կազմակերպել և իրականացնել անհրաժեշտ հետազոտություններ.
- որոշել արդյունքների կիրառման շրջանակը:

Ուսումնասիրության թեման CCTV համակարգերով զբաղվող գիտության և տեխնոլոգիաների ոլորտն է, որը օգտագործվում է պահակային հեռուստահամակարգերում:

Աշխատանքների գիտական նորությունը.

- որոշված են նորմալ աշխատանքի համար ելքային տեսաազդանշանի կախվածությունները, հաշվի առնելով ներշերտային իմպուլսային աղմուկները առանց ֆիլտրի և ֆիլտրով դեպքերում տարբեր թողունակության շերտերով և ֆիլտրերի տարբեր տակտային հաճախականությամբ:
- որոշվել են լուսավորման սպեկտրալ բաղադրիչների ազդեցությունը տեսախցիկի հիմնական բնութագրերի վրա.
- մշակված է են տեսաազդանշանների վերամշակման և չափման մեթոդներ.

Հետազոտության մեթոդաբանությունը՝ դրված խնդիրների լուծման համար ընտրված է համապարփակ մոտեցում, այդ թվում, գիտատեխնիկական գրականության վերլուծությունը և տվյալների ընդհանրացումը, տեսական հետազոտությունները օգտագործելով մաթեմատիկական մոդելավորման մեթոդները, որոնք թույլ են տալիս կիրառել ժամանակակից չափման տեսության մեթոդները պահակային հեռուստատեսությունում:

To achieve this goal, the following tasks have been formulated and solved:

- it is demonstrated the choice of techniques of measurement and processing video signals;
- it is shown that the instrumental method with taking into account subjective perceptions is the most acceptable one for carrying out an objective control;
- it is shown that the objective control of signal/noise ratio is possible only when the value of level of an output signal is equal to at least 0,7 V and in the case of minimum possible illumination; as well as the resolution capability and luminous characteristics of sensitivity most correspond to video camera real characteristics;
- experimental studies of suitability of these measurement techniques and processing video signals are conducted and certain measurement techniques and processing video signal are validated;
- the problems that arose in the organization of measurements are solved namely, a laboratory stand is designed and control instrumentation which integrate a significant amount of techniques of measurement of parameters of a video system that gives the chance of carrying out applied researches without restriction in subject is selected;
- it is shown on the basis of conducted researches that the non-linear robustly filter is capable to reduce pulse in-band interferences, requiring at the same time the frequency of the clock generator from $f_{\text{takt}} \geq 25 \cdot f_{\text{cmax}}$ and increases the noise immunity in comparison with the known structures up to (10...20) dB;
- it is proved experimentally that the use of illumination in the form of RGB LEDs allows increasing the sensitivity of the video camera (in the case of carrying out these experiments on (0,2...0,6) lx, saving at the same time chromaticity of images in night-time and exceeding in parameters even illumination in the form of full-time white light projector.

Другими словами, можно разработать такие рейтинги качества изображения, которые точно отражают восприятие типичного зрителя.

Международный союз электросвязи (ITU) разработал стандарт на формальное субъективное тестирование качества изображения - Рекомендация ITU-R BT.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 описано несколько методов субъективного измерения качества видеоизображения. Рассмотрены некоторые из них.

Метод измерения под названием Double Stimulus Impairment Scale (Шкала деградации с двумя стимулами) заключается в следующем. Участники просматривают эталонную сцену (часто в форме видео стандарта 601), а затем - ту же сцену после ее обработки в тестируемой системе. Каждый участник оценивает деградацию изображения сцены после обработки одним числом по пятибалльной шкале: 1 - очень раздражает; 2 - раздражает; 3 - слегка раздражает; 4 - заметно, но не раздражает; и 5 - незаметно. Баллы выставляются для некоторого количества различных сцен.

Иной вариант этого метода: участник оценивает качество обеих сцен в паре «эталон - после обработки» не зная при этом, какая из них является эталонной. Затем анализируется разница оценок для каждой пары сцен.

В другой группе методик Рекомендации BT.500 зрителям предлагается оценить обработанные тестовые сцены, а эталонные им не показывают. В этих методиках «с одним стимулом» одна и та же тестовая сцена может предъявляться участнику один или несколько раз. Используется либо 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.

Субъективные методы тестирования можно применять для оценки самых различных типов видеоаппаратуры и систем, в том числе видеорегистраторов, плат ввода видео. Субъективные методы пригодны как для аналогового, так и для компрессированного цифрового видео.

Однако при субъективном тестировании 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.

Вторым методом тестирования является инструментальный (осциллографический). Для понятия минимальной освещённости используют так называемую шкалу IRE (аббревиатура от названия Institute of Radio Engineers). В этой шкале максимальный полезный видеосигнал 0,7 В принимается за 100 единиц IRE. Полный видеосигнал со

Стандартной амплитудой 1 В содержит 0,3 В синхросигнала и 0,7 В сигнала изображения. Различные производители указывают чувствительность видеокамер для разных значений по шкале IRE от 20 до 50 единиц. При таком уменьшении амплитуды видеосигнала качество изображения снижается до приемлемого (usable picture).

