

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Ярышев С.Н., Сычева Е.А.

**Методические указания по выполнению
лабораторных работ по курсу Видеоаналитика и
цифровая обработка видеосигнала**

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ
ИТМО по направлению подготовки 12.04.02 – «Оптотехника» в качестве
учебно-методического пособия для реализации основных
профессиональных образовательных программ высшего образования
магистратуры



**Санкт-Петербург
2017**

Ярышев С.Н., Сычева Е.А. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу Видеоаналитика и цифровая обработка видеосигнала. Учебно-методическое пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 92 с.

Рецензенты:

Цыганок Е.А., к.т.н., доцент каф. ПиКО, Университет ИТМО

Смирнова И.Г., к.т.н., доцент каф СТО, Университет ИТМО

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ по курсу «Видеоаналитика и цифровая обработка видеосигнала»

Учебное пособие предназначено для студентов по направлению подготовки 12.04.02 Опотехника.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2017
©С.Н.Ярышев, Е.А. Сычева, 2017

Содержание

Содержание	3
Введение	4
Лабораторная работа №1 «Изучение методов измерения координат объектов видеокамерой на основе матричного фотоприемника».....	11
Лабораторная работа №2 Изучение методов работы с видеопотоками и изображениями, полученными от источников видеосигнала	29
Лабораторная работа №3 Изучение телевизионной сетевой IP-камеры на основе КМОП-фотоприемника	45
Лабораторная работа №4 Изучение камеры на основе КМОП-фотоприемника.....	63

Введение

Универсальный лабораторный комплекс для проведения лабораторных работ по цифровой видеотехнике, обработке изображений и видеоаналитике

Универсальный лабораторный комплекс (УЛК) для проведения лабораторных работ по цифровой видеотехнике, обработке изображений и видеоаналитике, а также по смежным дисциплинам разработан и производится ООО ЭВС (Санкт-Петербург). УЛК включает в себя базовый набор, позволяющий проводить несколько лабораторных работ, наиболее характерных для цифровой видеотехники. Кроме того, имеются комплекты расширения базового набора для увеличения количества лабораторных работ и большего охвата различных областей применения изучаемых систем.

Предлагаемый УЛК имеет открытую архитектуру. Предлагается открытый интерфейс, максимально упрощающий создание собственных оригинальных лабораторных работ на базе предлагаемого УЛК. Этот интерфейс предполагает простую интеграцию оборудования УЛК в собственные проекты, выполненные в среде Matlab или в среде LabView. Тем самым, УЛК превращается в универсальный инструмент, на основе которого можно создать большое количество лабораторных работ как по указанным выше направлениям техники, так и для любых других областей, основанных на обработке изображений и видеопоследовательностей. Кроме того УЛК можно использовать как лабораторный исследовательский комплекс для проведения НИР.

Основу аппаратной части лабораторной установки составляет персональный компьютер с подключенными к нему одной или двумя камерами высокого разрешения (Рис. 1), подключенными по интерфейсу USB. В составе установки имеется:

- оптический стол,
- стойки для закрепления камер (2 шт),
- стойка для закрепления трафарета,
- микрометрическая подвижка на стойке с источником излучения,
- стойка с подсветкой,
- набор тестовых изображений,
- светозащитный кожух.
- блок питания излучателей.

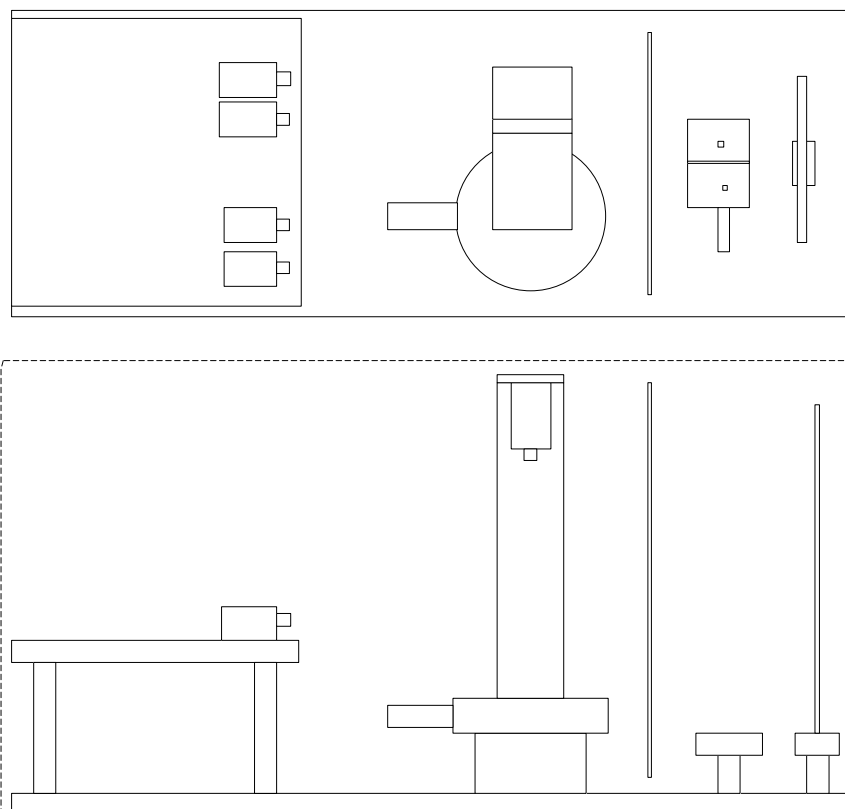


Рис. 1. Схема лабораторной установки



Рис. 2. Внешний вид лабораторной установки

Программное обеспечение базовой лабораторной установки включает в себя:

- ОС Windows 7 или выше,

- драйверы камер USB,
- ПО «OSC 16»,
- ПО «Тайфун»,
- ПО Matlab,
- ПО LabView,
- файлы ПО и описаний базового комплекта лабораторных работ,
- файлы и описания быстрого освоения методов интеграций камер в собственные проекты на базе Matlab и LabView.

Расширенный состав УЛК позволяет расширить возможности комплекса за счет следующих дополнений:

- дополнительные IP-камеры и сетевой коммутатор с PoE позволяет изучить сетевые IP-камеру и сетевую распределенную систему телевизионной безопасности,
- дополнительная аналоговая камера и аналоговая плата видеозахвата позволяет изучить режимы управления чувствительностью и аналоговую телевизионную систему безопасности,
- трехкоординатная микрометрическая подвижка и возможность вертикальной установки камер позволяет изучать алгоритмы обнаружения и селекции объектов в системах технического зрения.

Основные технические характеристики УЛК приведены в таблице 1:

Таблица 1

	Базовый вариант	Расширенный вариант
Количество телевизионных камер	2	5 и более
Формат изображения камер	5 МП	5МП, D1
Способы ввода видеосигнала	USB	USB, Ethernet, CCIR
Подсветка	Светодиодная многоцветная	Светодиодная многоцветная
Используемый компьютер	Core I5	Core I7
Используемый монитор	1920x1080, 24”	1920x1080 или 3840x2160, 24” и более
Габаритные размеры (без учета компьютера), мм ДхШхВ	1200 x 300 x 300	1200 x 300 x 500 (300)
Потребляемая мощность (без учета компьютера)	40 Вт	40 Вт
Масса (без учета компьютера), кг	25	30

УЛК содержит стандартные оптико-механические компоненты. Поэтому допускается дальнейшее расширение системы за счет введения дополнительных компонентов, состав которых определяется индивидуальными требованиями пользователей.

Основные элементы лабораторной установки:

Измерительная телевизионная камера VEC-545 с интерфейсом USB, IP-камера VEC-556-IP-N (С PoE), высокочувствительная камера с ночным режимом VNC-748-НЗ (Рис. 2а), линейная микрометрическая подвижка с диапазоном перемещения 25 мм и погрешностью установки 0,01 мм (Рис. 2. б), Угловая микрометрическая подвижка с угловым диапазоном 360° (Рис. 2в, приведена в комплекте с двумя ортогональными линейными подвижками), стойка с трафаретом испытательной таблицы (Рис. 2 г).



а



б



в



г

Рис. 3. Основные элементы универсальной лабораторной установки

Таблица 2. Состав УЛК (базовый набор)

Название оборудования	Изображение	Кол-во	Примечание
Персональный компьютер		1	с монитором не менее 24 дюймов
Камера USB		2	VEC-545-USB
Оптическая скамья алюминиевая размер 1200X300X12		1	МХТ120-030-12
Дополнительная плата 300X250X12		1	МХТ030-025-12
Микрометрическая подвижка 50 мм		1	LSSP-50JV Manual Translation Stage









Держатель трафарета		1	Adjustable plate holder LSGB2-7
Стойка монтажная		10	LSZG1-150
Осветитель лабораторный ОИ-19		1	
Светозащитный кожух		1	Собственного изготовления. Размер соответствует оптической скамье 1200x300x300. По бокам ручки или открывающаяся крышка

Таблица 3. Расширенный состав УЛК

Название оборудования	Изображение	Кол-во	Примечание
IP-камера		2	VEC-556-IP-N (С PoE)

Сетевой коммутатор с PoE		1	5 портов
Аналоговая камера с ночными режимам		1	VNC-748-H3 с управлением по RS-232
Плата видеозахвата аналоговая		1	Цунами-4
Трехкоординатная микрометрическая подвижка		1	LSSZ-1003 xyz positioning stage
Стойка для вертикальной установки камер		1	Right angle brackets LSZJ2

Лабораторная работа №1

«Изучение методов измерения координат объектов видеокамерой на основе матричного фотоприемника»

Введение

Работа предназначена для изучения возможности использования матричных фотоприемников в качестве основы для построения высокоэффективных приборов для измерения линейных и угловых координат объектов.

В работе проводится изучение основных алгоритмов оценки координат, и потенциальной точности измерений на основе физической модели.

Теоретическая часть

Современный матричный фотоприемник на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС) или КМОП-фотоприемника представляет собой не только формирователь изображения или видеосигнала, но и может служить основой для построения высокоэффективных оптико-электронных измерительных приборов и систем (ОЭИПС). Среди главных достоинств можно выделить следующие:

- бесконтактный метод измерений;
- возможность многокоординатных и многоканальных измерений;
- использование эффективных алгоритмов калибровки, адаптации к внешним условиям;
- возможность измерений параметров многих объектов в поле зрения;
- определение параметров протяженных объектов;
- возможность быстрого преобразования систем координат;
- построение крупных распределенных измерительных систем на базе сети унифицированных измерительных оптико-электронных измерительных приборов.

Бесконтактный метод измерений является следствием использования принципа оптической передачи информации. В этом случае передача информации осуществляется потоком оптического излучения, а средой передачи является, в основном, воздушная среда или вакуум. В этом случае не требуется прямого взаимодействия измеряемого объекта и измерительного прибора. Во многих случаях измерение может осуществляться пассивным методом, то есть, специального источника излучения для проведения измерений не требуется.

Возможность многокоординатных и многоканальных измерений связана с многоэлементной структурой матричных фотоприемников. Количество фоточувствительных элементов в них обычно составляет несколько миллионов. В результате появляется возможность в одном кадре осуществить измерение нескольких параметров одновременно, но в этом

случае может потребоваться дополнительное усложнение оптической схемы прибора. В общем случае для каждого измеряемого объекта возможно измерение до шести параметров его положения в пространстве (три линейных и три угловых координаты). В случае проведения многократных измерений появляется возможность по каждой координате дополнительно измерять первую, вторую и последующие производные (скорость изменения каждой координаты, ее ускорение и т.д.).

Использование эффективных алгоритмов калибровки и адаптации к внешним условиям возможны вследствие использования мощных вычислительных средств, которые являются обязательными элементами любой видеоинформационной системы. В результате появляется возможность как первичной калибровки оптико-электронного измерительного прибора, так и периодической коррекции его параметров, которые подвержены изменениям в результате смены условий измерения, деградации фотоприемника и оптической системы и других факторов. Среди возможных методов калибровки и адаптации можно отметить метод использования табличных поправок величин темнового тока и чувствительности для каждого элемента, изменение параметров изображения, формируемого оптической системой, вследствие различных видов aberrаций, дефокусировки и виньетирования. Широко используется метод мультиспектральных измерений, связанный с возможностью использования цветных фотоприемных матриц, способных получать изображения одновременно в трех независимых диапазонах видимого спектра излучения, а также в ближнем инфракрасном диапазоне спектра.

Возможность измерений параметров многих объектов в поле зрения также обеспечивается использованием матричных фотоприемников с большим количеством фотоприемных элементов. В этом случае получается изображение высокого разрешения, в котором могут присутствовать изображения многих источников и объектов, координаты и геометрические параметры которых можно измерять в одном кадре независимо друг от друга.

Определение параметров протяженных объектов, к которым можно отнести измерение линейных и угловых размеров объектов, определение формы объекта, измерение его деформации и многие другие базируются на использовании набора методов обработки изображений, построенных по иерархическому принципу и входящими в настоящее время в состав основных методов видеоаналитики. Эти методы, как правило, реализуются на основе высокопроизводительных вычислительных средств, в том числе и на основе цифровых сигнальных процессоров (ЦСП). В настоящее время такие специализированные ЦСП серийно выпускаются и используются, в частности, в цифровых и сетевых видеокамерах со встроенной видеоаналитикой.

Возможность быстрого преобразования систем координат требуется в измерительных системах повсеместно, так как обычно система координат, связанная с объектом и которая наиболее удобна для представления параметров объекта, не связана с приборной системой координат, в которой определяется положение изображения объекта на фоточувствительной поверхности многоэлементного фотоприемника. Кроме того, в приборной системе координат, как правило, используются безразмерные величины, связанные с шагом геометрической структуры элементов фотоприемника.

Построение крупных распределенных измерительных систем является перспективным направлением измерительной техники и технологии. Базируются такие системы на большом количестве отдельных измерительных приборов (в нашем случае ОЭИПС), которые формируют разнородные измерительные данные, которые должны дополнить друг друга и составлять единую измерительную сеть. Для этого должны присутствовать возможности унификации измерительных параметров путем их перевода из одних единиц в другие, приведение всех приборных систем координат к единой системе координат, создание измерительных цепей и многое другое. Все это возможно при условии использования высокоэффективных вычислительных средств.

Однако, все вышеуказанные возможности реализуются при условии обеспечения основных измерительных параметров, а именно диапазона измерения и погрешности измерения основных элементов изображения. Под основными элементами мы будем понимать простые базовые детали любого изображения, которые хорошо выделяются на окружающем фоне. К таким изображениям можно отнести малоразмерные квазиточечные изображения мелких объектов и деталей, тонкие линии и резкие контрастные переходы между светлыми и темными деталями изображений. Что касается линий, то, по крайней мере, по одной координате их можно рассматривать как малоразмерные квазиточечные объекты. Резкие переходы при обработке подвергаются дифференцированию и в этом случае рассматриваются как тонкие линии. В результате все три типа основных элементов, так или иначе, сводятся к разновидностям малоразмерного объекта. Идеальным малоразмерным объектом является звезда, которая в упрощенном виде рассматривается как точка или дельта-функция. В реальных оптических системах вследствие фундаментальных ограничений (дифракционного предела), а также технологического несовершенства оптических элементов представляется как размытое малоразмерное изображение, которое чаще всего приблизительно можно описать в виде колоколообразной функции (двумерного распределения Гаусса или гауссоиды вращения).

Оптическое изображение в виде гауссоиды вращения, попадающее на фоточувствительную поверхность многоэлементного фотоприемника

преобразуется в результате дискретного характера фотоприемной структуры в двумерную матрицу, состоящую из отсчетов, представляющих собой усредненное значение освещенности для каждого элемента изображения (пикселя). В результате внутреннего фотоэффекта в каждом пикселе образуется зарядовый пакет, состоящий из электронов, пропорциональный величине усредненной освещенности для этого пикселя. Далее, в зависимости от технологии, этот зарядовый пакет преобразуется в электрический видеосигнал, который поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Далее с АЦП уже после дискретизации и преобразования в цифровую форму видеосигнал поступает в цифровую память, в котором хранится уже как оцифрованное изображение.

Таким образом, для вычислительных средств доступно оцифрованное изображение в виде двумерной матрицы, размерность которой определяется форматом фотоприемной матрицы, а формат отдельных элементов определяется разрядностью АЦП.

Многоэлементный фотоприемник представляет собой двумерную матрицу элементарных фотоприемников, которая изготовлен по интегральной технологии (ПЗС или КМОП). В зависимости от технологических и производственных норм эта фотоприемная матрица имеет точность позиционирования отдельных фоточувствительных элементов примерно от 0,2 до 0,01 мкм. При этом размер фоточувствительного элемента КМОП-матрицы теоретически может иметь величину, достигнутую в современном производстве интегральных схем (около 0,012 мкм). Однако, эта величина существенно меньше длин волн видимого диапазона (0,4 – 0,8 мкм). Поэтому размер пикселя стараются не делать менее 1,1 мкм.

Простейший метод измерения координат малоразмерного объекта может быть построен на том факте, что центр малоразмерного изображения можно рассматривать как координату всего изображения. В этом случае достаточно определить координаты максимального по величине сигнала элемента такого малоразмерного изображения. Эти координаты, выраженные целыми числами, будут соответствовать координатам изображения с точностью до одного целого элемента. Учитывая размер каждого пикселя матрицы (несколько мкм) и формат фотоприемной матрицы (несколько мегапикселей) даже при использовании этого простейшего метода.

Более сложные методы позволяют существенно увеличить точность измерения. Погрешность может быть уменьшена до десятых и сотых долей шага элемента. Но в этом случае измерение должно выполняться путем использования значительно большей информации об изображении, чем только координаты наибольшего элемента. Для реализации методов измерения координат с субпиксельной точностью необходимо иметь информацию о форме малоразмерного изображения, которую можно

получить в том случае, если изображение не ограничивается одним пикселом, а распределяется в окрестности, охватывающей несколько пикселов по каждой координате, а само изображение формируется по заранее известному закону распределения, например, гауссоиде вращения.

Наиболее часто используемым методом измерения с субпиксельной точностью является метод взвешивания или метод определения энергетического центра изображения. Метод основан на том факте, что изображение малоразмерного объекта, подверженное дифракционному рассеянию, представляет собой гауссоиду вращения. После дискретизации на матричном фотоприемнике получается двумерная матрица, содержащая оцифрованные отсчеты с пикселов, которые содержат сигнал малоразмерного объекта. Размер этой матрицы (и малоразмерного объекта) с одной стороны должен содержать достаточное количество отсчетов, чтобы в дискретизированном изображении проявилась его форма. С другой стороны слишком большое рассеяние изображения приведет к распределению обычно небольшой энергии излучения по большому количеству фотоприемных пикселов, что приведет к значительному уменьшению отношения сигнал/шум в области малоразмерного изображения. Поэтому оптимальным значением величины рассеяния принято считать область примерно 5 x 5 пикселов, в которые укладывается основная часть колоколообразного светового сигнала.

Алгоритм, использующий метод взвешивания, на первом этапе определяет положение измеряемого малоразмерного изображения в поле зрения матрицы, используя метод определения координат элемента максимального сигнала. Затем строится матрица размером 5 x 5 элементов (или другого выбранного формата) вокруг ранее определенного максимального элемента. В этой матрице элементы рассматриваются как составляющие, содержащие информацию о координатах и величине отдельных элементов, составляющих сигнал. Причем вклад каждого элемента в общее значение координаты пропорционален величине сигнала (весу элемента). Таким образом, оценить положение энергетического центра x такого изображения можно по формуле:

$$x = \frac{\sum_{i=x_{\max}-d/2}^{d/2} (x_i * E_i)}{\sum_{i=x_{\max}-d/2}^{d/2} E_i}$$

где: x_{\max} – координата (номер) максимального элемента по горизонтали;

d – размер окрестности вокруг максимального элемента;

E_i – сигнал элемента с номером i ;

X_i – координата элемента с номером i .

Соответственно, по второй координате y :

$$y = \frac{\sum_{j=y_{\max}-d/2}^{d/2} (y_j * E_j)}{\sum_{j=y_{\max}-d/2}^{d/2} E_j}$$

где: y_{\max} – координата (номер) максимального элемента по горизонтали;
 d – размер окрестности вокруг максимального элемента;
 E_j – сигнал элемента с номером j ;
 Y_j – координата элемента с номером j .

Этот алгоритм не требует существенных вычислительных затрат. Он может быть реализован как на не очень производительном процессоре, так и на программируемой логике.

Более высокую точность измерения можно получить методами, использующими более точное описание двумерного распределения освещенности изображения малоразмерного объекта на фотоприемнике, а также больше информации об изображении, полученной с фотоприемника.

Простейшим методом повышения точности является использование статистических методов оценки, которые позволяют использовать многократные измерения с большим числом реализаций. В этом случае появляется возможность сначала оценить распределение вероятности полученных реализаций и, оценив это распределение выбрать соответствующий статистический метод оценки. В большинстве случаев распределение вероятности при таких измерениях сводится к нормальному распределению с несмещенной оценкой. В результате простейший метод повышения точности сводится к проведению многократных измерений и вычислению среднего значения по многим реализациям. В большинстве случаев величина погрешности измерения уменьшается пропорционально квадратному корню из количества полученных реализаций. Например, при получении и обработке 9 реализаций погрешность может уменьшиться в 3 раза.

К эффективным методам, более точно учитывающим форму исходного сигнала изображения, является метод аппроксимации сигнала по методу наименьших квадратов (МНК). Метод основан на том, что массив полученных отсчетов элементов изображения подвергается обработке, основанной на аппроксимации полученных значений отдельных пикселей полиномом по методу наименьших квадратов. Полученная функция будет описывать форму непрерывной функции распределения оптического изображения, но полученной по дискретным отсчетам, после дискретизации на фотоприемнике. Естественно, чем больше дискретных отсчетов будет использоваться при обработке, тем более высокую степень аппроксимирующего полинома можно использовать и тем более высокую точность описания функции рассеяния можно получить. Положение центра фигуры определяется путем дифференцирования полученной функции.

Очень перспективными является использование методов оптимальной и квазиоптимальной фильтрации на основе фильтра Калмана (итерационного метода оценки параметров изображения). Этот метод предполагает применение в качестве априорной информации функции распределения сигнала изображения, например гауссоиды вращения, затем относительно него определяется рассогласование с получаемой реализацией сигнала. Оценка этого рассогласования производится с использованием классического фильтра Калмана.

Состав лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на основе универсального лабораторного комплекса (см. введение рис.1-2), в который входит оптический стенд, персональный компьютер и блок питания .

Оптический стенд представляет собой металлическую плиту, на которой установлено оптическое и оптико-механическое оборудование. В рамках данной работы используется цифровая измерительная видеокамера высокого разрешения с установленным на ней вариофокальным объективом (Рис. 1).



Рис. 1. Цифровая измерительная камера с объективом

В качестве тестового объекта используется светодиодный излучатель с калиброванным отверстием. Излучатель установлен на линейной микрометрической подвижке с ручным управлением (Рис. 2).



Рис. 2. Излучатель на микрометрической подвижке

Все оборудование стенда может закрываться непрозрачной металлической крышкой.

Регулируемый блок питания обеспечивает работу и выбор величины тока светодиода излучателя.

Персональный компьютер используется для проведения исследований в рамках работы. Непосредственно к компьютеру по интерфейсу USB подключена видеочамера.

В состав программного обеспечения компьютера входит:

- операционная система Windows 7 или выше;
- программный пакет Matlab;
- программа OSC16.

Ход работы

Подготовка к работе.

При подготовке к работе следует внимательно прочитать теоретическую часть. Осмотреть лабораторную установку, найти в ней все перечисленное необходимое оборудование.

С помощью преподавателя или лаборанта включить персональный компьютер и блок питания излучателя. *Оборудование самостоятельно не включать! Во время работы пользоваться только теми элементами установки, которые используются в данной работе.*

Получение изображения объекта необходимой формы.

Как уже отмечалось выше, для проведения измерений требуется получить изображение, близкое к колоколообразному. Для этого можно воспользоваться программой OSC16. Проверьте, что блок питания излучателя включен. Запустите OSC16 на рабочем столе компьютера. В открывшемся окне в пункте меню Настройка выберите пункт Выбор источника видеосигнала (Рис. 3) и в открывшемся окне в списке WDM устройства выберите камеру ЭВС. Нажмите ОК.

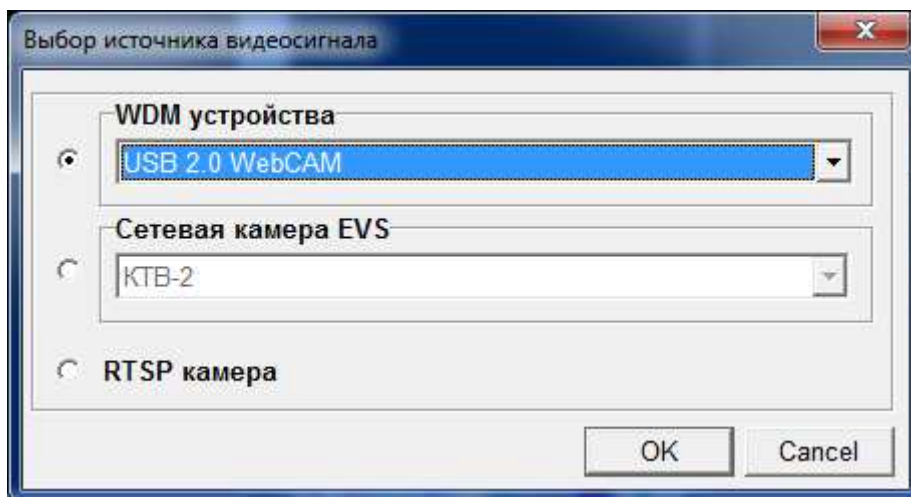


Рис. 3. Окно выбора источника видеосигнала

Затем в списке Video Mode основного окна выберите нужный вам формат изображения. После этого запустите просмотр.

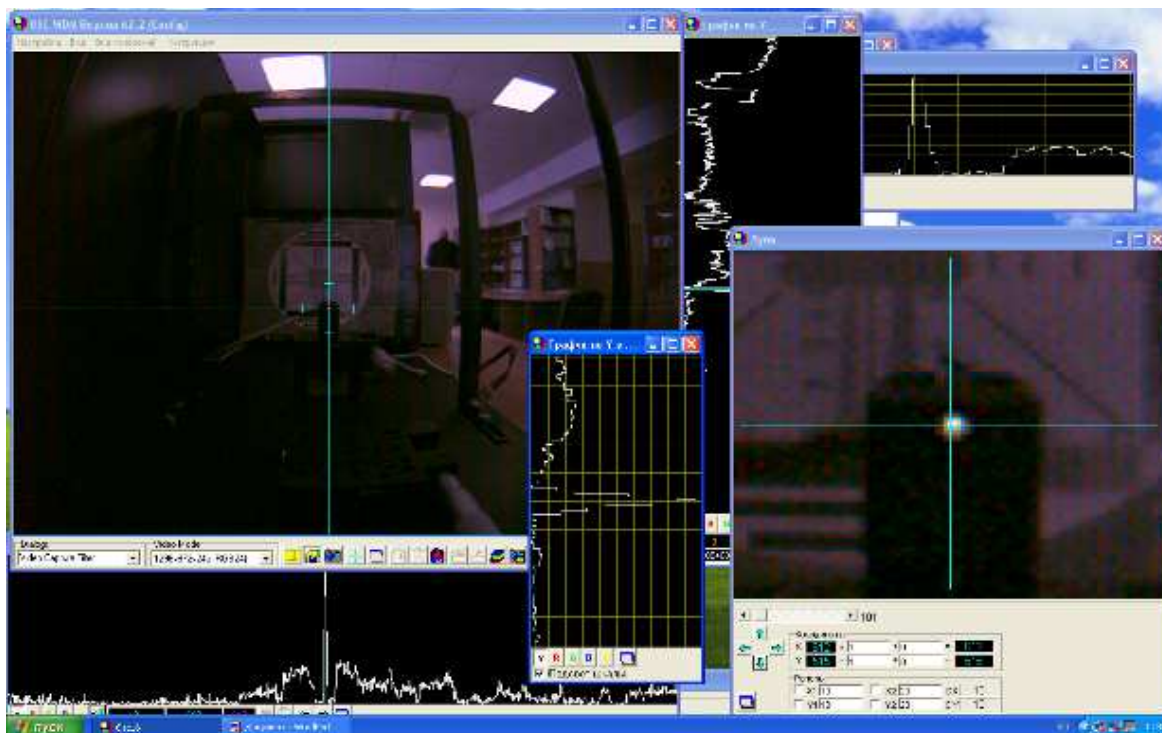


Рис. 4. Изображение излучателя в окнах программы OSC16

Откройте дополнительные окна Лупа, График по X в лупе, график по Y в лупе. Найдите в основном окне изображение излучателя, укажите на него курсором и щелкните мышкой. В окне лупа вы увидите увеличенное изображение излучателя. Добейтесь наилучшего изображения источника в лупе путем измерения увеличения в лупе и переместите центр изображения на середину пятна изображения источника. Рассмотрите осциллограммы изображения источника в окнах График по X в лупе, график по Y в лупе. Оно должно занимать примерно 5 – 7 пикселей. Если оно больше или

меньше, измените фокусировку объектива, покрутив соответствующее кольцо на нем. При необходимости обратитесь к преподавателю или лаборанту. Форма изображения должна напоминать колокол (Рис. 4).

Если постоянная составляющая сигнала слишком велика, то следует войти во вкладку параметров Video Capture Filter и открыть окно параметров во вкладке Свойства (Рис. 5).

