

УДК681.3

**Т. Б. Мартынюк, к. т. н., доц.; А. Г. Буда, к. т. н., доц.; Н. В. Фофанова**  
**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ**  
**СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ДВУХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

*Приведена структурная схема распознавания изображений для определения их симметричности по моментным признакам. Предложена особенная организация блока управления, который выполняет не только функции управления, но и предварительную обработку изображений. Приведены результаты синтеза блока управления на ПЛИС.*

**Ключевые слова:** распознавание изображений, блок управления, анализатор

### **Введение**

Теоретические основы, методы и алгоритмы распознавания достаточно распространены для решения разноплановых задач автоматизации производства, в том числе и в технологических роботизированных комплексах [1].

Высокая степень вероятности распознавания, в первую очередь, зависит от правильной организации тесно связанных между собою систем оцувствления и интеллектуализации управления. При разработке гибких роботизированных комплексов целью является создание эффективных сенсорных систем и алгоритмов обработки информации. Информацию, необходимую для выполнения этого задания, обеспечивает система оцувствления – самая главная подсистема адаптивного робота, источником информации для которой служит система технического зрения (СТЗ).

Поскольку СТЗ обеспечивает высокую информативность относительно восприятия, анализа и обработки изображений, то область применения таких систем довольно широкая: автоматизация операция сборки, визуального контроля, дефектоскопии деталей, узлов и т.д [2 – 4].

В большинстве каждая СТЗ представляет собой определенный уровень иерархии с отдельной подсистемой, частями которой являются собственно вычислители с четко определенными целевыми характеристиками. Применение адаптивного управления значительно совершенствует структурную и функциональную организацию СТЗ и является одним из главных направлений повышения ее интеллектуальных возможностей благодаря: а) обеспечению одновременной обработки больших объемов информации; б) формированию команд в реальном времени; в) моделированию процессов функционирования для разработки методов самообучения систем управления.

Таким образом, основная тяжесть в области «интеллектуализации» СТЗ ложится на систему управления.

**Целью** данной работы является оптимизация устройства управления для системы распознавания изображения по его геометрическим признакам, в качестве которых используется центральная и осевая симметрия изображений объектов.

### **Постановка задачи**

Определяющим фактором для выполнения функций СТЗ в реальном времени являются признаки, по которым проводится идентификация объектов, применение которых связано с необходимостью выполнения большого объема машинных процедур и, следовательно, наличием в ЭВМ большого объема оперативной и других видов памяти.

Перспективными в СТЗ для промышленных роботов являются различные алгоритмы, которые позволяют создавать эталоны на этапе обучения для определенных положений объекта либо особенностей (симметрии) самого объекта. В качестве эталонов могут служить

не отдельные признаки, а шаблоны изображений, для идентификации которых осуществляется наложение изображения на шаблон. В общем случае процедура состоит в объединении результатов анализа изображений или их геометрических особенностей [1 – 5].

В данной работе внимание уделяется особенностям распознавания симметричных объектов по моментным признакам с формированием эталонов объектов [6 – 9]. Сам процесс формирования результирующих сигналов классификации входных изображений объектов предусматривает следующие этапы распознавания (рис. 1).

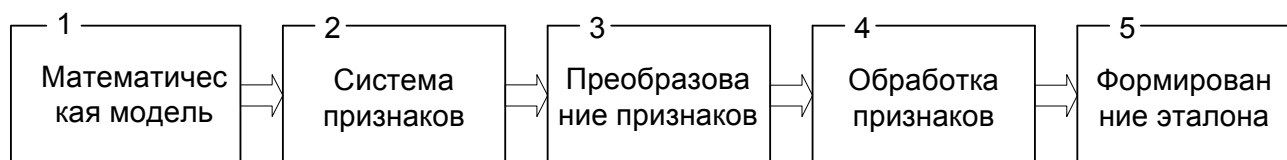


Рис. 1. Этапы распознавания

Известно, что подход к выбору математической модели изображения предусматривает способ описания изображения, при этом насколько универсальнее окажется способ описания изображения, настолько проще будет выделение системы признаков, которые несут в себе информацию об изображении [8, 10 – 13]. Источником информации поля зрения СТЗ служит световой поток, который в данном случае описывается функцией яркости. Таким образом, на выходе системы формирования изображений возникает видеосигнал, соответствующий яркости объекта, который находится в поле зрения. Поэтому функцией такой «интеллектуализации» является объединение процедур обработки изображений оптическими блоками и формирование соответствующих сигналов блоком управления с учетом определенных особенностей (симметрии) изображений [14 – 15].