В связи с неоднозначностью выбора порогового уровня производители фотоприёмников в качестве параметра, характеризующего чувствительность, часто используют другие показатели. Для вещательного стандарта разложение таким параметром может быть напряжение выходного сигнала при заданном уровне освещённости, типе источника, светосиле объектива и уровне шума. Другим широко используемым параметром является крутизна светосигнальной характеристики – выходное напряжение, нормированное на экспозицию В/(лк•с). Размерность этой характеристики отражает действие закона взаимозаменяемости освещённости и времени накопления. Выходной сигнал определяется общим числом фотонов, накопленных в элементах прибор с зарядовой связью (ПЗС) - матрицы, в то время как освещённость (число фотонов в секунду) и время накопления могут быть разными.

Для определения основных параметров телевизионной системы необходимо знание чувствительности видеокамеры в виде минимально допустимой освещённости матрицы ПЗС, так как в этом случае можно учесть светосилу используемого объектива, расстояние до объекта, его контраст и т. д. Освещённость на объекте E_0 и на матрице E_M связаны соотношением:

$$E_M = E_0 \cdot \frac{k_0 \cdot \tau}{4 \cdot (1 + m)^2 \cdot F^2}, \quad (1.1)$$

где:

- k_0 – коэффициент отражения объекта;
- τ – коэффициент пропускания света объективом;
- m – отношение фокусного расстояния объектива к расстоянию до объекта;
- F – отношение фокусного расстояния f объектива к диаметру D его входного зрачка.

Общее ослабление света объективом связано с квадратом его относительного отверстия (апертуры F) и коэффициентом пропускания τ . В ряде руководств по прикладному телевидению используют специальное название для отношения – коэффициент передачи, или transmission ratio. На практике освещённости на объекте и на матрице отличаются на порядок.

Фундаментальным фактором, ограничивающим чувствительность, является шум, имеющий, по крайней мере, два источника: шум квантовой структуры света и собственный шум телекамеры. При идеальной не шумящей телекамере её чувствительность зависит только от фотонного шума - флуктуаций числа фотонов относительно среднего значения. В силу независимости фотонов в потоке света количество фотонов в элементе разложения в конкретном кадре подчинено статистике Пуассона. В результате достижимое отношение сигнала к фотонному шуму пропорционально корню квадратному из числа фотонов, принятого телекамерой от объекта наблюдения (здесь, в первом приближении, из рассмотрения исключается зависимость энергии излучения, коэффициентов отражения и квантового выхода от длины волны, которые рассмотрены далее). Сюжет в поле зрения ТВ-камеры характеризуется коэффициентами отражения объекта k_0 и фона k_f ; способность фотоприёмника к накоплению определяется площадью элемента разложения, квантовым выходом η , усреднённым по длине волны, и временем накопления T_n . Для телекамер, используемых в составе средств физической защиты (СФЗ), важно также задать пороговое

RAFAIL TLEGEN SAFIN DEVELOPMENT AND RESEARCH OF METHODS FOR COMPONENT EVALUATION OF VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

SUMMARY

Nowadays video surveillance plays an important role in ensuring 24-hour security of almost every object. CCTV system is a reliable source for security staff members.

The main purpose of the thesis is to improve the quality of signals of CCTV system.

The aim of the work is to improve the quality of video signals through research and elimination of deficiencies by developing new methods of filtering and signal processing.

Objectives of the study:

- justify and select the necessary methods for measuring and processing video signals, taking into account the identified shortcomings;
- determine the necessary parameters for solving the problems of improving the quality of video signals for new signal filtering methods;
- organize and conduct the required research;
- determine the scope of application of the results.

The subject of the study is the field of science and technology dealing with CCTV systems.

Scientific novelty of the work:

- dependences of the output video signal for normal operation, under the influence of intracavitary impulse noise without a filter and with a filter for video signals with different bandwidth and different filter clock frequencies;
- the dependencies of the influence of the spectral components of the illumination on the main characteristics of the video camera have been established;
- developed methods for measuring and processing video;

The research method for solving the problems is complex approach, including analysis and generalization of data from scientific and technical literature, theoretical studies using mathematical modeling methods, which allows applying methods of modern measurement theory to CCTV systems.

The main scientific provisions to be defended are:

