

МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА  
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Биленко М.С., Серов А.В., Рожков С.А., Буглов О.А.

**Введение.** Одним из трудно поддающихся автоматизации текстильных процессов является проверка качества тканей. Только в последнее десятилетие развитие компьютерной технологии и технологий видеоконтроля позволило разработать практичные, дружелюбные системы. Большой интерес, проявляемый в последнее время к автоматизации процессов контроля качества сырья и готовой продукции текстильных производств, позволяет ставить вопрос о повышении эффективности текстильных производств за счет снижения доли выпуска недоброкачественной продукции и уменьшении непроизводственных затрат.

**Постановка проблемы.** Контроль качества тканей обычно проводится контролерами качества, которые способны обнаруживать 40–60% процентов дефектов. Со временем контролеры устают, что делает их результаты контроля противоречивыми. Также имеются различия между индивидуальными способностями инспекторов. Наконец, чтобы подготовить хорошего инспектора–человека требуются годы, а автоматизированные системы контроля могут быть установлены и использованы в пределах нескольких недель. Современные системы контроля позволяют обеспечить обнаружение дефектов тканей от 80 до 95 процентов.

Сложные, многостадийные технологические переходы и вариативность показателей продукции (смена ассортимента тканей, их сортности и т.п.) приводят к тому, что существенное влияние на качество продукции оказывают следующие факторы: 1) разное качество сырья; 2) изменение климатических условий при производстве тканей; 3) нарушение технологического процесса или его неправильный выбор; 4) отклонения, которые вызванные разрегулированностью или потерей настроек оборудования.

Для автоматического контроля качества рулонных материалов, таких как ткань, бумага, пленки и т.п., следует решить задачу создания автоматической системы обнаружения дефектов (системы автоматического контроля качества – САКК), которая бы являлась частью автоматической системы управления технологическим процессом [2]. Это позволит при своевременном анализе всего потока дефектов текстильных материалов и сырья значительно повысить эффективность всего текстильного комплекса.

Однако широкое использование в текстильной промышленности, да и в других отраслях народного хозяйства, таких систем автоматической обработки видеoinформации, сдерживается целым рядом факторов: значительные информационные потоки в системах обработки сигналов; необходимость разработки специальных методов и средств обнаружения сигналов дефектов, обладающих малым отношением сигнал–шум; высокая стоимость известных систем контроля качества [1, 10].

**Постановка задачи.** Целью данного исследования является создание системы контроля качества текстильных материалов (тканей) и товарного суровья с использованием контактных датчиков изображения (CIS, от англ. Contact Image Sensor). Система контроля должна обеспечивать разрешающую способность, позволяющую гарантированно обнаруживать пороки тканей (слеты по утку, подплетины, недосеки, дыры, утолщенные нити, шов, разный номер утка, бракат, проколы, пятна масла и грязи, плохая белизна, близны, засечки, недолеты.) различных артикулов, включая такие сложно определяемые дефекты, как пороки с малым соотношением сигнал/шум.

Ткани, выпускаемые текстильными производствами по современным технологиям, имеют ширину до 3 м и более, поэтому разрабатываемая система контроля должна обеспечивать контроль тканей по всей ширине.

**Анализ последних исследований.** Развитие современных информационных технологий в автоматизированных интегрированных системах контроля качества, например, видеосистемы, позволяет реализовать непрерывный процесс контроля качества текстильных материалов, тканей. В практике неразрушающего контроля качества рулонных материалов, как правило, используются быстродействующие телевизионные системы с устройствами видеопреобразования, выполненных на многоэлементных фотоэлектрических преобразователях типа ССD (Charge–Coupled Device, или ПЗС – прибор с зарядовой связью). В последнее время на рынке современных систем для автоматического контроля качества текстильных материалов такие системы используются достаточно широко [2]. Наряду со своими несомненными преимуществами, применение таких технических средств контроля имеет и существенные недостатки: наличие аппертурных искажений, ограниченная область кадра, относительно высокая стоимость промышленных камер. Несмотря на достаточно высокое быстродействие таких систем технического зрения (СТЗ), реализованные технические решения и алгоритмы распознавания не всегда позволяют осуществлять в реальном масштабе времени обнаружение дефектов текстильных материалов [2, 3, 4].

На рис. 1 показана система для обнаружения ткацких дефектов Fabriscan, выпущенная фирмой Zellweger Uster. Компания начинала разработку автоматической системы контроля тканей одной из первых в 1983 г. Разработанная система Uster Visotex была показана на выставке в ITMA–87 в Париже. Однако система была неудачной, главным образом из-за ограниченной мощности компьютеров при обработке данных того времени.