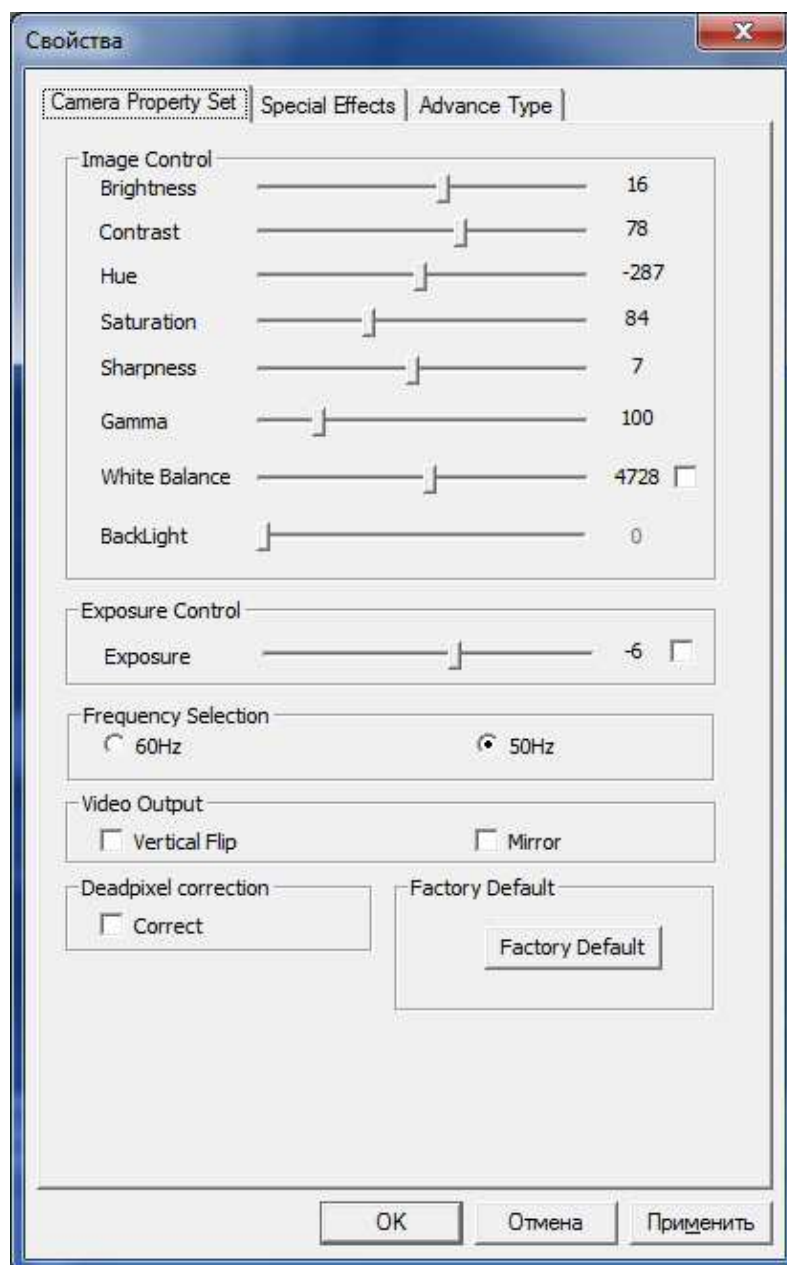


Рис. 5. Окно Свойства с параметрами камеры

С помощью регулировки яркости постарайтесь свести постоянную составляющую до уровня черного.

Если размах видеосигнала недостаточен, то следует увеличить величину сигнала, увеличив напряжение питания излучателя на блоке питания.

После настройки камеры и получения сигнала нужной формы следует закрыть OSC16.

Измерение величины погрешности при точечных измерениях

Точечные измерения выполняются на неподвижном объекте с целью определения случайной составляющей погрешности. Случайная составляющая погрешности представляет собой совокупность погрешностей, определяемых наличием случайных процессов в измерениях. Среди факторов, вносящих свой вклад в случайную составляющую следует отметить прежде всего случайные шумы фотоприемника, такие как фотонный шум и шум выходного устройства. Численно величину случайной погрешности измерений можно определить путем получения серии измерений и дальнейшей статистической обработки. Как правило, величину случайной погрешности можно охарактеризовать величиной среднеквадратического отклонения (СКО). Кроме того, в процессе статистической обработки можно получить среднее арифметическое значение результата измерения. Для подтверждения нормального характера распределения погрешности целесообразно воспользоваться графиком распределения вероятности случайного процесса формирования погрешности.

Для оценки СКО и среднего арифметического значения измерений координат используем пакет Matlab.

С помощью преподавателя или лаборанта запустите Matlab, щелкнув мышью по соответствующему ярлычку (Рис. 6).

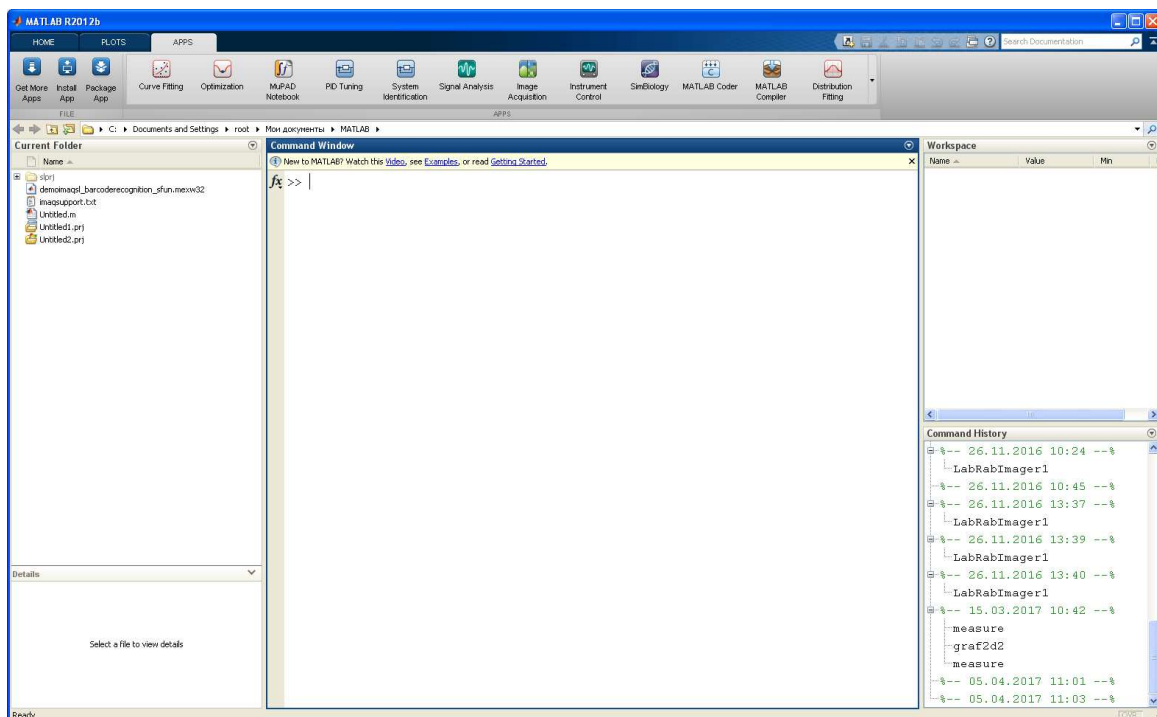


Рис. 6. Главное окно программы Matlab

Откройте в программе Matlab файл программы измерения координат measure.m.

Рассмотрите внимательно текст программы. Программа состоит из трех основных частей:

1. Запуск камеры и получение изображения с нее:

```
vid = videoinput('winvideo', 1, 'YUY2_640x480');%  
Определение видеопотока  
src = getselectedsource(vid);  
vid.FramesPerTrigger = 1;  
preview(vid);
```

Получение десяти реализаций цифровых изображений с камеры. Для каждой реализации выполняется первичная обработка изображения, определение координат максимального элемента в кадре (поиск малоразмерного изображения), вычисление двух координат объекта по методу взвешивания в заданной окрестности.

```
for n = 1:10  
  
    snapshot = getsnapshot(vid);  
    ef8 = rgb2gray(snapshot);           % преобразование в ч/б  
    imshow(ef8);  
    ef9 = double(ef8);  
    ef9 = ef9 - 90;  
    % Определение положения максимального элемента  
    EMAX=0;  
    Xmax=0;  
    Ymax=0;  
    for Y = 10:630  
        for X = 10:470  
  
            if EMAX < ef9(X,Y)  
                EMAX = ef9(X,Y);  
                Ymax = Y; Xmax = X;  
  
            end  
        end  
  
    end  
    disp('Положение максимального элемента');  
    disp(EMAX); disp(Xmax); disp(Ymax);  
    d = 8; %Рассеяние  
    %Вычисление по методу взвешивания по координате X  
    x1 = 0; x2 = 0;  
    for m = Xmax-d : Xmax+d  
        x1 = x1 + ef9(m,Ymax)*m; x2 = x2 + ef9(m,Ymax);  
    end  
    Xsr = x1/x2;
```

```

disp ('Координата x');
disp (Xsr);
XX1(n) = Xsr;
%Вычисление по методу взвешивания по координате X
y1 = 0; y2 = 0;
    for m = Ymax-d : Ymax+d
        y1 = y1 + ef9(Xmax,m)*m; y2 = y2 + ef9(Xmax,m);
    end
Ysr = y1/y2;
disp ('Координата y');
disp (Ysr);
YY1(n) = Ysr;
end

```

3. Вычисление среднего арифметического значения и СКО для каждой координаты.

```

XXmean = mean(XX1);
YYmean = mean(YY1);
XXstd = std(XX1);
YYstd = std(YY1);
disp ('среднее, пикс.   x   y');
disp (XXmean); disp (YYmean);
disp ('СКО, пикс.   x   y');
disp (XXstd); disp (YYstd);

```

Запустите программу measure.m

На первом этапе выполнения программы должно появиться окно видео для нашей камеры (Рис.7).

На втором этапе выполнения программы будут получены реализации десяти кадров, участвующих в получении десяти отсчетов. Процесс получения реализаций будет сопровождаться скриншотами этих кадров, но из-за быстрой сменяемости кадров вы увидите только последний из них. Вместе с тем для каждого кадра будет определяться положение максимального элемента и последующее вычисление координаты малоразмерного объекта с использованием метода взвешивания. Для всех десяти отсчетов будут выведены основные результаты измерений – Величина максимального элемента и его координаты, а также результат измерения по методу взвешивания:

Положение максимального элемента: 59; 242; 164

Координата x: 243.2318

Координата y: 165.2650



Рис. 7. Окно Preview с видеосигналом камеры

На третьем этапе будет произведена статистическая обработка результатов измерений и получение среднеарифметического значения координат и СКО для них. Результат можно увидеть в основном окне программы Matlab:

```
среднее, пикс. x y:  
    243.1905    165.2922  
СКО, пикс. x y  
    0.1012     0.1103
```

В данном примере полученная погрешность составляет примерно 0,1 шага пикселей по горизонтали и вертикали соответственно.

Запишите свои собственные результаты оценки среднеарифметических значений и СКО по каждой координате.

Закройте окно с выводом видеосигнала. В дальнейшем его всегда нужно будет закрывать прежде чем очередной раз запускать программу `measure.m`

Получение статической характеристики.

Статическая характеристика позволяет определить как случайную, так и систематическую составляющие погрешности измерения.

В процессе получения статической характеристики проводится серия измерений, при которых положение объекта смещается на величину, определяемой шагом измерений. В нашем случае целесообразно выполнить

измерения с шагом, который составляет примерно 5 – 10% от шага пикселей матричного фотоприемника.

Вращая барабан микрометра в сторону увеличения, становите ближайшее целое значение на микрометре линейной подвижки. При этом постарайтесь, чтобы в последующем барабан вращался только в одну сторону. Это требуется для уменьшения ошибки перемещения излучателя.

Запустите программу `measure.m` и занесите измеренные значения среднеарифметических значений и СКО по обеим координатам в таблицу 1.

Таблица 1.

№ реализации	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Относительное положение микрометра	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
Х _{ср} , пикс	243.1905									
СКО Х, пикс	0.1012									
У _{ср} , пикс	165.2922									
СКО У, пикс	0.1103									
№ реализации	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Относительное положение микрометра	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
Х _{ср} , пикс	243.1905									
СКО Х, пикс	0.1012									
У _{ср} , пикс	165.2922									
СКО У, пикс	0.1103									

Повернув барабан, увеличьте значение перемещения на 0,05 мм. Запустите программу `measure.m` и получите значения среднеарифметических значений и СКО координат для этого положения излучателя и занесите их в таблицу 1.

Увеличивая значения на барабане микрометра на каждом шаге на 0,05 мм, получите двадцать реализаций и занесите все измерения в таблицу.

Построение графиков статической характеристики.

По результатам полученных измерений, приведенных в таблице 1, следует построить графики статической характеристики измерителя

координат. Пример графиков приведен на рис. 8. Верхний график по координате X должен отображать зависимость оценок координат в пикселах от реального значение координат, выставленных на микрометре. На графике следует нанести все полученные отсчеты среднеарифметических значений оценок по координате x и визуально аппроксимировать их, соединив линией. Эта линия будет показывать реальную статическую характеристику измерителя.

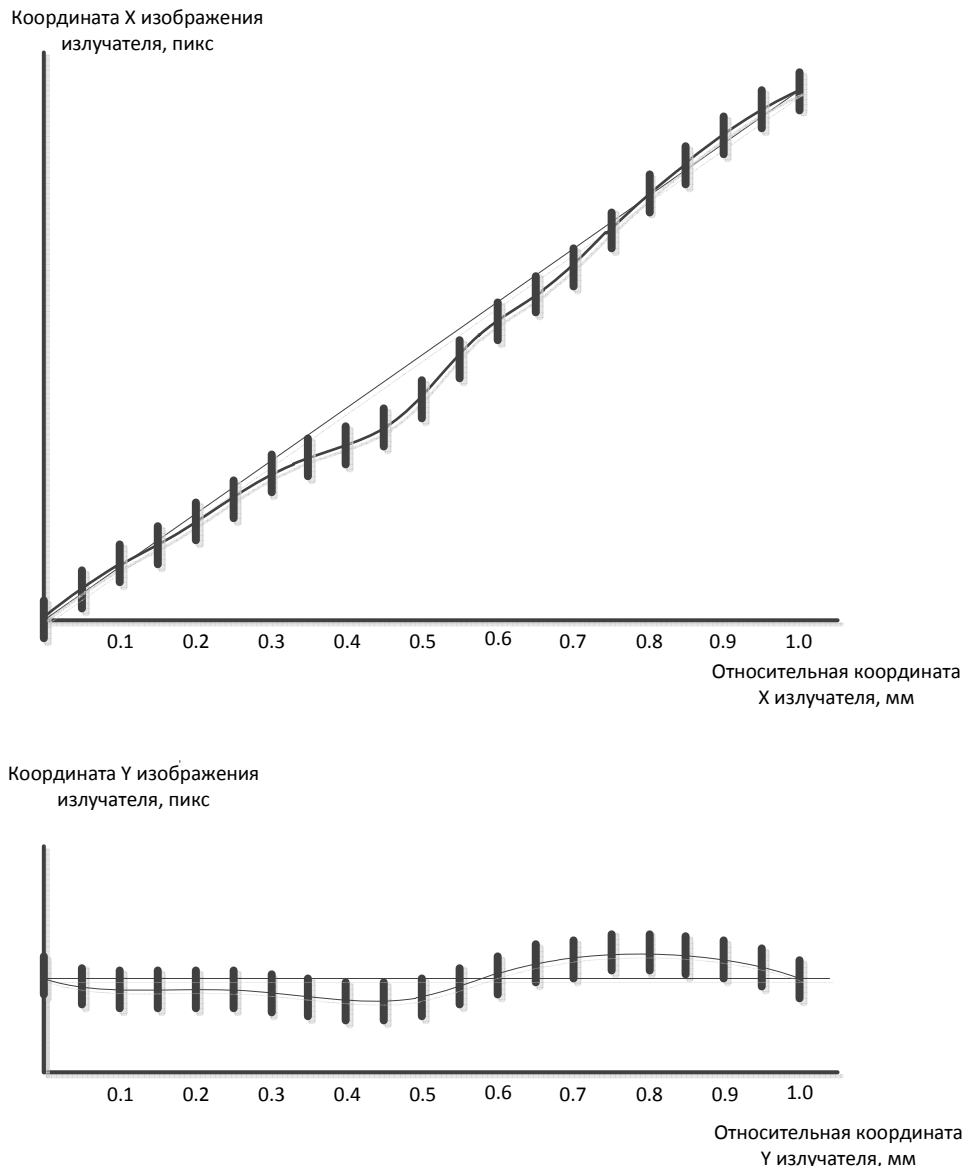


Рис. 8. Пример графиков статической характеристики

Здесь же нанести прямую линию, соединяющую первую и последнюю точку измерений. Эта линии примерно соответствует идеальной статической характеристике измерителя, то есть измерителя, у которого отсутствует систематическая погрешность.

В нашем случае систематическая погрешность будет видна как разность между реальной и идеальной статическими характеристиками.

На графике также следует нанести в виде отрезков значения СКО в каждой точке измерений. При этом середина каждого отрезка должна совпадать со значением среднеарифметического значения координаты в этой точке, то есть с линией реальной статической характеристики.

Отрезки значений СКО в каждой точке измерений показывают в первом приближении интервал доверительной вероятности при проведении измерений.

Аналогичный график следует построить и для координаты Y.

При обработке результатов и построении графиков приветствуется использование автоматизации измерений с использованием, например, средств визуализации пакета Matlab.

Расчет фокусного расстояния объектива

В данной работе использован метод измерения, в котором полученные величины безразмерны и выражены в числе периодов матричной структуры фотоприемника (пикселах). Для получения величины линейного перемещения изображения по фоточувствительной поверхности фотоприемника необходимо знать шаг элементов фотоприемной матрицы и фокусное расстояние объектива.

Для приблизительного определения фокусного расстояния объектива камеры можно воспользоваться формулой тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F};$$

где: F – фокусное расстояние, мм,

d – расстояние от предмета до линзы (объектива);

f – расстояние от объектива до фотоприемника.

При этом расстояние от предмета до линзы d можно измерить прямо на лабораторной установке, а расстояние от линзы до фотоприемника f измерить затруднительно, но его можно рассчитать, используя подобие в пространстве предметов и пространстве изображений (Рис. 9).

Если мы можем определить перемещение предмета A и соответствующее ему перемещение изображения A', то из формулы пропорции

$$\frac{f}{A'} = \frac{d}{A}$$

можно определить расстояние линзы до фотоприемника. Для этого потребуется перевести безразмерные единицы перемещения изображения A', выраженные в числе пикселей в линейный размер перемещения, выраженный в единицах длины. Чтобы это выполнить потребуется величина шага элементов фотоприемника. В используемой в данной работе камере VEC-545 фоточувствительная КМОП-матрица OV5620 форматом

2592x1944 (5 мегапикселей) и квадратными пикселями с шагом 2,2 x 2,2 мкм.

Рассчитайте фокусное расстояние объектива, используя известные параметры и результаты измерений. При этом, для определения A и соответствующему значению A' лучше воспользоваться крайними отсчетами (1-м и 20-м), полученными в п.4.

Рассчитайте значение погрешности измерения в пространстве предметов используя величины f и d , а также известное значение погрешности выраженное в пикселях, и шаг элементов матрицы.

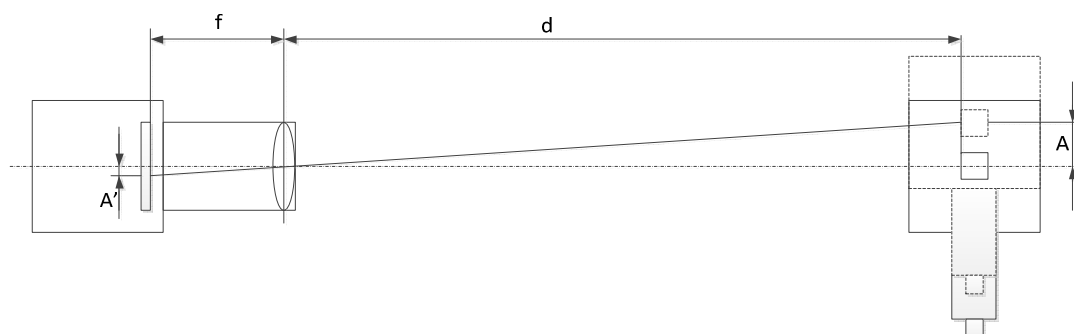


Рис. 9. К определению фокусного расстояния

Вопросы по работе

1. Каким образом можно использовать телевизионную камеру для проведения измерений?
2. Какими факторами определяется погрешность измерений?
3. Какой основной метод проведения измерений с субпиксельной точностью?
4. Как реализуются многоканальные измерения?
5. Как можно определить фокусное расстояние объектива?

Литература.

1. Цветная мегапиксельная телевизионная камера высокого разрешения в корпусе внутреннего исполнения Модель VEC-545-USB. http://evs.ru/d_sheet/VEC-545-USB.pdf

Лабораторная работа №2

Изучение методов работы с видеопотоками и изображениями, полученными от источников видеосигнала

Цель работы: Изучение методов получения видеопотоков и изображений от реальных источников видеосигнала и основных методов обработки этих сигналов с использованием пакета Matlab. Для работы требуются базовые знания по пакету Matlab.

Введение и основные теоретические сведения

Пакет Matlab является мощным средством разработки и изучения алгоритмов обработки сигналов различных типов. В старших версиях Matlab предусмотрена возможность обработки изображений и видеосигналов как наиболее сложных видов цифровых сигналов.

В пакете предусмотрены два специальных набора инструментов Image Processing Toolbox и Image Acquisition Toolbox, которые содержат уже в готовом виде основные алгоритмы обработки изображений и примеры их использования. Кроме того, следует помнить, что изначально пакет Matlab позиционировался как средство работы с матрицами (двумерными массивами данных), к которым можно отнести и изображения. Поэтому многие другие возможности обработки изображений размещены в других разделах Matlab.

Последние версии Matlab имеют возможность взаимодействия с физическими объектами, в частности с источниками видеосигналов. К таким источникам можно отнести большинство используемых в настоящее время источников видеосигнала:

- веб-камеры, подключаемые через интерфейс USB;
- веб-камеры, встроенные непосредственно в ноутбуки и моноблоки;
- камеры высокого разрешения, использующие интерфейс USB;
- камеры специального назначения, использующие интерфейсы IEEE1394, CameraLink и другие;
- IP-камеры, подключаемые через интерфейс Ethernet;
- источники тепловизионного сигнала с различными интерфейсами;
- источники сигнала, использующие двумерное представление в виде квазиизображений (томографы, аппараты УЗИ, рентгенографы, радары и пр.);
- приемники ТВ сигнала (ТВ-тюнеры аналоговые и цифровые, спутниковые приемники);
- телевизионные системы наблюдения и регистрации (ТСНР) различного назначения;
- источники потокового видео (веб-сервисы хранения видеоданных типа Youtube, удаленные интернет-камеры, интернет-телевидение и пр.);

- Аналоговые источники видеосигнала, которые могут быть подключены посредством плат видеозахвата и видеотюнеров с различными интерфейсами.

Наиболее просто могут быть подключены источники видеосигнала, которые в системе Windows идентифицируются как видеоустройства и используют драйверы WDM (Windows Driver Model). В этом случае Matlab использует такие устройства как стандартные устройства Windows. В некоторых случаях могут возникнуть проблемы с визуализацией свойств видеоборудования, которые предоставляет драйвер. Это связано с возможной несовместимостью драйвера и версии Matlab, связанной с разрядностью драйверов, версии Windows и программы Matlab.

Другой способ более сложный и предполагает настройку параметров ввода видеосигналов. Например, для IP-камер потребуется вводить сетевые настройки, параметры протокола RTSP и некоторые другие параметры.

Для быстрой настройки стандартных источников можно воспользоваться встроенным в Matlab приложением Image Acquisition Tool.

Состав лабораторной установки

Универсальная лабораторная установка (см. введение рис. 1-2), включающая в себя:

- персональный компьютер и монитор,
- камера VEC-545 с интерфейсом USB на жестком основании,
- транспарант с установленной на нем измерительной телевизионной таблицей,
- светодиодный осветитель,
- блок питания осветителя.

Программное обеспечение включает в себя:

- операционную систему Windows7 или старше,
- драйверы камер и других устройств,
- пакет Matlab.

Ход работы

С помощью преподавателя или лаборанта включить лабораторную установку. Самим ничего не включать!

1. Запуск приложение Image Acquisition.

В программе Matlab приложение Image Acquisition Tool можно найти следующим образом. В главном окне программы следует перейти по вкладке APPS и в ней найти ярлык Image Acquisition (Рис.1).

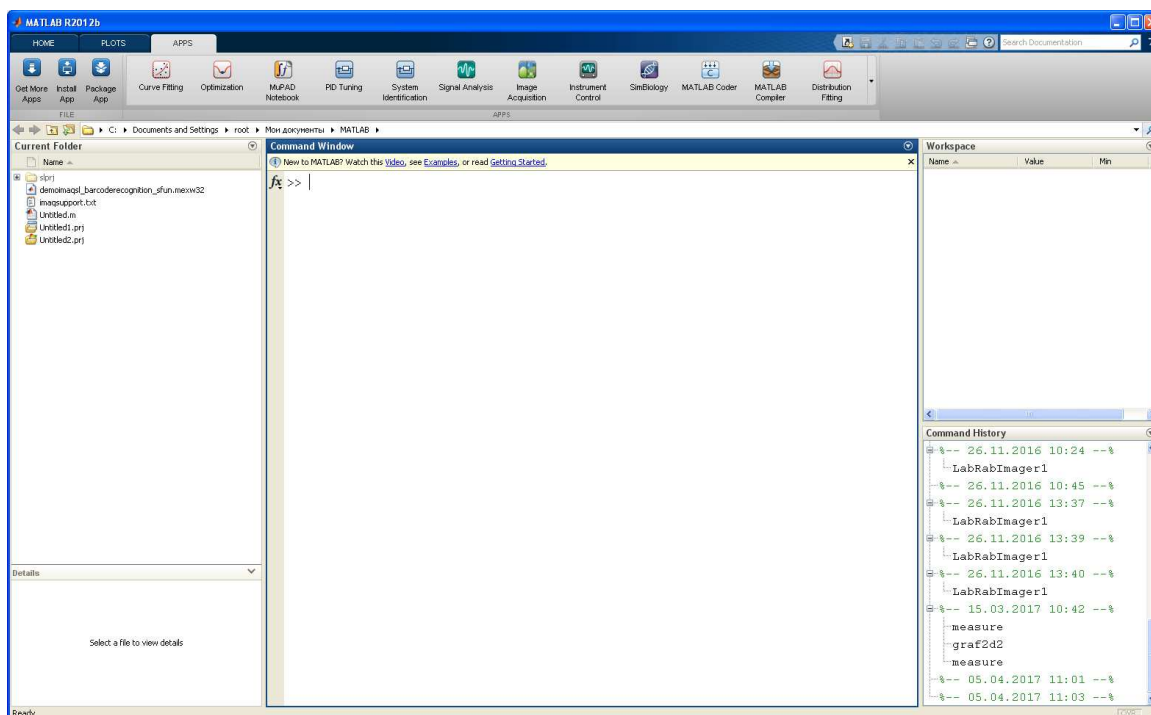


Рис. 1. Главное окно пакета Matlab при переходе на вкладку APPS

Запустить приложение можно щелкнув по ярлычку Image Acquisition. Приложение сначала некоторое время анализирует состав доступного оборудования и затем появляется в виде окна, которое показано на Рис. 2.

В окне Hardware Browser можно посмотреть список доступного в программе Matlab видеооборудования и его основные режимы работы. **Нужно иметь в виду, что на рис. 2 приведен пример списка камер. В вашей работе может присутствовать другой набор камер.**

Из списка оборудования не всегда понятно, какая камера в списке соответствует реальной камере, особенно если подключено к компьютеру несколько одинаковых камер. Для определения камеры следует выбрать один из режимов работы и нажать кнопку Start Preview. В центральном окне вы увидите видео от выбранной камеры в выбранном режиме (Рис. 3). **На этом и последующих рисунках приведены примеры изображений камер, которые могут отличаться от изображений, которые вы получите на лабораторной установке.**

В левом нижнем окне вы можете видеть фрагмент кода Matlab, с помощью которого осуществляется подключение камеры, выбор режима и запуск режима Preview непосредственно в тексте программы Matlab, которые можно использовать либо в командном режиме или вставить в m-файл.

Создайте в программе Matlab новый m-файл и скопируйте туда фрагмент текста из правого нижнего окна. Запустите полученный m-файл. Вы должны получить окно с видео от выбранной камеры. Закройте это окно.

Выберите по очереди все доступные режимы работы всех доступных камер. Запускайте по очереди Start Preview для каждого режима.