В любом техническом предложении эти признаки должны быть преобразованы в удобную форму для обработки входного видеосигнала и формирования эталонов. С этой целью предварительно выполняют первичное и повторные центрирования по моментным признакам, реализованные с помощью способа распознавания симметричных изображений объектов, блок-схема которого показана на рис. 2. Процедура, представленная в каждой операторной вершине данной блок-схемы, соответствует макрооперации, реализуемой в системе распознавания [14, 15].

Первичное центрирование позволяет определить центр тяжести объекта. Вторичные центрирования наращивают совокупность признаков для формирования конкретного эталона симметричности.

Введенное изображение объекта в исходной ориентации (оператор 1) формируется в виде светового потока. Световой поток размножается и разделяется на два равных потока (оператор 2) и подвергается обработке по двум каналам. Для этого каждый из мультиплицируемых световых потоков пропускают через теневые бинарные маски, осуществляя пространственную модуляцию изображения (оператор 3). Модуляция выполняется с помощью комплекта теневых масок, способствующих выполнению первичного центрирования (оператор 4), т. е. определению взвешенных сумм интенсивностей изображения и их сравнению (оператор 5). При равенстве взвешенных сумм интенсивностей изображения (оператор 7) фиксируется определенная информация, соответствующая определенным эталонам классов симметрии. В противном случае осуществляется сдвиг изображения (оператор 6) с определением дополнительных признаков для формирования определенного эталона симметричного изображения.

Второй этап обработки изображения (повторные центрирования) выполняется операторами 8 – 16. Для первоначально введенного изображения фиксируется исходная ориентация, т. е. угол поворота равен  $\varphi = 0$  (оператор 8).

Процедуры преобразований, выполняемые операторами 9 – 13, аналогичны процедурам (операторы 2 – 6) и отличаются лишь тем, что после первичного центрирования поочередно

выставляются другие комплекты масок (оператор 10), выполняется поворот изображения (оператор 15) в пределах угла  $0 \dots \pi/2$  с фиксацией комплектов масок (оператор 16), необходимых для выполнения повторных центрирований.

Выполнение первичного и повторных центрирований позволяет на основе выбранной системы моментных признаков выполнить их преобразование и обработку с дальнейшим формированием в виде результирующих сигналов (оператор 17), соответствующих эталону распознаваемого изображения.