Новая система Fabriscan может проверять качество тканей шириной от 110 до 440 сантиметров со скоростью до 120 м/мин и может обнаруживать дефекты вплоть до разрешения 0,3 миллиметров. Система классифицирует дефекты в матрицу, названную Uster Fabriclass, которая подобна известной системе Uster Classimat для пряж. Fabriclass имеет две оси: на оси у указывается контраст дефекта, на оси х - длина дефекта. Это позволяет системе классифицировать различия между деформированными и недеформированными тканевыми дефектами. Данные о дефектах могут загружены в реляционную базу данных, которая позволяет формировать необходимые типы сообщений для пользователей. Для улучшения качества тканей первого сорта в программном обеспечении системы реализован алгоритм оптимизации разреза куска ткани.

Стоимость Fabriscan начинается от \$200,000. По оценкам Zellweger Uster, срок окупаемости системы составляет от 12 до 24 месяцев, который основывается на экономии в трудовых расходах, оптимизацию разрезов тканей и улучшенную систему оценки качества для клиентов.



Рис. 1 Система Fabriscan (фирма Zellweger Uster) для обнаружения и классификации текстильных дефектов



Рис. 2 Автоматизированная система Cyclops (фирма Varco) для проверки ткани на ткацком станке

Для проверки качества ткани на текстильном *ткацком* оборудовании фирма Varco разработала систему Cyclops, которая конструктивно представляет собой движущуюся

цифровой телевизионную КМОП–камеру с возможностью установки непосредственно на текстильной машине (рис.2) [9]. В отличие от других систем, такое решение для системы автоматизированного контроля позволяет контролировать процесс производства ткани на промежуточных стадиях, а не в конце производственного цикла. Система Cuslops обнаруживает следующие основные дефекты: дефекты основы, высокая концентрация локальных дефектов, отдельные распространенные дефекты. Всякий раз, когда система останавливает ткацкий станок, извещается ткач, а специфический тип дефекта и его позиция отображаются на терминале ткацкого станка. После устранения причины дефекта и ввода декларации на терминале ткацкого станка, система Cuslops запускает ткацкий станок для дальнейшего производства. Реестр ткани, снимающийся с ткацкого станка вместе с результатами системы контроля качества формируют отчет качества, по которому ткани: оцениваются как первый сорт, могут быть переданы на дополнительную проверку или переданы на дальнейшую обработку.

Для тканей шириной до 260 сантиметров скорость контроля измеряющей видеокамеры составляет до 18 см/с. В зависимости от ширины контролируемого полотна ткани система оснащается одной или двумя видеокамерами, каждая из которых имеет систему подсветки и специальный привод, который перемещает камеру со скоростью до 54 см/с с разрешающей способностью до 10 пикселей/мм. Система контроля имеет интерфейс VDI с возможностью подключения к Ethernet. Основные характеристики программного обеспечения включают: калибровку камеры и освещения, настройку образа, обрабатывающего алгоритма для основы, утка, плотности ткани, обнаружение границ и кодирование в память управляющей ЭВМ образа ткани в формате JPEG.

Стоимость установки одной системы Cuslops – \$5,000, стоимость лицензии на программное обеспечение – \$25,000. Таким образом, инвестиции для установки на 100 ткацких станках около \$525,000. Компания оценивает годовые расходы для типичного применения в \$200,000 при сокращении ручной проверки после ткачества, сокращении расходов из-за уменьшения числа контролеров (инспекторов), улучшения качества ткани и сроке окупаемости приблизительно в 2,6 года.

Систему Elbit Vision Systems (EVS) фирмы I–Tex (рис.3) применяют для различных задач контроля текстильных материалов, например, контроля текстильных дефектов, контроля печатной продукции и т.п. В этой системе реализован режим автоматизированного обучения системы распознавания дефектов на основе нейронных алгоритмов. Цифровой образ дефекта ткани сохраняется в базе данных для дальнейшего использования, например, при обучении системы распознавания дефектов. Большая скорость контроля (до 300 м/мин) обеспечивается за счет использования быстродействующих видеокамер с интерфейсом IEEE–1394.

На рис.4 приведен пример интерфейса программы формирования контрольной карты в процессе контроля с примерами дефектов и их расположением на куске материала. Стоимость системы от \$100,000 до \$650,000. Согласно EVS, срок окупаемости для системы обычно составляет 0,6–2 года.