- an increase in noise immunity of video systems by (10 ... 20) dB due to reduction of intracavity impulse noise is achieved due to the use of robust filtering under the condition of clock operation with a frequency $f_{\text{tact}} \geq 25 \cdot f_c \text{ max}$
- increase the sensitivity of the video camera by (0.2 ... 0.6) lx is achieved by using illuminated RGB video LEDs, selected in the desired color proportion to maintain color in the dark.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. 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
2. Сафин Р.Т. Определение областей применения сенсора по исследованию систем видеонаблюдения. // Вестник Национального Политехнического Университета Армении./ Информационные технологии, электроника, радиотехника. Ереван: 2018. №2. С.78 -84
3. Артюхин В.В., Сафин Р.Т., Туржанова К.М. Устройство подсветки видеокамеры на основе управляемых RGB светодиодов. // Патент Республики Казахстан № 2136. 2017. Бюл. №.7.
4. 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 Channel of the IP-Video Surveillance System. // Conference Computer Science and Information Technologies. RA. Yerevan. September 25-29, 2017, pp. 386 - 389. ISBN 978-5-8080-0797-0.
5. Safin R.T., Turzhanova K.M., Artyukhin V.V., Satimova E.G. The Influence of the Spectral Components of Backlight on the Basic Camera Characteristics // International Journal of Applied Engineering Research. ISSN 0973-4562. Volume 12. Number 1. 2017. pp. 1-6. / Research India Publications.
6. 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.
7. Artyukhin V.V., Shabelnicov E.A., Safin R.T. Robust nonlinear filtration of signals with a variable spectrum // XII International research and practice conference / Areas of scientific thought. ISBN 978-966-8736-05-6. Volume 18. 2015/2016. pp.10-14.
8. Достярова А.М., Сафин Р.Т. Исследования влияния нелинейного робастного фильтра на видеосигнал в условиях воздействия импульсных помех // Сборник научных трудов Каз. АТК — Алматы.: —2015. —№35. — С.195—198.
9. Safin R.T. The review of methods for determination of signal/noise ratio in the videosystems. // Алматы: Промышленный транспорт Казахстана №1(58), 2018.

отношение сигнал / шум $\psi_{пор.}$, обеспечивающее заданную достоверность принятия решения наблюдателем.

Учет этих параметров и формулы (1.1) позволяет найти выражение для предельной чувствительности, т. е. пороговой освещенности сцены для реальной ситуации обнаружения и опознавания малоcontrastных объектов:

$$E_{пор} = \frac{4 \cdot \psi_{пор}^2 \cdot k_{\phi} \cdot F^2}{(k_0 - k_{\phi})^2 \cdot \tau \cdot \eta \cdot \Delta^2 \cdot T_H \cdot N} \quad (1.2)$$

где:

$N = 2 \cdot 10^{12}$ – потенциально доступное ПЗС количество фотонов на 1 см^2 в 1 секунду при равномерном спектре и освещенности в видимом диапазоне 1 лк.

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.

Управление численными значениями большинства входящих в формулу (1.2) параметров либо недоступно, либо может осуществляться в небольших пределах. Так, светосила лучших современных асферических объективов ($F = 0.8 \dots 0.75$) в ближайшем будущем вряд ли будет заметно увеличена. Квантовый выход большинства серийных ПЗС приближается к отметке 0,5 в диапазоне длин волн видимого диапазона и приближенным ИК. Площадь элемента разложения в матрицах ПЗС имеет тенденцию к уменьшению, а параметры микролинз близки к теоретическому пределу. Подстановка типовых значений характеристик наблюдаемых сцен и матриц ПЗС позволяет получить оценку предельной чувствительности телекамеры в реальных условиях: $E_{пор.} = 0,2$ лк, что хуже паспортных данных, приводимых в спецификациях. Чувствительность видеокамер ограничивается не только фотонным шумом, но и рядом дополнительных факторов.

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.

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.

Постоянный рост чувствительности телекамер сконцентрировал внимание производителей и пользователей на этом параметре, отодвинув на второй план другой важный параметр – отношение сигнал/шум (С/Ш). Однако его роль для практики первостепенна, поскольку именно отношением сигнал/шум определяется вероятность правильного опознавания изображений, потенциальная разрешающая способность и количество градаций яркости, воспроизводимых телевизионной системой. Понятие «отношение сигнал/шум» основано на измерении отношения амплитуды сигнала к среднеквадратичному значению шума.

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

$$\psi_{дБ} = 20 \cdot \log \psi = 20 \cdot \log \frac{U_C}{U_{ш}} \quad (1.3)$$

Здесь под U_C понимается амплитуда сигнала, а под $U_{ш}$ – среднеквадратичное значение шума. Именно отношение сигнала к среднеквадратичному значению шума при номинальной амплитуде видеосигнала (0,7 В или 100 IRE) и приводится в спецификациях на телекамеры. В практике телевизионных измерений осциллографическим методом пиковое значение шума определяется по размаху «шумовой дорожки» на уровне чёрного. Обычно шум считают гауссовским и для перехода к среднеквадратичному значению используют пик – фактор равный 6.

Уровень шумов ПЗС принято оценивать среднеквадратичным числом шумовых электронов σ , представляющим собой среднеквадратичное отклонение числа носителей в каждом зарядовом пакете. Шумы ПЗС имеют несколько независимых причин, вследствие чего среднеквадратичное число шумовых электронов ПЗС определяется геометрической суммой составляющих

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

Фотонный шум. Как указано ранее, этот шум является следствием дискретной природы света. Среднеквадратичное отклонение (СКО) числа фотонов от среднего значения равно корню квадратному из среднего значения.

Для максимальных сигналов СКО фотонного шума в элементе матрицы ПЗС достигает сотен электронов. Рассмотренные компоненты шума являются первой причиной ограничения потенциально достижимого отношения сигнал/шум.

С другой стороны, оно ограничено ёмкостью элемента ПЗС, которая в типовых матрицах со строчным переносом составляет примерно 50 000 электронов. Поэтому в ТВ камерах, серийно выпускаемых для СФЗ, максимальное отношение сигнал/шум при большой освещённости не превышает 50 дБ. Отношение сигнал/шум является объективной характеристикой изображения, связанной с субъективной оценкой его качества.