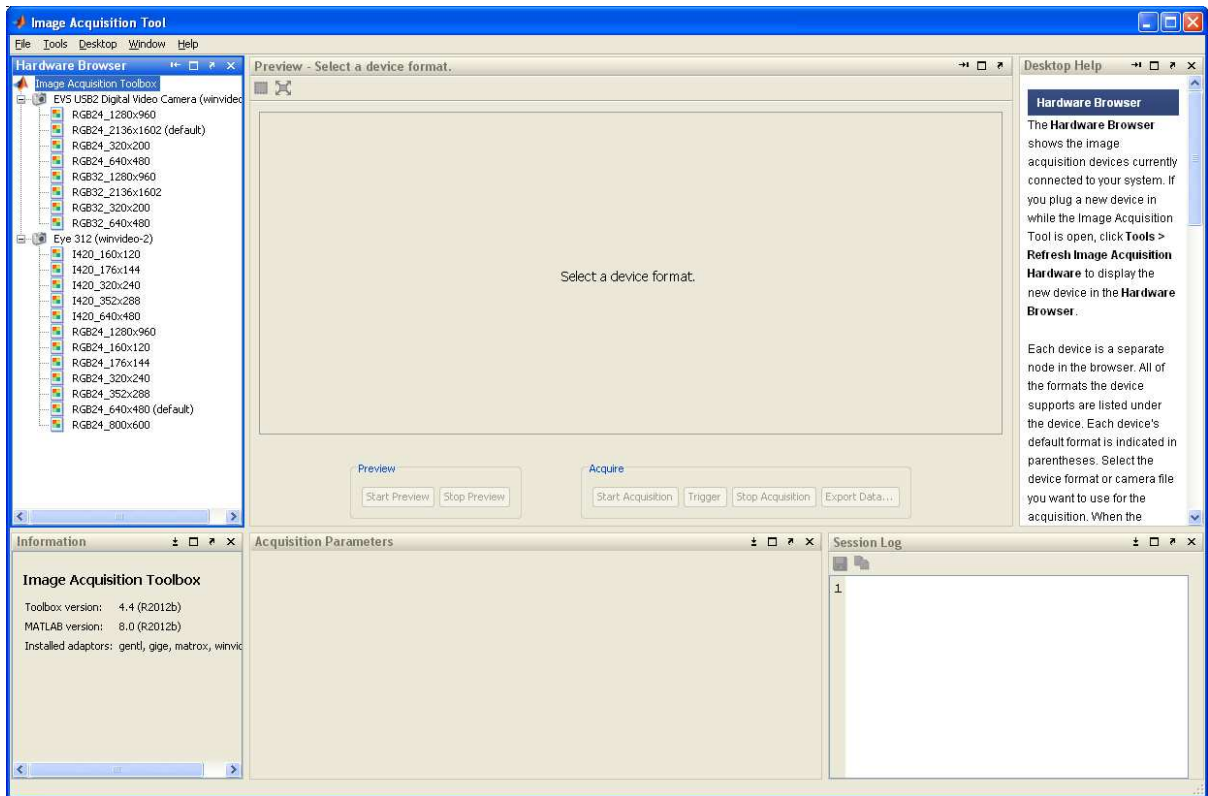


Рис. 2. Окно приложения Image Acquisition Tool

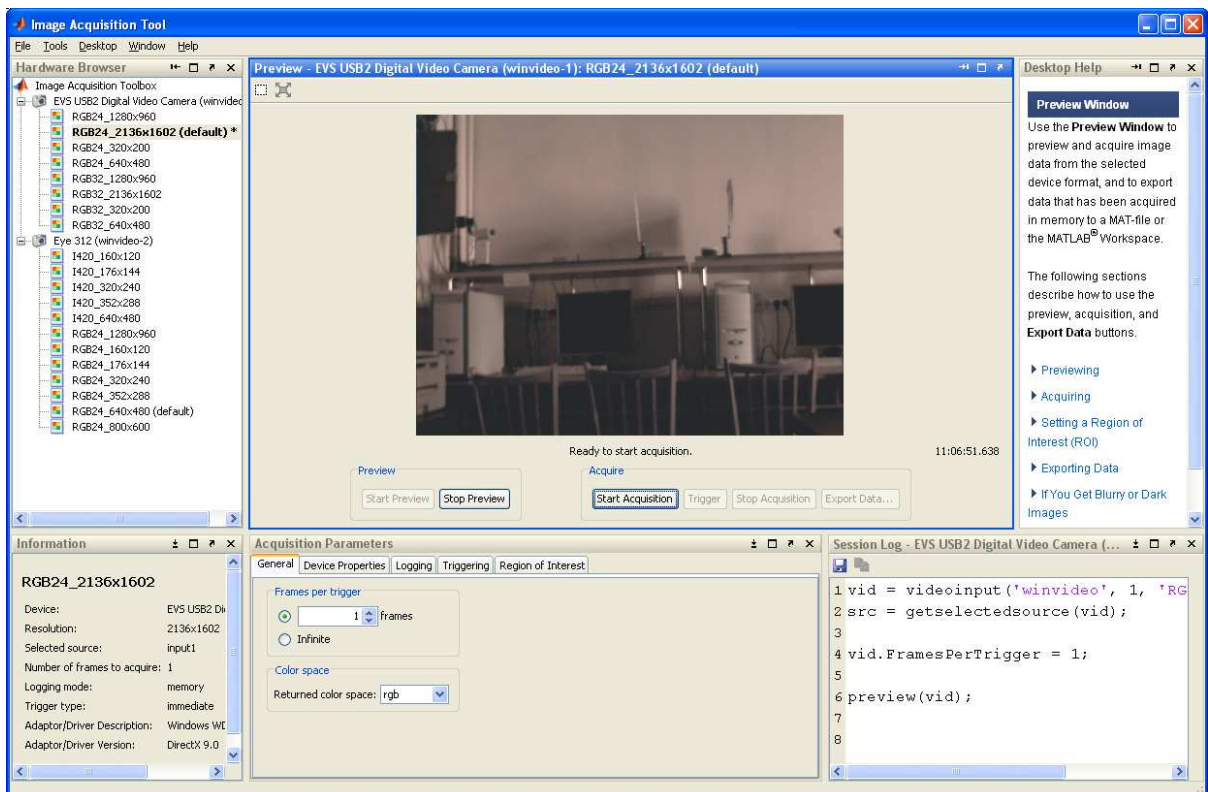


Рис. 3. Окно видео после нажатия кнопки Start Preview в окне приложения Image Acquisition Tool

Выбор параметров камеры

Выберите в списке режимов камеру, которая соответствует реальной камере, у которой в поле зрения установлена испытательная таблица. У этой камеры выберите наибольший формат изображения. Запустите режим Preview. Обратите внимание на нижнее среднее окно приложения Image Acquisition Tool – Acquisition Parameters (Рис. 4.). В этом окне есть несколько вкладок. В первой из них можно изменить метод представления цвета – RGB, YCbCr или Grayscale. Здесь оставьте режим неизменным.

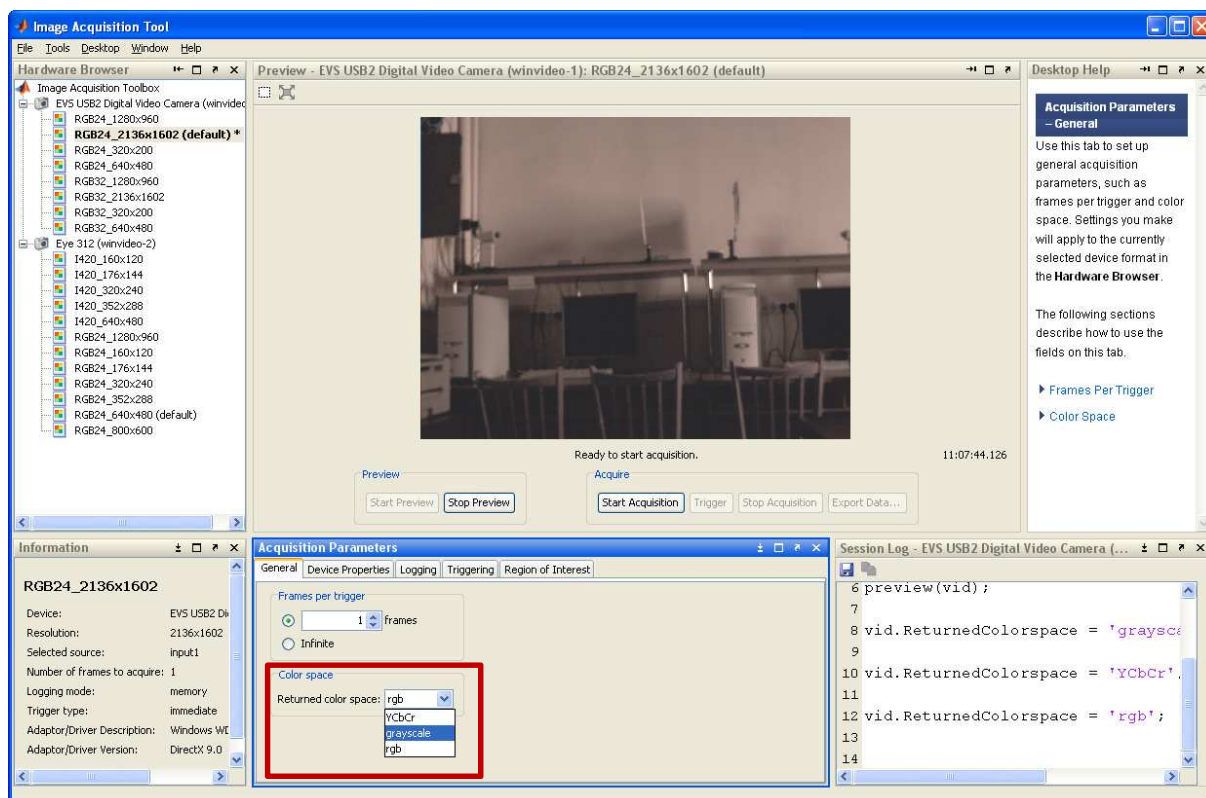


Рис. 4. Выбор нужного режима камеры в приложении Image Acquisition Tool

В окне Acquisition Parameters следует перейти во вторую вкладку Device Properties. Вы увидите список доступных регулируемых параметров и режимов и их значения в настоящий момент (Рис. 5). Для удобства можно изменить соотношение между верхней и нижней частью приложения Image Acquisition Tool.

Последовательно выполните регулировку режимов камеры, передвигая движок ползунка в положение, соответствующее наилучшему изображению. После всех регулировок перейдите в правое нижнее окно и скопируйте тест в окно открытого m-файла (Рис. 6).

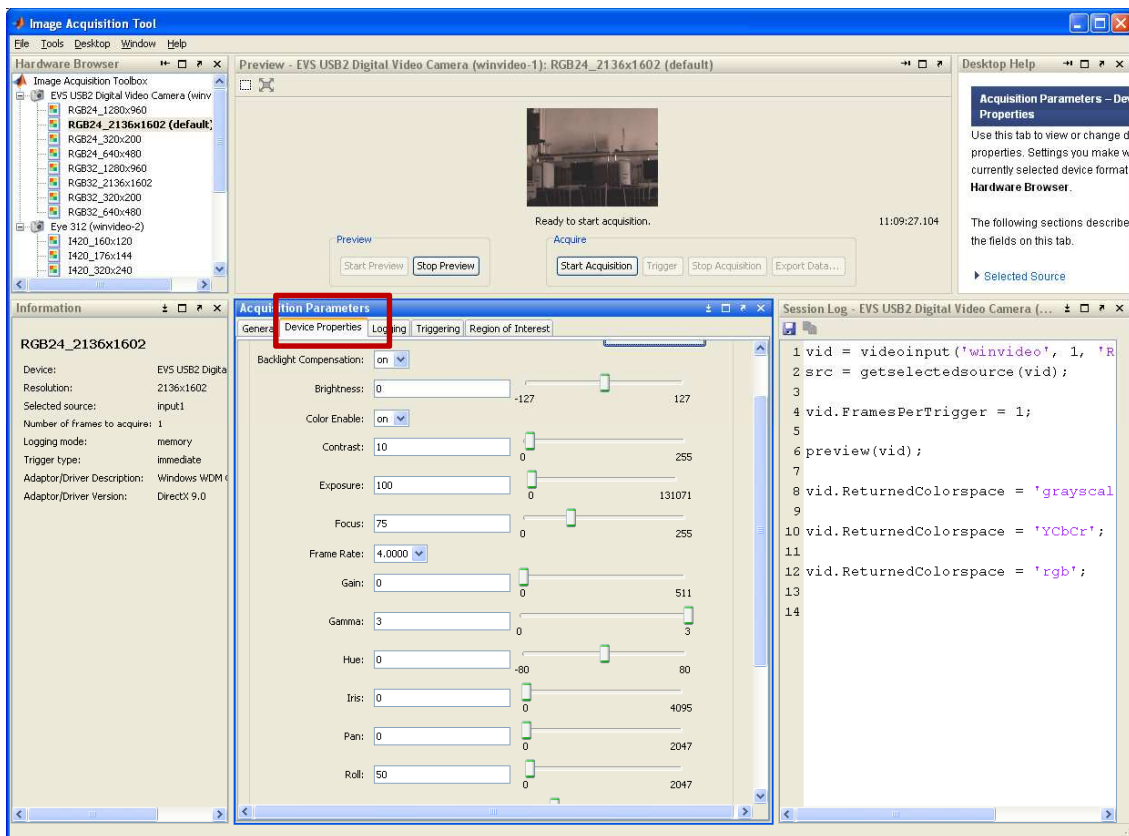


Рис. 5. Список доступных регулируемых параметров во вкладке Device Properties

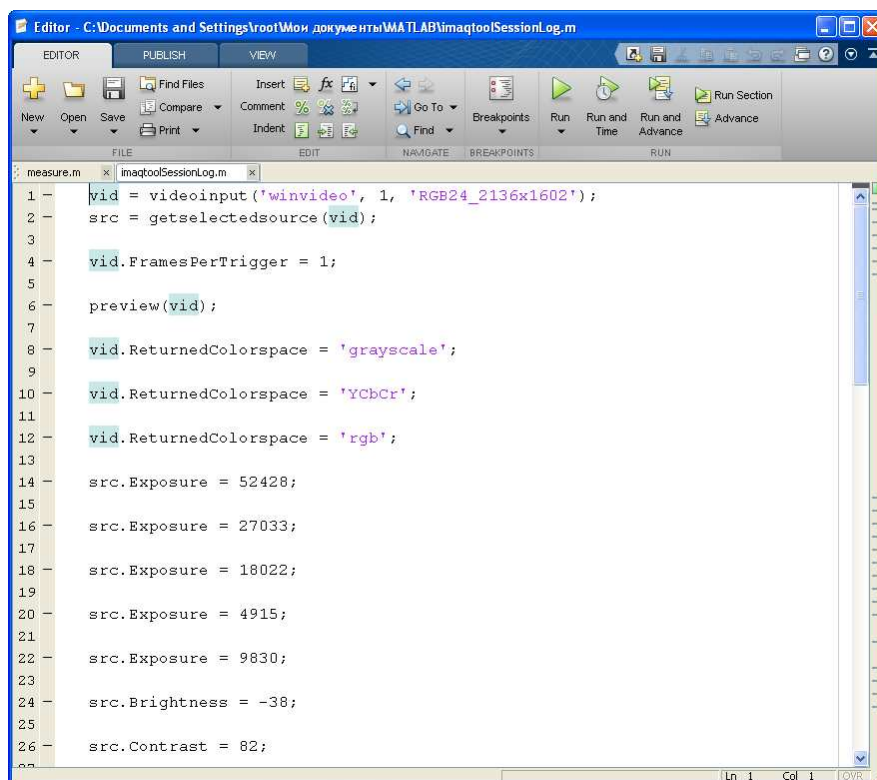


Рис. 6. m-файл со скопированным в него фрагментом настроек, полученных в ходе работы Image Acquisition Tool

Запустите полученный m-файл. Вы должны увидеть окно Preview с камеры, у которой выполнены настройки параметров. Теперь эти настройки выполняются в ходе выполнения скрипта m-файла.

В ходе работы с изображениями и видеопотоками может пригодиться выбор региона интереса в изображении. Перейдите к вкладке Region of Interest в окне Acquisition Parameters. В окне вы увидите условное изображение окна, в котором в последующем вы будете работать. Вверху вы должны видеть режим просмотра Preview (При необходимости следует нажать кнопку Start Preview).

В окне Preview можно мышкой выбрать регион интереса в виде прямоугольного окна (Рис. 7). Затем нажмите кнопку Select or Edit. Вы увидите в окне Preview изображение, которое соответствует выбранному окну. Кроме того, вы в нижнем окне увидите четыре значения координат, ограничивающих выбранный регион интереса (Рис. 8), а в левом нижнем окне вы увидите команды программы Matlab, которые соответствуют выбору региона интереса.

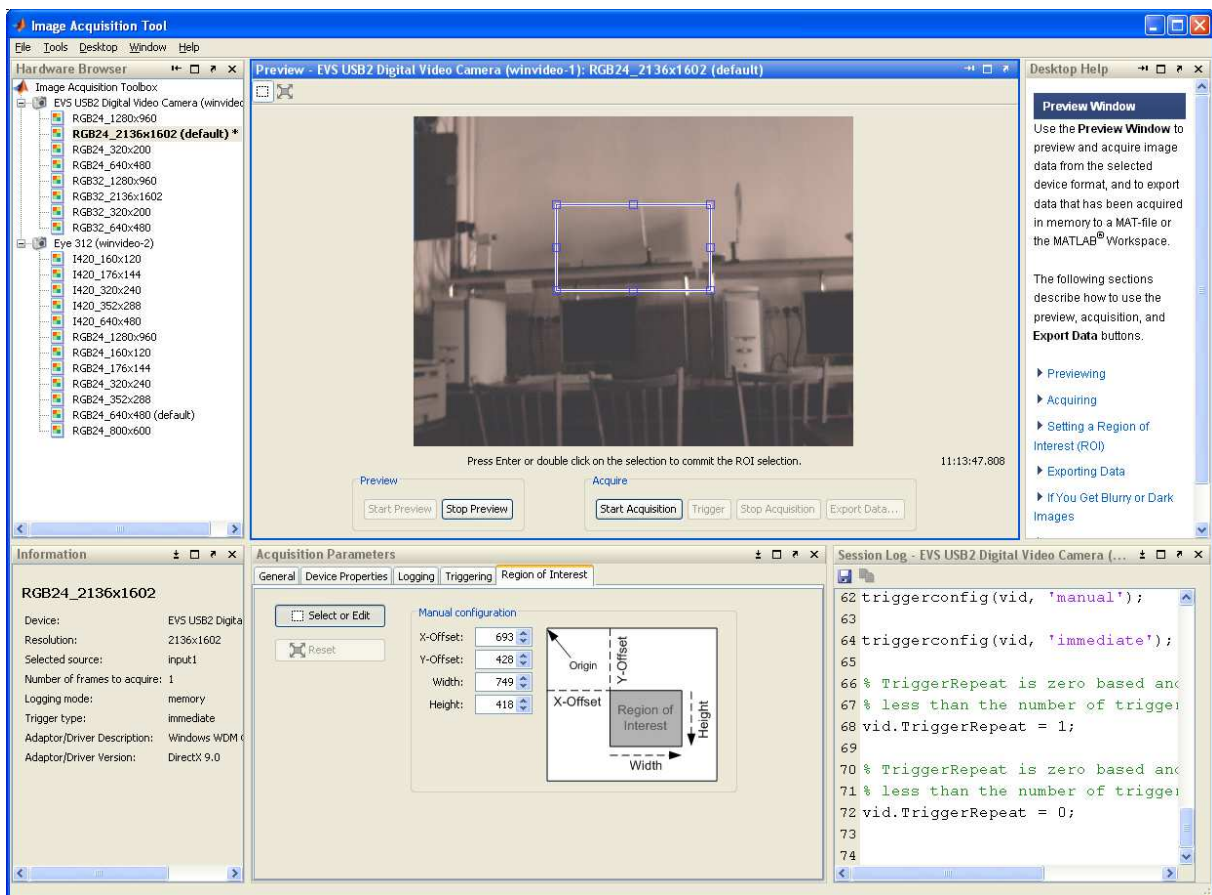


Рис. 7. Подготовка режима Выбора региона интереса

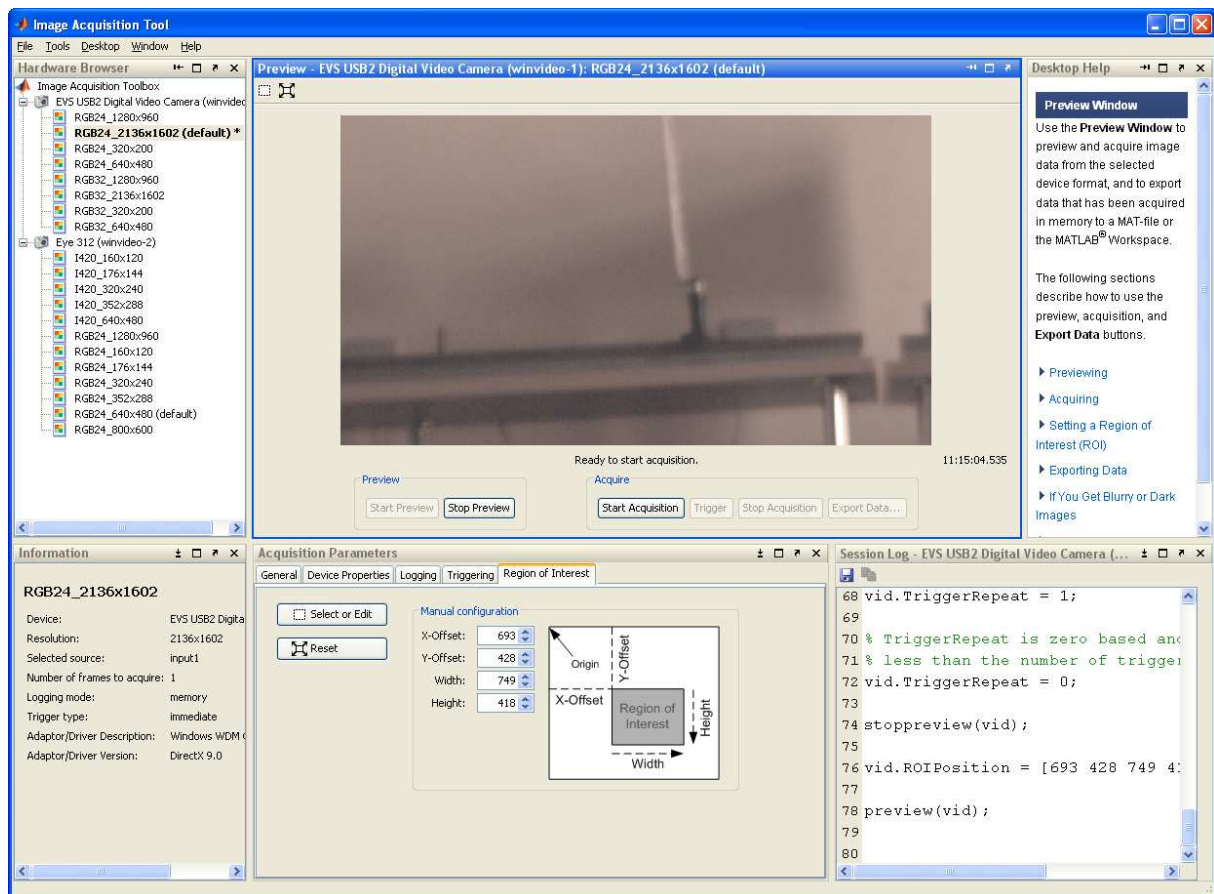


Рис.8. Запуск режима Выбора региона интереса

Все выполненные вами действия отображаются в виде команд в правом нижнем окне приложения Image Acquisition Tool. Для сохранения последовательности команд можно не только копировать их в открытое окно m-файла, но и сохранить целиком все ваши действия, которые вы выполняли во время настройки камер в виде отдельного m-файла. Для этого следует нажать на изображении дискеты в правом нижнем окне Image Acquisition Tool. Открывшееся окно предложит сохранить весь текст из правого нижнего окна Image Acquisition Tool в m-файле с выбранным названием (Рис. 9). Все ваши действия будут сохранены в виде этого m-файла. Но перед тем как выполнить это действие лучше просмотреть все команды в правом нижнем окне Image Acquisition Tool и удалить из него ненужные команды.



Рис. 9. Сохранение параметров и настроек Image Acquisition Tool в виде m-файла

Использование настроек Image Acquisition Tool в основной программе Matlab

Запустите сохраненный m-файл. Вы должны увидеть окно с Preview от выбранной камеры, у которой были произведены настройки и выбран регион интереса (Рис. 10).

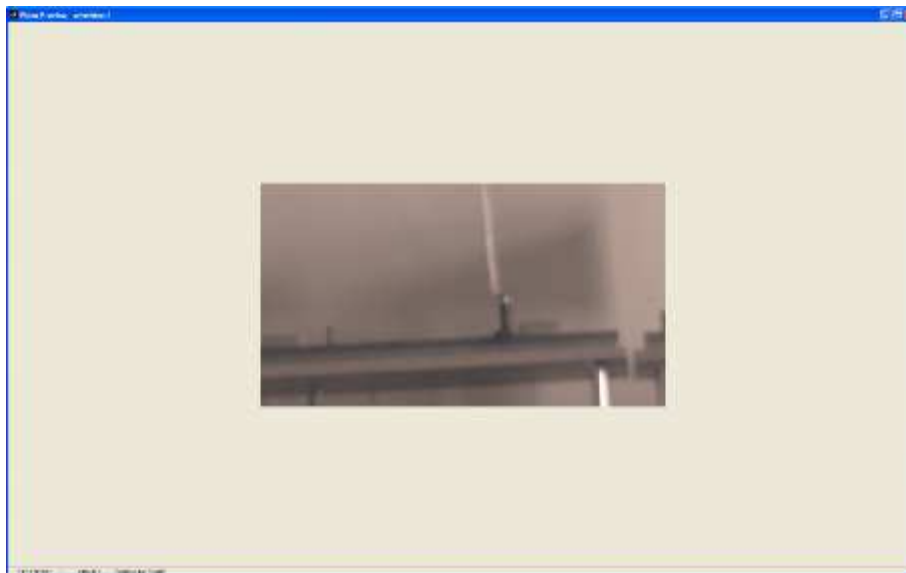


Рис. 10. Результат запуска m-файла с сохраненными настройками камеры

Следует иметь ввиду, что в случае если ранее от той же камеры был запущен режим Preview и не остановлен (не закрыто окно Preview), то вы получите сообщение об ошибке в основном окне программы Matlab о том, что это видеопоток уже занят (Рис. 11). В этом случае старое окно Preview следует закрыть, тем самым, остановив видеопоток от данной камеры.

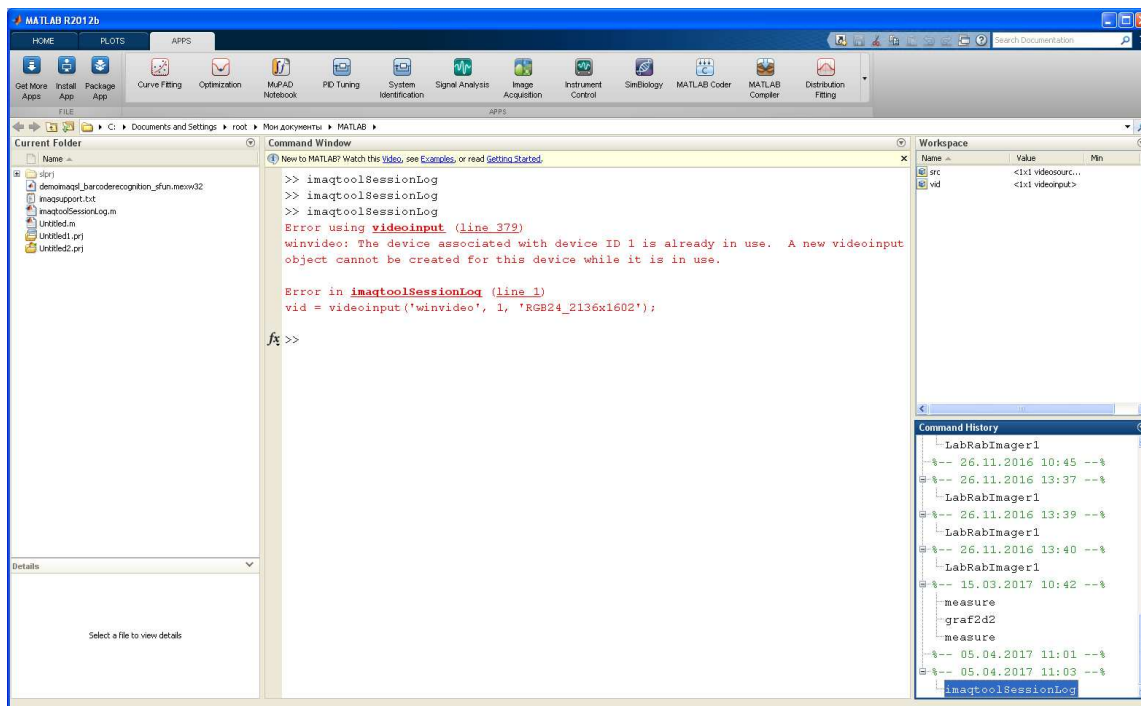


Рис. 11. Сообщение об ошибке при попытке обращения к уже открытому видеопотоку

Работа одновременно с несколькими видеисточниками

Этот пункт выполняется только в том случае, если к компьютеру подключено две или более видеокамеры. Вновь запустите Image Acquisition Tool и выберите из списка полученных камер один из режимов с максимальным разрешением. Запустите режим Preview. Убедитесь, что вы получаете видеопоток. Затем перейдите к спискам режимов второй камеры и также выберите один из режимов с максимальным разрешением. Запустите Preview и убедитесь, что теперь вы видите изображение уже с другой камеры.

Скопируйте скрипт из правого нижнего окна в m-файл любым уже известным вам способом. Вы получите окно m-файла примерно как на рис. 12.

При попытке запуска такого m-файла возможно появление ошибки в главном окне Matlab (Рис. 13). Смысл этой ошибки заключается в том, что для обеих камер в скрипте используется одна и та же переменная видеопотока vid. Поэтому при запуске скрипта обнаруживается попытка использования одного и того же видеопотока для обеих камер.

