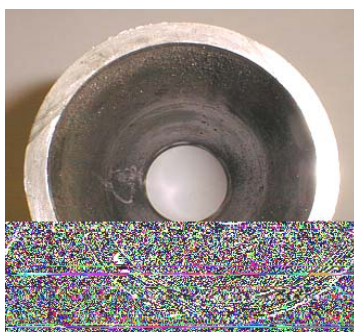


УДК (621.396.6+621.391):621.7

**В.А.Зибров, К.Е.Румянцев****АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ  
ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ПРОКАТНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

При производстве труб значительное внимание уделяется контролю установленных геометрических размеров трубных заготовок в процессе их прокатки на пилигримовом стане. Высокая температура изделий 800...1200 °С исключает использование контактных методов измерения параметров [1,2]. Одним из наиболее перспективных бесконтактных методов измерения являются телевизионные методы контроля параметров изделий. Измерительные системы на основе телевизионных датчиков можно разделить на две группы.

Измерительные системы первой группы объединяет использование телевизионных камер для получения сигнала однострочного изображения с последующим измерением длительности интервала, соответствующего измеряемому параметру. Измерительные системы второй группы отличает использование телевизионных датчиков для получения полного многострочного изображения сечения трубной заготовки. Обработка многострочного изображения позволяет провести более подробный анализ и более точное измерение геометрических параметров поперечного сечения. В частности для измерения среднего диаметра могут использоваться координаты всех точек окружности сечения. Использование ЭВМ для обработки изображений трубных заготовок, полученных с помощью телевизионных датчиков, позволяет проводить коррекцию яркости и контраста изображения, фильтрацию шумов и ложных объектов, измерение с высокой точностью большого количества геометрических параметров поперечного сечения.



*Рис. 1. Изображение не нагретой трубной заготовки*

Существуют различные методы и программные средства, позволяющие осуществлять фильтрацию изображения с целью отделения объекта от фона и проводить измерение его параметров, но при фильтрации изображения трубной заготовки имеется своя специфика, не позволяющая эффективно использовать указанные методы [3,4]. Рассмотрим изображение не нагретой трубной заготовки (рис. 1).

На изображении, помимо торца, хорошо различимы внутренние стенки трубы и противоположный край. На рис. 2 приведен график изменения яркости в разрезе одной строки.

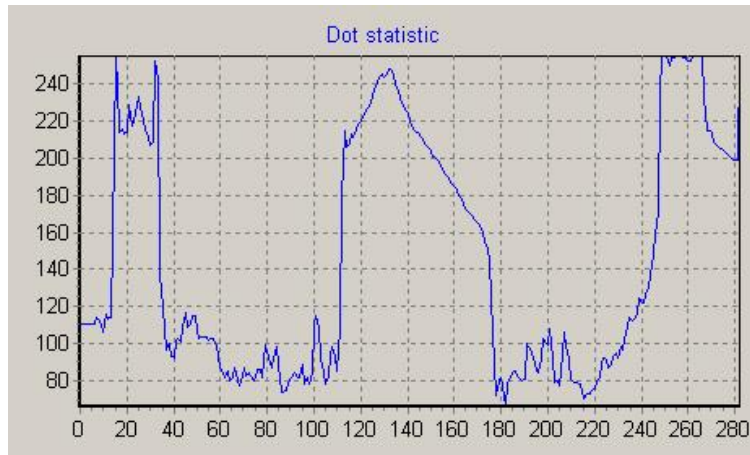


Рис. 2. График изменения яркости в разрезе одной строки

График можно условно разделить на четыре зоны, каждая из которых имеет свои свойства:

- область фона – уровень яркости меняется плавно, отклонение яркости от среднего значения не превышает 5%;
- торец трубы – имеет повышенное по сравнению с фоном значение средней яркости, при этом возможно большое отклонение от среднего значения – до 20...25%, которое связано с неровностью среза трубы и образующимися в связи с этим тенями;
- внутренняя стенка – имеет пониженное по сравнению с торцом трубы значение средней яркости и при этом большое отклонение яркости от среднего значения до 20...30%. Это связано с тем, что труба является крупногабаритным объектом и неравномерность освещения внутренней ее части по всей длине сказывается таким образом;
- противоположный край трубы – может иметь различное значение средней яркости, что зависит от освещенности фона. Для лучшего выделения противоположной части трубы можно обеспечить подсветку фона. Наличие яркого изображения фона позади трубы может потребоваться для измерения длины трубы по отношению входного и выходного отверстий, кроме того, по положению выходного отверстия относительно центра входного можно судить об ориентации трубы и производить поправку коэффициента эллиптичности. При этом отклонение яркости от среднего значения соответствует фоновому участку и не превышает 5%.

