

УДК 681.518.3

**Применение видеокomпьютерной техники для исследования
морфометрических параметров рыбы**
Часть 1. Разработка аппаратного обеспечения видеокomпьютерного устройства

Канд. техн. наук **О.В. Агеев**, procyon@mail.ru,
д-р техн. наук **Ю.А. Фатыхов**, elina@klgtu.ru

*Калининградский государственный технический университет
236022, Россия, Калининград, Советский пр., 1*

Показана актуальность применения современного автоматизированного оборудования в рыбной отрасли. Указана необходимость исследования морфометрических параметров рыбы для настройки машин. Рассмотрены научные подходы к созданию видеокomпьютерных устройств. Наиболее перспективными для прикладного применения признаны принципы лазерной локации и технического зрения. Сформулированы основные задачи и функции изделия, разработана его структурная схема. Рассмотрен подход к установке видеодатчика. Для различных типов источников света проанализированы их основные энергетические, пространственные и временные параметры. Исследованы различные методы освещения объектов и рабочей зоны. Научно обоснован выбор источника освещения рабочей зоны на основе сверхярких светодиодов, типа видеодатчика и его интерфейса с ЭВМ. Рассмотрены функции приемного оптического блока. Приведены технические характеристики цифровой видеокамеры, используемой в видеокomпьютерном устройстве. Перечислены основные задачи обработки изображения.

Ключевые слова: рыба; видеокomпьютерное устройство; светодиод; видеокамера; видеодатчик; микроЭВМ; фильтрация изображения; реконструкция изображения; сегментация изображения; морфологический анализ; распознавание образов.

**Using of videocomputer technique for research of morphometric parameters of fish.
Part 1. Development of hardware of videocomputer device**

Ph. D. Ageev O.V. procyon@mail.ru,
D.Sc. Fatykhov Yu.A. elina@klgtu.ru

*Kaliningrad State Technical University
236022, Russia, Kaliningrad, Sovetsky pr., 1*

The relevance of using modern automated equipment of fishing industry is demonstrated. Scientific approaches to creating videocomputer device are discussed. Basic tasks and functions of device is formulated and its structure is developed. The choice of source for lightning working zone, videosensor and its interface with the computer, the form of presenting videodata is scientifically based. The basic tasks of processing graphic information in videocomputer module is formulated.

Keywords: fish; mechatronics; videocomputer device; videocamera; videosensor; image filtering; image reconstruction; image segmentation; morphological analysis; image recognition.

Введение

В настоящее время на пищевых производствах требуется рациональное использование рыбного сырья на основе ресурсосберегающих технологий. Решение этой задачи предполагает автоматическое получение информации о параметрах рыбы современными методами [1].

Для эффективного исследования морфометрических параметров рыбы требуется их бесконтактное измерение прямым методом. Видеосканирующее устройство, основанное на прямом методе, свободно от недостатков косвенного метода измерения, что позволяет обеспечить требуемую точность сбора данных. Наряду с этим, наличие видеосканирующих средств в технологическом оборудовании создает основу для реализации адаптивного управления при изменении условий внешней среды, существенно расширяет

универсальность и приспособляемость рыбоперерабатывающих машин, позволяет выполнять автоматическую перенастройку на различные виды сырья и готовой продукции [2].

Как показывает проведённый анализ, перспективными являются три следующих научных подхода при создании видеосканирующих систем для исследования морфометрических параметров рыбы:

1. разработка фотометрических и триангуляционных средств лазерной локации;
2. разработка средств видеосканирования на основе технического зрения;
3. разработка средств видеосканирования на основе компьютерной рентгеновской томографии.

В рамках первого подхода авторами разработан опытный оптико-электронный прибор для сбора данных на основе лазерной локации [3]. При этом решаются следующие задачи: автоматическое измерение параметров сырья и продукции прямым методом; сбор данных для активного контроля технологического процесса; обеспечение точности настройки рабочих органов оборудования; повышение качества обработки сырья; экономия ценных пищевых ресурсов.

В настоящее время реальной научной основой для разработки видеокomпьютерного устройства технологического оборудования являются первый и второй вышеуказанные подходы.

Методы

При построении видеокomпьютерного устройства следует учитывать следующие основные требования. Изделие должно обладать универсальностью и повышенной степенью гибкости, иметь высокое быстродействие, устойчивость к воздействию окружающей среды, ориентироваться на доступную элементную базу, быть совместимым с современными системами управления. Прибор обеспечивает заданную точность измерения, прост и надёжен в эксплуатации, предусматривает доступное техническое обслуживание и ремонт. Видеокomпьютерное устройство должно удовлетворять требованиям эргономики и технической эстетики, а также технико-экономическим требованиям.

Кроме того, особенности работы видеокomпьютерного устройства в составе технологического оборудования определяет ряд специфических требований: обработка видеоинформации в реальном масштабе времени; уверенное распознавание изображений объектов в условиях оптических помех; устойчивая работа в широком диапазоне освещенности рабочей зоны; простота и скорость переналадки на обработку изображений объектов различных видов; доступная стоимость аппаратных и программных средств устройства.

С учетом того, что в других отраслях промышленности, особенно в робототехнике, получили широкое развитие системы технического зрения, определено функциональное назначение разрабатываемого видеокomпьютерного устройства. При реализации технологического процесса первичной обработки рыбы устройство выполняет следующие основные функции:

- наличие рыбы или филе в рабочей зоне;
- подсчет количества рыбы или филе, поступающего на обработку;
- измерение длины и ширины тушки рыбы;
- измерение длины головы и хвоста;
- контроль рыбы на наличие видимых дефектов;
- измерение длины и ширины рыбного филе;
- восстановление трехмерного образа тушки рыбы или филе;
- контроль филе на наличие видимых дефектов;
- распознавание характерных точек на тушке рыбы;
- контроль ориентации и местоположения рыбы в рабочей зоне;
- обеспечение информации для задания и коррекции траекторий рабочих органов разделочно-филетировочных модулей;
- обеспечение требований техники безопасности в рабочей зоне.

Следует отметить, что на сложность решения вышеперечисленных задач существенно могут влиять отражающие свойства поверхности сырья и продукции, контрастность объектов относительно фона, уровень оптических и электрических помех, качество и стабильность освещения рабочей зоны.

Для выполнения своего функционального назначения видеокomпьютерное устройство решает следующие задачи:

- создание в рабочей зоне требуемых условий для качественного восприятия оптического сигнала; восприятие оптического сигнала видеодатчиком и формирование растрового изображения;
- оцифровка и ввод изображения в ЭВМ;
- сжатие и хранение изображения в ЭВМ;
- восстановление изображения;
- реконструкция изображения;
- анализ изображения;
- обнаружение и идентификация объектов;
- распознавание объектов;
- интерпретация сцены на основе модели проблемной среды;
- передача полученной информации в систему управления мехатронным комплексом.

В видеокомпьютерном устройстве видеодатчик установлен неподвижно и отдельно от рабочего органа, сверху и сбоку от рабочей сцены. Вместе с тем, допускается установка нескольких видеодатчиков для осмотра сцены с разных точек и повышения точности измерения. Полученная с их помощью информация может использоваться как для измерения морфометрических параметров сырья, так и для организации обратной связи для коррекции положения рабочих органов. При этом исполнительный сервопривод минимизирует отклонения текущего положения рабочего органа от заданного, на основе непрерывного поступления видеосигнала обратной связи и коррекции траектории движения.

Место установки видеодатчика и осветительных приборов определено в зависимости от размеров и формы рабочей зоны, а также от параметров объекта измерения. При этом не создаются помехи рабочим органам, которые, в свою очередь, не перекрывают поле зрения видеодатчика.

Предусмотрена возможность развития аппаратного обеспечения видеокомпьютерного устройства с учетом подключения новых видеодатчиков, введения дополнительных каналов связи (в том числе, радиоканалов). Предусмотрена возможность модификации и обновления программного обеспечения с целью повышения простоты и удобства работы.

При построении прибора учитываются параметры положения объекта в рабочей зоне. Погрешности его позиционирования относительно видеодатчика определяют требования к вычислительной производительности ЭВМ и алгоритму обработки видеoinформации. Чем точнее позиционируется объект, тем более простые алгоритмы могут использоваться при создании программного обеспечения устройства [4].

На основе анализа технических требований к видеокомпьютерному устройству построена его структурная схема (рис. 1).

Для эффективного формирования изображения в условиях рыбообрабатывающего производства обеспечено искусственное освещение рабочей зоны в полуактивном режиме. При этом осуществляется искусственная подсветка всего поля зрения видеодатчика. Предусмотрено управляемое включение и выключение источников света. При выборе типа источника освещения рассмотрены лампы накаливания, газоразрядные лампы, светодиоды и лазеры. Исследованы следующие методы освещения объектов и рабочей зоны: освещение задним светом; освещение верхним рассеянным светом; освещение верхним направленным светом; освещение световыми вспышками; метод светового сечения.

Осветительная система местного типа содержит следующие элементы: источник излучения; оптический элемент (линза, зеркало, светорассеиватель в виде матового или молочного стекла); схему питания; схему управления.

Для вышеуказанных типов источников света проанализированы их основные энергетические, пространственные и временные параметры. К ним отнесены: поток излучения (Вт); энергия излучения (Дж); световой поток (лм); световая энергия (лм·с); сила света (кд); яркость (кд·м⁻²); светимость (лм·м⁻²); освещенность (лк); световая экспозиция (лк·с).

Источники света на полупроводниковых светодиодах обладают следующими достоинствами: малые размеры и масса; устойчивость к механическим воздействиям; значительный срок службы; высокое быстродействие; высокий КПД с низким уровнем рассеиваемой мощности; высокий световой поток; низкое напряжение питания; возможность монтажа в печатных платах [5].

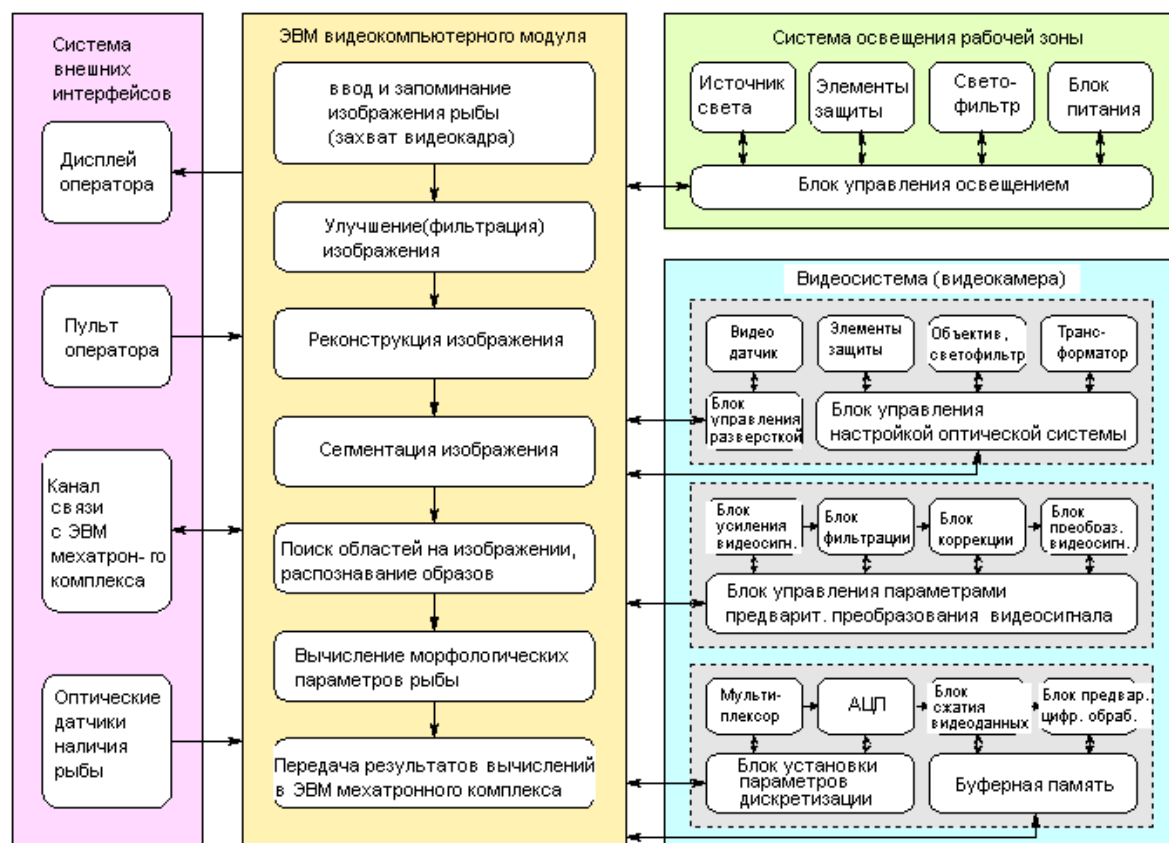


Рис. 1. Структурная схема видеокomпьютерного устройства

В качестве источника освещения для видеокomпьютерного устройства выбраны сверхяркие полупроводниковые светодиоды белого свечения. Это позволяет исключить из осветительной системы конденсор за счёт достаточного потока излучения, направляемого в рабочую зону. В настоящее время такие приборы производятся зарубежными компаниями Cree Lighting, Nichia, Lumileds Lighting, Epistar, Osram, Seoul Semiconductor, Edixeon. Длина волны белого свечения светодиода составляет 5500 нм, при световом потоке не менее 30 лм. Производителем указан срок службы не менее 50000 часов.

Для обеспечения номинальных характеристик источников света требуется стабилизация их светового потока. Для решения этой задачи использован метод введения обратной связи по термозависимому параметру излучающих светодиодов. Такой метод достаточно эффективен и заключается в использовании явления прямого падения напряжения на светодиоде при изменении температуры [5]. При соответствующем схемном включении светодиода, операционного усилителя и резисторов обеспечивается автоматическая компенсация изменения температуры.

Интерес для будущих разработок представляет освещение рабочей зоны рассеянным монохроматическим светом маломощного полупроводникового лазера.

Восприятие объекта в рабочей зоне, формирование растрового изображения, оцифровка и ввод изображения в ЭВМ осуществляется видеодатчиком, выполненным в виде промышленной цифровой видеокамеры. Физические принципы, лежащие в основе работы видеодатчиков, особенности их конструкции, схемы включения подробно рассмотрены в работах [4, 5]. Для видеокomпьютерного устройства выбран селективный видеодатчик с высокой чувствительностью и широкими обнаружительными возможностями, использующий фотонный вид взаимодействия с веществом [5].

Цифровая видеокамера (рис. 2) представляет собой сложную техническую систему, состоящую из нескольких концептуально связанных блоков.



Рис. 2. Общий вид цифровой видеокамеры видеокomпьютерного устройства

Приемный оптический блок служит для обеспечения заданного уровня сигнала излучения на светочувствительном элементе видеодатчика путем сбора необходимого количества световой энергии. Также формируется структура светового пучка и его спектральный состав. Наряду с этим, обеспечивается необходимое пространственное, временное, спектральное и энергетическое разрешение для получения изображения объекта требуемого качества. Кроме того, приемный оптический блок обеспечивает необходимое разрешение по одному или нескольким параметрам оптического сигнала для выделения нужных объектов на фоне помех и определения их характерных признаков. В значительной мере на эффективность дальнейшей цифровой обработки видеoinформации в ЭВМ влияют параметры приёмного оптического блока.

Структура и конструктивные особенности передающих и приёмных оптических систем подробно описаны в работе [5]. Основным элементом приемной оптической системы является объектив. Его характеристиками являются: фокусное расстояние; диаметры входного и выходного зрачков; относительное отверстие; диафрагменное число; угловое поле в пространстве предметов; линейное увеличение; разрешающая способность; оптическая передаточная функция; коэффициент пропускания. Объектив служит для получения изображения объектов в плоскости чувствительного слоя приемника. На основе известных методик выбора и расчета объектива, рассмотренных в работе [5], для оптического блока выбран соответствующий объектив (рис. 2), у которого фокусное расстояние, а соответственно, и масштаб изображения плавно меняется в широких пределах. Объектив имеет резьбовое крепление типа CS.

Следует отметить необходимость средств защиты приемного оптического блока. В процессе работы технологического оборудования, элементы его систем подвергаются воздействию окружающей среды (пыли, брызг, чешуи). В результате такого воздействия возможно быстрое ухудшение характеристик оптических систем, а также выход их из строя. Для предотвращения этого предусматриваются защитные корпуса, стекла и пленки, а также автоматические приспособления для очистки стекол от загрязнений.

Функцию восприятия изображения выполняет видеодатчик. При выборе типа видеодатчика проанализированы следующие виды приборов [5]: диссекторы; видиконы; супервидиконы; приборы с зарядовой связью (ПЗС); приборы на основе комплементарных металл-оксид-полупроводниковых транзисторных структур (КМОП).

Методы оцифровки изображений подробно рассмотрены в работах [4, 6–8]. Под изображением рабочей зоны понимается двумерная функция $g(x, y)$, задающая для каждой точки выбранной картинной плоскости (x, y) значение g яркости (освещенности) соответствующей точки сцены. Рассматриваемый участок картинной плоскости является прямоугольником размером $X \times Y$, а начало системы координат Oxy находится в нижнем левом углу прямоугольника. Соответственно, $x \in [0, X]$, $y \in [0, Y]$. Вместо исходного изображения $g(x, y)$ в ЭВМ вводится массив значений $G(i, j)$, задаваемый на целочисленной решетке $i = \overline{0, N_x}$, $j = \overline{0, N_y}$, покрывающей всю область $X \times Y$. Значение $G(i, j)$ в узловой точке представляет собой усредненную яркость g элемента изображения в этой плоскости. Принято, что элемент изображения, называемый пикселом (англ. picture element), имеет прямоугольную форму. Максимальный шаг h пространственной решетки и оцифровке и вводе в ЭВМ в виде функции $G(i, j)$ выбирается из условия $h < 1/2f_m$, где f_m – максимальная пространственная частота изображения [4].

Кроме пространственной дискретизации, оцифровка изображения предусматривает квантование уровней яркости. Для этого целесообразно использовать алгоритмы с оперативным управлением порогами сравнения.

После квантования функция $G(i, j)$ принимает целочисленные значения $G(i, j) = k$ при $T_{k-1} \leq G(i, j) < T_k, k \in [0, k_{\max}]$, где T_k – значение k -го порогового уровня. В случае $k_{\max} = 1$ оцифрованное изображение является бинарным, в случае $k_{\max} > 1$ изображение является полутоновым (многоградационным).

Как показывает проведенный анализ, для применения в видеокомпьютерном устройстве наиболее перспективными типами видеодатчиков являются матричные ПЗС и КМОП-приборы. Эти устройства имеют жесткую координатную привязку, обусловленную дискретным построением преобразующего элемента. Такие приборы надежны, стабильны, ударо- и вибростойки, имеют значительный срок службы, небольшие габаритные размеры, нечувствительны к электромагнитным полям. Вместе с тем, указанные типы приборов чувствительны к температуре и радиационным полям.

В качестве чувствительного элемента видеокамеры наиболее целесообразно использовать твердотельный датчик изображения с внутренней коммутацией. Такой прибор обладает существенными преимуществами по сравнению с изделиями, имеющими коммутацию электронным лучом. Это обусловлено высокой точностью координатной привязки, малыми габаритными размерами и совместимостью с преобразующими устройствами ЭВМ. Пространственная организация светочувствительного массива – матричная.

Как показывает проведенный анализ, для получения и ввода изображения в видеокомпьютерном устройстве целесообразно применять видеодатчик на основе черно-белой КМОП-матрицы. Изделие представляет собой фотодиодный многоэлементный приёмник излучения, изготавливаемый по технологии интегральных схем. Физическим принципом работы этого прибора является внутренний фотоэффект. Матрица выполнена в виде массива фотодиодов, работающих в фотодиодном режиме, когда на р–п-переход подано обратное смещение. Каждый элементарный фотодиод соответствует одному пикселу изображения. Поскольку матрица черно-белая, над фотодиодами отсутствуют цветные светофильтры, что существенно снижает стоимость прибора. Кроме того, в качестве чувствительного элемента вместо фотодиода может использоваться и полевой фототранзистор.

Чувствительность видеодатчика, то есть минимальная мощность излучения, которая может быть им зарегистрирована, определена собственными шумами фотодиодов, шумами подсвечивающего излучения и электронного тракта. Следует отметить, что в фотодиодах сильнее проявляются дробовый шум и фликкер-шум, и менее – тепловой шум (шум Джонсона) и генерационно-рекомбинационный шум.

КМОП-матрица обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с ПЗС-матрицей. Это обусловлено принципом считывания сигнала с матрицы, которое осуществляется с помощью двухкоординатной адресации строк и столбцов. Схема, обрабатывающая сигнал, фактически находится в самом пикселе, что позволяет избежать потерь заряда через матрицу, поскольку не требуются кадровые и строчные переносы заряда на сдвиговых регистрах. Следует отметить, что технологичность изготовления КМОП-матрицы выше, следовательно, этот прибор более доступен для применения.

Наряду с восприятием изображения, цифровая видеокамера решает следующие задачи: опрос видеодатчика на основе КМОП-матрицы; определение уровня квантования видеосигнала; предварительная фильтрация сигнала; линейное и нелинейное усиление сигнала; оцифровка видеосигнала; промежуточное запоминание изображения; предварительное улучшение изображения; передача улучшенного изображения в ЭВМ.

Вышеперечисленные задачи решаются встроенной микроЭВМ, созданной на основе специализированного видеопроцессора. При этом реализуются алгоритмы оцифровки, усиления сигнала, предварительной обработки и сжатия изображения в режиме реального времени [6, 11–13]. Проведенный анализ показывает, что технико-экономические характеристики цифровой видеокамеры существенно зависят от следующих параметров ее видеопроцессора: скорости работы; набора выполняемых функций; количества каналов обработки информации. В связи с этим, целесообразно переложить на внешнюю ЭВМ основные функции по обработке изображения, его фильтрации и реконструкции, требующие значительных вычислительных ресурсов. Если учесть, что обработка информации идет в реальном масштабе времени, то видеопроцессору встроенной микроЭВМ в этом случае отводятся задачи оцифровки и первичной фильтрации изображения.

Для обработки видеoinформации в режиме реального времени требуется высокоскоростная передача данных от видеокамеры в ЭВМ. Информация об изображении может быть представлена в видеокамере в аналоговом и цифровом виде. В случае аналогового представления требуется наличие устройства ввода и оцифровки телевизионных сигналов. Такой прибор преобразует информацию из аналогового вида в цифровой и обеспечивает ее ввод в ЭВМ. Как показывает анализ, наличие промежуточного устройства снижает скорость

обработки информации, а также существенно увеличивает стоимость видеокomпьютерного устройства. В связи с этим, является целесообразным использование видеокамеры с цифровым представлением информации.

При вводе информации об изображении в ЭВМ требуется скорость передачи данных не менее 400 Мбит/с. Такую скорость обеспечивают два вида интерфейсов: FireWire (IEEE-1394) и USB 2.0.

Интерфейс FireWire является последовательной высокоскоростной шиной. Шина предусматривает древовидную и петлевую топологию. Имеется возможность установки гарантированной полосы пропускания для приложений реального времени. Допускается подключение до 63 периферийных устройств. Используется 6-проводный кабель, что позволяет обеспечить электропитание подключаемых устройств мощностью до 45 Вт на порт без отдельных сетевых кабелей. Длина кабеля ограничена значением 4,5 метра.

Интерфейс USB является универсальной последовательной высокоскоростной шиной. Обеспечивается скорость передачи данных до 480 Мбит/с (USB 2.0 High Speed). На логическом уровне устройство USB поддерживает транзакции приема и передачи данных. С помощью кабелей формируется интерфейс между USB-приемниками (ведомыми) и USB-передатчиком (ведущим). В качестве передатчика выступает программно-управляемый USB-контроллер, который обеспечивает функциональность всего интерфейса. Соединение контроллера с внешними устройствами происходит через USB-концентратор. В силу того, что USB-шина имеет древовидную топологию, концентратор самого верхнего уровня называется корневым. Он встроен в USB-контроллер и является его неотъемлемой частью. Допускается подключение до 126 периферийных устройств. Используется 4-проводный кабель, что позволяет обеспечить электропитание подключаемых устройств с силой тока до 500 мА на порт без отдельных сетевых кабелей. Длина кабеля ограничена значением 5 метров.

Как показывает проведенный анализ, на практике шина FireWire обеспечивает более высокую скорость передачи данных по сравнению с шиной USB 2.0. Однако в настоящее время в вычислительной технике и аппаратуре для обработки видеoinформации осуществляется отказ от шины FireWire, и выполняется переход на использование шины USB. В новых устройствах всё чаще предусматривается наличие интерфейса USB, в то время как устройства с интерфейсом FireWire встречаются все реже. Это связано с общемировой тенденцией перехода на единый универсальный интерфейс для соединения цифровых приборов и носителей информации. Представляется, что в ближайшие годы производители откажутся от применения интерфейса FireWire в пользу USB. Осуществляется переход на интерфейс USB 3.0 со скоростью передачи данных до 600 Мбит/с. Опубликована спецификация интерфейса USB 3.1 со скоростью передачи до 10 Гбит/с. В связи с этим, целесообразным является выбор универсальной последовательной шины USB для применения в видеокomпьютерном устройстве технологического оборудования.

Проведенный выше анализ позволяет обоснованно выбрать модель цифровой видеокамеры для видеокomпьютерного устройства.

Видеокамера смонтирована в корпусе внутреннего исполнения. В полутоновом изображении число пикселей составляет 1280×960. На каждый элемент матрицы нанесена микролинза. Разрешающая способность составляет 900 ТВЛ. Запись изображения осуществляется с частотой 30 кадров/с. Развёртка прогрессивная, имеется автоматическая регулировка усиления. Электропитание осуществляется от порта USB 2.0. Прибор позволяет выбирать в зависимости от условий наблюдений приоритет разрешающей способности или динамики изображения. Возможно применение объективов с автоматической регулировкой диафрагмы (АРД) типа VideoDrive или DirectDrive, для чего на видеокамере имеется разъем АРД. Тактовые частоты, необходимые для работы матрицы, формирует синхрогенератор, встроенный в кристалл фотоприемника. Также обеспечивается обработка и усиление сигналов, поступающих с фоточувствительного массива матрицы. Применение системы автоматической регулировки усиления (АРУ) совместно с системой автоматического регулирования времени накопления (АРВН) позволяет камере формировать качественное изображение в широком диапазоне освещённости объектов наблюдения. Видеокамера предусматривает ручную подстройку порогов срабатывания систем автоматических регулировок.

Камера передает в ЭВМ по шине USB цифровое изображение в формате RAW и имеет возможность работать на нескольких частотах кадров. Напряжение питания камеры поступает от USB-порта ЭВМ, при этом потребляемый ток составляет не более 170 мА. Камера обеспечивают формирование высококонтрастного телевизионного изображения в широком диапазоне температур от +1 до +45°C. Спектральная характеристика

чувствительности телевизионных камер складывается из спектральной характеристики КМОП-матрицы и спектральной характеристики используемого в камере объектива.

Далее обработка изображения и вычисление параметров рыбы выполняются в ЭВМ специализированным программным обеспечением. При этом решены следующие основные задачи:

- включение светодиодного источника освещения рабочей зоны;
- инициализация видеокамеры;
- опрос оптического датчика наличия рыбы на конвейере;
- запуск захвата потока видеоинформации;
- захват кадра с изображением рыбы на конвейере;
- запись кадра в память ЭВМ в матричной форме;
- гистограммная эквализация изображения со спецификацией;
- фильтрация изображения методом слепой деконволюции;
- обработка изображения медианным фильтром;
- перевод изображения из пространства RGB в пространство оттенков серого цвета;
- поиск контуров на изображении методом Канни;
- заливка контуров для сглаживания краев;
- вычитание изображения для подавления фона;
- замыкание контуров на изображении;
- выборка полос различной ширины для поиска и анализа областей;
- поиск областей на изображении по заданным критериям;
- выделение областей на изображении;
- вычисление параметров выделенных областей;
- формирование критерия поиска головы рыбы;
- выбор области, содержащей изображение головы рыбы;
- построение многоугольников, содержащих вписанные изображения головы рыбы и всей тушки;
- вычисление координат головы и тушки рыбы;
- вычисление длины головы и тушки рыбы;
- формирование данных для системы управления рабочими органами технологического оборудования.

Включение светодиодного источника освещения рабочей зоны, а также получение информации с датчика наличия рыбы осуществляются внешним блоком, содержащим релейные входы и выходы.

Включение и инициализация видеокамеры выполняются при помощи встроенного в операционную систему программного обеспечения WDM (Windows Data Module). После инициализации видеодатчика начинается промежуточный захват потока видеоданных и его отображение в режиме реального времени на дисплее ЭВМ. Как показал проведённый анализ, быстроедействие выбранных моделей видеокамеры и ЭВМ обеспечивает обработку и захват потока видеоданных с числом пикселей 640×480 . При дальнейшем увеличении числа пикселей изображения происходят пропуски кадров. Тем не менее, возможна работа с числом пикселей изображения 1280×960 при обработке крупной рыбы с невысокой скоростью конвейера.