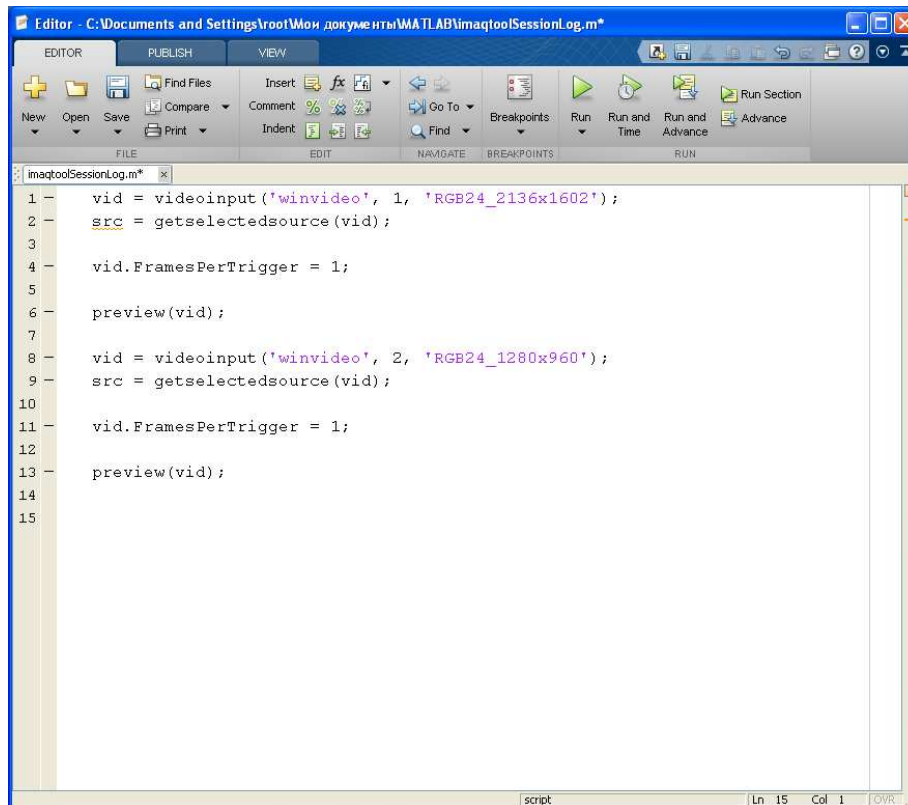


Рис. 12. Окно с настройками и запуском сразу двух видеопотоков с двух камер

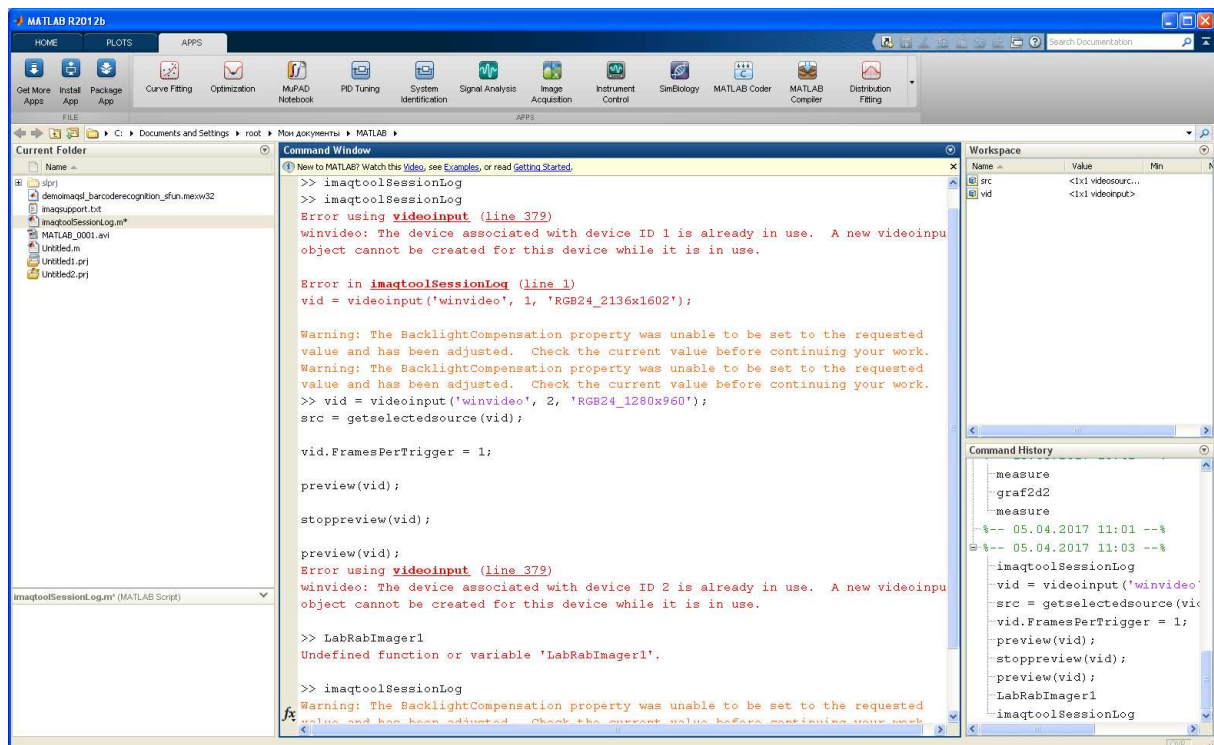
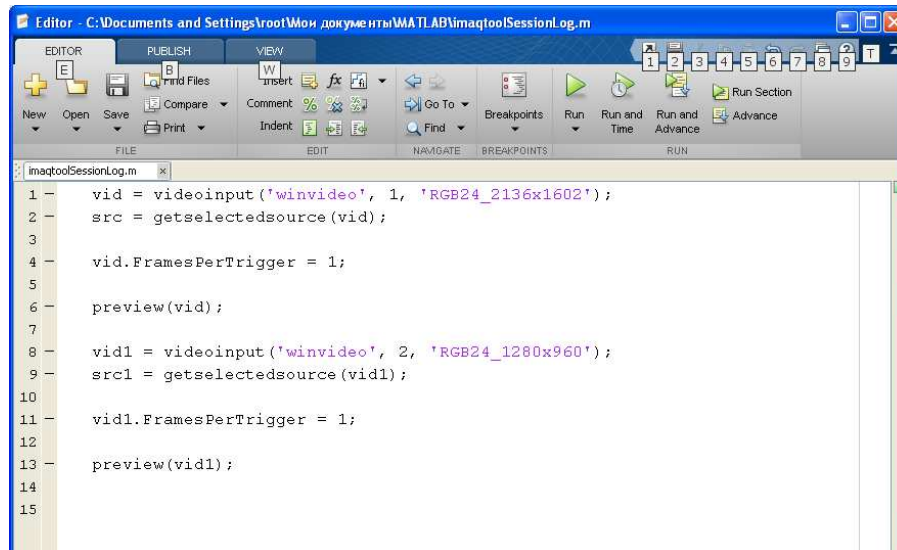


Рис. 13. Ошибка, возникающая в окне Matlab при попытке использовать одну переменную видеопотока сразу для двух камер

Отредактируйте m-файл вручную таким образом, чтобы для первой камеры использовался видеопоток vid, а для второй камеры видеопоток vid1 (Рис. 14). Аналогично, для второй камеры переименуйте имя источника (камеры) на src1.



```
1 - vid = videoinput('winvideo', 1, 'RGB24_2136x1602');
2 - src = getselectedsource(vid);
3
4 - vid.FramesPerTrigger = 1;
5
6 - preview(vid);
7
8 - vid1 = videoinput('winvideo', 2, 'RGB24_1280x960');
9 - src1 = getselectedsource(vid1);
10
11 - vid1.FramesPerTrigger = 1;
12
13 - preview(vid1);
14
15
```

Рис. 14. Исправленный m-файл для двух камер

Запустите исправленный m-файл. На экране вы должны увидеть два запущенных окна Preview, которые соответствуют двум камерам (Рис. 15).



Рис. 15. Окна Preview для двух используемых камер

Обратите внимание на окно Workspace в правом верхнем углу программы Matlab (Рис. 16). Там имеется информация обо всех переменных, которые создаются и используются по мере создания и запуска программ.

Для нашего случая в этом окне будут сведения о двух используемых видеисточниках (камерах) src и src1 и двух видеопотоках vid и vid1. Информацию об этих объектах можно получить, щелкнув мышкой по каждому из них (Рис. 17).

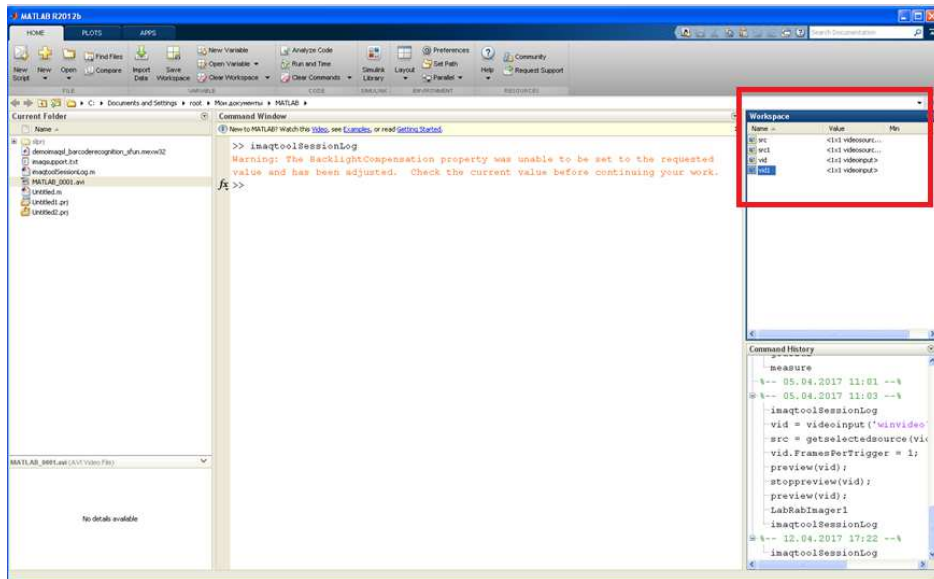


Рис. 16. Положение окна Workspace в программе Matlab

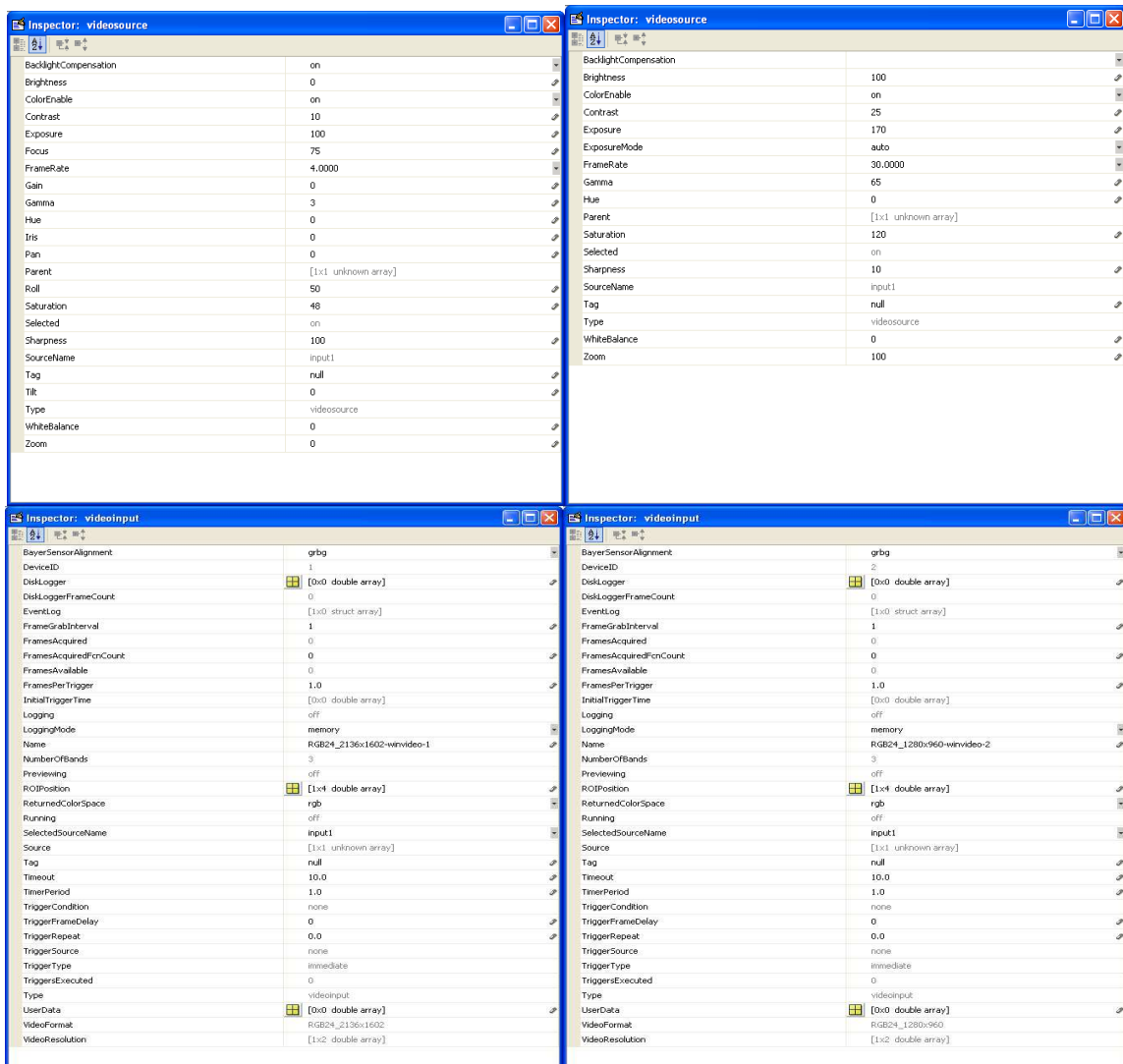


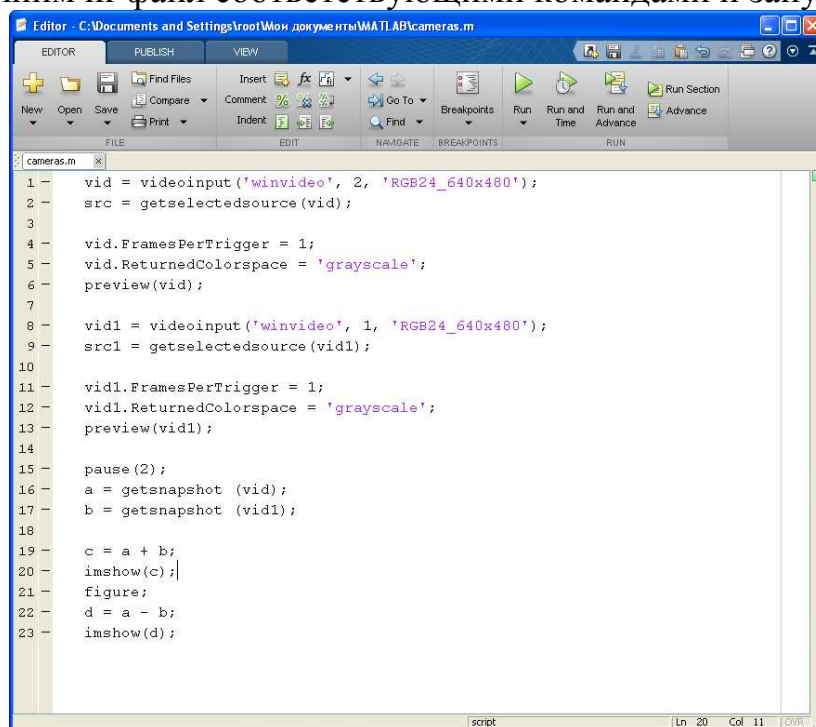
Рис. 17. Информация об объектах src и src1, vid и vid1

Совместная обработка изображений от двух источников

С помощью приложения Image Acquisition Tool создайте скрипты для обеих камер при одинаковых настройках и занесите их в открытый m-файл (Рис. 18). Например, в нашем случае это будут режимы 'RGB24_640x480'. Кроме того, для каждой камеры выберите черно-белый режим 'grayscale'. Как уже отмечалось ранее, придется вручную переименовать один из видеисточников и видеопотоков. Далее по ходу выполнения программы следует предусмотреть небольшую задержку (2 секунды), которая потребуется для выхода обеих камер на установившийся режим работы. Затем из обоих видеопотоков получим по одной реализации кадра, соответственно a и b для первой и второй камер. Визуализировать их нет смысла, так как они повторяют изображения из черно-белого Preview для обеих камер.

Следующими командами создадим суммарный кадр $c = a + b$ и межкадровую разность $d = a - b$. Полученные изображения c и d можно визуализировать.

Дополним m-файл соответствующими командами и запустим его.



```
1 - vid = videoinput('winvideo', 2, 'RGB24_640x480');
2 - src = getselectedsource(vid);
3
4 - vid.FramesPerTrigger = 1;
5 - vid.ReturnedColorspace = 'grayscale';
6 - preview(vid);
7
8 - vid1 = videoinput('winvideo', 1, 'RGB24_640x480');
9 - src1 = getselectedsource(vid1);
10
11 - vid1.FramesPerTrigger = 1;
12 - vid1.ReturnedColorspace = 'grayscale';
13 - preview(vid1);
14
15 - pause(2);
16 - a = getsnapshot(vid);
17 - b = getsnapshot(vid1);
18
19 - c = a + b;
20 - imshow(c);
21 - figure;
22 - d = a - b;
23 - imshow(d);
```

Рис. 18. m-файл, выполняющий захват изображений одновременно с двух камер, перевод изображений из цветного в черно-белое и создающий сумму двух кадров и межкадровую разность

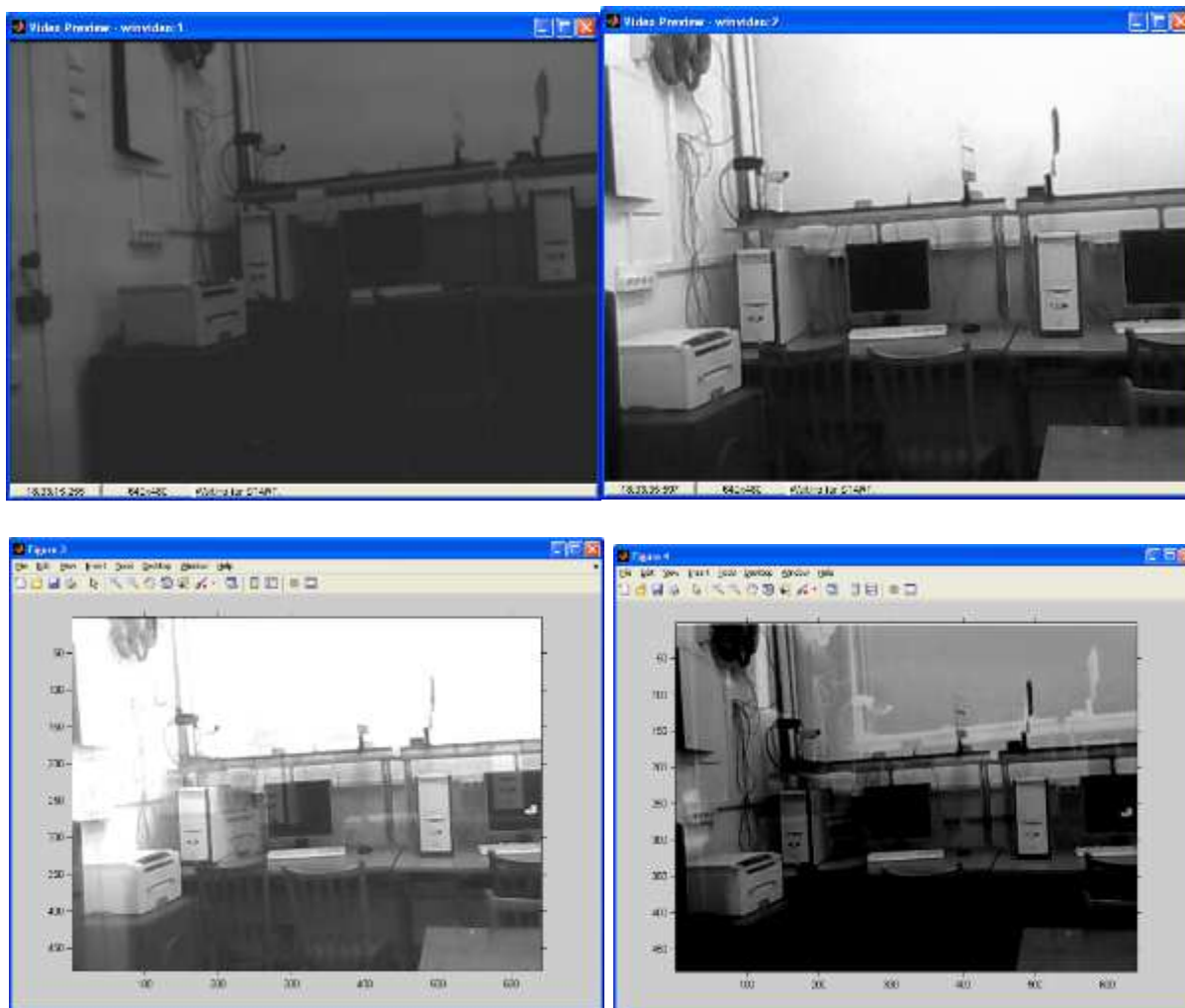


Рис. 19. Результат работы запущенного m-файла, текст из которого приведен на рис. 18

Следует обратить внимание, что после выполнения указанного m-файла в окне Workspace помимо уже известных объектов src и src1, vid и vid1 появятся и вновь введенные объекты a,b,c,d. Каждый из этих объектов после перевода изображений в черно-белое представление представлены в виде двумерных матриц размерностью 640x480 (выбранный нами формат изображения). Каждый элемент представлен в виде целого однобайтового числа (Рис. 20).

Таким образом, каждую из этих матриц в дальнейшем можно обрабатывать с использованием любых численных методов, использующих как операции с матрицами, так и с отдельными целочисленными переменными.

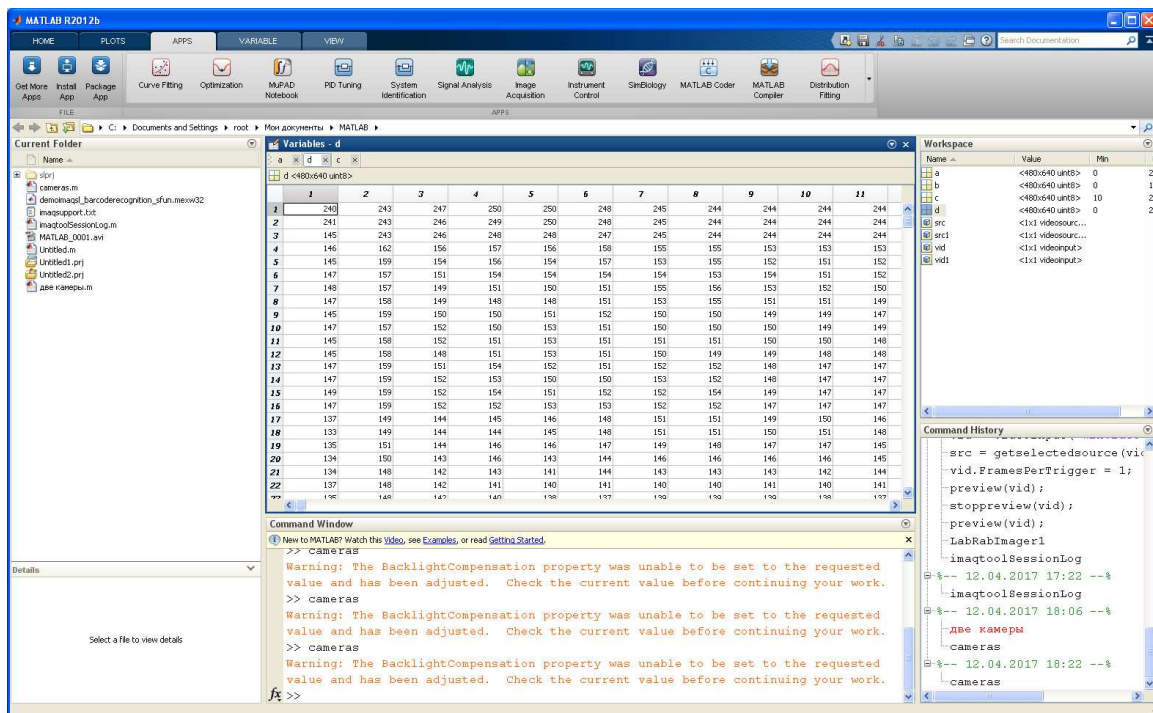


Рис. 20. Матричное представление одного из полученных изображений

По окончании работы самостоятельно оборудование не выключать, а обратиться к преподавателю или лаборанту.

Вопросы по работе.

1. Что такое пакет Matlab?
2. Для чего можно использовать приложение Image Acquisition Tool?
3. Как можно получить и использовать видеопоток с реальных камер в программах Matlab?
4. Какие камеры и источники видеосигнала можно использовать в пакете Matlab?
5. Какими параметрами камер можно управлять в Matlab?
6. Как получить изображение в виде матрицы для последующей обработки?
7. Что такое m-файл?

Литература.

1. В.П. Дьяконов. Matlab 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6. Работа с изображениями и видеопотоками. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 400с.
2. Цветная мегапиксельная телевизионная камера высокого разрешения в корпусе внутреннего исполнения Модель VEC-545-USB. Электронный ресурс http://evs.ru/d_sheet/VEC-545-USB.pdf

Лабораторная работа №3

Изучение телевизионной сетевой IP-камеры на основе КМОП-фотоприемника

Цель работы:

- изучить принцип работы телевизионной IP-камеры.
- изучить основные режимы работы, параметры и характеристики телевизионной IP-камеры в различных режимах ее работы.

При выполнении работы предполагается, что студент имеет минимальные навыки работы с персональным компьютером в операционной системе Windows XP, а также знаком с текстовым процессором MS Word.

Краткие теоретические сведения

Состав установки*:

Универсальная лабораторная установка (см. введение рис. 1-2), включающая в себя:

- персональный компьютер и монитор,
- камера VEC-555-IP (VEC-556-IP) с интерфейсом Ethernet на жестком основании,
- транспарант с установленной на нем измерительной телевизионной таблицей,
- светодиодный осветитель,
- блок питания осветителя.

Если в составе установки есть компьютерный осциллограф, то он должен быть отключен.

Используемое программное обеспечение:

- Операционная система MS Windows XP Professional,
- Интернет-браузер с поддержкой надстроек
- Редактор MS Word.
- шаблон отчета в формате MS Word.

Функциональная схема лабораторной установки приведена на рис. 1. Функциональная схема камеры приведена на рис. 2.

**На рабочем месте могут находиться и другие приборы, не имеющие отношения к данной работе. Эти приборы включать и передвигать запрещается.*

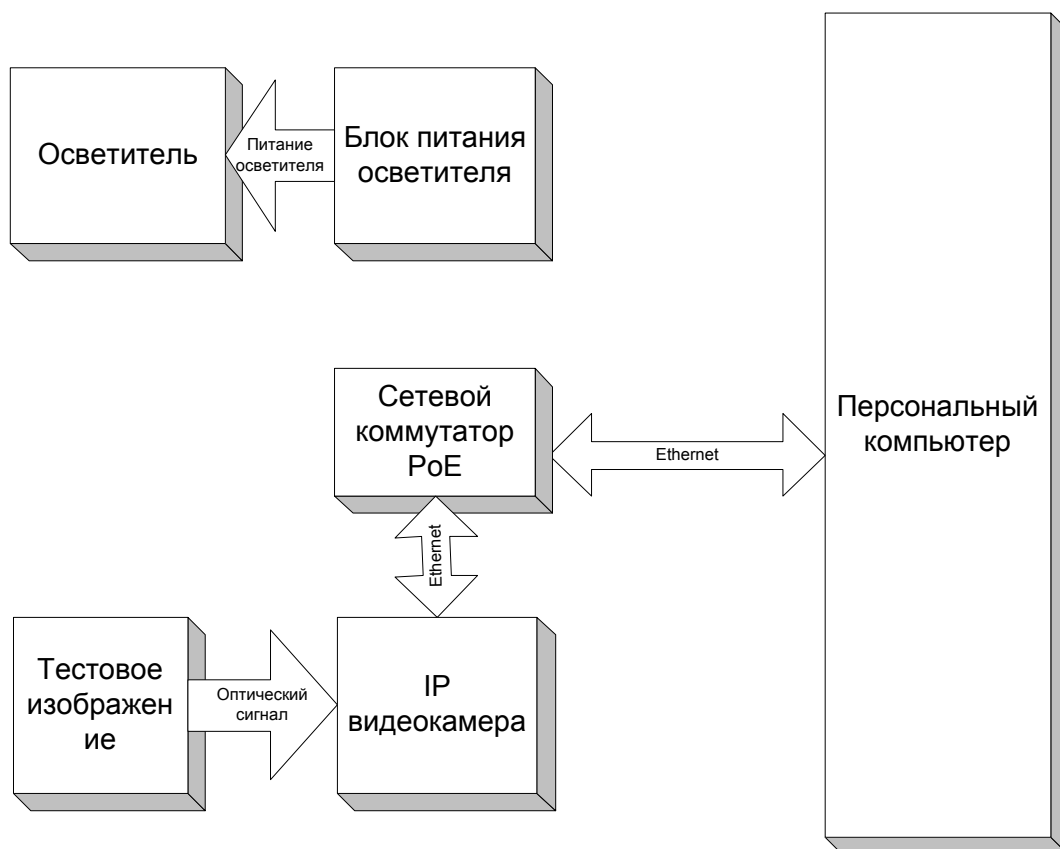


Рис. 1. Функциональная схема лабораторной установки

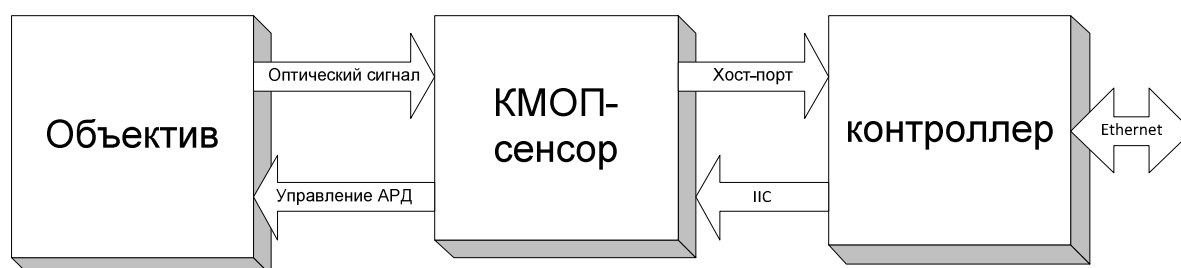


Рис. 2. Функциональная схема камеры

В составе лабораторной установки имеется персональный компьютер с монитором, клавиатурой и мышью. Особенностей данный персональный компьютер не имеет за исключением монитора с высокой разрешающей способностью. Последнее необходимо для работы с камерой высокого разрешения.

Тестовое изображение представляет собой телевизионную таблицу и вспомогательные изображения, по которым удобно оценивать параметры видеосигнала (рис. 3).

IP-видеокамера посредством патч-корда подключена к сетевому коммутатору с функцией PoE. При этом обеспечивается электропитание

камер непосредственно от сетевого коммутатора. При отсутствии функции PoE потребуется внешний блок питания камеры.

К сетевому коммутатору подключен и персональный компьютер.