Экспертная оценка субъективного ухудшения качества при увеличении уровня шума по пятибалльной шкале, рекомендованной Международным консультативным комитетом по радиотехнике (МККР), приведена в таблице 1.1.

Математические модели удачно моделируют результаты субъективной оценки качества и основаны на критериях и метриках, которые могут быть измерены объективно. Объективные методы классифицируются в соответствии с полезностью исходного видеосигнала, для которого обеспечивается высокое качество. Поэтому они классифицируются по трем категориям: полные референсные методы, сокращенные референсные методы и неререференсные методы.

Согласно утверждению, приведенному выше, были проведены эксперименты, заключающиеся 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).

Результаты экспериментов показали, что сложение цветов RGB делает итоговый цвет ярче. При этом, чтобы получился белый цвет, должны присутствовать все три цвета в соответствующей пропорции. Подобрать три составляющие RGB светодиодов в нужной пропорции, было получено увеличение чувствительности видеокамер на (0,2...0,6) лк при сохранения цветности изображения в темное время суток. Увеличение яркости RGB светодиодов за счет увеличения их количества приводит к дальнейшему увеличению чувствительности видеокамеры при сохранении цветности изображения. По результатам экспериментов получен патент РК № 2136 от 17. 03. 2017 г.

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 С/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;
- экспериментально подтверждена правильность использования 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;
- показано, что нелинейный робастный фильтр способен уменьшать импульсные внутрисполосные помехи, требуя при этом частоты тактового генератора из условия $f_{такт} \geq 25 \cdot f_{сmax}$ 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 в случае проведения данных экспериментов 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.

На рисунках 4.3 и 4.4 показаны результаты экспериментальных исследований в виде диаграмм зависимости выходного сигнала, снятого с осциллографа, от освещенности, фиксируемой люксометром, при использовании различных вариантов подсветки. Кроме этого качество изображения контролировалось по видеомонитору.

Согласно результатам исследования, чувствительность видеокамер выше при использовании подсветки инфракрасного и красного цвета. Белый же спектр светодиода обеспечивает наихудшую чувствительность видеокамер. Связанно это с тем, что искусственные источники света имеют различные цветовые температуры, в зависимости от источника, а так же несогласованности в цепи: источник подсветки – матрица - монитор

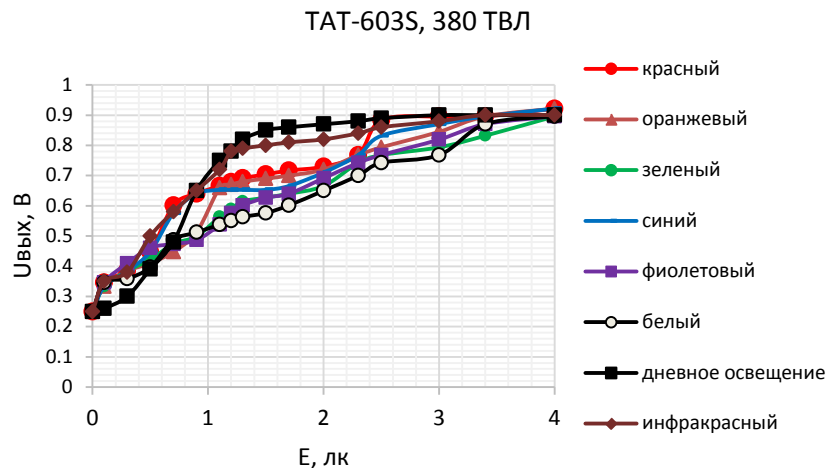


Рисунок 4.3 - Зависимость выходного напряжения от освещенности объекта при различных спектрах подсветки для цветной видеокамеры ТАТ-603S, 380 ТВЛ

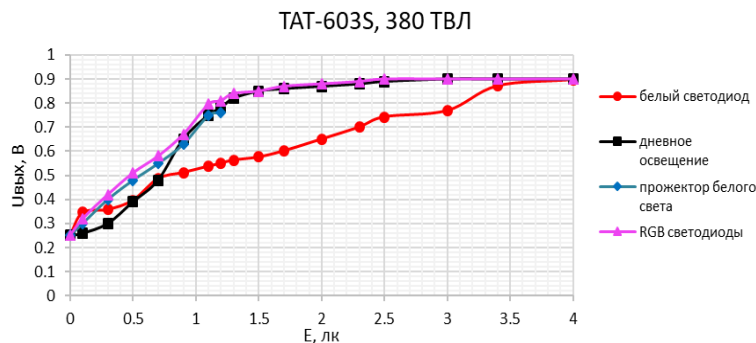


Рисунок 4.4 - Зависимость выходного напряжения белого от освещенности объекта при различных источниках подсветки для цветной видеокамеры ТАТ-603S, 420 ТВЛ

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

$U_{ш}$, мВ при $U_S = 100$ 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

Наиболее традиционным методом измерения качества системы обработки цифрового видео является измерение отношения сигнала к шуму и пикового отношения сигнала к шуму между исходным сигналом и сигналом на выходе системы. Она может быть автоматически вычислена компьютерной программой. Но хорошее пиковое отношение сигнала к шуму (PSNR) не всегда гарантирует хорошее качество из-за того, что зрительная система человека обладает нелинейными свойствами. Не так давно было разработано несколько более сложных и точных метрик.