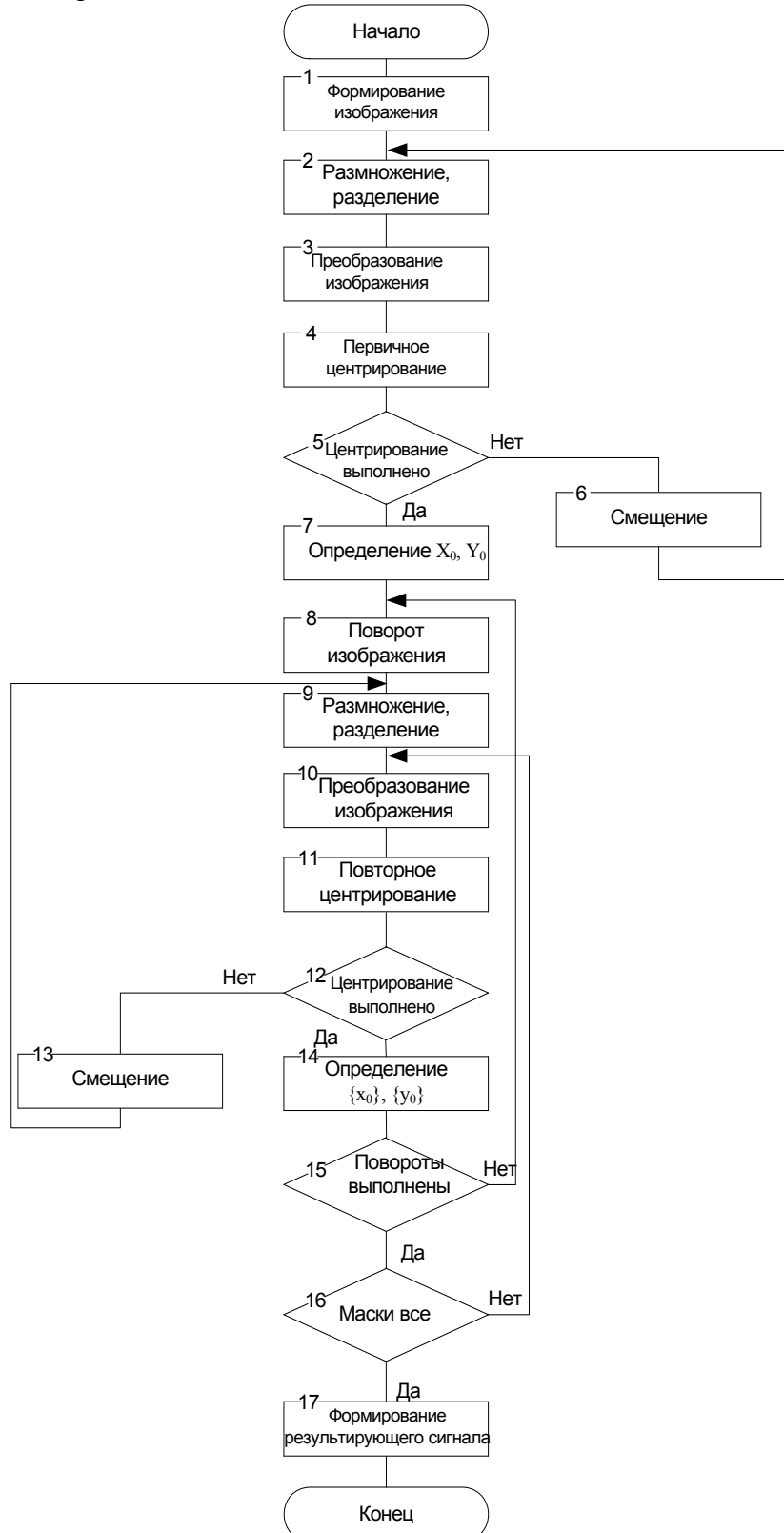


Рис. 2. Блок-схема алгоритма распознавания

### Структура устройства распознавания изображений

Система, реализующая формирование эталонов симметричных изображений в процессе распознавания последних, состоит из оптического блока обработки (БО), который содержит первый блок смещения центрирования с проецирующей оптикой, блок поворота изображения, второй блок смещения, два канала обработки изображений, каждый из которых содержит мультипликатор светового потока, формирователь сигналов статических моментов и блок управления (рис. 3).

Работа системы начинается с подачи сигнала «Запуск» на блок управления, в который по соответствующим шинам записываются входные величины:  $N$  – количество столбцов;  $M$  – количество строк смещения изображения;  $L$  – число поворотов изображения;  $K$  – число комплектов масок. Блок управления на соответствующем выходе формирует сначала адреса в блоках смены комплектов теневых масок, которые соответствуют определению и уравниванию статических моментов первого порядка. После завершения первичного центрирования в двух формирователях для выполнения повторных центрирований блоком управления будут поданы конкретные адреса комплектов масок, однозначно соответствующие определению и уравниванию статических моментов более высоких порядков.