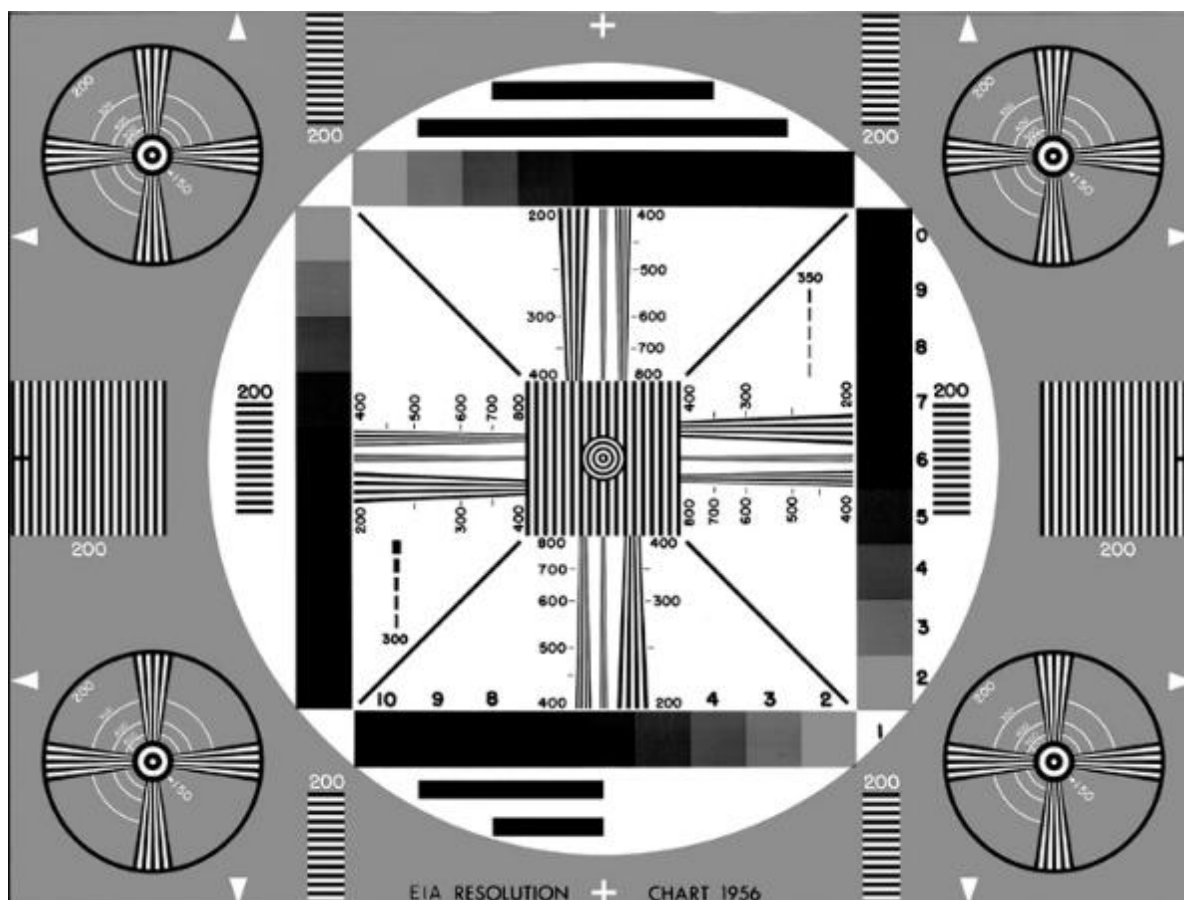


Рис. 3. Тестовая таблица

Общие сведения о IP-камере VEC-555-IP (VEC-556-IP)

IP камеры в корпусе внутреннего/наружного исполнения предназначены для работы в телевизионных системах наблюдения, в том числе и в охранных телевизионных системах.

Особенностью камер является сочетание высокого качества изображения, быстродействия, большого выбора форматов и алгоритмов компрессии при малых габаритах и энергопотреблении.

Камеры выполнены с использованием КМОП-матриц с чувствительностью 0.2 люкс и для передачи в компьютерную сеть формируют до 3-х видеопотоков в форматах JPEG, MPEG4 и (или) H.264 с разрешением от QVGA до 5 мегапикселей.

В камере могут быть установлены любые типов объективов: (manual, direct drive) с креплением CS-mount. Угол поля зрения определяется используемым объективом.

Камеры выпускаются в двух типах корпусов. Для работы в условиях улицы камера выполнена в герметичном корпусе из ударопрочного поликарбоната, имеет систему подогрева иллюминатора, что обеспечивает диапазон рабочих температур от -40 до +45 С (V*N). Для работы в помещениях камера выпускается в универсальном металлическом корпусе (V*С).

В новой серии IP камер заложены алгоритмы видеоаналитики, такие как обнаружение движения, обнаружение и распознавание человеческих лиц, компенсация дрожания камеры.

В будущем планируется добавление в камеру новых алгоритмов видеоаналитики (расширение динамического диапазона, приватные зоны и т.п.).

Особенности ip камер vec-555-ip

- Высокая чувствительность (0,2 люкс при F1,2 и отношении сигнал/шум 20 дБ) позволяет получать цветное изображение в условиях ночного города при уличном освещении.
- Встроенный двухкоординатный корректор четкости в сочетании с эффективной системой шумоподавления позволяет получить изображения максимальной чёткости (1000 ТВЛ) в режиме 1600 x 1200 (2MP), (1250 ТВЛ) в режиме 2048 x 1536 (3MP), (1500 ТВЛ) в режиме 2592 x 1920 (5MP) при минимальном уровне шума.
- Эффективная система автоматического электронного затвора и полное отсутствие смаза изображения от ярких объектов позволяет использовать в камерах объективы с постоянной диафрагмой при наблюдении в широком диапазоне освещённостей вплоть до яркого солнечного света.
- Встроенные аппаратно алгоритмы сжатия изображений Motion JPEG, MPEG4 и H.264 с регулируемыми коэффициентами компрессии и частотами кадров позволяет снизить загрузку на линию связи.
- Для передачи данных применён протокол RTSP. Возможна передача данных в режимах Unicast и Multicast (при 2-х и 3-х потоковых режимах работы).
- Окно для работы с камерой в IE8 (слева) и визуализация двух потокового (центр) и Визуализация двух потокового (слева) и трех потокового (справа) режимов работы камеры VEC-555-IP в окне Internet Explorer.

Дополнительные возможности

- В двух и трех потоковых режимах обеспечивается режим работы камеры в форматах: Dual - 1920 x 1080 (30 Гц), Tri - 1280 x 720 (30 Гц)
- Возможны режимы работы камеры Unicast и Multicast.

- Для достижения оптимальной загрузки компьютерной сети, в камерах предусмотрены дискретные регулировки частот кадров и коэффициентов компрессии.
- Также возможно назначение переменного, или постоянного потока передачи данных.
- Помимо изменений формата и компрессии, возможно управление другими параметрами телевизионной камеры, такими как яркость, контрастность, чёткость, насыщенность, баланс белого, включение VLC и режимов работы:
 - автоматической регулировки усиления;
 - автоматической экспозиции;
 - подавителя шума;
 - ночного режима;
 - бининга;
 - скипинга;
 - оконного режима;
 - подавления мерцаний
- В поле "Camera" задается имя камеры, по умолчанию - VEC-555-IP.
- В меню "Stream Type" выбирается количество потоков, передаваемых камерой.
- В меню "Codec Combo" выбирается кодек для соответствующего потока/потоков.
- В меню "Resolution" выбирается разрешение изображения.
- На вкладке/вкладках "Stream" устанавливаются параметры для соответствующего потока - частота кадров, скорость передачи данных, переменный/постоянный битрейт. В поле "Overlay Setting" задается наложение на изображение служебной информации.
- В меню "Local Display Video" выбирается стандарт выводимого на контрольный разъем видеосигнала. Этот же сигнал используется для работы объективов с АРД. При выборе в данном меню параметра "OFF" сигнал на контрольном разъеме выключается.
- Раздел "Video File" используется для настройки записи видео. Параметр "Video Size" задает длительность записываемого видеофрагмента (5 или 10 сек). Параметр "Stream" позволяет выбрать поток, который будет записываться в случае, если включен многопоточный режим.

Конструкция камеры

Конструктивно камера выполнена на трех печатных платах с двухсторонним расположением элементов. В камере широко применены SMD компоненты. Платы камеры помещены в металлический корпус. На передней стенке камеры расположен держатель объектива C/CS-Mount с

фиксирующими объектив винтами. На боковой стенке корпуса расположен разъем для подключения АД-объектива "DIRECT DRIVE".

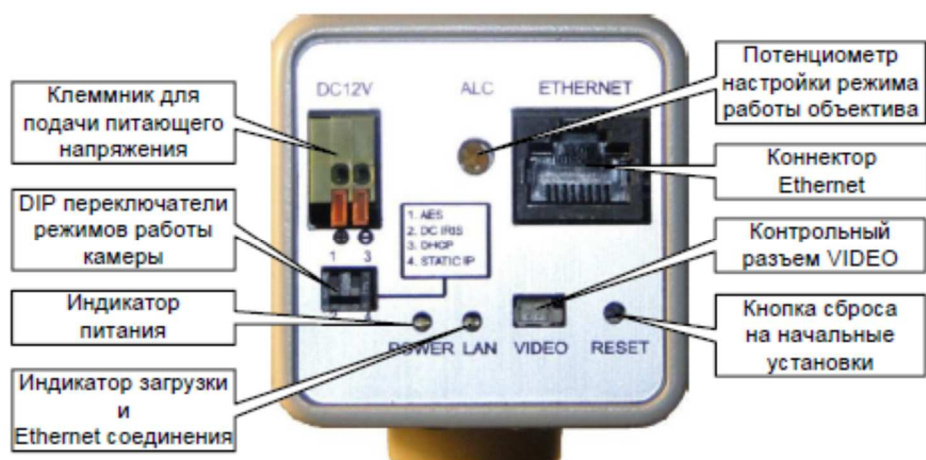


Рис. 4. Расположение разъемов и органов управления на задней стенке

- Разъем сетевой "ETHERNET" - для подключения к сети Ethernet и подачи питания передаваемого по сети с использованием стандарта PoE (Power over Ethernet).
- Клеммник "DC 12V" - для подключения к источнику питания с постоянным выходным напряжением 12В.
- "ALC" - потенциометр регулировки диафрагмы АД-объектива.
- "POWER" - индикатор подачи питания.
- "LAN" - индикатор загрузки камеры и подключения к сети Ethernet.
- "VIDEO" - контрольный разъем для подключения монитора.
- "RESET" - кнопка сброса камеры к начальным установкам.
- 1,2,3,4 - DIP переключатели режимов работы камеры.

Подключение камеры

Для подключения камеры к компьютеру необходимо наличие сетевого коммутатора (switch).

С помощью DIP переключателя перед включением питания камеры требуется выбрать тип объектива и IP-адреса.

DIP переключатели режимов работы камеры

1. "AES" (Auto Electric Shutter) - при использовании в камере объективов с ручной регулировкой диафрагмы.
2. "DC IRIS" - при использовании в камере объективов с автоматической регулировкой диафрагмы
3. "DHCP" - динамический IP-адрес.
4. "STATIC IP" - статический IP-адрес.

Питание камеры осуществляется от источника постоянного напряжения 12В/0.5А (разъем "DC12V"). Либо через разъем "Ethernet", в том случае, если используемый switch имеет функцию питания по сети (PoE).

После подачи питания, процесс загрузки камеры составляет от 10 до 25 секунд (в зависимости от типа камеры и версии ПО). По окончании загрузки свечение светодиодов зеленым цветом означает готовность камеры к работе. Свечение светодиода "LAN" оранжевым (зеленый+красный) свидетельствует о наличии ошибки в результате загрузки, либо неподключенном сетевом кабеле.

Порядок выполнения работы

1. Подготовка к работе

Изучить теоретическую часть работы.

С помощью лаборанта или преподавателя включить лабораторную установку. Самостоятельно включать лабораторное оборудование запрещается!

Порядок включения следующий:

Включить персональный компьютер и дождаться загрузки ОС Windows. Одновременно с компьютером включается и камера.

Включить подсветку экрана тестовой таблицы.

2. Запуск в Internet Explorer

Запустить интернет-браузер Internet Explorer. В строке браузера ввести предустановленный статический IP-адрес камеры: **192.168.1.168**.

Внимание! Если обе камеры имеют один и тот же статический адрес, то следует отключить одну из камер и у оставшейся изменить статический адрес, например, на 192.168.1.169.

Для работы с камерой необходима загрузка элемента управления **ActivX**. Она производится автоматически при обращении по указанному адресу камеры. При этом настройка безопасности обозревателя не должна этому препятствовать. Загрузка может быть заблокирована, в том случае, если **ActivX** является не подписанным. Для подписи необходимо в окне предупреждения нажать «Unknown Publisher», далее «View Certificate» и «Install Certificate...». Либо в настройках обозревателя во вкладке безопасности, разрешить загрузку неподписанных элементов управления.

По окончании загрузки в окне браузера появится окно авторизации пользователя (Рис. 5). Для входа необходимо использовать следующие значения:

User name: user

Password: 9999



Рис. 5. Начальная страница ip-камеры

После введенного пароля открывается основное окно камеры Live Video (Рис. 6).

Вкладка содержит окно визуализации изображения. В поле “Select Stream” выводится название запущенного потока. В случае 2-х или 3-х потокового режима, в этом поле можно выбрать поток для визуализации либо все сразу.

Подсвечивание желтым цветом значков с изображением колокольчика и диска, означают соответственно срабатывание тревоги и запись.



Рис. 6 . Окна Live Video. Верхнее – в оконном режиме, нижнее – в режиме 1X Display

3. Изучение основных режимов работы

Включите полноэкранный режим, нажав на кнопку 1x display в верхней части окна браузера. В этом режиме вы можете посмотреть

видеосигнал с камеры в максимальном масштабе. Но для управления камерой требуется перейти обратно в режим малого окна, нажав на кнопку Close 1x mode. После этого становятся видны пункты меню.

Режимы работы камеры устанавливаются посредством выбора нужных пунктов в меню камеры.

Меню **Settings** состоит из нескольких подменю:

- Video
- Advanced Features
- Camera
- Date/Time
- Network and Port
- Alarm
- Storage

Video

Перейдите в пункт меню Video (Рис. 7).

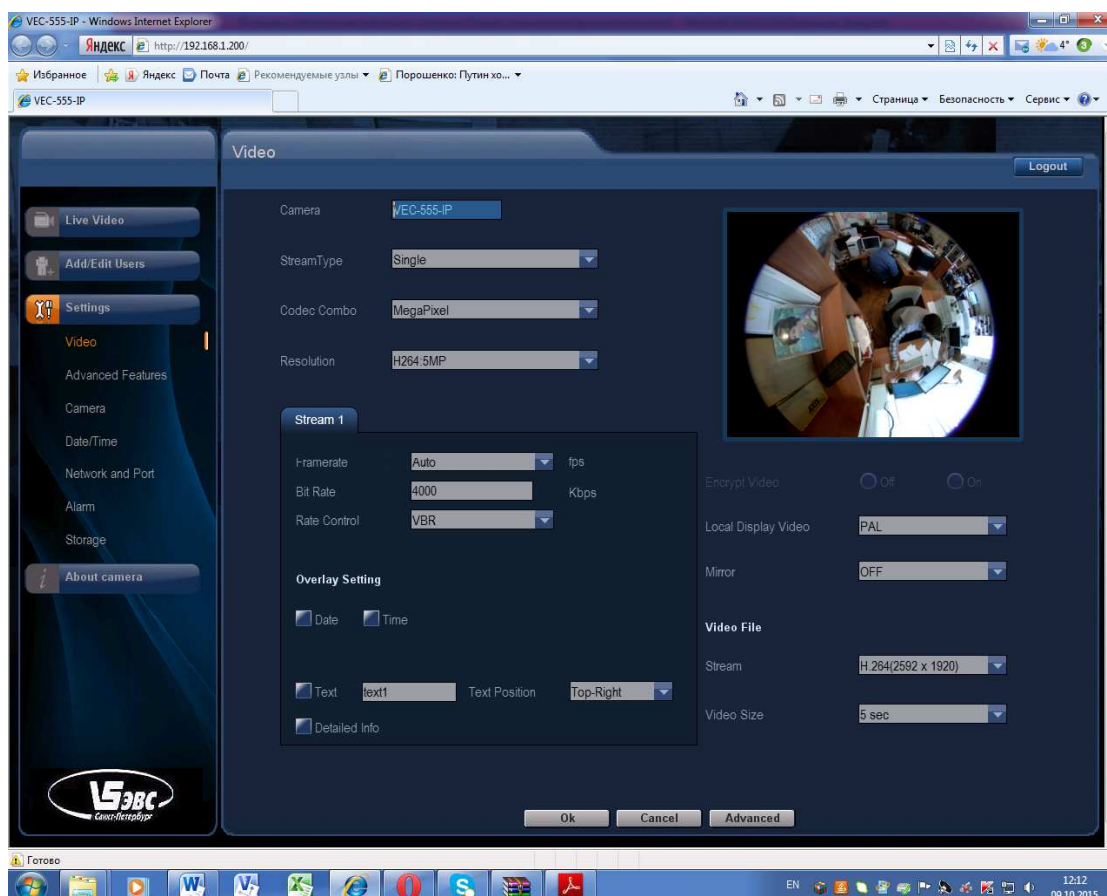


Рис. 7. Пункт меню Video

Поле **Camera** позволяет задать имя камеры.

В меню **Stream Type** выбирается количество потоков, передаваемых камерой.

В меню **Codec Combo** выбирается кодек для соответствующего потока или потоков.

В меню **Resolution** выбирается разрешение изображения.

Вкладка **Stream** позволяет изменять параметры для соответствующего потока – частота кадров, степень сжатия потока данных, а также выбирать тип битрейта, переменный или постоянный.

Частота кадров. В зависимости от выбранного значения параметра **Codec Combo**, можно выбрать требуемое значение частоты кадров для JPEG, MPEG4 и H264.

“Codec Combo” - H264/MPEG4	
Resolution	Framerate, fps
720	8,15,24,30
D1	8,15,24,30
SXVGA	8,15,24,30
1080	8,15,24,30
720MAX60	60

Степень сжатия потока данных **Bit Rate**. Изменение значения битрейта для MPEG4 и H264. Для первого потока допускается регулировка значения в пределах от 64 до 12000. Для второго и третьего – от 64 до 8000.

JPEG Quality. Изменение сжатия потока для JPEG. Допускается регулировка значения от 5 до 99.

Тип битрейта.

Rate Control = OFF – регулировка битрейта отключена.

Rate Control = VBR – переменный битрейт.

Rate Control = CBR – постоянный битрейт. Для получения заданного значения битрейта, возможен пропуск кадров.

Поле **Overlay Setting** позволяет осуществлять наложение служебной информации на изображение.

Меню **Local Display Video** предлагает выбор стандарта видеосигнала (PAL, NTSC), выводимого на контрольный разъем. Этот сигнал также используется для работы объективов с автоматической регулировкой диафрагмы (АРД). При выборе в данном меню значения **OFF**, сигнал на контрольном разъеме отключается.

Установите количество потоков 2. Для этого в пункте Stream Type выберите пункт Dual. Должны появиться две вкладки Stream 1 и Stream 2. Каждый из потоков можно настраивать отдельно. Для этого в пункте Codec Combo выберите нужную Вам комбинацию кодеков, например H.264 + JPEG. А в пункте Resolution выберите комбинацию нужных Вам разрешений. Для каждого потока выберите набор параметров. Причем, в зависимости от выбранного кодека этот набор может быть разным.

Установите несколько вариантов параметров, в том числе и вывод сопутствующих титров на экран. Подтвердите ввод параметров нажатием на кнопку ОК. Сделайте это для обоих потоков. Теперь перейдите в режим работы Live Video и выбирая необходимый поток в пункте Select Stream, посмотрите полученные изображения и отметьте между ними разницу.

Используя изображения клина на тестовой таблице, определите разрешение камеры в различных режимах.

Раздел **Video File** используется для настройки записи видео. Параметр **Video Size** задает длительность записываемого видеоклипа (5 или 10 сек). Параметр **Stream** позволяет выбрать поток, который будет записываться в случае, если включен многопоточный режим.

Advanced Features

В окне Advanced Features (Расширенные возможности) (Рис. 8) настраиваются такие функции, как детектор движения, обнаружение лиц и установка масок приватности.

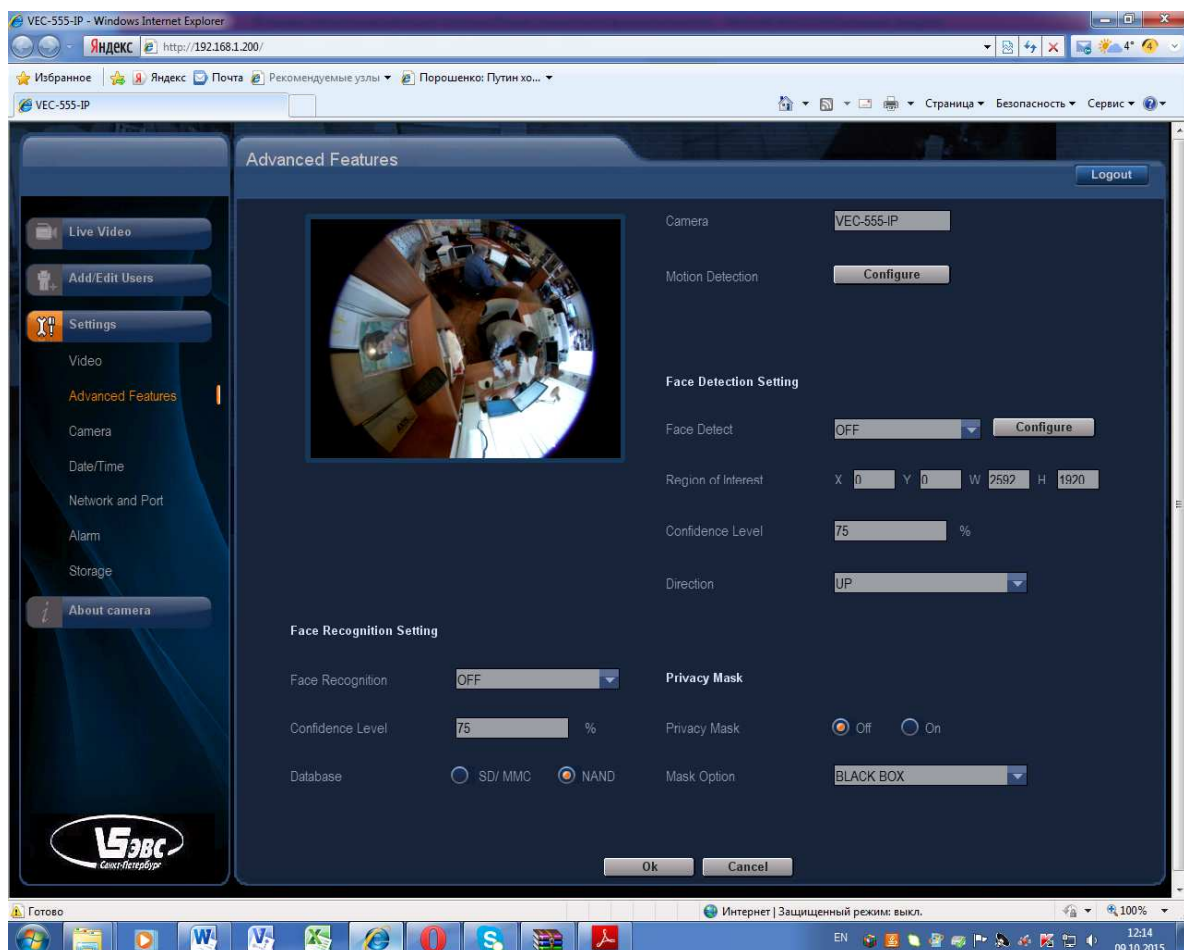


Рис. 8. Окно Расширенные возможности

На вкладке настраиваются расширенные функции камеры:
Motion Detection – детектор движения

Face Detection Setting – настройка параметров для определения лиц

Face Recognition Setting – запоминание и распознавание лиц

Privacy Mask – скрывающая маска

Для включения функции детекции движения нажать кнопку “**Configure**”, в появившемся окне (Рис. 9) настроить детектор, введя зоны его действия.

При конфигурировании детектора движения открывается отдельное дополнительное окно настроек.

Простой детектор движения характеризуется тремя основными параметрами:

- зона активности,
- чувствительность или порог срабатывания.
- величина объекта – в данной камере такой параметр отсутствует.

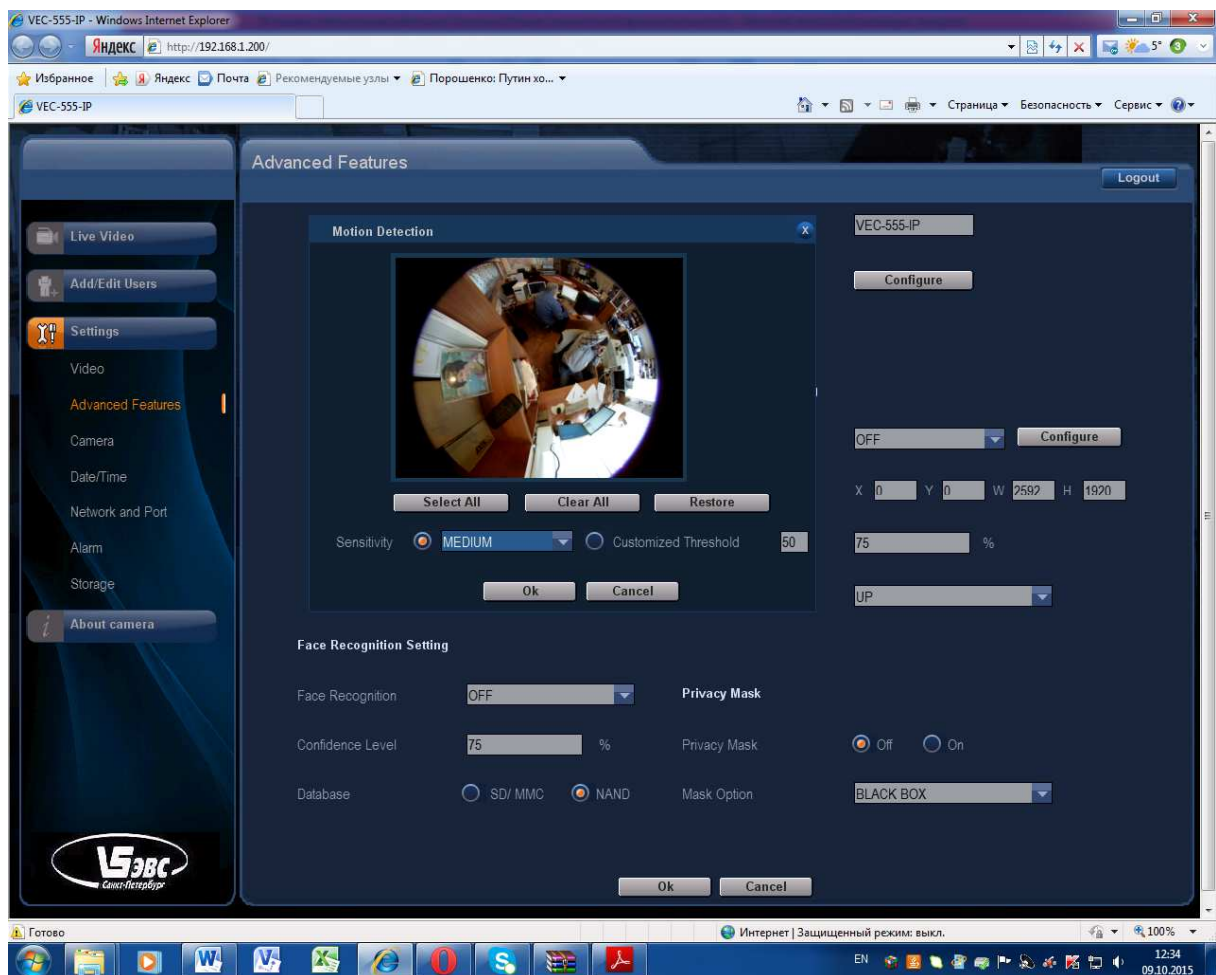


Рис. 9. Окно настройки детектора движения

Задайте некоторое количество зон активности и параметр Sensitivity как Medium. Подтвердите параметры нажатием на кнопку ОК.

Camera

На вкладке Camera (Рис. 10) настраиваются параметры изображения. Здесь присутствуют основные настройки Яркость, Контрастность, Цветовая насыщенность и Четкость.

Перемещая ползунки этих регуляторов добейтесь наиболее качественного изображения. Контроль качества изображения производится субъективно.

Дополнительные настройки позволяют включить/выключить режимы компенсации засветки (Back Light Compensation), Фильтр помех сетевой частоты 50 или 60 Гц (Flicker Control).

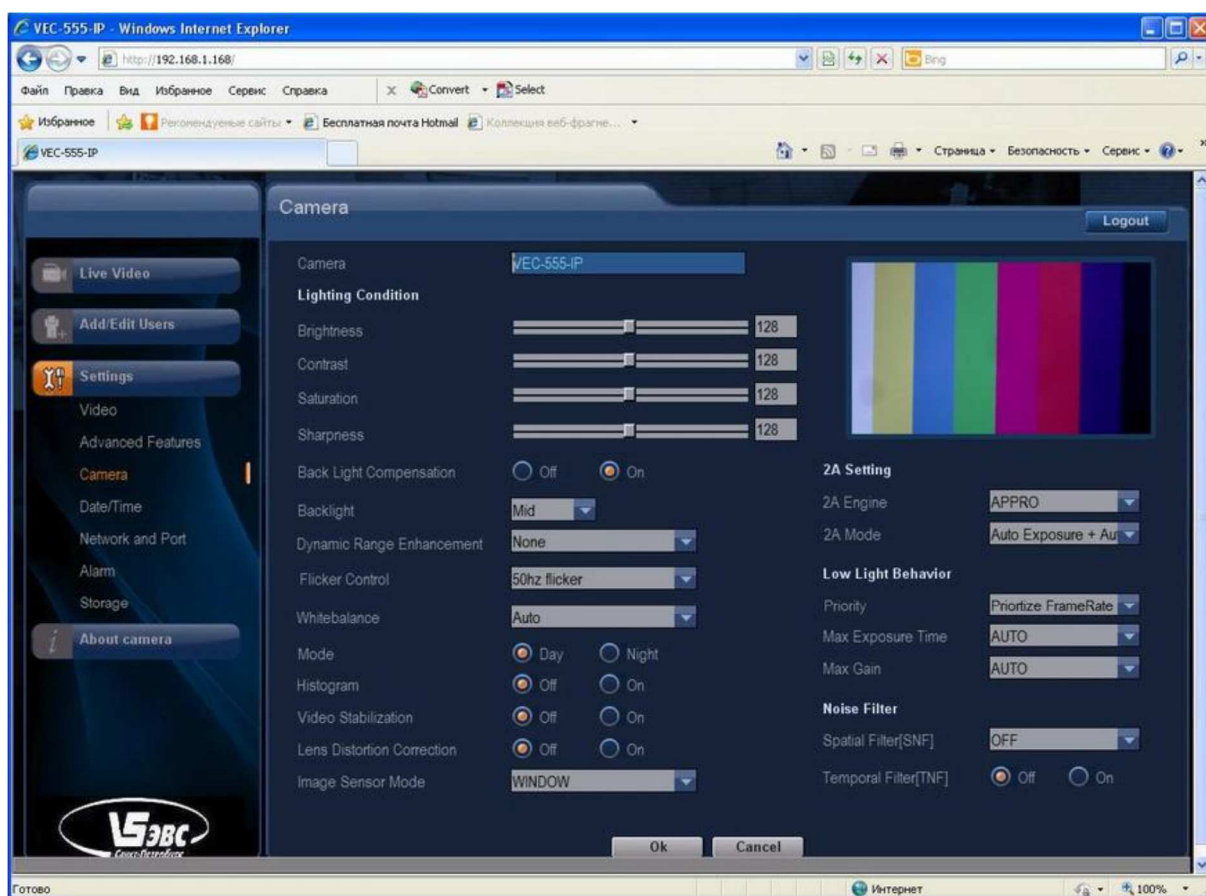


Рис. 10. Вкладка Camera

Гамма-коррекция регулируется параметром Gamma.