Все рассмотренные ранее объективные методы требуют повторения тестов, проводимых с результатом кодирования, для определения параметров кодирования, которые удовлетворяют определенному уровню ожиданий пользователя, что делает их скорость очень маленькой, такие методы являются очень сложными и непрактичными для реализации в коммерческих и учебных приложениях. Поэтому предлагаются оба метода оценки качества видеосигнала. В соответствии с ГОСТ Р.51558 – 2000 «Системы охраняемые телевизионные» - Общие технические требования и методы испытаний» предусматривается обязательная входная проверка трех технических характеристик видеокамеры – разрешающая способность, рабочий диапазон освещенности (чувствительность) и отношение сигнал/шум.

Во второй главе - проведен анализ и оценка методов измерения видеосигналов. Разрешающую способность определяют по максимальному количеству градаций от черного к белому или обратно осциллографическим методом или по муару клиньев тестовой таблицы визуальным методом. Сенсор прибора с зарядовой связью (ПЗС) имеет линейную световую характеристику чувствительности до освещенности насыщения, поэтому для определения чувствительности был разработан лабораторный стенд с теньевыми шторками, позволяющий изменять освещенность на объекте. Наиболее сложной процедурой является оценка определения отношения сигнал/шум. Число фотонов N_ϕ , участвующих в образовании зарядового пакета за цикл накопления на элементе сенсора ПЗС, определяется как:

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

где: E – облучённость, Вт/м²;
 S – площадь элемента, м²;
 t – время накопления, сек;
 η – квантовый выход;

c – скорость света, м/с;
 λ – длина волны излучения, м
 h – постоянная Планка, Дж · с.
 W_ϕ – энергия фотона.

$$W_{\phi} = h \cdot \frac{2 \cdot c}{\lambda_{\min} + \lambda_{\max}} \text{ Дж}$$

Мощность светового излучения равная 1Вт 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 $1\text{лк} = (1\text{Вт}/\text{м}^2)$.¹

Именно эту энергетическую освещенность, показывая по шкале 2 лк, будет регистрировать специальный прибор - люксметр, имеющий спектральную характеристику чувствительности, совпадающую с кривой видимости глаза.

В светочувствительной плоскости сенсора ПЗС видеокамеры энергетическая облученность будет ослаблена. Коэффициент ослабления потока квантов (фотонов) при отражении от объекта и прохождении в плоскость фокусировки объектива, сфокусированного на бесконечность, рассчитывается из известного выражения.

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

где: ρ – коэффициент отражения объекта;

τ – коэффициент пропускания объектива;

F – апертура объектива.

При фотоэлектрическом преобразовании возникают шумы. Прежде всего, шумы основного светового потока (фотонный шум), собственные шумы ПЗС сенсора 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 равна корню квадратному из среднего значения числа электронов в потенциальной яме элемента сенсора ПЗС.

Число шумовых электронов:

$$N_{e_шума} = \sqrt{N_{\phi}} \quad (2.3)$$

Собственные шумы ПЗС сенсора обусловлены многими факторами: тепловые шумы в полупроводнике, шумы переноса зарядов, шумы выходного устройства - преобразования пакетового заряда в напряжение на выходе ПЗС и другие. Практически для всех современных высококачественных ПЗС сенсоров, широко используемых в промышленном и прикладном телевидении, количество шумовых электронов составляет (15...25) шт. на сенсор. Это количество определяется типичной для всех кристаллов ПЗС техникой исполнения выходного устройства, в котором происходит преобразования заряда элемента сенсора ПЗС в напряжение.

Учитывая собственные шумовые электроны ПЗС в количестве 20 шт. в пуассоновском шуме зарядового пакета, получим:

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

1 - Чувствительность видеокамер (минимальная освещенность) // <https://www.proline-rus.ru>
< Справочные материалы > Статьи.

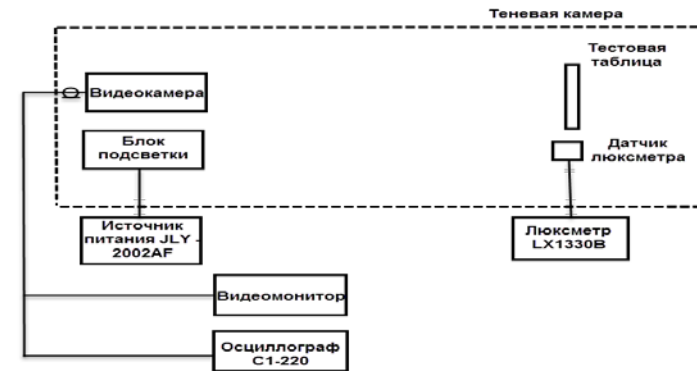


Рисунок 4.1 - Структурная схема подключения аппаратуры для проведения экспериментальных исследований

При проведении эксперимента использовалась возможность подключения различных типов видеокамер. Эксперимент проводился с использованием четырех моделей видеокамер - TAT-603S, JN-2019P, VHT VC45B-230 и QIHAN QH-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 подсветки – инфракрасный, красный, желтый, оранжевый, зеленый, синий, фиолетовый, ультрафиолетовый и белый. Схема представлена на рисунке 4.2.