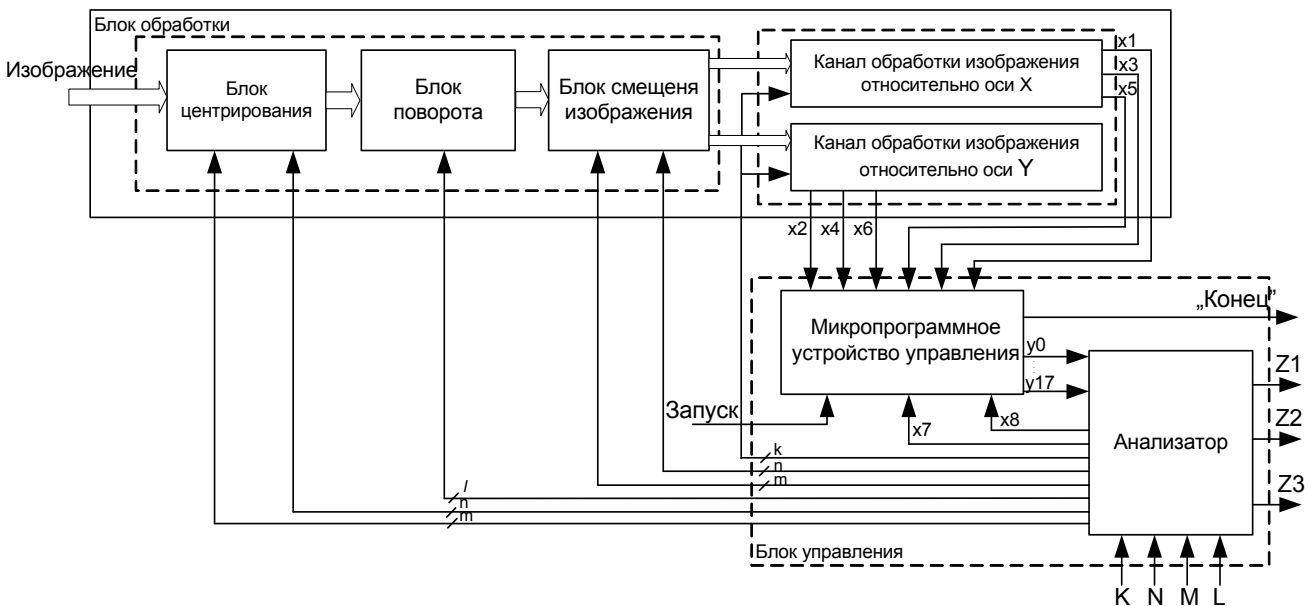


Рис. 3. Структурная схема системы распознавания

Система позволяет обрабатывать бинарные и полутоновые изображения, для которых градации яркости входного изображения имеют центральную симметрию (если распознается центрально-симметричное изображение) или осевую (изображение с осевой симметрией). Первичное и повторные центрирования могут выполняться оптической системой первого блока смещения с возможностью управляемого сдвига по двум направлениям (двухмерные регистры сдвига) или с помощью акустооптических устройств (двухкоординатное акустооптическое устройство отклонения). Если носителем информации об изображении является объектив или рефлектор, то можно применять акустооптические рефлекторы или устройства для управления сигналом сдвига [16].

Оптические связи между блоками устройства (между первым блоком смещения с проецирующей оптикой, блоком поворота изображения, вторым блоком смещения, между выходами мультипликатора, блоком смены масок и оптических преобразователей) могут обеспечиваться непосредственным оптическим соединением и согласованием их входов или же с помощью волоконно-оптических каналов связи посредством волоконно-оптических

жгутов [17 – 18].

### **Принцип работы и организация блока управления**

Особенностью блока управления для данной системы является возможность выполнения им не только функций управления, но и предварительной обработки информации о входном видеосигнале, в результате чего формируются признаки симметричности изображения.

Блок управления (рис. 3) состоит из двух частей: микропрограммного устройства управления МПУУ (рис. 4) и анализатора симметричности объектов (рис. 5). В состав МПУУ входят (рис.4) следующие базовые узлы: программируемое ПЗУ ROM, регистр RG, дешифраторы DC, генератор тактовых импульсов ГТИ, триггер Т и логические элементы. Анализатор (рис. 5) содержит шесть счетчиков СТ, дешифратор DC, четыре микросхемы ОЗУ RAM, два компаратора СОМ, три триггера Т и логические элементы.

Разбиение структуры блока управления на два функционально-самостоятельных устройства, МПУУ и анализатор, обусловлено не только спецификой использования в СТЗ, но и необходимостью перепрограммирования блока управления в процессе расширения функциональных возможностей системы распознавания.

Структура и методика синтеза МПУУ общеизвестны [19, 20]. Кроме того, микропрограммные устройства в определенной мере инвариантны к особенностям конкретного алгоритма обработки информации, поскольку имеют дело с его граф-схемой [21, 22]. Поэтому интерес представляет организация анализатора как части блока управления, которая в наибольшей степени ориентирована на реализацию определенного алгоритма распознавания изображений. Рассмотрим особенности структурной организации и принципа действия анализатора, который связан с обработкой и анализом симметричных изображений в устройстве [23, 24].