Рис.3 Система Elbit Vision Systems (EVS) фирмы I–Tex

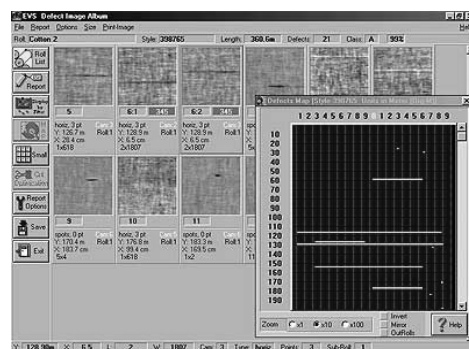


Рис. 4 Пример отчета системы EVS при контроле ткани

Известны системы с высоким коэффициентом секционирования, где элементы линейки датчиков установлены неплотно, а просмотр всей ширины производится за счет движения сканирующей линейки [6]. Например, в системе Wilot WMR фирмы Mahlo используются линейные датчики изображения, работающие в инфракрасном диапазоне. Основное назначение этой системы – это контроль ширины ткани, а особенность Wilot WMR – это шахматное расположение датчиков изображения, что позволяет определять ширину полотна ткани при помощи набора небольших линейных датчиков изображения CIS.

**Анализ задачи.** Контроль качества тканей простого переплетения является наиболее распространенной задачей для текстильных предприятий. Осуществление постоянного входного и выходного контроля качества тканей такого ассортимента позволяет для хлопчатобумажных производств обеспечить повышение качества выпускаемой товарной продукции. Для того, чтобы получить достаточно простую схему устройства для контроля качества продукции текстильных производств, например, содержащую только линейку фотоприемников, к датчикам контроля следует предъявлять требования высокой разрешающей способности.

**Основная часть.** Структурная схема разрабатываемой автоматизированной системы контроля качества тканей показана на рис.5. Особенностью системы является использование двух микропроцессоров: один для формирования программных порогов, другой для обработки видеосигнала.

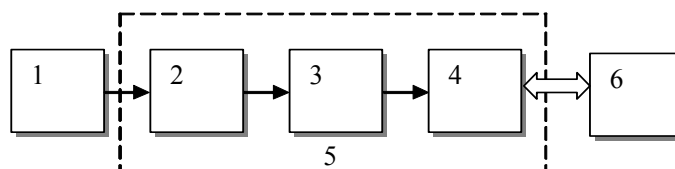


Рис.5 Обобщенная структурная схема системы контроля качества (один канал)

1 – контролируемый объект, 2 – блок восприятия информации, 3 – подсистема предварительной обработки изображения, 4 – подсистема классификации дефектов, 5 – система контроля качества, 6 – локальная сеть АСУ

Система состоит из блока восприятия изображения, системы предварительной обработки изображения и системы классификации дефектов. Для построения данной автоматизированной системы контроля качества в качестве видеодатчиков предлагается использовать линейные контактные датчики изображения. Конструктивное исполнение такого датчика позволяет обеспечить контроль полотна ткани по всей ширине за счет постоянного контакта ткани и датчика в зоне контроля. При этом CIS-датчики позволяют обеспечить контроль ткани при отсутствии значительных геометрических искажений изображения, а отсутствие движущихся частей, сложной оптической схемы, малая стоимость и высокая разрешающая способность датчиков позволяют ставить вопрос о перспективности использования этих датчиков в данной задаче.

Выходной сигнал CIS-преобразователя представляет собой аналоговый сигнал телевизионного стандарта с частотами от 1 до 20 МГц. Например, параметры CIS-модуля UB2B200AX [8]: эффективная ширина сканирования – 200 мм, время сканирования одной строки – 250 мкс, количество сканирующих пикселей в строке – 1575, глубина цвета – 256 градаций серого, цифровой параллельный выход при тактовой частоте 7 МГц. У высокоскоростных датчиков типичное время сканирования одной строки составляет не менее 85 мкс. Для обеспечения высокопроизводительной работы системы предлагается использовать распределенную обработку и передачу данных. При этом из-за нелинейности характеристики CIS-модуля необходимо обеспечить постоянную калибровку, при которой для каждого пикселя модуля устанавливается аддитивный и мультипликативный коэффициенты.

При выборе микропроцессоров, используемых в адаптивных фотопреобразователях, основными параметрами являются: программное обеспечение, набор команд, быстро-

действие, емкость оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) и аппаратное обеспечение [2, 11].

Для определения координат объекта используется алгоритм

$$x = \frac{\sum_i a_i V_i}{\sum_i V_{ij}}, \quad y = \frac{\sum_j a_j V_j}{\sum_j V_{ij}} \quad (1)$$

где  $a_i, a_j$  – весовые коэффициенты элементов строки и столбца соответственно;

$V_i = \sum_j V_{ij}$  – выходной сигнал строки;  $V_j = \sum_i V_{ij}$  – выходной сигнал столбца;  $V_{ij}$  – сигнал с элементов приемника.

Для точной оценки необходим расчет длительности выполнения алгоритма, где общее время выполнения программы

$$T = \sum_{i=1}^{n_k} p_i \tau_i + \sum_{j=1}^{m_m} r_j, \quad (2)$$

где  $p_i$  – команда длительностью  $\tau_i$ ;  $n_k$  – количество команд;  $r_j$  – длительность стандартных подпрограмм;  $m_m$  – количество стандартных подпрограмм.

При выборе емкости ОЗУ следует учитывать объем выходного сигнала, который рассчитывают

$$H_c = \sum_{n=1}^N \log_2 \left( \frac{V(t)}{V_0} \right), \quad (3)$$

где  $V_0$  – уровень квантования выходного сигнала:  $V_0 = S_v \cdot \Phi_n$ ;  $\Phi_n$  – пороговый поток преобразователя.

Для записи рабочей программы с числом команд  $n_k$  и количеством констант  $S$  требуется  $C_{np} = 8(n_k + S)$  бит. Емкость ОЗУ микропроцессора для преобразователя определяется соотношением (4)

$$W = 2^{n_{cs}} G \geq 8(n_k + S) + \sum_{n=1}^N \log_2 \frac{V(t)}{V_0}, \quad (4)$$

где  $G$  – количество слов запоминающего устройства;  $n_{cs}$  – разрядность слова.

Скорость считывания изображения можно определить как  $v_x = p/T_x$ , где  $T_x$  – период импульсов считывания.

Используя выражение (4) можно определить выходной сигнал с CIS-преобразователя

$$V(t) = S_v \cdot a \cdot \sum_{n=1}^N E(v_x T_x n) R(v_x T_x n), \quad (5)$$

где  $S_v$  – чувствительность преобразователя;  $a$  – длина элемента преобразователя;  $R_x$  – координатная характеристика.

Объем информации в сигнале сканирования можно значительно уменьшить, сократив число уровней квантования и обеспечив определенную организацию считывания выходного сигнала.

Следует так же учитывать и соответствие между скоростью ввода-вывода интерфейса  $v_{\text{вв}}$  и скоростью передачи информации  $v_u$  преобразователя. При построчном сканировании

$$v_u = f_{cч} \left[ \log_2 M + (\log_2 N) \cdot \sum_{i=1}^N x_i \right], \quad (6)$$

где  $f_{cч}$  – частота считывания строки.

Скорость ввода–вывода информации интерфейса  $v_{вв}$  можно определить из соотношения

$$v_{вв} \geq f_{cч} \left[ \log_2 M + (\log_2 N) \cdot \sum_{i=1}^N x_i \right]. \quad (7)$$

Усовершенствованный алгоритм распознавания дефектов тканей для автоматической системы контроля качества, который описан в [7], позволяет реализовать такую систему разбраковки текстильных материалов, которая бы функционировала в реальном масштабе времени.

**Обработка и фильтрация изображения.** Особенностью разрабатываемой системы контроля качества тканей является большой объем обрабатываемой информации. Для обеспечения работы системы контроля и классификатора дефектов в режиме реального времени предлагается алгоритм предварительной обработки информации. Контролируемый объект (ткань), имеет периодическую структуру и поэтому целесообразна двумерная частотная фильтрация [4], т.к. можно производить контроль качества в разных диапазонах пространственных частот. Например, для контроля оттенков ткани при крашении выгодно производить фильтрацию в области низких частот, а контроль переплетений (структуры ткани) – в области высоких частот.

Известно [2], что при выделении естественных признаков изображений, которые можно устанавливать визуальным анализом, используют светлоту (яркость), текстуру различных областей изображений, форму контуров. Среднюю яркость окрестности точки  $(j, k)$  изображения размером  $(2W + 1) \cdot (2W + 1)$  элементов определяют как

$$\bar{Y}(j, k) = \left[ \frac{1}{(2W + 1)^2} \right] \sum_{m=-W}^W \sum_{n=-W}^W Y(j + m, k + n). \quad (9)$$

Для эффективного распознавания дефектов ткани по методике, рассмотренной в [7], необходима информация о геометрическом положении дефекта и о его отклонении от средней яркости ткани. Обозначим матрицу  $A(i, j)$  размером  $m$  строк на  $n$  столбцов. Каждое значение матрицы удовлетворяет соотношению  $0 \leq A(i, j) \leq 1$ .

Наиболее значимыми пороками являются пятна на ткани, которым при контроле качества присваивается большая балльная оценка [1, 5]. Следовательно, для системы автоматического контроля необходимо обеспечить высокую вероятность обнаружения пороков данного типа.

Данный тип изображений обладает достаточно малым соотношением сигнал/шум и в задаче обработки изображения следует выполнить дополнительно обработку [4].

Для устранения влияния высокочастотных составляющих сигнала, на первом этапе, проведем операцию линейного двумерного сглаживания

$$C(i, j) = \sum_{m=0}^{(Ma-1)(Na-1)} \sum_{n=0}^{(Na-1)} A(m, n) * B(i - m, j - n), \quad (10)$$

где  $0 \leq i \leq Ma + Mb - 1$  и  $0 \leq j \leq Na + Nb - 1$ .

Сформируем пороги яркости изображения  $T_1, T_2, T_3, -T_1, -T_2, -T_3$ :

$$B(i, j) = \begin{cases} -3, \text{если } 0 \leq A(i, j) < -T_3 \\ -2, \text{если } -T_3 \leq A(i, j) < -T_2 \\ -1, \text{если } -T_2 \leq A(i, j) < -T_1 \\ 0, \text{если } -T_1 \leq A(i, j) < T_1 \\ 1, \text{если } T_1 \leq A(i, j) < T_2 \\ 2, \text{если } T_2 \leq A(i, j) < T_3 \\ 3, \text{если } T_3 \leq A(i, j) < 1 \end{cases} \quad (11)$$

Начальные значения порогов выбирают в режиме обучения системы контроля на образцах тканей без дефектов, а в дальнейшем пороги обнаружения дефектов следует подстраивать с помощью адаптивной системы настройки.

Для повышения эффективности работы системы классификации дефектов, которая является составляющей системы контроля, предлагается использовать морфологическую обработку изображения.

Применение операции эрозии в морфологической обработке позволяет исключить на бинарных изображениях несущественные элементы [4]

$$(f \ominus b)(x, y) = \min\{f(x + x', y + y') \mid (x', y') \in D_b\}. \quad (12)$$

где  $f(x, y)$  – изображение ткани,  $D_b$  – структурообразующий элемент.

Сглаживание участков контуров изображения и заполнение промежутков контуров изображения выполняется с помощью операции морфологического замыкания.

$$f \cdot b = (f \oplus b) \ominus b \quad (13)$$

Структурная схема модели системы контроля ткани в среде Matlab Simulink, которая реализует алгоритмы предварительной фильтрации изображения, показана на рис. 6.

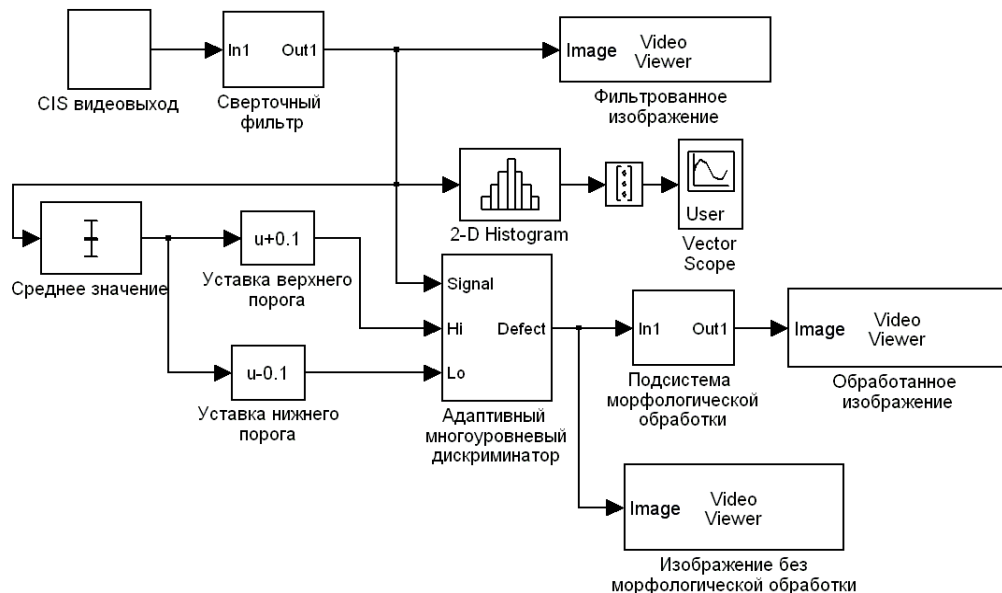


Рис. 6 Схема моделирования системы контроля ткани в среде MATLAB

Разрешающая способность CIS–преобразователя, использованного в микропроцессорной системе для исследования качества ткани, составляет 1575 пикселей. В эксперименте исследовалась хлопчатобумажная ткань простого переплетения, для которой было выбрано разрешение 768 пикселей на строку, обеспечивающее уверенное выделение сигнала структуры ткани. На рис. 7 показано изображение ткани с дефектами (пятна), которое использовалось в модели, а результаты моделирования показаны на рис. 8–10.

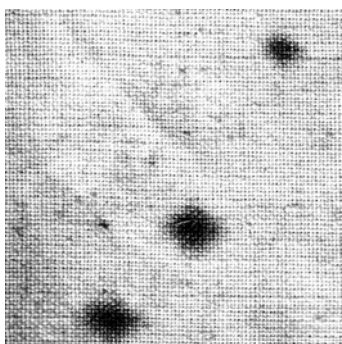


Рис. 7 Образец ткани с дефектами

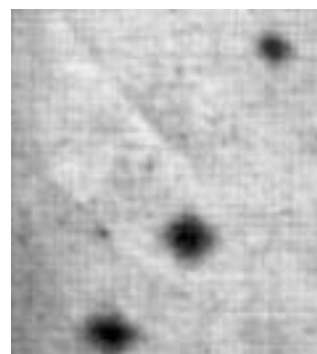


Рис.8 Изображение после применения фильтра низких частот

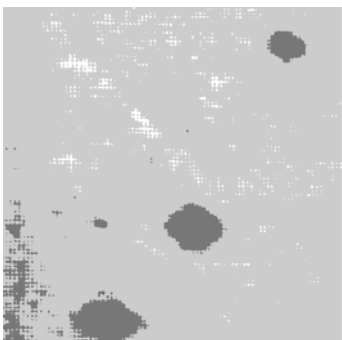


Рис. 9 Изображение ткани после пороговой обработки

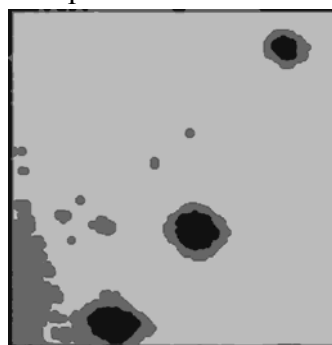


Рис.10 Изображение после морфологической обработки

На рис.11 изображена структурная схема разработанной системы контроля качества тканей [13].

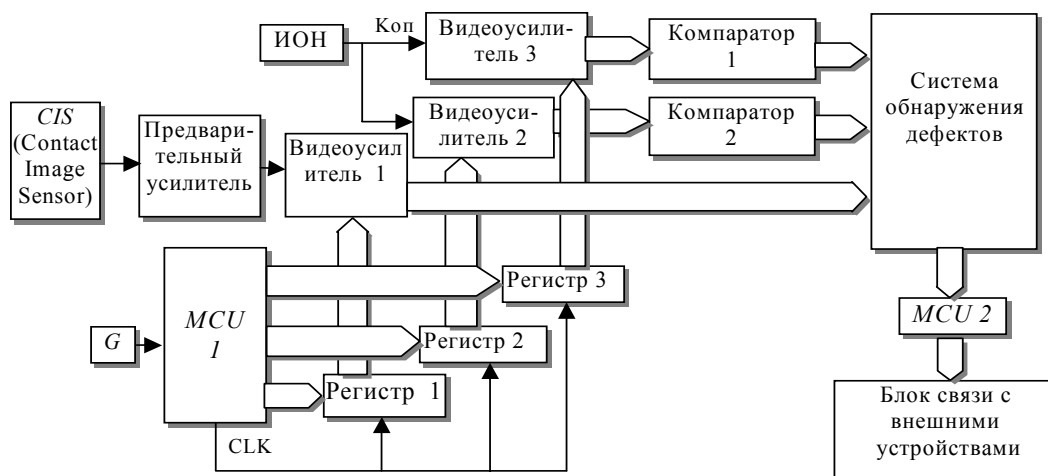


Рис.11 Схема системы контроля качества тканей с преобразователем CIS  
*G* – тактовый генератор, ИОН – источник опорного напряжения, *MCU* – микропроцессор

Выходной сигнал с CIS-преобразователя (рис.11), усиливается с помощью предварительного усилителя и далее с помощью видеоусилителя 1 передается в систему обнаружения дефектов. Тактируемый генератором *G* микропроцессор *MCU*1 через сдвиговые регистры 1, 2 и 3 формирует управляющие сигналы для соответствующих видеоусилителей 1,2 и 3. Выходной сигнал с видеоусилителей 2 и 3 поступает на компараторы 1 и 2, которые формируют управляющие сигналы для микропроцессора *MCU*2. Такое решение позволяет адаптировать алгоритм управления системой при изменении характеристик или артикула (типа) контролируемого материала.

Однако, при достаточно высоком быстродействии, система контроля (рис.11) имеет некоторые недостатки, а именно: высокий уровень шумов, связанный с аналоговой обра-



боткой сигнала, низкая точность определения дефектов тканей из-за отсутствия калибровки датчика.

У многоканальной системы контроля качества тканей (рис.12) отсутствуют недостатки, перечисленные выше [12].

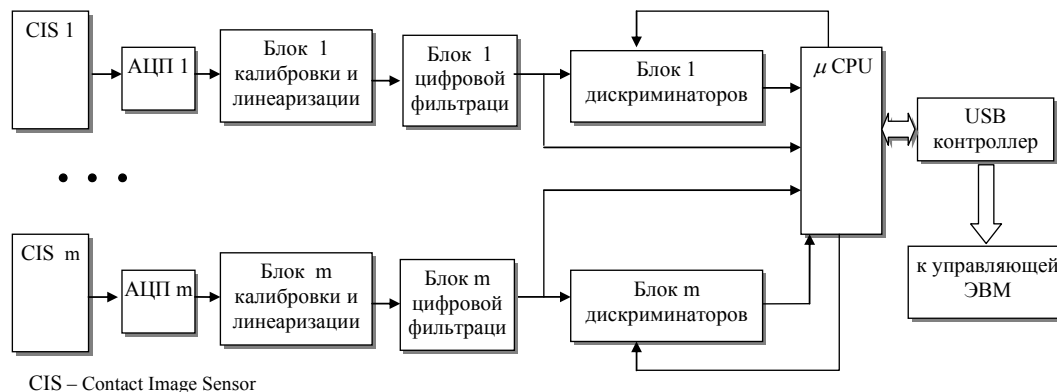


Рис. 12 Многоканальная система контроля качества дефектов с USB интерфейсом

Сигнал от каждого контактного датчика изображения (CIS) при помощи специализированного АЦП преобразуется в цифровое представление и обрабатывается в блоке калибровки и линеаризации. Блок цифровой фильтрации предназначен для сглаживания высокочастотной составляющей сигнала и уменьшения уровня шумов. Микроконтроллер MCU формирует пороги яркости для блока дискриминаторов. Дискриминированный сигнал поступает в микроконтроллер и передается по шине USB на управляющий компьютер. Достоинством цифровой системы является ее чрезвычайная гибкость, возможность передачи изображения дефекта по высокоскоростному каналу на ЭВМ.

На рис. 13 показана возможная схема установки CIS-модулей, где для обеспечения контроля по всей ширине ткани используется шахматное расположение сканирующих элементов

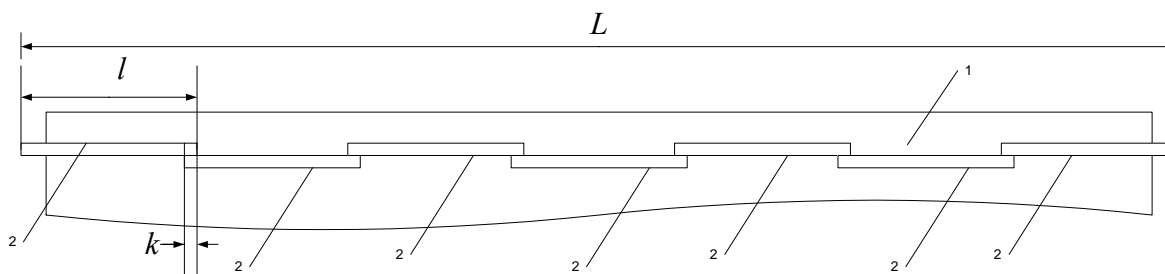


Рис. 13 Схема установки CIS-модулей  
1 – контролируемый объект, 2 – датчик изображения

При данной схеме сканирующего устройства количество сканирующих элементов можно рассчитать как

$$n = \frac{L - 2k}{l - 2k}, \quad (14)$$

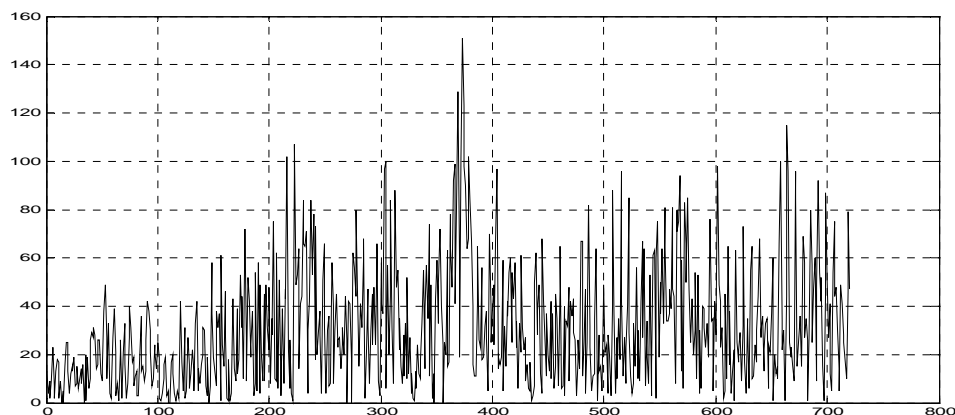
где  $n$  – число необходимых модулей CIS,  $L$  – длина полотна,  $l$  – длина сканирующего элемента,  $k$  – перекрытие между сканирующими элементами.