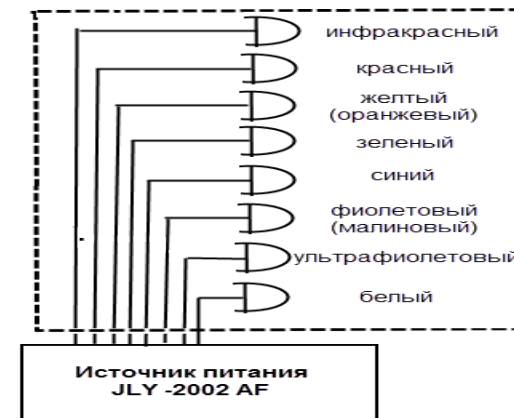


Рисунок 4.2 - Структурная схема подключения различных видов подсветки

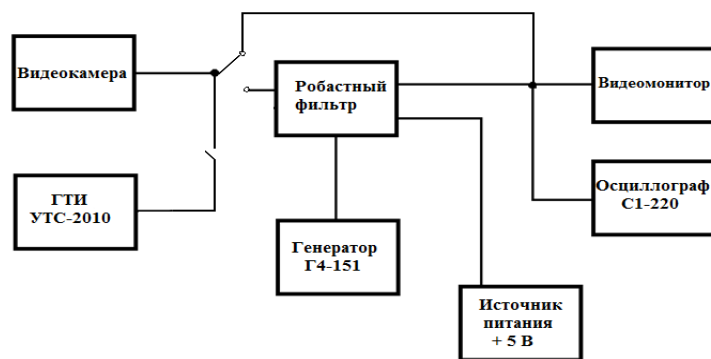


Рисунок 3.2 - Структурная схема подключения аппаратуры для проведения экспериментальных исследований

Эксперименты были проведены для четырех видеокамер (NVC-SDN 500, Vida Tec, NVC-825DN и NVC-825DN) при следующих разрешающих способностях: 380, 420, 480 и 580 ТВЛ, изменяя изображение от черно-белого до цветного. В ходе экспериментов была использована телевизионная установка ГТИ УТС 2010, осциллограф С1-220, генератор Г4-151 и источник питания + 5 В. Точность измерительных приборов $\pm 0,25\%$.

Экспериментально доказано, что нелинейный робастный фильтр способен уменьшать импульсные внутриполосные помехи, требуя при этом частоты тактового генератора из условия: $f_{\text{такт}} \geq 25 \cdot f_{\text{с макс}}$.

Результаты полученных экспериментов показали, что применение робастного нелинейного фильтра дает увеличение помехоустойчивости по сравнению с известными структурами до (10...20) дБ. По результатам экспериментов получен патент РК №1467, который был зарегистрирован 19.04.2016 г.

В четвертой главе – экспериментальные исследования влияния спектра подсветки на основные характеристики видеокамер. Приведены результаты исследования связанные с подсветкой камеры.

Задачей данной работы является определение зависимости основных характеристик видеокамеры от спектральных составляющих подсветки и определение возможности использования подсветки видимого спектра. Экспериментальная часть работы проводилась в лаборатории систем видеонаблюдения Алматинского университета энергетики и связи. 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 4.1.

Расчётное отношение сигнал/шум:

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

где: U_S – размах сигнала;

U_N – среднеквадратическое отклонение; в данном случае, $U_S \equiv N_{\phi}$, а $U_N \equiv N_{e_шума}$.

Обычно, измерение среднеквадратического 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:

$$E_{\text{объекта}} = \frac{10^{-3} \cdot L_{\text{lux}}}{2} \quad (2.6)$$

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.

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, $\eta_{\text{цв}}$	0,7
Квантовый выход, для черно-белого спектра, $\eta_{\text{чб}}$	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, $E_{\text{объекта}}$, Вт/м ²	10^{-3}
Формат камеры	1", 1/2", 1/3", 1/4"
Освещенность, L_{lux1} , лк	0,001
Освещенность, L_{lux2} , лк	0,01
Освещенность, L_{lux3} , лк	0,1
Освещенность, L_{lux4} , лк	0,3
Освещенность, L_{lux5} , лк	1
Освещенность, L_{lux6} , лк	5
Освещенность, L_{lux7} , лк	10

Наиболее традиционным методом измерения качества системы обработки цифрового видео является измерение отношения сигнала к шуму и пикового отношения сигнала к шуму между исходным сигналом и сигналом на выходе системы. Она может быть автоматически вычислена при помощи специализированного программного обеспечения.

Расчёт производился в программе Microsoft Excel, на рисунке 2.1 показан расчёт освещенности.

Полученные расчетные данные по сигнал/шум, при различных уровнях освещенности, для визуального черно-белого изображения сводим в таблицу 2.2 и строим график зависимости сигнал/шум от освещенности для визуального черно-белого изображения, который изображен на рисунке 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

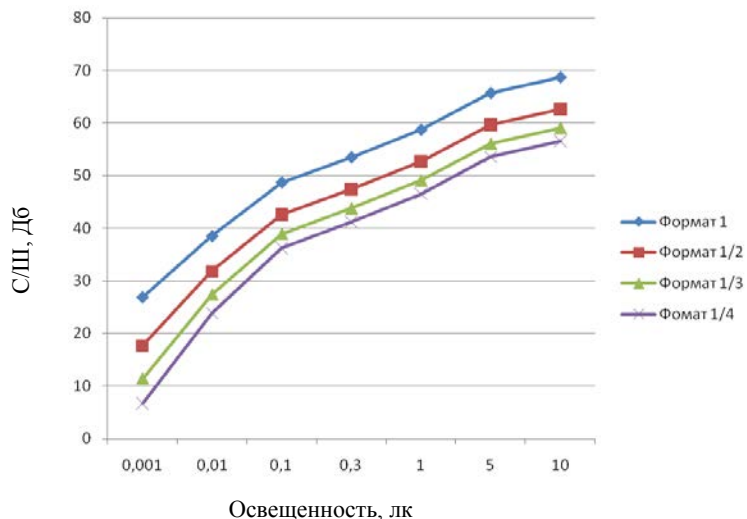


Рисунок 2.1 – Зависимость соотношения С/Ш от освещенности для визуального черно-белого изображения, на объекте

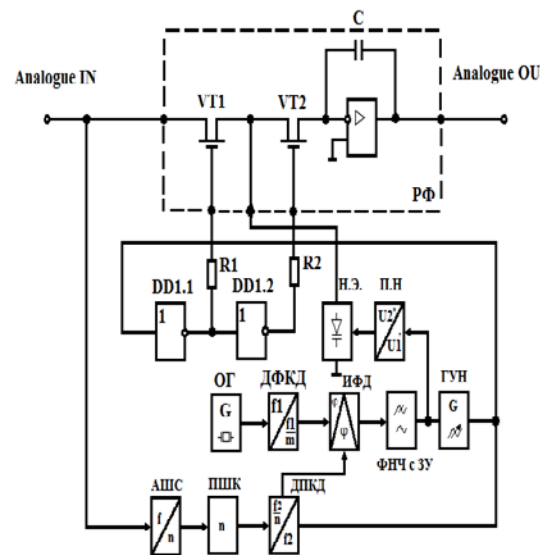


Рисунок 3.1 - Структурная схема робастного нелинейного фильтра

- 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 ширина спектра – код (коэффициент деления n)
- РФ – робастный фильтр
- НЭ – нелинейный элемент (варикап)

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 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 ДПКД (n) зависит от ширины спектра входного сигнала, который определяется анализатором ширины спектра АШС и преобразователем ширина-код ПШК. Сигнал с выхода ГУН требуемой частоты 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.

Эксперимент проводился в Алматинском университете энергетики и связи, в лаборатории «Системы телевидения и видеонаблюдения» на учебной телевизионной стойке УТС-2010 по тематике «Влияние робастной фильтрации на помехозащищенность видеосистемы». Экспериментальные исследования влияния нелинейного фильтра на видеосигнал, в условиях воздействия импульсных помех, проводились в соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 3.2.

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

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

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

Искомые емкости конденсаторов находятся по формуле:

$$C_x = \frac{i_{mp}}{(V_1 - V_2) \cdot f_{макс}}, \quad (2.11)$$

где: $f_{такт}$ – тактовые частоты.

Таким образом для проведения объективного контроля при поведении различных исследований видеосистемы наиболее приемлемым является инструментальный метод с учетом субъективных восприятий. Для этого был разработан лабораторный стенд.

Объективный контроль чувствительности, разрешающей способности, соотношения сигнал/шум возможен только при значении уровня выходного сигнала равном не менее 0,7 В при минимально возможной освещенности. При данном значении определение разрешающей способности и световой характеристики чувствительности наиболее соответствуют реальным характеристикам видеокамеры.

В третьей главе – экспериментальное подтверждение пригодности исследований фильтрации и помехозащищенности систем видеонаблюдения с изменяющейся шириной спектра. Разработан алгоритм проведения эксперимента и показана пригодность использования нелинейной фильтрации для увеличения помехозащищенности.

Для исследования нелинейной робастной фильтрации в системах с изменяющейся шириной спектра на помехозащищенность были проведены работы в лаборатории систем видеонаблюдения Алматинского университета энергетики и связи.

Структурная схема разработанного устройства для предлагаемого способа фильтрации, поясняющая принцип работы, представлена на рисунке 3.1.

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
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, $\eta_{цв}$	0,7
Квантовый выход, для черно-белого спектра, $\eta_{чб}$	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, $L_{ух1}$, лк	0,001
Освещенность, $L_{ух2}$, лк	0,01
Освещенность, $L_{ух3}$, лк	0,1
Освещенность, $L_{ух4}$, лк	0,3
Освещенность, $L_{ух5}$, лк	1
Освещенность, $L_{ух6}$, лк	5
Освещенность, $L_{ух7}$, лк	10

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

Расчет погрешностей вычисления соотношения сигнал/шум для различных типов камер был произведен в программе Microsoft Excel. Листинг и результаты расчетов приведены в таблицах 2.3, 2.4 и на рисунке 2.2.

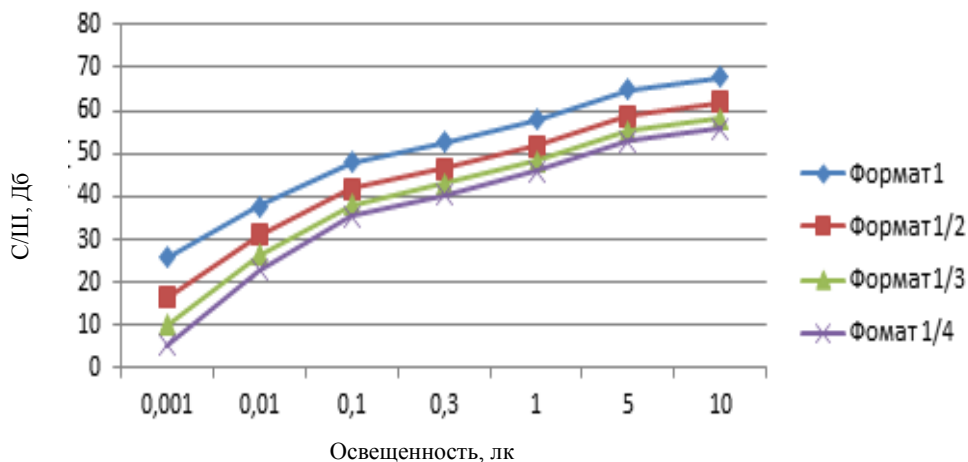


Рисунок 2.2 – Зависимость С/Ш от освещенности для визуального цветного изображения, на объекте

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 являются недостаточно эффективными.

Анализ фильтрующих систем. Фильтры с характеристиками Баттерворта имеют равномерную характеристику в полосе пропускания, но характеристика 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 работе предлагается использовать робастный метод, применяемый для многих задач идентификации и для обработки информации. Он основан на применении критериев робастного варианта леммы Неймана – Пирсона. В данном случае метод применяется для обработки сигналов с изменяющимся спектром и изображений, полученных с видеокамеры.

В статистике под робастностью определяется нечувствительность к малым отклонениям от предположений. Естественно, что при условии сохранения хороших качеств оценок лучше всего использовать робастные методы оценивания. 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.

При этом методология математического синтеза новых алгоритмов обработки базируется на принципах робастных статистик и марковских случайных процессов, а алгоритмы реализуются в виде систем нелинейных дифференциальных уравнений.

Расчет ширины спектра видеосигнала. В зависимости от того, в каком режиме работает на данный момент СОТ, существенно 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) производится по формуле:

$$f_a = \frac{\kappa_c \cdot \kappa_\phi \cdot z^2 \cdot f_k}{2}, \quad (2.7)$$

где: $\kappa_c = 0,8 \dots 0,9$; κ_ϕ - формат кадра; z - число строк; f_k - формат кадра.

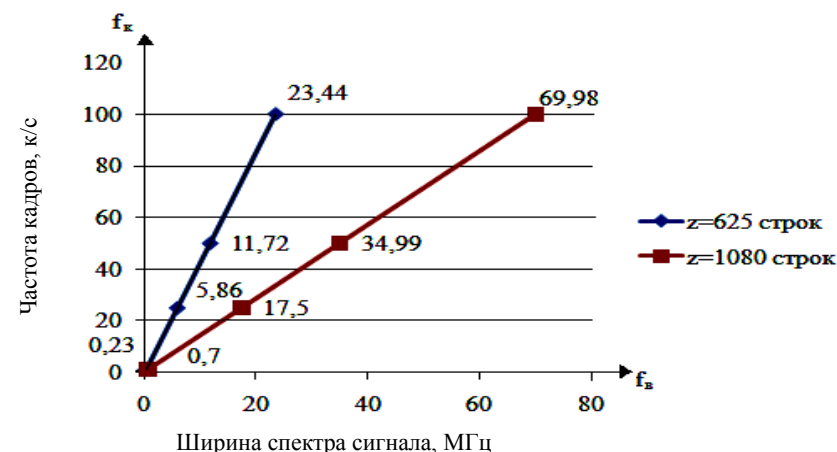


Рисунок 2.3 - Зависимость ширины спектра видеосигнала от частоты кадров и разрешения

Таким образом, судя по рисунку 2.3 можно сказать, что ширина спектра сигнала может изменяться от 1 МГц до 70 МГц. При этом необходимо обеспечить заданную перестройку по частоте, то есть выделить необходимый частотный диапазон. В данной работе реализация нелинейного робастного фильтра была произведена на основе переключаемых конденсаторов. Были рассчитаны емкости конденсаторов в зависимости от требуемой полосы частот.

Заряд, передаваемый от V_2 к V_1 , можно вычислить из равенства:

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

где: C_1 - емкость фильтра; $V_2 - V_1$ - разность значений напряжений.