На рис. 3 представлен график изменения яркости  $f(x)$  и среднее значение яркости  $M = \frac{1}{x} \sum_1^x f(x)$ . График изменения яркости обозначен точками. График изменения среднего значения без обозначения.



Рис. 3. График изменения яркости  $f(x)$  и среднее значение яркости

Проанализировав диаграмму изменения среднего значения яркости, можно сказать, что из-за более слабого освещения внутри трубы (для крупногабаритных объектов внутренние стенки трубы будут всегда иметь меньшую освещенность, чем торец трубы) среднее значение яркости всегда убывает. Установив фильтр, который удаляет участки, на которых среднее значение яркости убывает, можно получить изображение (рис. 4).

Как видно из рис. 4, данный способ хорошо удаляет изображение внутренних стенок трубы. Ранее было сказано, что яркость фона меняется плавно и отклонения от среднего значения яркости не превышают 5%, таким образом можно создать фильтр, который будет выделять первый фронт сигнала яркости – это будет граница исследуемого объекта  $f(x) = 0$ , если  $f(x_1) + (f(x_1)L)/100 > f(x_2)$ , где  $L$  – уровень порога в процентах, при котором происходит обнаружение фронта. То есть в данном случае обрабатываются только положительные скачки сигнала. При этом если скачок не обнаружен, то следующий элемент  $f(x_2)$  признается фоновым, элементу  $f(x_1)$  присваивается 0. При обнаружении скачка, уровень фона не изменяется, значения яркости текущего элемента также не изменяется и все сравнения производятся с предыдущим уровнем фона.



Рис. 4. Изображение трубной заготовки

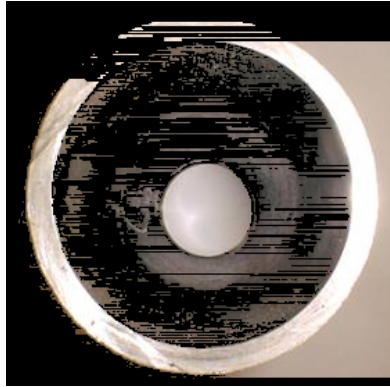


Рис. 5. Результат обработки изображения

Результат работы программы приведен на рис. 5. Как видно из полученного изображения, достоверным можно считать только факт обнаружения первого фронта. Далее уровень фона меняется и данные не корректны. В связи с этим в программу был добавлен блок, проводящий аналогичную операцию, но по вертикали (рис. 6).



Рис. 6. Результат обработки изображения

Это позволило удалить фон с правой стороны трубы, но внутри трубы результат неудовлетворительный. В разработанной программе фильтр обозначен «Фильтр 8. Обнаружение фронта». В настройках выставляется порог обнаружения фронта в процентах.

Далее реализован следующий алгоритм. Уровень фона  $B$  принимаем равным уровню яркости первого элемента разложения строки, сравниваем поочередно все элементы строки  $x_1 \dots x_n$  с уровнем фона  $B$ . При выполнении условия  $\left| \frac{f(x) - B}{B} \right| > \frac{L}{100}$ , где  $L$  - изменение яркости в процентах, интерпретируемое как

наличие объекта. При положительном значении выражения  $\frac{f(x) - B}{B}$  скачок считается положительным,  $f(x-1) = 0$ ,  $f(x) = 1$ ,  $B = f(x+1)$ . В противном случае  $f(x-1) = 1$ ,

$B=f(x)$ . Таким образом, при появлении положительного скачка  $f(x)$  принимает значение 1 и при следующей итерации это значение подтверждается, только в том случае, если  $(f(x) + f(x) * 10\%) < L_{\max}$ , где  $L_{\max}$  – максимально возможное значение яркости (белый цвет). Результат работы программы при различных значениях порога обнаружения (1-12) представлен на рис. 7.