В случае, если выбран режим малого разрешения (Менее, чем 1280x1024), то можно выбрать режимы работы фотоприемника (Image Sensor Mode).

Режим Window – оконный режим, при котором из изображения, соответствующего полному разрешению, вырезается окно заданного разрешения.

Режим Binning – режим, при котором смежные несколько элементов объединяются в один. При этом существенно повышается чувствительность.

Режим Skipping – режим, при котором производится прореживание изображения для уменьшения его формата, но не уменьшения при этом размера фоточувствительной поверхности матрицы.

Здесь же есть возможность улучшать градационную характеристику камеры путем включения режима анализа гистограммы (Histogram).

Режим Video Stabilization – программная функция, обеспечивающая цифровую стабилизацию изображения.

Шумоподавление представлено двумя фильтрами:

Spatial Filter – пространственный фильтр работающий в пределах одного кадра.

Temporal Filter – временной фильтр, работа которого заключается в совместной обработке последовательности кадров.

Есть также переключатель режима работы день/ночь, при котором отключается цветность при малой освещенности.

Последовательно выполните регулировку параметров камеры для каждого из указанных органов регулировки. На каждом шаге отметьте достигнутые изменения. Оставьте такие положения регулировок, при которых изображение будет максимально высокого качества. Используя изображения градационной шкалы, посмотрите, как влияют изменения настроек на градационную характеристику камеры (Рис. 11).

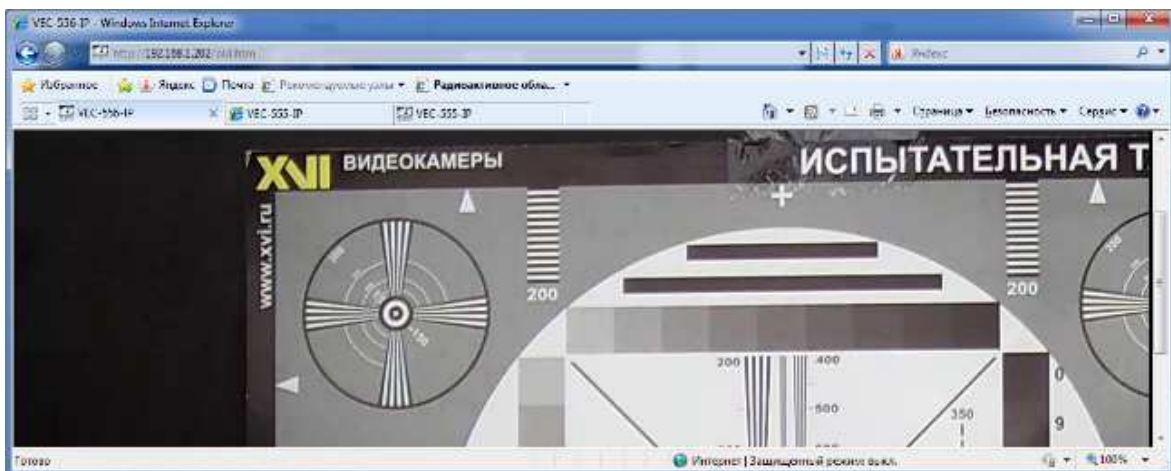


Рис. 11. Элемент таблицы, позволяющий оценить градационную характеристику камеры

Дополнительные настройки камеры

Вкладка Network and Port (Рис. 12) позволяет выставить основные сетевые настройки: IP-адрес, маску и др. Кроме того выставляются параметры протоколов FTP и RTSP, которые используются для передачи цифрового видеосигнала по сети.

Есть возможность настройки протокола SMTP передачи сообщений по электронной почте (при условии наличия выхода в Интернет).

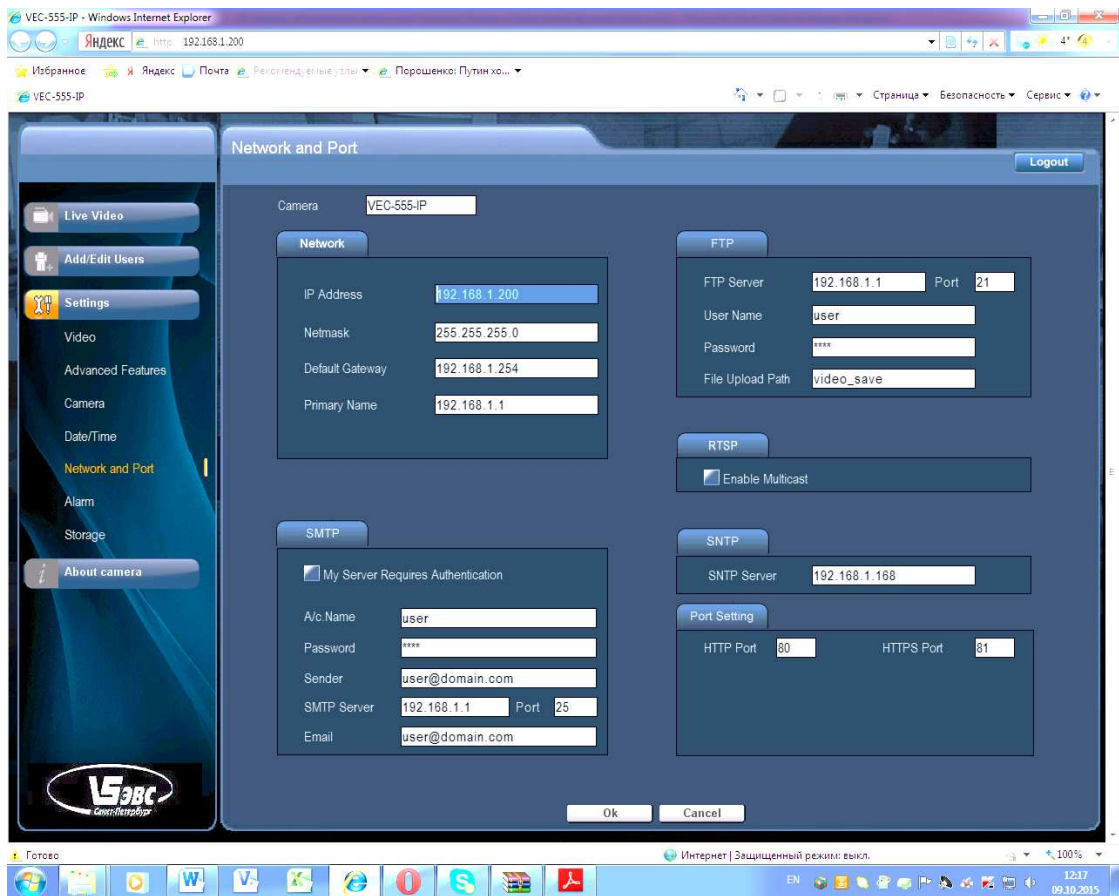


Рис. 12. Вкладка установки сетевых параметров

Вкладка **Alarm** (Рис. 13) позволяет включить сигнал тревоги по срабатыванию детектора движения (“**Motion Detection**”). Детектор движения должен быть предварительно включен (вкладка “**Advanced Features**”, п.3.2). По сигналу тревоги может производиться запись видео фрагментов на FTP-сервер или почтовый ящик по выбору. Длительность фрагментов 5 или 10 сек задается на вкладке “**Camera**”, Параметр “**Video Size**” (п.3.1). Предварительно также задаются FTP и SMTP параметры на вкладке “**Network and Port**”.

При использовании детектора движения обратить **Внимание: данная функция активна для кодеков H264 и MPEG4 при разрешении до 1080P включительно, в режиме “Megapixel” и для кодека JPEG – она не доступна.**

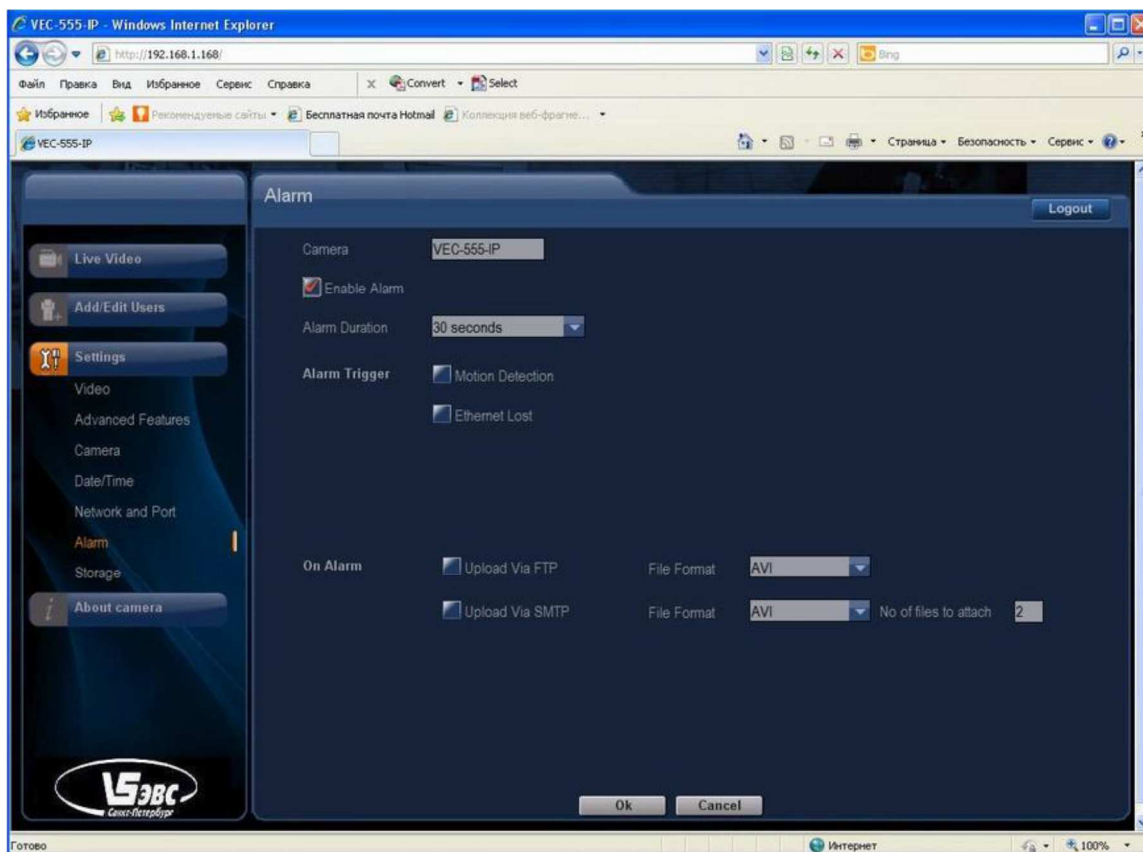


Рис. 13. Вкладка Alarm

Во вкладке ADD/EDIT USERS (Рис. 14) обеспечивается введение новых пользователей, добавление и изменение паролей для работы с камерой.

Выполните скриншоты основных окон настроек камеры и занесите их в отчет.

Содержание отчета

Отчет должен быть оформлен в электронном виде и распечатан. За основу отчета должен быть взят прилагаемый шаблон Ir.dot. В имеющемся шаблоне следует заполнить обязательные поля, включающие ФИО и группу студента, дату выполнения работы, полученные результаты, а также основные скриншоты с настройками камеры и полученными изображениями.

При необходимости, вставленные в шаблон рисунки следует отмасштабировать.

Вопросы для подготовки

1. Назовите основные элементы сетевой камеры.
2. Как обеспечивается настройка параметров сетевой камеры?
3. Какой элемент камеры формирует сигнал изображения?
4. Какой элемент камеры выполняет функцию компрессии видео?
5. Назовите основные регулировки сетевой камеры.
6. Как определяется скорость выходного потока камеры?

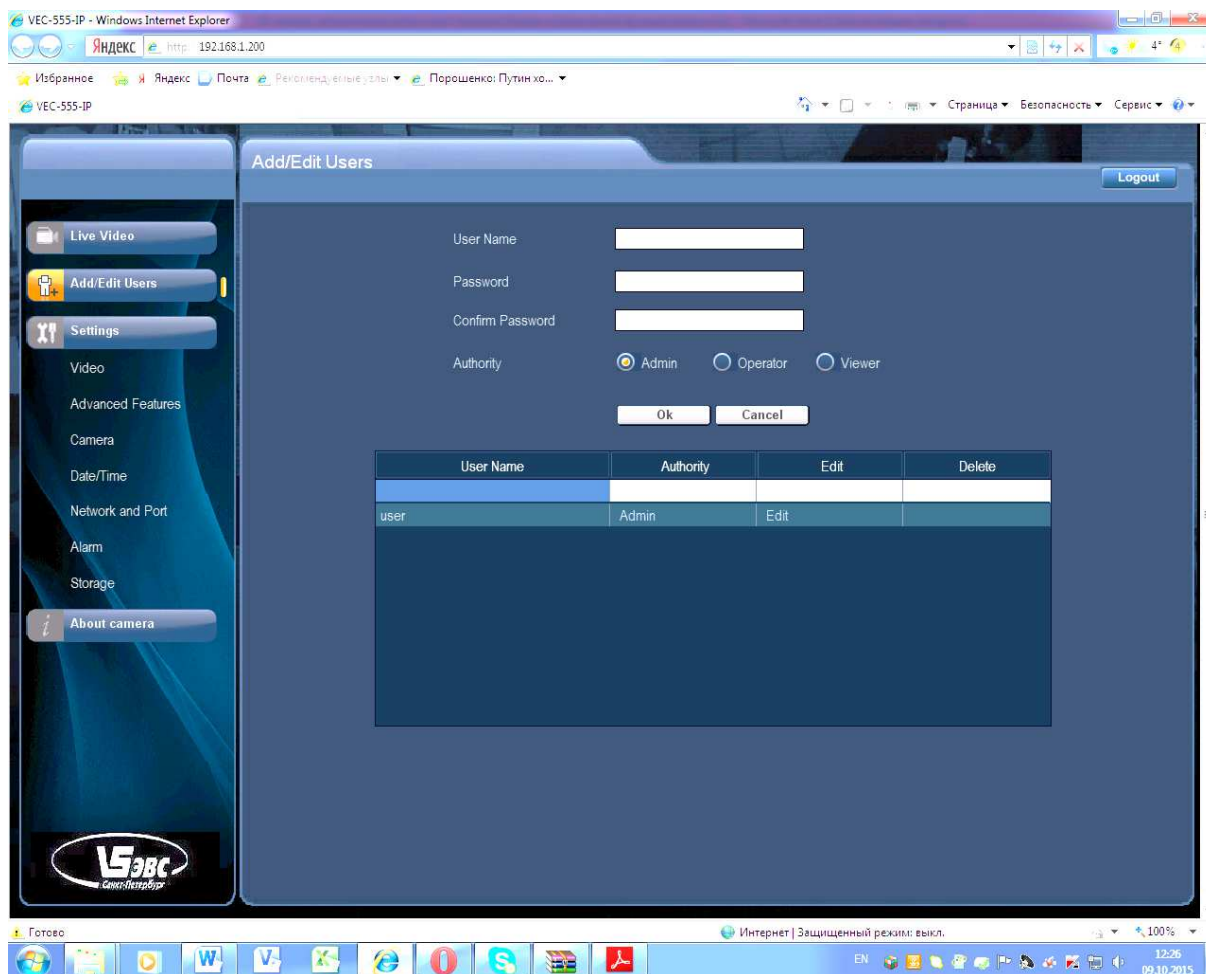


Рис. 14. Вкладка управления правами пользователей.

Литература

3. Твердотельная революция в телевидении: телевизионные приборы на основе приборов с зарядовой связью, систем на кристалле и видеосистем на кристалле/ В.В.Березин, А.А.Умбиталиев, Ш.С.Фохми, А.К.Цыцулин, Н.Н.Шипилов; Под ред. А.А. Умбиталиева и А.К.Цыцулина. – М.: Радио и связь, 2006.
4. OV5610 Color CMOS QSXGA (5.17 MPixel) CAMERACHIP with OmniPixel Technology Data Sheet. Omni Vision.
5. Сетевые телевизионные камеры VEC-255-IP, VEC-355-IP, VEC-555-IP. Руководство пользователя. Санкт-Петербург, ООО «ЭВС», 2012.

Лабораторная работа №4

Изучение камеры на основе КМОП-фотоприемника

Цель работы:

- изучить принцип работы матричного КМОП-фотоприемника, его основные параметры и характеристики.

- определить основные параметры и характеристики ТВ камеры на основе матричного КМОП-фотоприемника в различных режимах его работы.

При выполнении работы предполагается, что студент имеет минимальные навыки работы с персональным компьютером в операционной системе Windows XP, а также знаком с текстовым процессором MS Word.

Краткие теоретические сведения

Приборы с зарядовой связью, появившиеся в 1969 году привели к твердотельной революции в телевидении. В результате практически все телевизионные преобразователи изображения стали выполняться по твердотельной полупроводниковой интегральной технологии. Однако, технологические особенности ПЗС не позволяли выполнить телевизионную камеру и устройства обработки на одном кристалле, т.к. разные части камеры выполнялись по разным технологиям. В результате телевизионная камера на ФПЗС состоит, как минимум, из четырех интегральных микросхем: матричного ФПЗС, синхрогенератора, преобразователя уровней и видеопроцессора (видеоусилителя). Технически камера выполнялась на одной печатной плате, габариты которой и определяли размеры устройства в целом. Перейти на новый уровень миниатюризации и обеспечить новые функциональные возможности можно было только в случае преодоления барьера между технологиями изготовления ФПЗС и других интегральных микросхем.

Качественным шагом в дальнейшей интеграции является появление новых матричных фоточувствительных приборов – КМОП-фотоприемников. Основное отличие этих фотоприемников от ПЗС является использование другого метода реализации развертки. Как известно, ФПЗС использует перенос зарядовых пакетов по цепочке от места их формирования до выходного устройства ФПЗС (преобразователя заряда в напряжение). В КМОП-фотоприемниках используется координатная адресация к каждому элементу зарядового рельефа, полученного в результате фотогенерации. Схема КМОП-фотоприемника первого поколения приведена на рис 1.

Структура фотоприемника очень напоминает структуру микросхем динамической памяти, которая состоит из конденсаторов, содержащих информационный заряд, адресных шин и схемы управления адресацией. В

микросхемах памяти используются дискретные (бинарные) значения емкости, характерные для кодирования цифровой информации. Доступ к конденсаторам осуществляется путем двухкоординатной шинной структуры. В КМОП-фотоприемниках величина заряда в конденсаторах пропорциональна среднему значению освещенности изображения, проецируемого на этот элемент. Поэтому для передачи информации о величине освещенности в данном элементе необходимо передать заряд с конденсаторов на считывающее устройство. Для этого и используется система из двух координатных шин, с помощью которых конденсатор подключается к выходному устройству. Основным недостатком такой схемы является большая емкость координатных шин относительно емкости конденсатора фоточувствительной ячейки. В результате, сигнал с конденсатора приходит на считывающее устройство ослабленным и чувствительность такого фотоприемника оказалась невысокой.

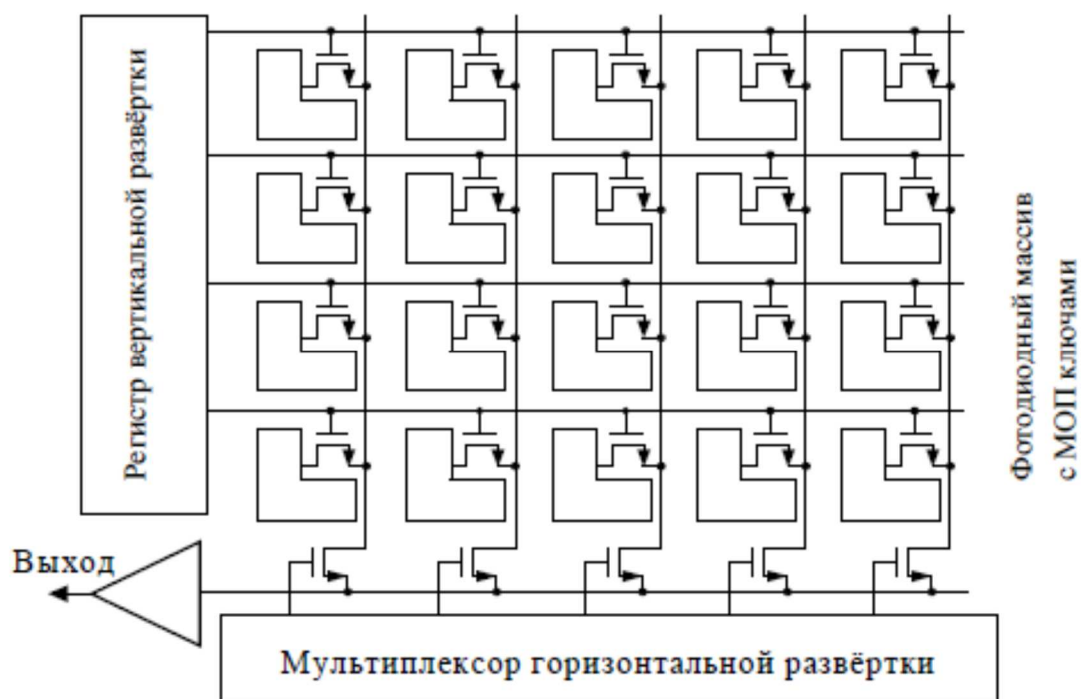


Рис. 1 Структурная схема КМОП-фотоприемника первого поколения [1].

Тем не менее, новый прибор обладал весьма существенными преимуществами:

- Технология изготовления фотоприемной матрицы оказалась совместимой с технологией изготовления большинства интегральных приборов (логических элементов, процессоров, памяти, усилителей и АЦП). Это позволило в рамках одной микросхемы создать высокоинтегрированное устройство формирования и обработки изображений.

- Произвольный доступ к элементам фоточувствительной матрицы позволил использовать гибкое управление режимами работы фотоприемника.

- Технология КМОП (комплиментарные структуры металл-окисел-полупроводник) освоена большинством производителей интегральных микросхем. Поэтому в отличие от ФПЗС их стали разрабатывать и выпускать большое число фирм. Это привело к быстрому развитию и совершенствованию этих приборов и уменьшению их стоимости.

Основной недостаток КМОП-технологии был преодолен в 1993 году с изобретением технологии активного пиксела. Речь идет о введении усилительного каскада в каждый фоточувствительный элемент матрицы (Рис. 2). В этом случае рядом с каждым фоточувствительным элементом присутствует усилитель, в простейшем случае однотранзисторный истоковый повторитель. Теперь емкость считывания и емкость видеопины оказывается разделенной этим усилителем. Емкость считывания в таком приборе примерно равна емкости фоточувствительной ячейки ФПЗС. С учетом встроенного усилителя коэффициент преобразования заряда в напряжение стал даже выше чем в приборах на ПЗС. В результате чувствительность и шумовые характеристики КМОП-фотоприемников сравнялись и даже превысили показатели ФПЗС. По мере усложнения технологии КМОП-фотоприемников усложнялась также и схемотехника встроенных усилителей активных пикселей.

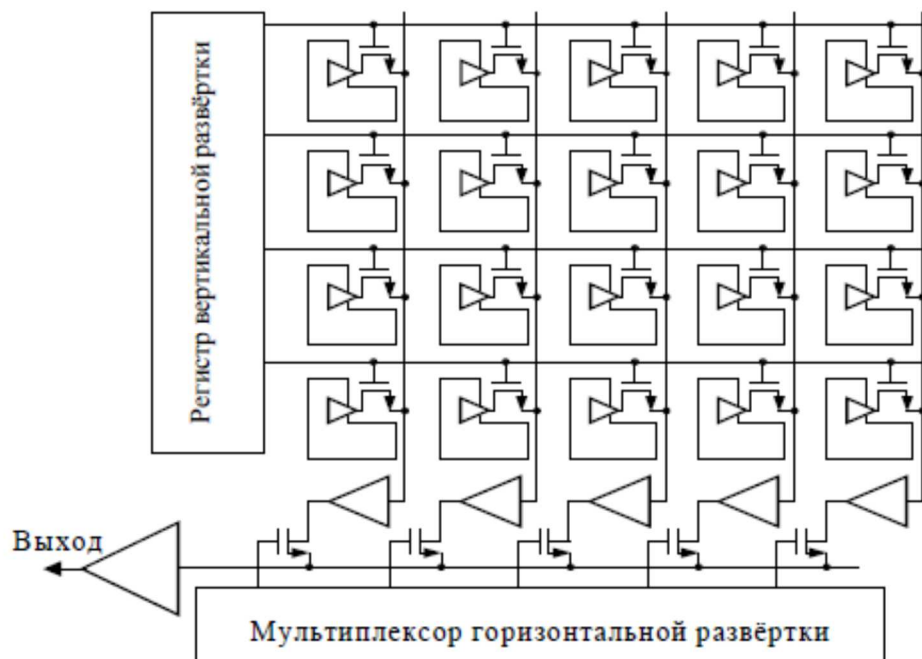


Рис. 2 Структурная схема КМОП-фотоприемника с технологией активного пиксела [1]

Еще одно важное направление развития КМОП-фотоприемников было связано с интеграцией различных узлов телевизионной камеры и устройств обработки непосредственно в кристалл фотоприемника благодаря единству КМОП-технологии. Одним из первых шагов в этом направлении была интеграция АЦП.

Одним из преимуществ КМОП-фотоприемников перед ФПЗС стала возможная высокая частота опроса элементов структуры, значительно превышающая аналогичный показатель у ФПЗС. Поэтому при такой высокой скорости опроса важно успеть вывести и оцифровать информацию. Требования к аналоговой части и АЦП оказываются весьма жесткими. Единственным выходом является распараллеливание процесса обработки путем введения нескольких АЦП на кристалл фотоприемника. На рис. 3 приведена структурная схема фотоприемника со встроенными АЦП на каждый столбец. В этом случае полоса частот аналогового видеосигнала а также частота выборок АЦП значительно уменьшаются. Коммутация выходных сигналов осуществляется в цифровом виде.



Рис. 3. Структурная схема КМОП-фотоприемника с активным пикселом и интегрированными АЦП [1]

В ближайшее время следует ожидать появления КМОП-фотоприемников с активным цифровым пикселом. В этом случае каждый фоточувствительный элемент будет содержать не только усилитель, но и АЦП.

Универсальность КМОП-технологии позволяет создать новый тип электронных устройств, характеризующихся функциональной

законченностью благодаря интеграции всех или большинства функциональных узлов устройства на одном кристалле. Это направление получило название системы на кристалле (System on Chip, SoC). Развитие КМОП-фотоприемников идет по этому же пути. На кристалл фотоприемника интегрируются большинство узлов для построения цифровой системы обработки изображения. К таким узлам кроме собственно фотоприемной матрицы с активными пикселями относятся управляемый генератор развертки, цифровой и аналоговый видеопроцессоры, АЦП, кодер композитного цветного видеосигнала, АЦП и блок управления.

К таким приборам относится и КМОП-фотоприемник OV5610 фирмы Omni Vision, который используется в исследуемой камере. Структурная схема этого фотоприемника приведена на рис. 4. Его основу составляет фотоприемная матрица размером 2640x1960 элементов. Имеются встроенный видеоусилитель с регулируемым коэффициентом усиления, регулировка баланса белого, 10-разрядный АЦП, компенсатор уровня черного и цифровой видеопорт. Аналоговый видеопорт в данной микросхеме отсутствует, так как формат кадра не совпадает со стандартным телевизионным сигналом. Вся схема тактируется от одного общего генератора, с помощью которого формируются все необходимые для работы прибора тактовые последовательности. Управление режимами работы прибора производится программно с использованием встроенных регистров управления, доступ к которым обеспечивается с помощью приборного последовательного интерфейса ИС.

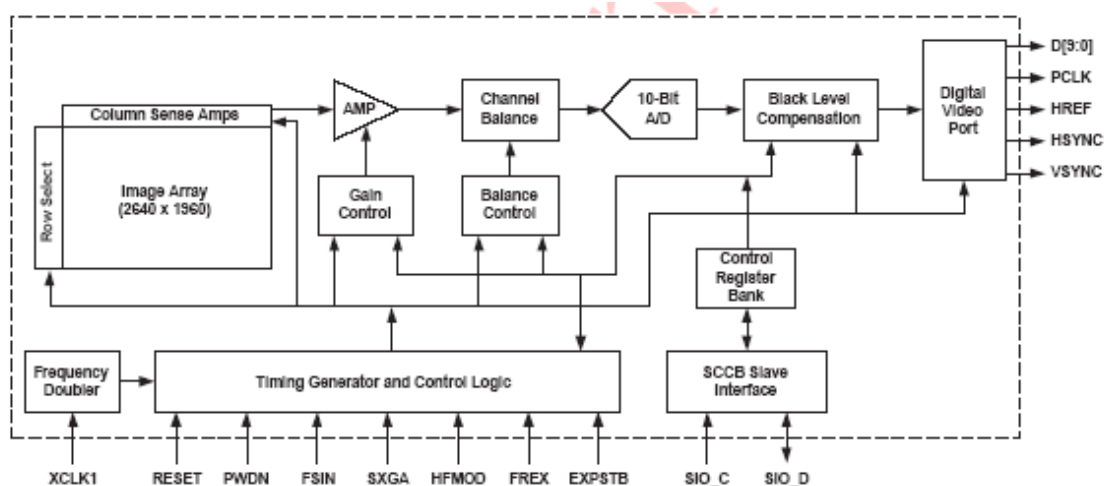


Рис. 4. Структурная схема КМОП-фотоприемника OV5610

Основные параметры и характеристики КМОП-фотоприемников

Разрешающая способность определяется числом светочувствительных элементов и их геометрическим размером.

Технология изготовления КМОП микросхем является наиболее совершенной интегральной технологией. Размеры элементов на кристалле в настоящее время значительно меньше одного микрометра, а количество элементов на кристалле составляет несколько миллиардов. Однако, фоточувствительный элемент принципиально не может быть очень маленьким. Ограничения связаны с длиной волны принимаемого излучения. Так, линейный размер фоточувствительных элементов большинства КМОП-фотоприемников составляет 3 - 10 мкм, а теоретическим пределом в настоящее время считается размер 1,5 мкм.

При таких параметрах число фоточувствительных элементов составляет в настоящее время несколько десятков мегапикселей. В перспективе нет никаких проблем для создания КМОП-фотоприемников с размером матрицы несколько сотен или даже тысяч мегапикселей.

Возможность изменения режимов работы фотоприемника позволяет выполнять сложение сигналов отдельных пикселей, а также выбирать из общего массива рабочее окно произвольного расположения и размера.