Выражение (14) справедливо для  $n \geq 2$ . Для контроля полотна ткани шириной до 1,8 м при длине сканирующего элемента 20 см и перекрытии между ними 1 см, необходимое число сканирующих элементов составляет 10 шт.

На рис.14, а показано изображение ткани с дефектом.



а)



б)

Рис.14 Исследуемое изображение ткани (а), абсолютное значение амплитуды сигнала и ошибки (б).

Для строки изображения ткани, полученной при помощи контактного датчика изображения, была проведена линейризация характеристики датчика. Ослабление влияния шумов структуры ткани выполнено с применением предварительной низкочастотной фильтрации. Для выделения дефекта структуры ткани выполнена операция рекурсивной фильтрации с нормированием сигнала (рис 14,б).

#### Выводы

Испытания макета системы автоматической разбраковки тканей, построенной с использованием CIS–приемников, показали возможность использования данной системы в текстильном производстве при контроле качества текстильных материалов.

Разработанная система для контроля текстильных дефектов на преобразователях CIS–типа позволяет реализовать быстрые алгоритмы распознавания дефектов для перемещающихся текстильных материалов.

Преобразователи, использованные в сканирующем устройстве системы, позволяют обнаруживать дефекты тканей размером до 1 мм.

Морфологическая обработка изображения в данной задаче позволяет значительно уменьшить поток информации при обработке в классификаторе системы

При изменении ширины контролируемой ткани в блоке сканирования системы возможно увеличение зоны контроля за счет использования дополнительных CIS–модулей.

This paper dedicated to development of multi-channel defect recognition system on flat roll materials. Image processing algorithm developed as multi-channel comparator with morphological filtering. Control system developed intended for work within automatic control system of technological process.

1. Рожков С.О., Тернова Т.И., Єдинович М.Б. Проблемы автоматизованого розбракування тканин//Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. –2004. – №2(9). –С.208–215.
2. Системы технического зрения (принципиальные основы, аппаратное и математическое обеспечение)/А.Н. Писаревский, А.Ф. Чернявский, Г.К. Афанасьев и др.; Под общ. ред. А.Н. Писаревского, А.Ф. Чернявского. –Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. –424 с.
3. Катус Г.П. Восприятие и анализ оптической информации автоматической системой. –М.: Машиностроение, 1986. –416 с.
4. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB, М.: Технофера, 2006. – 616с.
5. Рожков С.А., Бражник Д.А., Тимофеев К.В. Контроль структурных параметров ткани с использованием фильтрации на основе распознавания образов// Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины –2004. –№2(9). –С.220–224.
6. А.с. 1839510 СССР, МКИ D 06 H3/08 / С.А.Рожков., К.В.Тимофеев, А.П. Храпливый, А.М. Бражник (СССР). Устройство для обнаружения дефектов движущегося полотна ткани с печатным рисунком. –№ 4771927/12; Заявл. 19.12.89; д.с.п.
7. Рожков С.О., Федотова О.М. Алгоритм розпізнавання дефектів тканин для автоматичної системи контролю якості//Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. –2006. –№ 1(17). –С. 47–59.
8. Contact Image Sensors MITSUBISHI ELECTRIC [Электронный ресурс] URL: [http://global.mitsubishielectric.com/bu/contact\\_image/ove\\_structure.html](http://global.mitsubishielectric.com/bu/contact_image/ove_structure.html) (дата обращения 5.09.2008).
9. Dockery. A. Automated Fabric Inspection: Assessing The Current State of the Art [Электронный ресурс] URL: <http://www.techexchange.com/thelibrary/FabricScan.html> (дата обращения 5.05.2008).
10. Mahlo TM ISSUE 6 06. [Электронный ресурс] URL: <http://mahloamerica.com/dyncontent/presspdfs/gb/Mahlo%20TM%20Issue%206%2006.pdf> (дата обращения 3.05.2008).
11. Mursalin T., Eishita F., Islam A., Fabric defect inspection system using neural network and microcontroller. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, p. 560–570, 2008.
12. Биленко М.С., Рожков С.А., Использование CIS-датчиков в системах разбраковки тканей// XV Міжнародна конференція з автоматичного управління (Автоматика 2008). Тези доповідей п'ятнадцятої міжнародної науково–технічної конференції, м. Одеса, 23–26 вересня 2008р.–Ч.1. –Одеса: ОНМА, 2008. –С.57–60.
13. Рожков С.А., Серов А.В. Современные средства автоматизации обнаружения дефектов рулонных материалов// XIV Міжнародна конференція з автоматичного управління (Автоматика 2007). Тези доповідей чотирнадцятої міжнародної науково–технічної конференції, м. Севастополь, 10–14 вересня 2007р. –Ч.1. –Севастополь: СНУЯЄ-таП, 2007. –С.205–206.