В случае поступления сигнала от оптического датчика наличия рыбы осуществляются захват кадра и его запись в память ЭВМ. Несмотря на то, что видеокамера формирует полутоновое изображение, выходные видеоданные кодируются в цветовом пространстве RGB. В результате дискретизации и квантования изображения в памяти ЭВМ формируется матрица действительных чисел. За начало координат принимается верхний левый угол изображения. Каждый элемент такой матрицы является пикселем изображения. Для хранения в ЭВМ матрицы 8-разрядного изображения размером 1024×1024 пикселей требуется объем памяти 3145728 бит.

Выводы

1. Проведен анализ научных подходов к разработке видеокomпьютерного устройства для технологического оборудования первичной обработки рыбы. В результате наиболее перспективными для прикладного применения признаны принципы лазерной локации и технического зрения.

2. Сформулированы основные задачи и функции видеокomпьютерного устройства, разработана его структура. Обоснован выбор технических средств для освещения рабочей зоны рассеянным светом на основе сверхярких светодиодов.

3. Обоснован выбор видеодатчика, его интерфейса с ЭВМ и формата представления видеoinформации.

Литература (References)

1. Ageev O.V. Пути совершенствования оборудования для первичной обработки рыбы на основе мехатроники // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли: материалы междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Изд-во ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз», 2014. С. 231-236. [Ageev O.V. Puti sovershenstvovaniya oborudovaniya dlya pervichnoi obrabotki ryby na osnove mekhatroniki. *Kompleksnyye issledovaniya v rybokhozyaistvennoi otrasli: materialy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Vladivostok. FGBOU VPO "Dal'rybvuz"*. 2014, pp. 231-236].
2. Фатыхов Ю.А. Ageev O.V. Мехатроника в рыбоперерабатывающем оборудовании: монография. Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. 279 с. [Fatykhov Yu.A. Ageev O.V. *Mekhatronika v ryborazdelochnom oborudovanii: monografiya*. Kaliningrad: FGOU VPO "KGTU", 2008. 279 p].
3. Ageev O.V., Fatykhov J.A., Ivanov A.V., Aerlichman V.N. Videocomputer module for measuring morphometric fish parameters. Budowa I Eksploatacja Maszyn Spozywczych "BEMS-2014": XVI Konferencja Naukowo-Techniczna. Lublin, 2014, P. 21.
4. Визильтер Ю.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. Москва: Физматкнига, 2010. 672 с. [Vizil'ter Yu.V. *Obrabotka i analiz izobrazhenii v zadachakh mashinnogo zreniya*. Moscow, Fizmatkniga Publ., 2010, 672 p].
5. Захаров Н.П., Тимошенко С.П., Крупнов Ю.А. Оптико-электронные узлы электронно-вычислительных средств, измерительных приборов и устройств автоматики. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 335 с. [Zakharov N.P. *Optiko-elektronnyye uzly elektronno-vychislitel'nykh sredstv, izmeritel'nykh priborov i ustroistv avtomatiki*. Moscow, 2011, 335 p].
6. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб: Питер, 2002. 608 с. [Sergienko A.B. *Tsifrovaya obrabotka signalov*. St. Petersburg, Piter Publ., 2002, 608 p].
7. Gonzalez R.C., Woods R.E. *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall, 2002, 190 p.
8. Абрамова В.В. Методы цифровой обработки сигналов для решения прикладных задач: монография. Москва: Радиотехника, 2012. 128 с.
9. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник. Москва: Техносфера, 2006. 592 с. [Frayden Dzh. *The modern sensors. Reference manual*. Moscow, 2006, 592 p].
10. Совлуков А.С. Датчики: справочное пособие. Москва: Техносфера, 2012. 624 с. [Sovlukov A.S. *Sensors: handbook*. Moscow, 2012, 624 p].
11. Смит С. Цифровая обработка сигналов. Москва: Додэка XXI, 2008. 720 с. [Smith S. *Digital signal processing*. Moscow, 2008, 720 p].
12. Lyons R. G. *Understanding Digital Signal Processing*. New Jersey: Prentice Hall, 2010, 984 p.
13. Proakis J.G., Manolakis D.G. *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications*. New Jersey: Prentice Hall, 2006, 1004 p.
14. Шуманова М.В., Фатыхов Ю.А., Шуманов В.А. К вопросу математической модели процесса посола мяса сельди // Вестник Международной академии холода. 2015. №1 [Shumanova M.V., Fatykhov Yu.A., Shumanov V.A. *On the problem of a mathematical model for herring salting process*. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2015, no. 1].