Чувствительность фотоприемника определяется следующими факторами: коэффициентом сбора светового потока, квантовой эффективностью и собственными шумами.

Коэффициентом использования светового потока называют отношение площади фоточувствительных элементов матрицы к общей площади кристалла. Наибольшее значение этот коэффициент имеет в матрицах с пассивными пикселями. При использовании технологии активных пикселей на кристалле возникают зоны, содержащие усилительные элементы. Эти зоны не участвуют в фотоэлектрическом преобразовании. Это несколько снижает значение коэффициента использования (до двух раз). Однако это уменьшение с лихвой компенсируется дальнейшим усилением сигнала. Кроме того, использование последних достижений – микролинз над каждым фоточувствительным элементом позволяет увеличить значение коэффициента использования.

Квантовая эффективность является величиной, зависящей от материала подложки фотоприемника. В целом, квантовая эффективность ФПЗС и КМОП-фотоприемников совпадает. Для большинства приборов квантовая эффективность составляет величину 0,5-0,6 для видимого диапазона длин волн.

Состав собственных шумов КМОП-фотоприемников несколько отличается от ФПЗС. Наиболее существенный вклад вносит фотонный шум, шум темнового тока, шум установки узла детектирования заряда. Значительно меньший вклад вносит шум выходного устройства (благодаря технологии активных пикселей). Совершенно отсутствует шум переноса. Практически все виды шумов уменьшаются при снижении рабочей

температуры кристалла. При наличии встроенного АЦП следует учитывать шум квантования.

Существует также детерминированный геометрический шум, вызванный разбросом параметров отдельных пикселей. Геометрический шум проявляется в виде вертикальной структуры, которая хорошо проявляется при малых уровнях освещенности. Именно этот шум является фактором, ограничивающим пороговую чувствительность КМОП-фотоприемников.

Благодаря технологии активных пикселей вольтовая чувствительность КМОП-фотоприемников может достигать значений сотен мкВ/электрон. С учетом квантовой эффективности значение чувствительности к световому потоку может достигать значений сотен мкВ/фотон. При дальнейшем совершенствовании КМОП-фотоприемников и использовании криогенного охлаждения может быть достигнут режим счета фотонов.

Спектральная чувствительность зависит от типа используемого полупроводника. Так же как и в ФПЗС в большинстве случаев используется кремний. Поэтому спектральная чувствительность представляет собой диапазон от 0,4 до 1,1 мкм с максимумом в области 0,8 мкм. Использование технологии светодиодов и интегральных светофильтров может сузить этот диапазон до нужной величины.

Динамический диапазон работы фотоприемника представляет собой отношение максимального зарядового пакета к величине суммарного шума. При этом максимальное значение зарядового пакета соответствует максимально возможному значению освещенности. Величину суммарного шума принято считать минимальному сигнальному зарядовому пакету, который соответствует пороговой освещенности (при отношении сигнала к шуму, равному 1). Так же, как и в ФПЗС в КМОП-фотоприемниках максимальное значение зарядового пакета определяется, в основном, размером фоточувствительного элемента. Для большинства приборов это значение составляет несколько сот тысяч электронов, в отдельных случаях – более миллиона электронов. Минимальное значение зарядового пакета, соответствующее значению шума обычно составляет несколько десятков электронов. В некоторых случаях это значение можно понизить до единиц электронов. Таким образом, динамический диапазон достигает значений 10000 – 1000000 (80 – 120 дБ). В последнем случае целесообразно использовать логарифмический преобразователь, который может быть выполнен непосредственно на кристалле прибора.

Весьма существенным параметром является частота вывода информации. Этот параметр определяется частотой опроса пикселей, которая в КМОП-фотоприемниках достигает значений 50 – 100 МГц, что значительно превышает возможности ФПЗС. Кроме того, в КМОП-фотоприемниках легко организовать параллельное считывание

сигналов путем интеграции на кристалл фотоприемника нескольких АЦП. В этом случае частота вывода информации увеличивается в число раз, соответствующее количеству АЦП. Теоретически, АЦП можно поставить на каждый столбец пикселей. Есть несколько приборов, у которых количество АЦП соответствует количеству пикселей.

С тактовой частотой непосредственно связано значение кадровой частоты. Чем больше пикселей имеет КМОП-фотоприемник, тем меньше будет частота кадров при неизменной тактовой частоте.

Эксплуатационные характеристики КМОП-сенсоров в настоящее время существенно лучше, чем у ФПЗС.

В первую очередь это объясняется возможностью интеграции в одном кристалле массива фотоприемников и большей части периферийных блоков, обеспечивающих работу массива фотоприемников. В результате, камера на основе КМОП-фотоприемника может быть однокристалльной. Соответственно, габариты и масса камер на КМОП-фотоприемников значительно меньше.

КМОП-фотоприемники значительно менее требовательны к электропитанию. Для работы КМОП-фотоприемника обычно необходим один источник напряжения 5 или 3,3 вольт. Для ФПЗС требуется несколько источников более высокого напряжения. Потребляемая мощность КМОП-фотоприемников во много раз меньше, чем у ФПЗС.

КМОП-фотоприемники, имеющие цифровой выход, хорошо интегрируются в цифровые устройства, в том числе и малогабаритные. В частности, такие устройства нашли применение в веб- и сетевых камерах, мобильных телефонах, КПК и multifunctional устройствах.

Функциональные возможности КМОП-фотоприемников определяется встроенной периферией. Кроме адаптации уровня освещенности появляется возможность ограничения интересующей зоны кадра. При этом реализуется обмен числа действующих элементов фотоприемника на кадровую частоту.

Сохраняется возможность использования электронного затвора. Но в отличие от ФПЗС, в большинстве КМОП-фотоприемников реализуется бегущий электронный затвор, т.к. считывание сигнала с КМОП-фотоприемников осуществляется построчно. Время накопления в различных строках хоть и одинаково, но смещено. Движущиеся объекты при этом могут геометрически искажаться.

В КМОП-фотоприемник могут быть встроены элементы цифровой обработки изображений, например, медианной фильтрации. Все чаще в фотоприемник встраивается устройство аппаратного сжатия изображения, например, в стандартах JPEG и JPEG2000 (Wavelet).

Описание лабораторной установки

Работа проводится на основе универсального лабораторного комплекса (Рис. 5), включающего в себя:

- Оптический стенд*,
- Экран с изображениями тест-таблиц,
- Цветная телевизионная КМОП-камера высокого разрешения VEC-545 производства ООО ЭВС на жестком основании,
- Система подсветки экрана с регулируемым блоком питания,
- Персональный компьютер.

**На рабочем месте могут находиться и другие приборы, не имеющие отношения к данной работе. Эти приборы включать и передвигать запрещается. Если в составе установки есть компьютерный осциллограф, то он должен быть отключен.*

Используемое программное обеспечение:

- Операционная система MS Windows XP Professional,
- Программа для анализа видеосигнала OSC16,
- Редактор MS Word.
- шаблон отчета в формате MS Word.



Рис. 5. Универсальный лабораторный комплекс и телевизионная камера, входящая в его состав

Блок-схема лабораторной установки приведена на рис. 6. Блок-схема камеры приведена на рис. 7.

Основу лабораторной установки составляет персональный компьютер с монитором, клавиатурой и мышью. Особенностей данный персональный компьютер не имеет за исключением монитора с высокой разрешающей способностью. Последняя необходима для работы с камерой высокого разрешения.

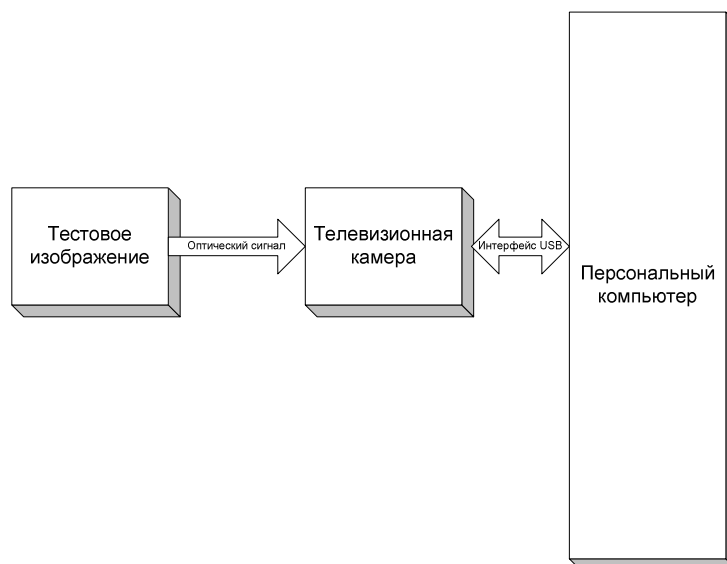


Рис. 6. Блок-схема лабораторной установки

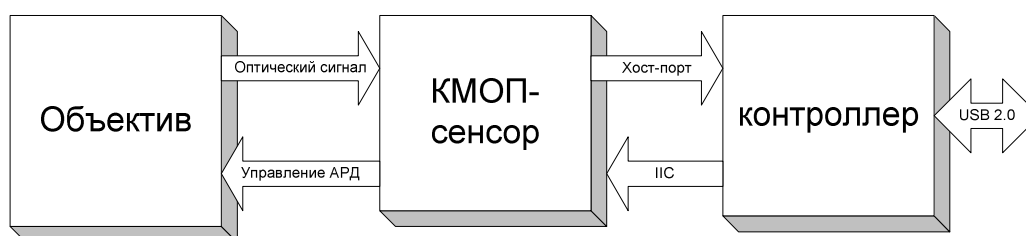


Рис. 7. Блок-схема камеры

Тестовое изображение представляет собой телевизионную таблицу и вспомогательные изображения, по которым удобно оценивать параметры видеосигнала. Вид этой таблицы приведен на рис. 8.

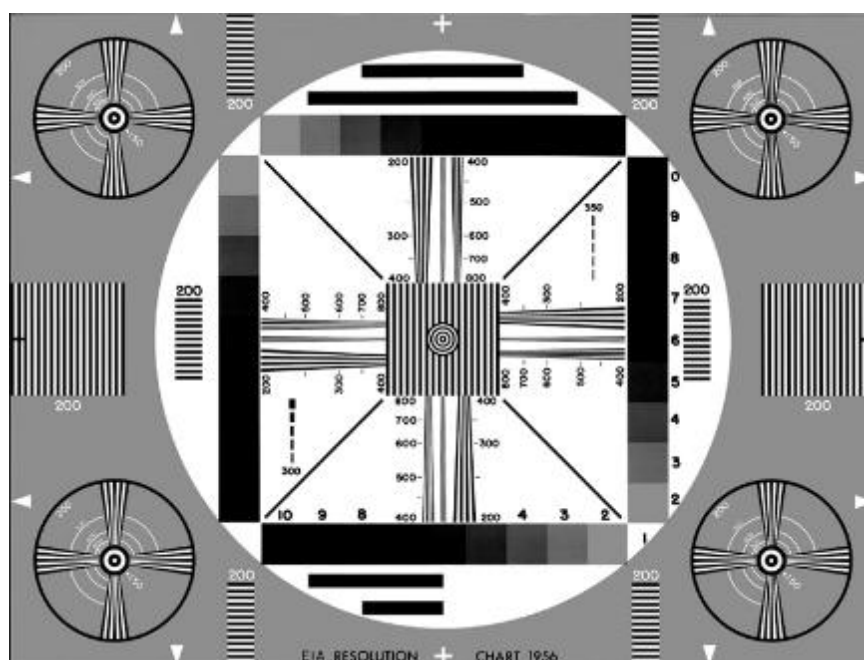


Рис. 8. Тестовая таблица

Телевизионная камера состоит из КМОП-фотоприемника OV5610, основные параметры которого приведены в таблице 2. Блок схема этого фотоприемника приведена выше на рис. 4. Фотоприемник имеет встроенный АЦП и цифровой видеовыход. Для настройки параметров используется последовательный интерфейс ИС. Имеется возможность управления объективом с автоматической регулировкой диафрагмы (АРД). В этом случае диафрагма объектива включается в общий контур управления автоматической регулировки чувствительности камеры. Вся работа КМОП-фотоприемника производится через специальный контроллер шины USB.

Таблица 2

Array Size	QSXGA	2592 x 1944
	SXGA	1280 x 960
	VGA	640 x 480; 1280 x 480
	HF	320 x 200; 1280 x 200
Power Supply		3.3VDC / 1.8VDC ($\pm 5\%$)
Power Requirements	Active	40 mA
	Standby	10 μ A
Electronics Exposure	QSXGA	Up to 1998:1
	SXGA	Up to 978:1
	VGA	Up to 488:1
	HF	Up to 208:1
Output Format		10-bit digital RGB Raw data
Lens Size		1/1.8"
Lens Chief Ray Angle		TBD
Max Image Transfer Rate	QSXGA	4 fps
	SXGA	15 fps
	VGA	30 fps
	HF	70 fps
Sensitivity		TBD
S/N Ratio		TBD
Dynamic Range		60 dB (due to ADC limitations)
Scan Mode		Progressive
Pixel Size		2.775 μ m x 2.775 μ m
Dark Current		TBD
Fixed Pattern Noise		TBD
Image Area		7.33 mm x 5.44 mm
Package Dimensions		14.22 mm x 14.22 mm

Контроллер обеспечивает связь с персональным компьютером по интерфейсу USB. С другой стороны, этот же контроллер обеспечивает считывание цифрового сигнала с КМОП-фотоприемника через специальный хост-порт, к которому подключен выход АЦП КМОП-фотоприемника. Кроме того с контроллера поступают команды настройки и управления режимом работы КМОП-фотоприемника через последовательный интерфейс ИС. Шина USB контроллера подключается ко

входу USB персонального компьютера. Через этот же разъем камера получает напряжение питания 5 Вольт. Для работы компьютера с камерой на компьютере должен быть проинсталлирован специальный драйвер, который обеспечивает работу контроллера камеры и его согласование с персональным компьютером на уровне программного обеспечения. Этот драйвер обеспечивает первичную настройку параметров камеры, оперативное управление работой камеры и передачу цифрового видеосигнала из камеры в компьютер. Ввиду высокой скорости передачи цифрового видеосигнала с камеры и отсутствия внутренней буферизации изображения необходим интерфейс с высокой пропускной способностью USB2.0 (400 Мбит в секунду). Интерфейс USB1 (12 Мбит в секунду) для этой цели не годится. Параметры телевизионной камеры VEC-535 на КМОП-фотоприемнике высокого разрешения:

- Поддержка скоростного USB 2.0. интерфейса.
- WDM - драйвер, обеспечивающий возможность работы с программами сторонних производителей.
- Возможность одновременной работы до 4-х камер на одном компьютере (при этом, требования к быстродействию компьютера возрастают).
- Высокочувствительный КМОП сенсор с микролинзами и усилительными каскадами в каждом элементе.
- Широкий диапазон освещенностей от 0,3 люкс до 30000 люкс в черно-белых камерах и от 2.0 люкс до 100000 люкс в цветных камерах с объективом F1,2.
- Возможность захвата одиночных кадров и видео потока.
- 8 разрядов выходного яркостного сигнала.
- Поддержка 24 битного цвета в цветных моделях.
- Ручная фокусировка объектива.
- Возможность подключения АД объективов типов Direct Drive Video Drive в моделях VEC-135, VEC-235. VEC-335.
- Питание от USB 2.0 интерфейса.
- Поддержка Plug and Play при установке устройства.
- Возможность работы в WIN-98, WIN_ME, WIN2000. WIN_XP.
- Управление параметрами камеры от компьютера.
- Автоматическая регулировка экспозиции и усиления и баланса белого.

Камеры формируют некомпрессированный цифровой видеосигнал реального времени с частотами кадров, указанными в таблице 3.

Длина кабелей. Стандартный USB 2.0 кабель имеет длину 1,5 метра. Специальный кабель большего диаметра обеспечивает расстояние от компьютера до камеры до 3 метров.

Таблица 3

Тип камеры	Формат 1	Формат 2	Тип объектива
VEC-135	1280 x 1024 (15 Гц и 7 Гц)	640x480 (60 Гц и 30 Гц)	CS-mount
VEC-235	1600 x 1200 (10 Гц и 5 Гц)	800 x 600 (40 Гц и 20 Гц)	CS-mount
VEC-335	2048x 1536(7 Гц и 3 Гц)	1024 x768 (20 Гц и 10 Гц)	CS-mount
VEC-535	2592x1944 (4 Гц и 2 Гц)	1280x960 (15Гц и 7,5 Гц)	CS-mount

Кроме указанных форматов, в камерах на модулях E-335 и E-535 доступны скоростные форматы 1024x518 -30Гц 1024x190 -78Гц (E-335) и 640x480. 1280x480-30Гц 320x200,1280x200-70Гц (E-535). В камерах E-335, выполненных на матрицах OV-3620 и E-535 на матрице OV-5610 доступны оконные режимы с 8-ми кратным цифровым ZOOM и электронным поворотным устройством.

Камеры VEA-135, VEI-135, VEI-235, VEI-335, VEI-535 - являются бескорпусными вариантами камер VEC-135, VEC-235, VEC-335: VEC-535 и имеют такие же параметры.

Порядок выполнения работы

Подготовка к работе

Изучить теоретическую часть работы.

С помощью лаборанта или преподавателя включить лабораторную установку. Самостоятельно включать лабораторное оборудование запрещается!

1. Порядок включения следующий

Включить персональный компьютер и дождаться загрузки ОС Windows. Одновременно с компьютером включается и камера.

Включить подсветку экрана тестовой таблицы.

Запустить программу OSC16, щелкнув по ярлыку программы на рабочем столе. Вид программы должен соответствовать Рис. 9.

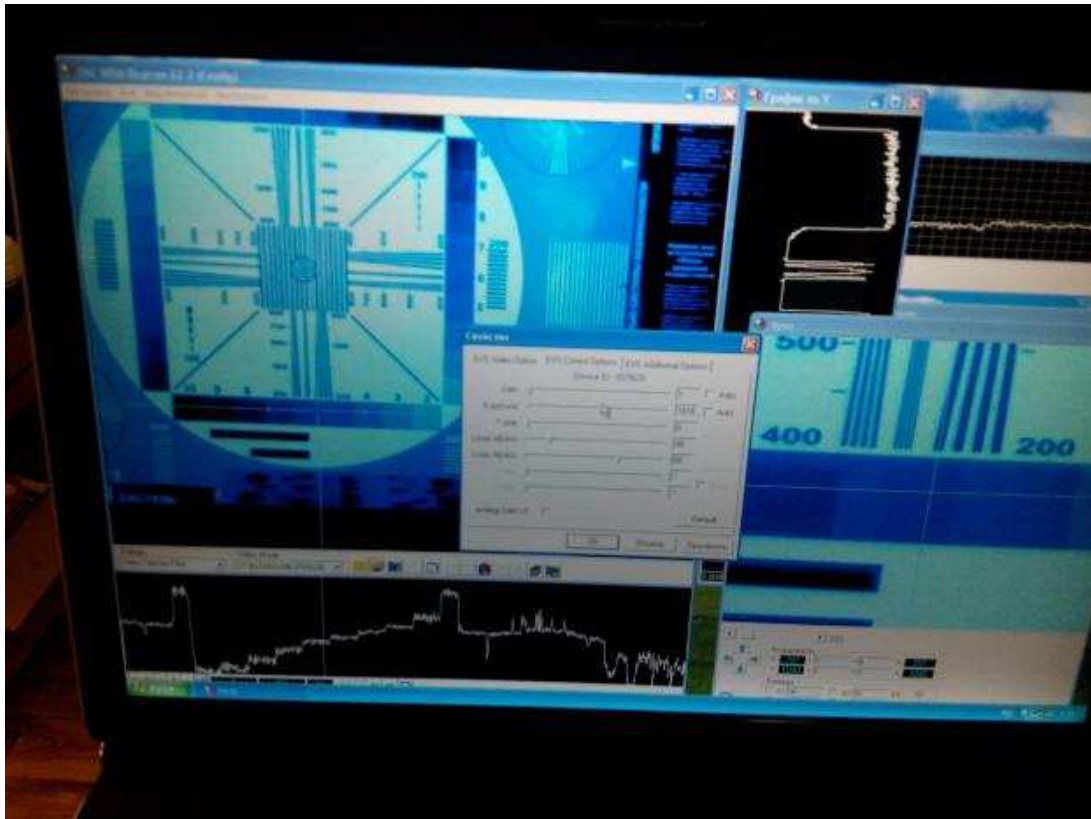


Рис. 9. Окна программы OSC

Убедитесь в наличии изображения таблицы на экране. Если изображения нет, то в главном окне программы следует нажать кнопку с изображением киноплетки и руки.

Если программа OSC16 не работает, следует обратиться к преподавателю и лаборанту. **Ни в коем случае не устранять неисправности самостоятельно!**

Если изображение с камеры есть, то можно приступать к работе (см. п. 2).

Если изображения нет, то следует выполнить настройку программы (**выполняется совместно с преподавателем или лаборантом**).

Во-первых, следует загрузить конфигурацию программы. Для этого нужно в меню «Настройка» выбрать пункт «Чтение параметров» и выбрать файл «1».

Выбор устройства захвата видеосигнала
 Настройка последовательного порта
 Настройка оборудования
 Весовые коэффициенты
 Параметры записи изображений
 Свертка сигнала
 Выбор параметров накопления

Запись параметров
 Чтение параметров

Если по-прежнему внешний вид не соответствует рис. 9 и изображение не выводится, то следует выполнить более тонкую настройку программы.

В меню «Настройка» выбрать пункт «Выбор устройства захвата видеосигнала». В открывшемся окне выбрать устройство «EVS USB2 Digital Video Camera» (Рис. 10).



Рис. 10. Выбор источника видеосигнала

После чего в основном окне должны появиться параметры разрешения этого устройства. После нажатия клавиши видеозахвата в основном окне программы должно появиться движущееся изображение (Рис. 11). Здесь и далее изображения с камеры приводится в качестве примера и может отличаться от реальных изображений, получаемых в процессе работы.

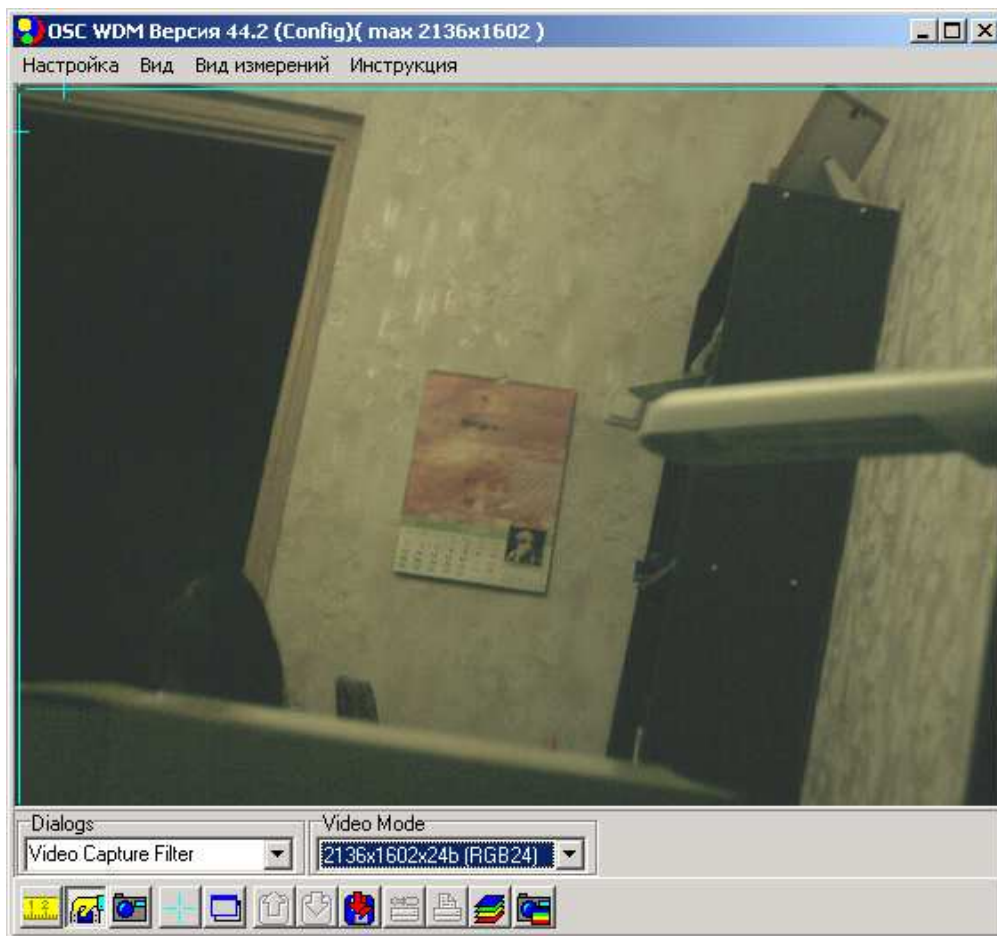


Рис. 11. Окно изображения с камеры в программе OSC16

Теперь расположите основное окно примерно так, как показано на рис. 9. Далее следует вывести дополнительные окна просмотра. Для этого следует выбрать пункт меню «Вид» и последовательно выбрать пункты «График по X», «График по Y», «Лупа». При этом появятся три новых окна, которые следует расположить так как показано на рис. 9.

В окнах «График по X», «График по Y» следует нажать кнопки Y. После этого в окнах должны отображаться осциллограммы сигнала яркости (Рис. 12).

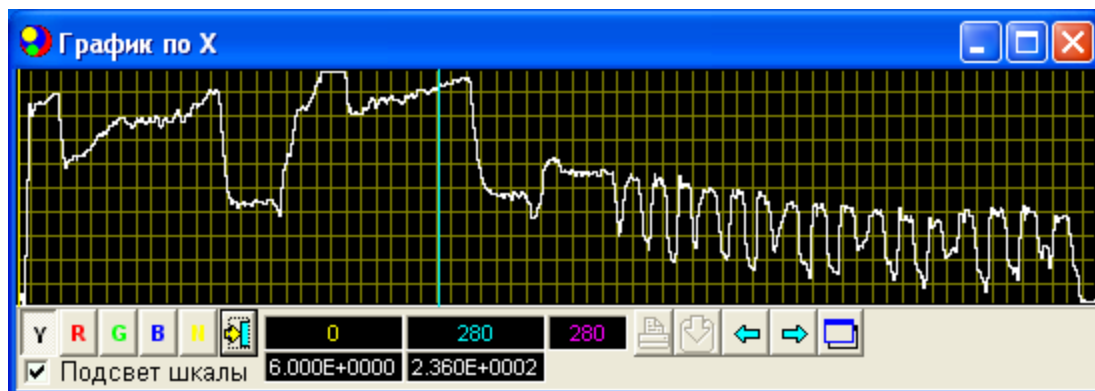


Рис. 12. Внешний вид осциллограммы в окне «График по X»

В основном окне программы выберите наиболее яркий фрагмент изображения и щелкните по нему мышью. Должно появиться перекрестье в выбранном месте и осциллограммы отразят столбец и строку, проходящие через выбранное место.

Подвигайте ползунок окна «Лупа» и выберите такое увеличение, при котором были бы отчетливо видны отдельные пиксели изображения (Рис. 13).

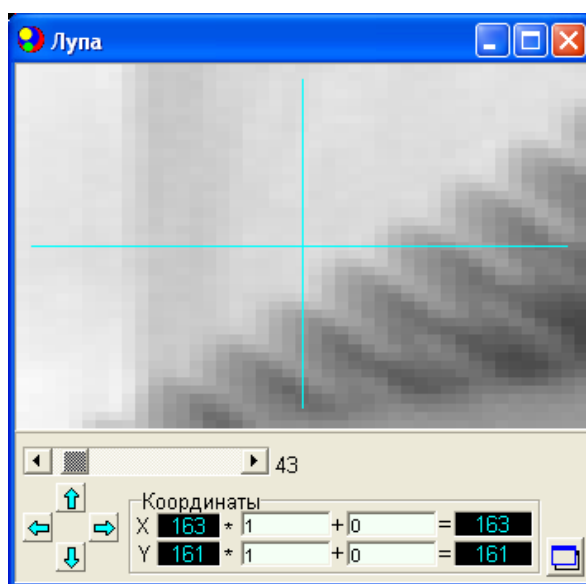


Рис. 13. Внешний вид окна «Лупа»

Сохраните настройки, выбрав в разделе меню «Настройка» пункт «Запись параметров» и сохраните конфигурацию под каким-либо именем.

Найдите на рабочем столе экрана папку «Лабораторная работа №5». Откройте эту папку и найдите в ней шаблон документа под названием «lr5.dot». Сделайте копию этого файла под названием, соответствующим вашей фамилии и группе. Например, «Иванов5310.dot». Теперь откройте этот файл редактором Word. Временно сверните окно Word.

2. Изучение основных органов управления камерой на КМОП-фотоприемнике

2.1. Установите испытательную таблицу на экран (если она не была установлена). Эта таблица предназначена для тестирования обычных телевизионных камер стандартного разрешения, поэтому максимальное разрешение, которое можно протестировать с помощью этой таблицы составляет 800 твл. Так как ожидаемая разрешающая способность камеры значительно превышает это значение, то эту таблицу следует установить так, чтобы она в поле зрения камеры занимала бы только половину по каждой координате. При проведении измерений получаемое значение разрешающей способности, выраженное в твл следует удваивать.

2.2. Камера имеет ряд регулировок, которые выполняются программно с помощью интерфейса драйвера камеры. Эти органы управления находятся внизу основного окна программы OSC.

В правой нижней части окна расположен элемент управления Video Mode. В раскрывающемся списке отражены все возможные для данной камеры комбинации разрешения и режима представления цвета (Рис. 14). *

2.3. Последовательно выберите все режимы разрешения путем переключения этих режимов в списке. Оцените визуально изменения, которые происходят в изображении с камеры как для статической картинки, так и в динамике. В последнем случае перед камерой передвигайте какой-либо объект, например руку.

2.4. Результат исследования занесите в произвольной форме в отчет.

Следует также иметь в виду, что драйвер камеры чувствителен к оперативному переключению режимов работы. В ряде случаев вывод изображения на экран прекращается. При этом следует вновь нажать кнопку запуска захвата видео в правом нижнем углу основного окна программы, а если это не помогает, то закрыть и вновь запустить программу OSC.