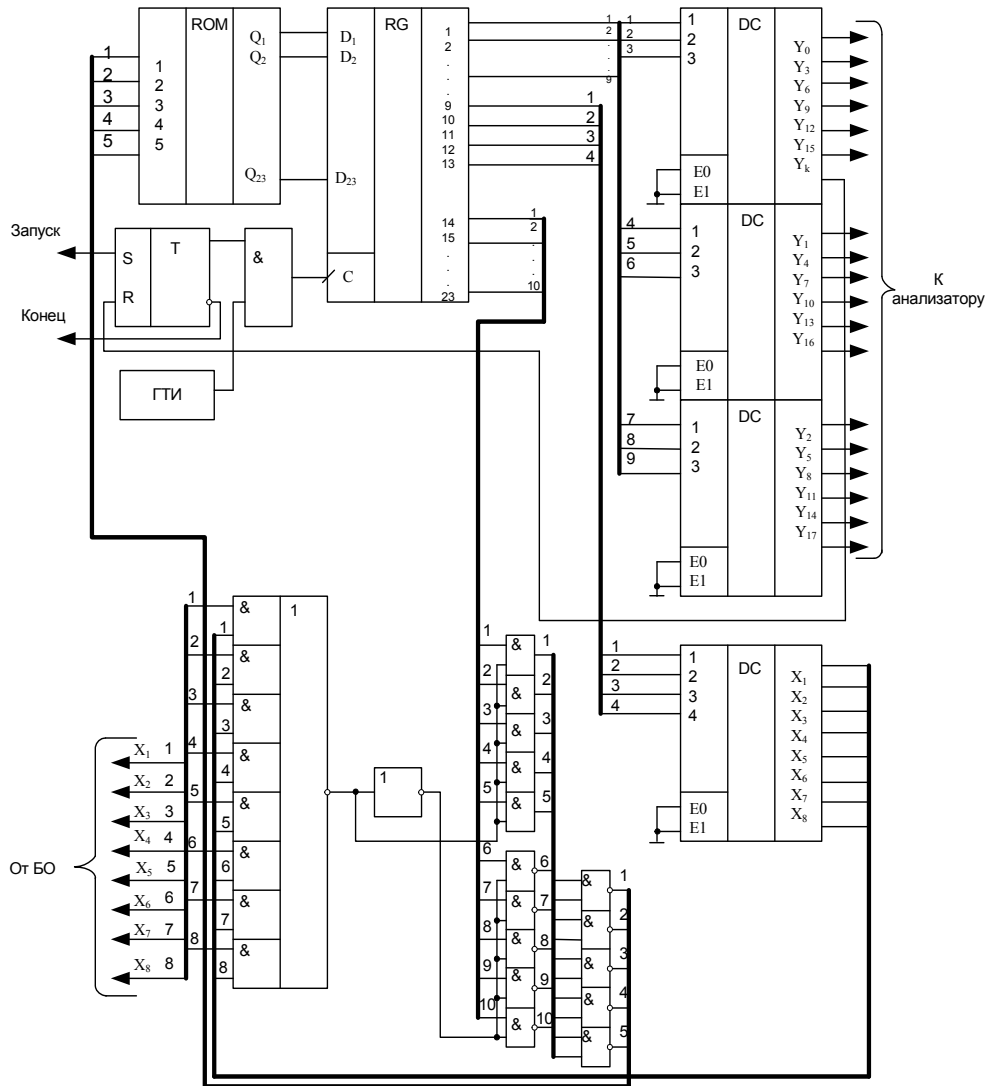


Рис. 4 Микропрограммное устройство управления

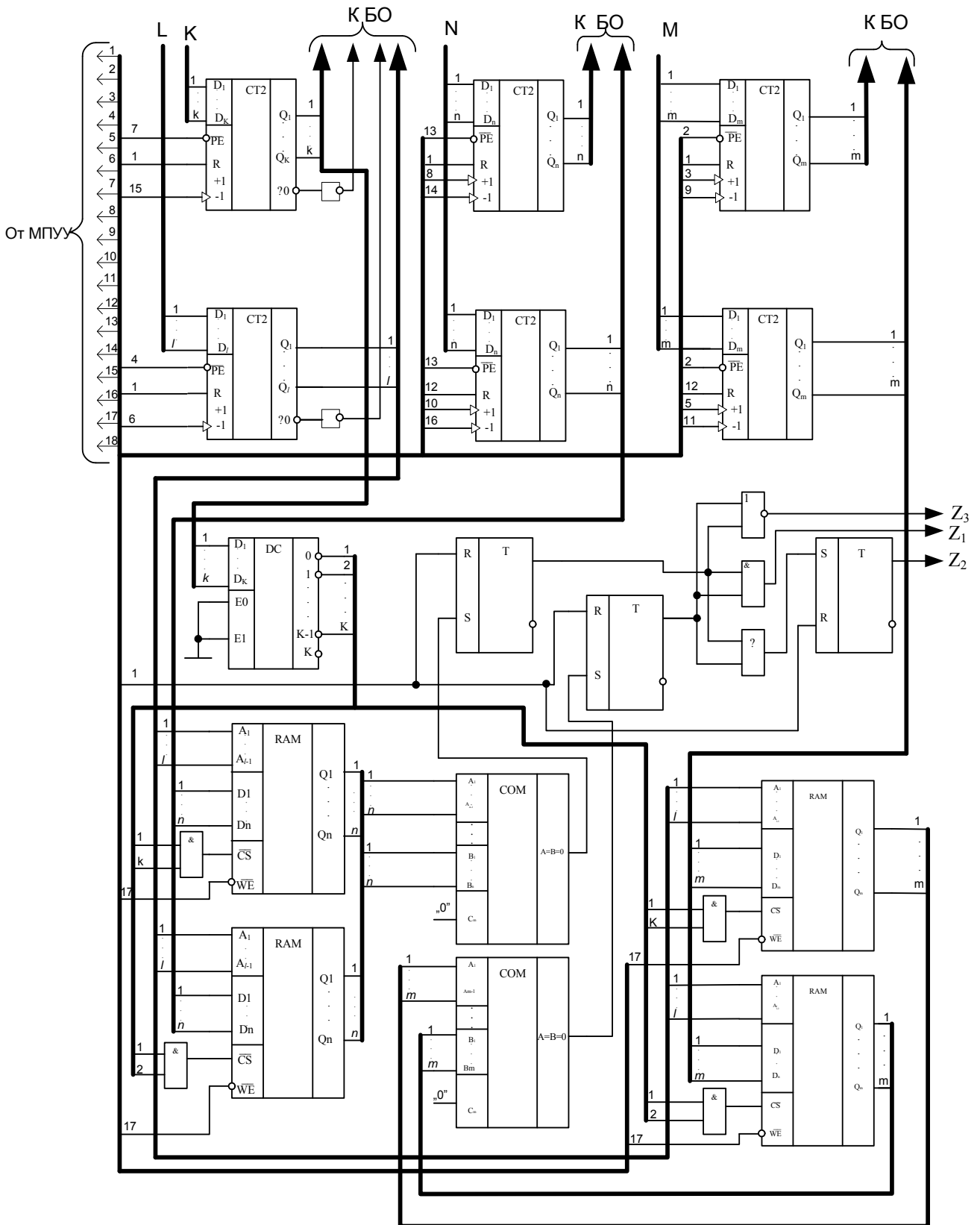


Рис. 5 Анализатор симметричности объектов

В анализаторе симметричности объектов (рис. 5) шесть счетчиков задействованы следующим образом: один из счетчиков используется для организации цикла замены  $i$ -го комплекта теневого бинарного масок; второй счетчик является счетчиком числа поворотов, в который первоначально записывается величина  $L = 90/\Delta\varphi$ , где  $\Delta\varphi$  – шаг поворота, который

используется для организации цикла поворота изображения; третий и четвертый счетчики фиксируют координаты точки отсчета  $A1 (X1, Y1)$  изображения по осям  $X$  и  $Y$  соответственно в процессе первичного центрирования исходного изображения; последние два счетчика фиксируют величины  $\Delta x1, \Delta x2, \dots, \Delta x_{k-1}$ , та  $\Delta y1, \Delta y2, \dots, \Delta y_{k-1}$  смещения изображения по осям  $X$  и  $Y$  соответственно в процессе повторных центрирований исходного изображения.

Четыре схемы ОЗУ RAM используются для хранения величины смещения по осям  $X$  и  $Y$  соответственно для комплектов масок при определенных углах поворота, причем адрес комплекта масок служит для выбора нужной микросхемы ОЗУ, а адрес угла поворота является адресом, по которому записывается соответствующая информация из счетчиков в ОЗУ.

Выходными сигналами для анализатора будут результирующие сигналы  $Z1, Z2, Z3$ :

- единичное значения сигнала  $Z1$  свидетельствует о центральной симметрии изображения;
- единичное значения сигнала  $Z2$  свидетельствует об осевой симметрии изображения;
- единичное значения сигнала  $Z3$  свидетельствует о несимметричности изображения.

Блок управления (рис. 3) разделен на два функционально-самостоятельных устройства: МПУУ и анализатор, это позволяет каждое из этих устройств синтезировать отдельно с ориентацией на перспективный элементный базис – ПЛИС.

В работе [25] исследована реализация МПУУ на R-автоматах с единичным кодированием его состояний, структура которых является оптимальной для использования архитектуры ПЛИС. Схема МПУУ несложная, поэтому выбор ПЛИС достаточно широк. Для реализации была выбрана ПЛИС фирмы ALTERA MAX7000(E)S, поскольку существует бесплатный полнофункциональный САПР MAX+PLUS II. Результаты моделирования схемы МПУУ (рис. 4) с помощью САПР подтвердили возможность его реализации в одном корпусе ПЛИС MAX7000(E)S.

Структура анализатора состоит из таких компонентов, как дешифраторы, счетчики и устройства памяти. Большинство ПЛИС содержат библиотеки таких макроэлементов, что значительно сокращает время их программирования. Но основную сложность реализации схемы анализатора в элементном базисе ПЛИС представляют собой элементы ОЗУ, поэтому имеет смысл схему анализатора поделить на две части: одна из которых состоит из таких базовых элементов, как дешифраторы и счетчики, а другая – из схем компараторов и ОЗУ [24].

При выборе ПЛИС для моделирования схемы анализатора интерес представляют те, структуры которых реализуют внутреннюю память. Поскольку для анализатора одной из важных характеристик является параметр быстродействия, то наиболее оптимальной структурой может быть структура ПЛИС фирмы ALTERA, поскольку эта фирма при изготовлении ПЛИС реализует подход относительно использования встроенных, крупных модулей памяти с реконфигурируемой структурой. При моделировании схемы анализатора имеет смысл каждую его часть реализовывать в отдельных корпусах ПЛИС. В результате «размещение» схемы анализатора на ПЛИС FLEX 10K фирмы ALTERA позволяет использовать всего лишь две ИС [24].

### Выводы

Осуществление первичного центрирования по статистическим моментам первого порядка с использованием одного комплекта теневого бинарных масок в известных устройствах позволяет определять лишь одну точку – центр тяжести изображения объекта. В предлагаемой системе распознавания выполнение первичного и повторных центрирований дает возможность определить не одну, а конкретное количество точек, анализ координат которых позволяет создавать классификационные признаки симметрии [27].

Формирование одного из трех результирующих сигналов ( $Z1, Z2, Z3$ ), соответствующих



признаку центральної, осевої симетрії або несиметричності зображення об'єкта, свідчить о можливості класифікації входних двумірних зображень по трьох класах симетрії [28]. Причому для виконання операції розпізнавання відносно точки координатної прив'язки  $A_1(x_1, y_1)$  достатньо визначити лише декілька точок з допомогою декількох повторних центрувань, щоб судити про наявність признаку симетрії відносно центра або осі [29, 30].

Особливістю структурної організації блоку управління для пропонуваної системи розпізнавання зображення, який виконує не тільки функції управління, а також попередню обробку зображень, передбачає розділення його на два функціонально-самостійні пристрої: мікропрограмне пристрій управління і аналізатор, які, в свою чергу, успішно можна реалізувати на перспективній елементній базі – програмуємих логічних ІС (ПЛІС).

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисимов Б. В., Курганов В. Д., Злобин В. К. Распознавание и цифровая обработка изображений. – М.: Высшая школа, 1983. – 295 с.
2. Куафе Ф. Взаимодействие робота с внешней средой: Пер. с франц. – М.: Мир, 1985. – 285 с.
3. Путьин Е. П., Аверин С. И. Обработка изображений в робототехнике. – М.: Машиностроение, 1990. – 318 с.
4. Генкин В. Л., Ерош И. Л., Москалев Э. С. Системы распознавания автоматизированных производств. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1988. – 246 с.
5. Системы оучувствления и адаптивные промышленные роботы / Под общей ред. Е. П. Попова и В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
6. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Лищинская Л. Б. Структурный переход от исходных признаков к результативным на этапах предварительной обработки изображений // Науково-технічна конференція „Приладобудування – 96”. Ч. 1. – Вінниця – Судак, 1996. – С. 127.
7. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б. Конструирование моментных признаков на этапах распознавания классов и подклассов изображений // 3-я Українська конференція з автоматичного керування "Автоматика – 96". – Севастополь: СевГТУ, 1996. – С. 156 – 157.
8. Буда А. Г. Розробка моделей та дослідження прикладних методів обробки геометричних зображень на підставі моментних характеристик: Автореферат дис... канд. тех. наук: 05.13.16 / Вінниц. політехн. ін-т. – Вінниця, 1993. – 23 с.
9. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Кожем'яко А. В. Створення еталонів класів та підкласів зображень на підставі моментних ознак // Праці третьої Всеукраїнської міжнародної конференції „УкрОБРАЗ – 96”. – Київ, 1996. – С. 79 – 81.
10. Buda A., Martyniuk T., Buda S. Methods of representation of the symmetric images in devices of recognition, in Selected Paper from the International Conference on Optoelectronic Information Technologies, Proceeding of SPIE/ Vol. 4425 (2001), P. 70 – 75.
11. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Кормановський С. І., Король О. В. Базис геометричних ознак зображень та особливості їх застосування // Матеріали МНПК „Сучасні проблеми геометричного моделювання”. – Львів, 2003. – С. 162 – 166.
12. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б. Ознаковий простір моментних характеристик при розпізнаванні класів і підкласів симетричних зображень // Вісник ВПІ. – 2007. – №1. – С. 61 – 66.
13. Буда А. Г., Мартинюк Т. Б., Король О. В. Створення множини ознак при аналізі правильних зображень // Праці восьмої Всеукраїнської міжнародної конференції „УкрОБРАЗ – 2006”. – Київ, 2006. – С.111 – 113.
14. Патент України №3741, кл. G06K9/58, G06K9/52 Спосіб розпізнавання симетричності зображень об'єктів і пристрій для його реалізації/ В. П. Кожем'яко, В. Г. Красиленко, Т. Б. Мартинюк, А. Г. Буда. – №93321261; Заявлено 16.03.93; Опубл. 27.12.94, Бюл. № 6 – 1. – 35 с.
15. Патент України 52678, кл. G06K9/00, G06K9/58, G06K9/52. Пристрій для розпізнавання симетричності зображень об'єктів/А. Г. Буда, Т. Б. Мартинюк, А. В. Кожем'яко, В. І. Андрущенко. – № 99021033; Заявлено 23.02.99; Опубл. 15.01.2003, Бюл. № 1. – 32с.
16. Семенов А. С., Смирнов В. Л., Шмалько А. В. Интегральная оптика для систем передачи и обработки информации. – М.: Радио и связь, 1990. – 224 с.
17. Волоконно-оптические системы передачи информации и кабели : Справочник / И. И. Гроднев и др. – М.: Радио и связь, 1993. – 246 с.
18. Кожем'яко В. П., Павлов С. В., Мартинюк Т. Б., Лисенко Г. Л. Волоконно-оптичні структури комутації та передачі інформації. Навч. посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 106 с.
19. Каган В. М. Электронные вычислительные машины и системы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наукові праці ВНТУ, 2008, № 3

Енергоатомиздат, 1991. – 592 с.

20. Апраксин Ю. К. Теория и проектирование ЭВМ. Синтез управляющих автоматов: Учебное пособие. – К.: ІСДО, 1993. – 80 с.

21. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов – Л.: Энергия, 1979. – 216 с.

22. Арсеньев Ю. Н., Журавлев В. М. Проектирование систем логического управления на микропроцессорных средствах: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.

23. Мартынюк Т. Б., Кожемяко А. В., Вербицкий И. А., Фофанова Н. В. Реализация анализатора симметричности изображений в элементном базисе ПЛИС FLEX 10K // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Збірник наукових праць. – Хмельницький: ТУП, 2001. – Вип. № 8 (2001) – С. 55 – 58.

24. Буда А. Г., Мартынюк Т. Б., Лысенко Г. Л. Техническая реализация признаков, полученных на основе исследования функциональных характеристик // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2002. – № 2 (4). – С. 71 – 77.

25. Мартынюк Т. Б., Фофанова Н. В., Шеляков О. Л. Реалізація блока керування на R-автоматі в елементному базисі ПЛИС // Вісник ВПІ. – 2002.- №2. – С. 51 – 55.

26. Лысенко Г. Л., Мартынюк Т. Б., Фофанова Н. В. Особливості реалізації в елементному базисі ПЛИС мікропрограмних R- автоматів // Вісник ЖІТІ. Спецвипуск. – 2002. – С. 203 – 206.

27. Буда А. Г., Мартынюк Т. Б., Буда С. А. Методы представления симметричных изображений в устройстве распознавания // Збірник тез доповідей МНТК „Оптоелектронні інформаційні технології. Photonics – ODS2000”. – Вінниця: „Універсум-Вінниця”, 2000. – С. 37 – 39.

28. Буда А. Г., Мартынюк Т. Б., Король О. В. Алгоритм сжатия изображения и его классификационные признаки // Збірник наукових праць „Геометричне та комп'ютерне моделювання”. Вип. 8. Харківський державний університет харчування та торгівлі. – Харків, 2005. – С. 205 – 210.

29. Буда А. Г., Мартынюк Т. Б., Лысенко Г. Л., Король О. В., Буда С. А. Математичні моделі аналізу контурів плоских симетричних зображень // Праці П'ятої Всеукраїнської міжнародної конференції „УкрОБРАЗ – 2000”. – Київ, 2000. – С. 221 – 222.

30. Буда А. Г., Мартынюк Т. Б., Король О. В. Створення модифікації математичної моделі на підставі геометричних моментів // Материалы второй украинско-российской научно-практической конференции «Современные проблемы геометрического моделирования». – Харьков, 2007. – С. 205 – 210.

**Мартынюк Татьяна Борисовна** – к. т. н., доцент кафедры лазерной и оптоэлектронной техники.

**Буда Антонина Герольдовна** – к. т. н., доцент кафедры инженерной и компьютерной графики.

**Фофанова Наталья Владимировна** – аспирантка кафедры лазерной и оптоэлектронной техники, e-mail: natfo@ukr.net.

Винницкий национальный технический университет.