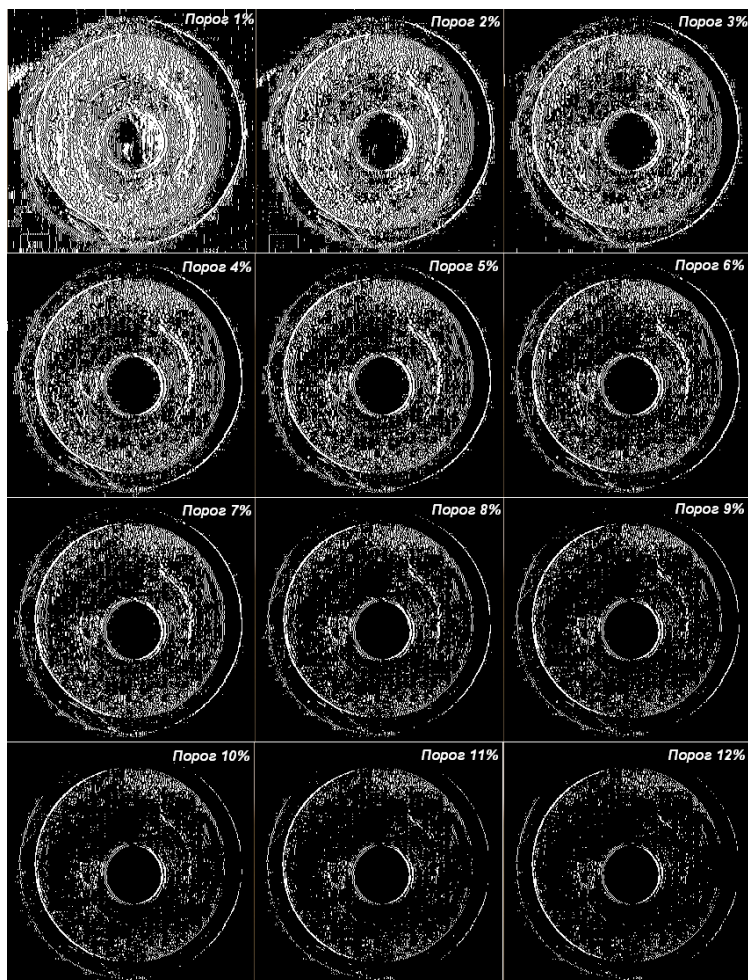


Рис. 7. Результаты обработки изображения с различными порогами определения фронта

По результатам работы программы можно отметить, что четкого выделения объекта не происходит из-за достаточно большой (до 12...15% и более) неравномерности сигнала яркости как вблизи границы объекта, так и внутри него.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радиотехнические и телевизионные средства сбора и обработки информации. Сборник научных статей. Под ред. К.Е. Румянцева.- Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999. – 162 с.

2. Назаренко В.Г., Румянцев К.Е.. Телевизионный измеритель размеров трубного проката // Проблемы и перспективы развития современной телевизионной техники: Тезисы докладов МНИТИ 1993. - С.57-59.
3. Розенфельд А. Распознавание и обработка изображений с помощью вычислительных машин. – М.: Мир. 1972. - С.232.
4. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображения. – М.: Радио и связь. 1986. - С.398.

УДК (621.396.6+621.391):621.7

**В.А.Зибров, К.Е.Румянцев**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА МАТЛАВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ПРОКАТНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Одним из наиболее перспективных методов бесконтактного контроля параметров объектов в металлургическом производстве является телевизионный метод, при котором изображение объекта регистрируется с помощью телевизионной камеры и передается для анализа в ЭВМ [1,2,3]. Для обработки изображения необходимо программное обеспечение, которое будет определять местоположение объекта измерения, выделять зону измерения и определять параметры объекта. В качестве программного обеспечения может применить пакет Matlab фирмы MathWorks - это одновременно и операционная среда и язык программирования.

Для решения задачи контроля параметров трубных заготовок можно применить пакеты прикладных программ для обработки изображений Image Processing Toolbox, в состав которого входят процедуры для вывода изображений на экран и захвата их с экрана, улучшения, фильтрации и анализа изображений, сегментации и морфологического анализа бинарных изображений, и Image Acquisition Toolbox, который позволяет подключать и настраивать оборудование, просматривать отдельные изображения и видео непосредственно в Matlab [4].

Рассмотрим возможности пакета Image Processing Toolbox для обработки изображения не нагретой трубной заготовки, снятое при помощи цифровой видеокамеры, с техническими параметрами: матрица ПЗС ZR932112MLC, ручная фокусировка, изображение 352×288 элементов разложения, 30 кадров в секунду. Объект освещен лампой дневного света, мощностью 150 Вт с расстояния 2 м. Диаметр трубы – 0,15 м, длина 0,4 м. Загрузка изображения осуществляется с помощью функции  $D=imread(File,fmt)$ , которая считывает изображение из файла F и помещает его в массив D. Эта функция позволяет работать с файлами \*.bmp, \*.tiff, \*.jpeg, \*.pcx, \*.hdf, \*.png, \*.xwd.

Далее проводится оценка параметров изображения: контрастность, соотношение сигнал/шум, резкость изображения.

Одним из параметров, которые определяют качество изображения, является контраст. Поскольку изображение имеет сложный характер, то это порождает необходимость при определении его контрастности выходить из контраста отдельных комбинаций элементов изображения. При этом все элементы считаются равнозначными, и контраст каждой пары вычисляется по формуле  $C_{ij} = \frac{L_i - L_j}{L_i + L_j}$ , где  $L_i$  и  $L_j$  – яркости элементов сюжетного изображения.