**Режим разрешения 2592x1944, соответствующий 5 МПикселям в ОС Windows XP не поддерживается из-за особенностей буферизации интерфейса USB. Для поддержки данного разрешения следует пользоваться ОС Windows Vista.*

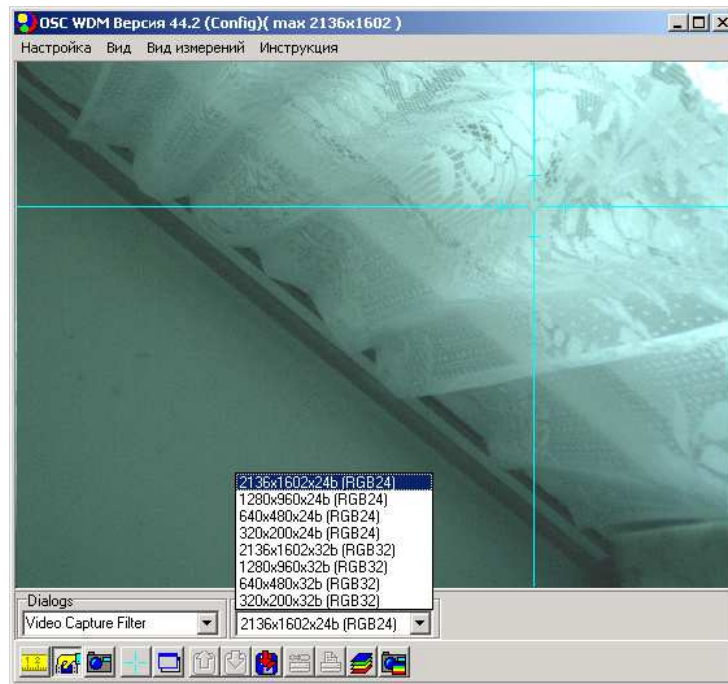


Рис. 14. Режимы работы камеры, приведенные в списке окна VideoMode

2.5. В левой нижней части окна расположен элемент Dialogs, в раскрывающемся списке которого имеется два окна управления параметрами (Рис. 15):

- Video Capture Filter,
- Video Capture Pin.

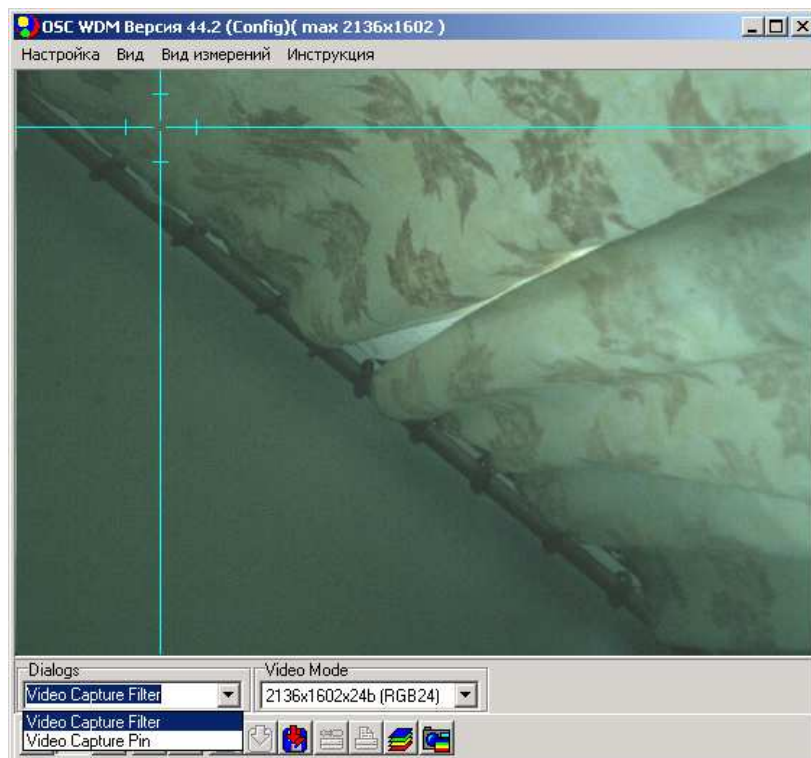


Рис. 15. Выбор окна настроек Video Capture Filter и Video Capture Pin

При выборе элемента Video Capture Pin появляется окно следующего вида:

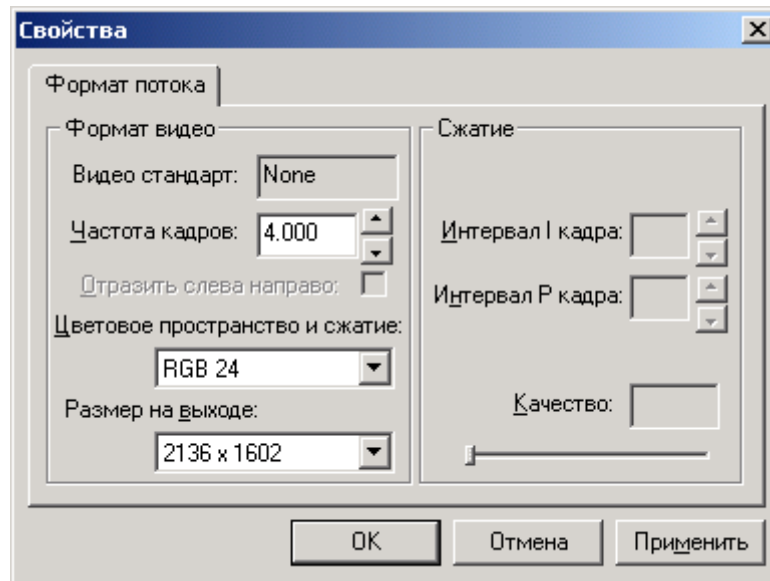


Рис. 16. Окно свойств камеры в режиме Video Capture Pin

В данном окне можно принудительно уменьшить частоту кадров. Например, для режима 2136x1602 стандартная частота кадров составляет 4 кадра в секунду. При необходимости ее можно уменьшить до 2 кадров в секунду. Такое уменьшение бывает необходимо при чрезмерной загрузке системных ресурсов компьютера, а также при подключении к компьютеру сразу двух камер.

2.6. Откройте окно Диспетчера задач Windows, нажав кнопки Ctrl+Alt+Del и наблюдайте за загрузкой процессора компьютера. Путем переключения скорости ввода кадров переключайте режим ввода и проследите за загрузкой процессора.

Выполните это во всех доступных режимах разрешения и занесите данные в отчет.

2.7. При выборе пункта Video Capture Filter в списке Dialogs основного окна появляется главное окно регулировок параметров камеры. Оно состоит из трех закладок (Рис. 16).

Первая закладка «EVS Video Options» включает в себя основные традиционные регулировки видеосигнала:

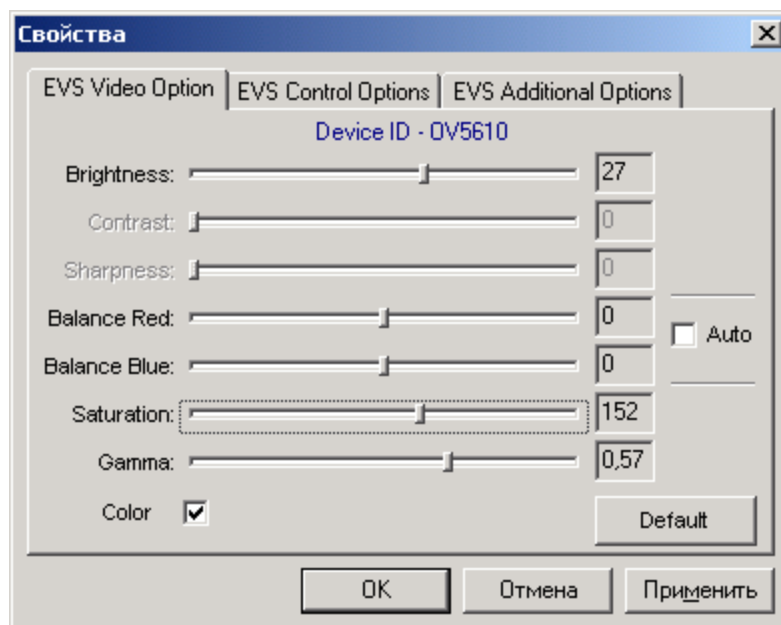


Рис. 16. Окно свойств камеры в режиме Video Capture Filter

Brightness (яркость) – позволяет регулировать яркость изображения. Технически это выполняется путем изменения уровня черного в видеосигнала).

Contrast (контрастность) – позволяет регулировать контрастность изображения. Технически это выполняется с помощью изменения размаха видеосигнала.

Sharpness (четкость) – регулирует четкость изображения за счет улучшения видности мелких деталей и увеличения резкости перепадов яркости. Технически выполняется путем увеличения доли высокочастотной составляющей в спектре видеосигнала камеры.

Balance Red и Balance Blue – регулировка цветового баланса. Выполняется путем регулировок уровней сигналов красного и синего относительно уровня сигнала зеленого.

Saturation (Цветовая насыщенность) – регулирует насыщенность цветного изображения. Технически выполняется путем изменения соотношения между сигналом яркости (черно-белой составляющей видеосигнала) и сигналами цветности.

Gamma (регулировка гамма-коррекции). Служит для согласования свет-сигналоной характеристики фотоприемника (линейной) с градационной характеристикой устройства отображения информации - монитора (нелинейной). Технически выполняется путем введения нелинейного преобразования видеосигнала, которое компенсирует нелинейность монитора.

Часть регулировок в некоторых режимах может быть недоступна.

2.8. Для исследования этих регулировок в окнах «График по X» и «График по Y» следует нажать кнопки Y, R, G, B (Рис. 17). В результате в окнах будут отображаться осциллограммы как сигнала яркости, так и

сигналов цветности. Окно «Свойства» следует переместить на свободное место экрана.

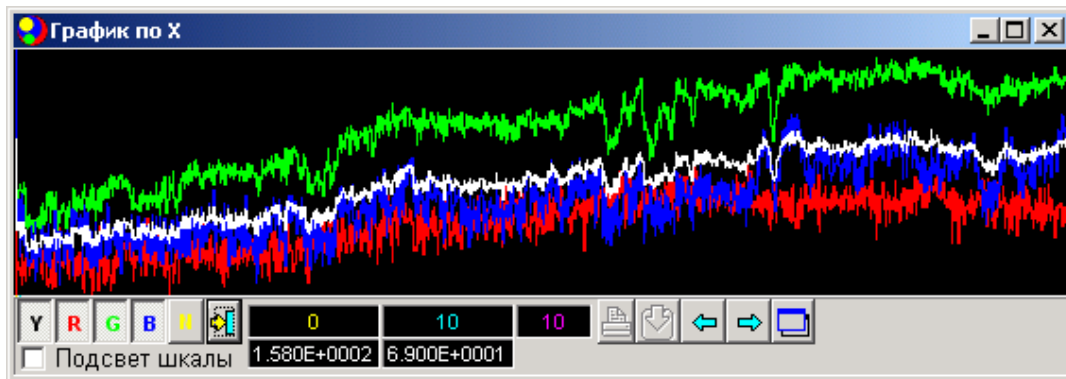


Рис. 17. Выбор цвета в окне осциллограммы «График по X».

2.9. Изучите регулировку яркости. Для этого перемещайте движок «Brightness» от крайнего левого до крайнего правого положения. Наблюдайте за изменением изображения и за сигналами в окнах «График по X» и «График по Y». Опишите изменения в отчете. Передвиньте движок «Saturation» в крайнее левое положение до черно-белого режима и установите движок «Brightness» в положение, соответствующее отсчету 64. Снимите скрин-шот окна «График по X» и занесите его в отчет. Установите движок «Brightness» в положение, соответствующее отсчету -64. Снимите второй скрин-шот окна «График по X» и занесите его в отчет.

Установите положение движка «Brightness» в положение, соответствующее наилучшему изображению в окне просмотра. Понаблюдайте за положением и размахом сигнала в окнах «График по X» и «График по Y». Занесите численное значение движка «Brightness» в отчет.

2.10. Изучите цветовые регулировки камеры. Для этого перемещайте движок «Saturation» от крайнего левого до крайнего правого положения. Наблюдайте за изменением изображения и за сигналами в окнах «График по X» и «График по Y». Опишите изменения в отчете.

Сделайте три скриншота аналогично предыдущему пункту для значений цветовой насыщенности 0, 128 и 255.

Для изучения регулировок цветового баланса следует вернуть движок регулировки цветовой насыщенности в среднее положение (128). Теперь путем последовательного изменения положения движков регулировки цветового баланса Balance Red и Balance Blue от крайнего правого до крайнего левого положения изменяйте цветовой баланс и наблюдайте изменение изображения в основном окне и в окнах «График по X» и «График по Y». Опишите изменения в отчете.

Установите движки Balance Red и Balance Blue в среднее положение.

Снимите два скриншота для крайних положений движка Balance Red и занесите их в отчет.

Снимите два скриншота для крайних положений движка Balance Blue и занесите их в отчет.

2.11. Изучите изменение гамма-коррекции. Для этого найдите на изображении таблицы №1 (Рис.2) горизонтальную градационную шкалу и щелкните по ее центру мышью. При этом шкала будет доступна для просмотра в окне «График по X».



Рис. 18. Вид градационной шкалы

Передвигая движок регулировки гамма-коррекции наблюдать за изменением изображения в основном окне и за изменением сигнала в окне «График по X». Опишите изменения в отчете.

Снимите два скрин-шота при крайних положениях движка регулировки гамма-коррекции и занесите их в отчет.

2.12. Переключите окно регулировок на вкладку «EVS Control Options» (Рис. 19). На этой вкладке присутствуют специфические для данного класса камер регулировки.

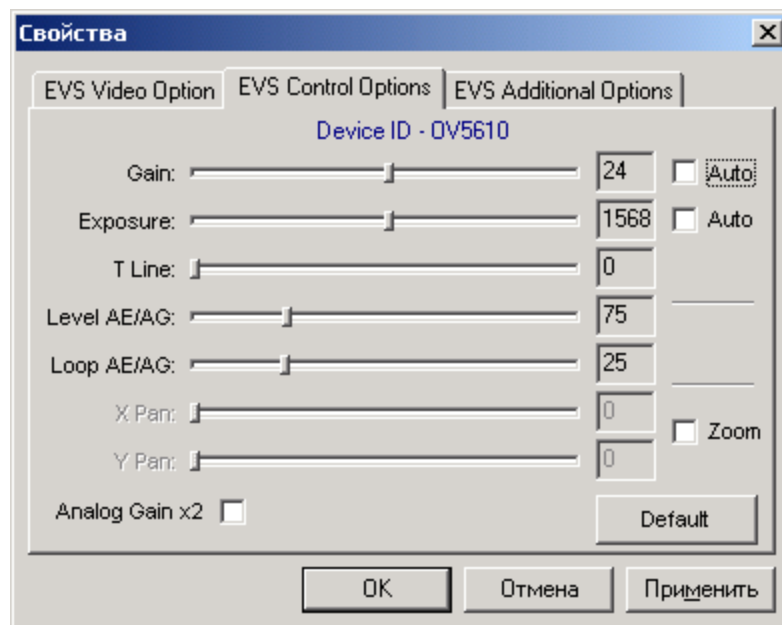


Рис. 19. Вкладка «EVS Control Options»

Gain (усиление) – изменяет коэффициент усиления встроенного усилителя. Эта регулировка аналогична регулировке контрастности.

Exposure (экспозиция) – изменяет время накопления КМОП-фотоприемника. Эта регулировка также аналогична регулировке контрастности.

Обе эти регулировки входят в общий контур регулировки чувствительности камеры. В этот же контур может входить и регулировка диафрагмы объектива при наличии объектива с АРД.

Остальные параметры являются специфическими и в работе не используются. Их следует оставить без изменения.

Часть регулировок в некоторых режимах может быть недоступна.

2.13. Исследуйте режим изменения коэффициента усиления усилителя. Отключите автоматический режим регулировки усиления и времени накопления сняв галочки у соответствующих пунктов регулировки. Перемещайте движок «Gain» от крайнего левого к крайнему правому положению. Наблюдайте за изменением изображения в основном окне и изменением сигналов в окнах «График по X» и «График по Y». Опишите наблюдения в отчете.

Исследуйте режим изменения времени накопления фотоприемника. Установите движок «Gain» в среднее положение. Перемещайте движок «Exposure» от крайнего левого к крайнему правому положению. Наблюдайте за изменением изображения в основном окне и изменением сигналов в окнах «График по X» и «График по Y». Опишите наблюдения в отчете.

Изучите совместную регулировку параметров, входящих в регулировку чувствительности.

Установите движок «Gain» в крайнее правое положение, соответствующее максимальному усилению. Путем изменения положения движка «Exposure» добейтесь наилучшего изображения в окне просмотра. Рассмотрите изображение в окне просмотра и сигнал в окнах «График по X» и «График по Y». Снимете скриншот окна «График по X» и занесите его в отчет.

Установите движок «Exposure» в крайнее правое положение, соответствующее максимальному времени накопления. Путем изменения положения движка «Gain» добейтесь наилучшего изображения в окне просмотра. Рассмотрите изображение в окне просмотра и сигнал в окнах «График по X» и «График по Y». Снимете скриншот окна «График по X» и занесите его в отчет.

Обратите внимание на шумы изображения и сигналов в обоих случаях.

2.14. Комплексная регулировка параметров камеры с целью получения изображения наилучшего качества.

Данный пункт выполняется на основе навыков, полученных при изучении основных регулировок камеры.

Сначала следует добиться наилучшего изображения в режиме черно-белого изображения. Для этого можно временно перевести движок «Saturation» в крайнее левое положение. Затем посредством совместных регулировок яркости (Brightness), контрастности (через регулировки

чувствительности Gain и Exposure) и гамма-коррекции (Gamma) следует визуально добиться наилучшего изображения в окне просмотра. При этом следует следить, чтобы сигнал не выходил за рамки динамического диапазона камеры (по осциллограммам в окнах «График по X» и «График по Y»). При необходимости следует переключать строки и столбцы просмотра, щелкая мышкой по изображению в основном окне.

Далее следует добиться наилучшего цветного изображения. При этом следует пользоваться регулировками «Saturation» для получения необходимой цветовой насыщенности и Balance Red и Balance Blue для регулировки цветового тона.

Иногда для получения наилучшего цветного изображения требуется возвращение к повторным регулировкам Gain и Exposure, а также гамма-коррекции.

Теперь следует добиться наилучшего разрешения. Для этого следует развернуть основное окно программы OSC до максимального размера и путем фокусировки объектива получить наиболее четкое изображение мелких деталей. Для этого можно также воспользоваться осциллограммами сигналов в окнах «График по X» и «График по Y», а также увеличенным изображением интересующих фрагментов в окне «Лупа». Для получения в окне «Лупа» интересующего фрагмента изображения следует щелкнуть по нему в основном окне программы.

Сделайте скриншоты основного окна программы, а также двух вкладок «EVS Video Options» и «EVS Control Options». Вставьте эти скриншоты в отчет.

3. Изучение параметров и характеристик камеры в стандартном режиме

В этом разделе изучаются методы определения основных характеристик КМОП-камеры, таких как разрешающая способность, кадровая частота, чувствительность и шумовые характеристики.

Определение разрешающей способности КМОП-камеры и кадровой частоты

Как известно, КМОП-камеры являются устройствами, у которых разрешающая способность может изменяться. В частности, используемый фотоприемник имеет возможность изменять число элементов изображения в широких пределах (см. таблицу 2). Так как в этих фотоприемниках ограничивающим фактором является скорость вывода отсчетов видеосигнала, то уменьшение формата кадра может привести к увеличению кадровой частоты. Таким образом, есть возможность выбора.

3.1. Разрешающая способность определяется с помощью тестовых таблиц. Проверьте расположение тестовой таблицы. Она должна располагаться в центре изображения и занимать половину полного угла зрения как по горизонтали, так и по вертикали.

3.2. Теперь следует выбрать максимальное разрешение (формат кадра) в списке Video Mode. При этом разрешении следует полностью развернуть основное окно программы.

Определите горизонтальную разрешающую способность камеры. Для этого найдите на вертикальном клине зону, на которой еще видны раздельно вертикальные полосы. Указанную против этой зоны величину разрешающей способности следует удвоить и занести в таблицу в отчете.

При высоком разрешении камеры может оказаться, что разрешение монитора окажется меньше, чем разрешение камеры, поэтому может понадобиться окно «Лупа», в котором и следует наблюдать изображение клина.

Определите горизонтальную разрешающую способность альтернативным методом. Для этого следует свернуть основное окно программы до нормального размера. Найдите на изображении таблицы клин и щелкните по нему мышкой. Рассмотрите изображение сигнала клина в окне «График по X». Щелкая мышью по клину, найдите на нем такое место, на котором размах сигнала черных и белых полос клина будет занимать не менее 30% от полного размаха сигнала таблицы. Соответствующее этому месту клина значение разрешающей способности следует удвоить и занести в таблицу.

Может получиться так, что сигнал в окне «График по X» окажется слишком мелким. Тогда следует воспользоваться окном «Лупа» и дополнительно к нему открыть еще два окна «График по X в лупе» и «График по Y в лупе». Их можно активизировать последовательно выбрав в меню «Вид» пункты «График по X в лупе» и «График по Y в лупе». Открывшиеся окна следует расположить примерно так (Рис.20).

В окнах «График по X в лупе» и «График по Y в лупе» следует нажать кнопку Y для отображения сигнала яркости или черно-белого сигнала. Теперь можно работать с клином так, как было указано выше. Полученные данные занесите в таблицу.

Определите аналогичным образом разрешающую способность по вертикали. Для этого следует воспользоваться горизонтальным клином и выполнить измерения аналогично тому, как это было выполнено выше для определения разрешающей способности по горизонтали. Все результаты нужно также занести в таблицу.

Определите частоту кадров. Для этого следует открыть окно «Video Capture Pin» и посмотреть параметр «Частота кадров». Занести этот параметр в таблицу.



Рис. 20. Вид окон программы OSC16 при измерении разрешающей способности

3.3. Выполнить измерения разрешения и частоты кадров для всех вариантов форматов кадра, присутствующих в списке «Video Mode». Для этого последовательно от большего формата к меньшему следует выбирать все режимы из списка Video Mode (только для представления цвета RGB24). Для всех этих режимов следует выполнить п. 3.2. Полученные значения занести в таблицу в отчете.

Изучение шумовых характеристик КМОП-фотоприемника.

3.4. Установите испытательную таблицу 1 на экран.

3.5. Для изучения шумовых характеристик воспользуемся специальным средством, входящим в состав программы OSC16. В меню «Вид» выберите пункт «Измерение сигнала в лупе». Зафиксируйте это окно в положении «Поверх всех окон» (Рис. 21). С помощью данного средства предоставляется возможность измерения СКО и среднего значения сигнала по одному элементу по заданному количеству реализаций сигнала (временные измерения). Кроме этого используется альтернативный метод измерения СКО и среднего значения, при котором сигнал усредняется в пределах участка, ограниченного изображением лупы (пространственные измерения).

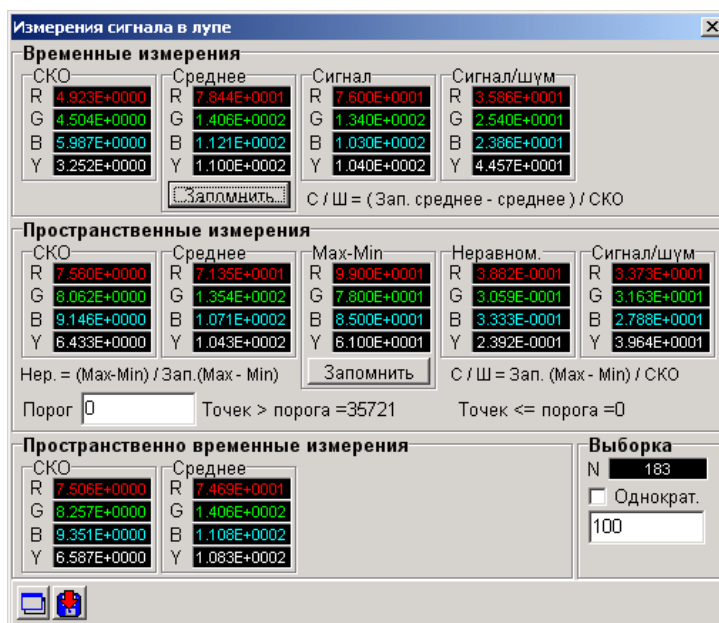


Рис. 21. Окно «Измерение сигнала в лупе»

С помощью курсора в основном окне программы OSC16 установите центр лупы на участок соответствующий самому темному элементу светового клина. С помощью движка в окне «Лупа» установите увеличение лупы таким, чтобы изображение лупы включало бы только равномерное изображение одного участка светового клина.

В окне «Измерение сигнала в лупе» установите значения «Выборка» равное 100 и «Порог» равное 0.

3.6. Установите флажок «Однократ.» С этого момента запускаются измерения сигнала по выборке из 100 кадров. Запомните значения «СКО», «Среднее» и «Сигнал\шум» в разделах «Временные измерения» и «Пространственные измерения».

3.7. С помощью курсора в основном окне программы OSC16 установите центр лупы на участок соответствующий самому светлому элементу светового клина. Изображение лупы автоматически переместится на этот участок. С помощью движка в окне «Лупа» установите увеличение лупы таким, чтобы изображение лупы включало бы только равномерное изображение этого участка светового клина.

3.8. Измерьте значения «СКО», «Среднее» и «Сигнал\шум» для этого сигнала аналогично п.3.6.

3.9. Результаты измерений занести в соответствующие разделы отчета.

4. Окончание работы

После выполнения разделов 1-3 данной работы следует сообщить об этом преподавателю или лаборанту. **Запрещается самостоятельно выключать приборы!**

Сохранить файл отчета и закрыть окно редактора Word.

Переписать файл вашего отчета на дискету или на накопитель USB-Flash. **На компьютере никакие файлы, включая ваш файл отчета не удалять.** Наличие этого файла у преподавателя или лаборанта рассматривается как подтверждение факта выполнения данной лабораторной работы.

Содержание отчета

Отчет должен быть оформлен в электронном виде и распечатан. За основу отчета должен быть взят прилагаемый шаблон lr5.dot. В имеющемся шаблоне следует заполнить обязательные поля, включающие ФИО и группу студента, дату выполнения работы, полученные результаты по п.п. 1 - 3, а также скриншоты программы OSC16.

Размер отчета должен быть не более трех страниц. При необходимости, вставленные в шаблон рисунки следует отмасштабировать.

Вопросы для подготовки

1. Как устроен КМОП-фотоприемник?
2. Какие регулировки используются в КМОП-фотоприемнике?
3. Как измерить разрешающую способность камеры и какие факторы будут влиять на разрешающую способность?
4. Какие параметры КМОП-фотоприемника влияют на его чувствительность?
5. Как определяется градационная характеристика камеры?
6. Каково назначение программы OSC16 и каковы его основные элементы?

Литература

1. Твердотельная революция в телевидении: телевизионные приборы на основе приборов с зарядовой связью, систем на кристалле и видеосистем на кристалле/ В.В.Березин, А.А.Умбиталиев, Ш.С.Фахми, А.К.Цыцулин, Н.Н.Шипилов; Под ред. А.А. Умбиталиева и А.К.Цыцулина. – М.: Радио и связь, 2006.
2. OV5610 Color CMOS QSXGA (5.17 MPixel) CAMERACHIP with OmniPixel Technology Data Sheet. Omni Vision.
3. Телевизионные камеры с интерфейсом USB2.0 VEA-135, VEI-135, VEI-235, VEI-335, VEC-135, VEC-235, VEC-335, VEC-535. Руководство пользователя, Санкт - Петербург, ЗАО «ЭВС», 2005
4. Программа OSC16. Руководство пользователя. Санкт-Петербург, ЗАО «ЭВС», 2006.
5. Горбачёв А.А., Коротаев В.В., Ярышев С.Н. Твердотельные матричные фотопреобразователи и камеры на их основе. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 98 с.

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

КАФЕДРА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ И ЕЕ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ШКОЛА

Кафедра создавалась в 1937-38 годах и существовала под следующими названиями:

- с 1938 по 1958 год - кафедра военных оптических приборов;
- с 1958 по 1967 год - кафедра специальных оптических приборов;
- с 1967 по 1992 год - кафедра оптико-электронных приборов;
- с 1992 года - кафедра оптико-электронных приборов и систем.

Кафедру возглавляли:

- с 1938 по 1942 год - профессор К.Е. Солодилов;
- с 1942 по 1945 год профессор А.Н. Захарьевский (по совместительству);
- с 1945 по 1946 год - профессор М.А. Резунов;
- с 1947 по 1972 год - профессор С.Т. Цуккерман;
- с 1972 по 1992 год - заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор Л.Ф. Порфирьев;
- с 1992 по 2007 год - заслуженный деятель науки РФ, профессор Э.Д. Панков.

с 2007 года по настоящее время - почетный работник высшего профессионального образования, профессор В.В. Коротаев.

1938 по 1970 кафедра входила в состав оптического факультета.

В 1970 году кафедра вошла в состав факультета оптико электронного приборостроения, который в 1976 году был переименован в инженерно-физический факультет.

В 1998 г кафедра вошла в состав факультета оптико-информационных систем и технологий.

В 2015 году кафедра вошла в состав факультета лазерной и световой инженерии

Кафедра оптико-электронных приборов и систем (ОЭПиС) осуществляет подготовку профессионалов в области создания оптико-электронных и видеоинформационных приборов и систем, а также в области разработки их программного обеспечения.

Результаты научных исследований кафедры докладываются на ведущих мировых научных форумах, публикуются в виде научных статей и монографий.

Приборы, разработанные на кафедре, поставляются на предприятия России и на предприятия других стран.

Этот уникальный опыт передается нашим студентам.

На кафедре работают 6 докторов наук, профессоров, однако большую часть коллектива составляют молодые люди в возрасте от 18 до 35 лет, в том числе 11 молодых кандидатов наук.

Коллектив кафедры Оптико-электронных приборов и систем (ОЭПиС) – сформировавшаяся научная и научно-педагогическая школа, существующая с 1938 года.

За эти годы были подготовлены более тысячи специалистов, более ста докторов и кандидатов наук.

С 2007 г. заведующим кафедрой является почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, профессор В.В. Коротаев.

Только в период с 2007 по 2015 год на кафедре были защищены 28 диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В 2012 году научно-педагогическая школа кафедры ОЭПиС «Оптико-электронное приборостроение» была внесена в реестр ведущих научных и научно-педагогических школ Санкт-Петербурга.

Подробная информация о кафедре ОЭПиС имеется на сайте кафедры:
<http://oep.ifmo.ru/>

Ярышев С.Н., Сычева Е.А.

**Методические указания по выполнению лабораторных работ по
курсу Видеоаналитика и цифровая обработка видеосигнала**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе