

Изобретение относится к области автоматики и вычислительной техники и может быть использовано для обработки изображений в системах управления и системах технического зрения промышленных роботов.

Наиболее близким к предлагаемому является способ распознавания геометрических фигур [1], основанный на сканировании и преобразовании изображений фигуры в последовательности широтно-модулированных импульсов за счет обеспечения инвариантности при аффинных преобразованиях распознаваемой фигуры сканируют изображение фигуры при непрерывном изменении угла сканирования, преобразуют для каждого угла сканирования последовательность широтно-импульсных сигналов в интегральные сигналы и выделяют в интегральных сигналах последовательности экстремальных уровней так, что для каждого экстремального уровня интегральных сигналов формируют сигнал временного отсчета, именуемого в дальнейшем точкой координатной привязки, формируют результирующие сигналы, пропорциональные сигналам временного отсчета и обратно пропорциональные соответствующим экстремальным уровням интегральных сигналов, и по полученной последовательности результирующих сигналов судят о распознаваемой геометрической фигуре.

Однако известный способ имеет ограниченную область применения из-за частичного выделения класса геометрических фигур, т. к. используемая эталонная последовательность способа позволяет учитывать лишь тип многоугольника, но не учитывать выделяемые свойства для преобразований относительно центра и оси. Кроме того, распознавание геометрических фигур ведется последовательным сканированием кадра и изменением угла сканатора, что вызывает сложности технической реализации способа и приводит к увеличению временных затрат на обработку.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является устройство для центрирования изображений [2], содержащее блок проецирования, блоки формирования сигналов статических моментов изображений, блок управления, светоделительный блок, вход которого оптически связан с выходом блока проецирования, а выходы оптически связаны с входом блоков формирования сигналов статических моментов изображений, каждый из которых содержит дифференциальный усилитель и оптически связанные оптический фильтр с линейным коэффициентом пропускания, оптический преобразователь, выполненный в виде 2-х пирамидальных фоконов, и фотоприемники, выходы которых подключены к входам дифференциального усилителя, выходы дифференциальных усилителей блоков формирования сигналов статических моментов изображений подключены к входам сигналов рассогласования блока управления, выходы которых соединены с управляющими входами блока проецирования.

Однако для этого устройства характерны низкая точность, связанная с применением фильтра с коэффициентом пропускания, линейно зависящим от размера апертуры и ограниченные функциональные возможности, т.к. устройство не позволяет селектировать изображения по признакам симметричности.

В основу изобретения поставлена задача создать способ распознавания симметричности изображения объектов, в котором путем введения новых операций используются статические моменты более высоких порядков и формируются признаки, позволяющие принимать три решения о наличии у распознаваемых изображений: центра симметрии, осевой симметрии и несимметричности изображений, что позволяет классифицировать изображения по классам.

Изобретением также решается задача создания устройства для реализации предложенного способа, причем в устройстве путем введения новых блоков и разработки блока управления обеспечивается выполнение операций повторного центрирования и вследствие этого формируются три результирующих сигнала, соответствующие трем принимаемым решениям; о наличии у распознаваемого изображения центра симметрии, о наличии у распознаваемого изображения оси симметрии, об отсутствии у распознаваемого изображения симметрии.

Поставленная задача решается тем, что в способе распознавания симметричности изображений объектов, включающем формирование светового потока исходного изображения в неподвижной системе координат с первой и второй ортогональными осями, разделение сформированного светового потока на два одинаковых равно-интенсивных световых потока, пространственную модуляцию первого и второго разделенных световых потоков вдоль одноименной координатной оси с симметрией относительно другой координатной оси, пространственное интегрирование первого и второго модулированных световых потоков в полуплоскостях исходного изображения смежных по отношению соответственно ко второй и первой координатным осям, преобразование интегрированного светового сигнала от каждой полуплоскости изображения в электрический сигнал, сравнение электрических сигналов от смежных полуплоскостей изображения в каждом световом потоке, сдвиг исходного изображения по соответствующей координатной оси до равенства сравниваемых электрических сигналов, согласно изобретению, размножают разделенные световые потоки на группы из n равноинтенсивных световых потоков ($n = \log_2 N^k$, $N = \max\{M, N\}$; $M \times N$ - число элементов разбиения исходного изображения; K - максимальный порядок статических моментов объекта), осуществляют пространственную модуляцию всех световых потоков каждой группы путем последовательной смены K комплектов из n теневых бинарных масок каждый, ось симметрии каждой теневой бинарной маски, параллельной направлению ее прозрачных и непрозрачных полос, совмещают с границей смежных полуплоскостей изображения в данном световом потоке, после преобразования световых сигналов в электрические производят весовое суммирование электрических сигналов для каждой полуплоскости исходного изображения в каждой группе из n световых потоков, согласно

$$\sum_{i=1}^n \Phi_{pi} K_i 2^{i-1}$$

выражению в каждой группе из n световых потоков, согласно выражению $\sum_{i=1}^n \Phi_{pi} K_i 2^{i-1}$, где Φ_{pi} - фрагмент исходного изображения в пределах 1-й полосы теневой бинарной маски, $K_i = 1$ для прозрачной полосы, $K_i = 0$ для непрозрачной полосы, после чего попарно сравнивают просуммированные сигналы в каждой группе световых потоков, запоминают величину каждого сдвига исходного изображения для каждого из K комплектов теневых бинарных масок, повторяют совокупность всех операций, начиная с пространственной модуляции световых потоков с помощью второго $-k$ -го комплектов теневых бинарных масок при каждом повороте в пределах от 0 до $\pi/2$ исходного изображения на заранее заданный угол вокруг точки, соответствующей равенству сравниваемых электрических сигналов в каждой паре полуплоскостей изображения, полученной при использовании первого комплекта теневых бинарных масок, принимают решение о наличии у объекта центральной симметрии в случае отсутствия сдвигов исходного изображения для всех значений угла его поворота при использовании второго $-K$ -го комплектов теневых бинарных масок, принимают решение о наличии у объекта осевой симметрии при

наличии сдвигов исходного изображения по одной из его координатных осей и отсутствии сдвигов по другой его координатной оси, хотя бы для одного значения угла поворота исходного изображения при использовании второго - К-го комплектов теневых бинарных масок, принимают решение об отсутствии у объекта симметрии при наличии сдвигов по обеим координатным осям исходного изображения для всех значений угла его поворота при использовании всех К комплектов теневых бинарных масок.

Предложенный способ обладает более широкими функциональными возможностями. Так, в прототипе выделяется лишь ограниченная часть геометрических фигур (треугольник, четырехугольник, пятиугольник и т.д.), т.е. к классу фигуры относят изображения, зависящие от числа углов многоугольника. В заявляемом способе для любого многоугольника независимо от числа и типа углов можно определить признак наличия и отсутствия симметрии и отнести его к тому или иному классу.

Кроме того, по сравнению с прототипом, способ позволяет увеличить быстродействие, т.к. применение последовательного сканирования кадра и изменения угла сканатора приводят к дополнительным затратам на обработку. Следовательно, быстродействие способа по прототипу значительно снизится, если необходимо выделить класс многоугольника с n-числом сторон.

Для принятия правильного решения о наличии одного из трех признаков за цикл операции распознавания необязательно применение большого числа комплектов масок (например К), т.к. для получения положительного эффекта, достаточно использовать лишь несколько комплектов, по числу не превышающих 3-4-х. Способ не критичен к небольшим размерностям изображения и влиянию возмущающих факторов при колебании коэффициента передачи до $\pm 5\%$.

Изобретательская задача также решается тем, что в устройство для распознавания симметричности изображений объектов, содержащее первый блок смещения изображений, оптический вход которого является информационным входом устройства, блок управления, первая и вторая группы выходов которого подключены к одноименным группам управляющих входов первого блока смещения изображения, первый и второй формирователи сигналов статических моментов, каждый из которых включает в себя блок вычитания и первую пару оптических преобразователей, выходы которых соединены со входами одноименных фотоприемников, согласно изобретению дополнительно введены блок поворота изображений, второй блок смещения изображения и первый и второй мультипликаторы светового потока, последовательно размещенные на одной оптической оси с первым блоком смещения изображения, а в каждый формирователь сигналов статических моментов введены блок смены комплектов теневых бинарных масок, вторая - n-я пара оптических преобразователей, вторая - n-я пара фотоприемников, согласующий блок и первый и второй блоки весового суммирования, первый - n-й оптические выходы блока смены комплектов теневых бинарных масок сопряжены со входами соответственно первой - n-й пар оптических преобразователей, выходы оптических преобразователей второй - n-й пар соединены со входами соответствующих фотоприемников, выходы первых и вторых фотоприемников всех пар подключены к соответствующим входам соответственно первого и второго весовых сумматоров, выходы которых соединены с суммирующим и вычитающим входами блока вычитания, выход которого подключен ко входу согласующего блока, выходы согласующих блоков первого и второго формирователей сигналов статических моментов соединены с первой и второй группами управляющих входов блока управления, третья - пятая группа выходов которого подключены соответственно к первой и второй группам управляющих входов второго блока смещения изображения и управляющим входам блока поворота изображения, первый и второй выходы светоделиителя оптически связаны со входами первого и второго мультипликаторов светового потока, первый - n-й выходы которых оптически связаны с одноименными информационными входами блоков смены комплектов теневых бинарных масок первого и второго формирователей сигналов статических моментов, управляющие выходы и управляющие входы блоков смены комплектов теневых бинарных масок первого и второго формирователей сигналов статических моментов подключены соответственно к первому и второму управляющим входам, первой и второй группам управляющих выходов блока управления, вход запуска, установочные входы и выходы которого являются одноименными входами и выходами устройства.

Сущность заявляемого устройства состоит в том, что оно обеспечивает выполнение действий предлагаемым способом.

Для осуществления операций центрирования относительно ортогональных осей X и Y используются соответственно первый и второй формирователи сигналов статических моментов частей изображения, в которых световые сигналы статических моментов частей изображения формируются оптическим преобразованием светового потока (разделение, пространственная модуляция интенсивности и ее интегрирование) оптическими блоками. Пространственная модуляция интенсивности фрагментов изображения по весам координат в условных единицах осуществляется с помощью бинарных теневых масок. Формирование частей изображения в смежных полуплоскостях выполняется оптическими преобразователями с последующим преобразованием световых сигналов в электрические за счет фотоприемных устройств. Определение взвешенных сумм интенсивностей изображения, соответствующих определению статических моментов в смежных полуплоскостях выполняется аналоговыми сумматорами со взвешенным суммированием.

Информация о равенстве статических моментов частей изображения или несоответствия этого равенства расшифровывается и кодируется состоянием сигналов на выходах первого и второго формирователей сигналов статических моментов частей изображения первым и вторым согласующими блоками и представляется в каждом первом и вторым сигналами кодирующего двухразрядного слова.

Уравновешивание статических моментов ведется по сигналам блока управления и представляется кодами на его выходах для смещения изображения вдоль осей X и Y при использовании первого комплекта масок первым блоком смещения, при использовании второго - k-го комплектов масок - вторым блоком смещения.

Смена второго и k-го комплектов теневых бинарных масок в первом и втором формирователях сигналов статических моментов осуществляется по сигналам блока управления на управляющие входы блоков смены комплектов теневых бинарных масок. Поворот изображения после смены второго и k-го комплектов масок осуществляется с дискретным шагом по сигналам блока управления на его выходе.

Блок управления осуществляет запуск устройства, смены числа комплектов масок, поворот изображения, фиксирует и анализирует величины смещений относительно ортогональных осей X и Y, формирует три результирующих сигнала, выделяя из них один, соответствующий признаку наличия симметрии исследуемого

изображения относительно центра, оси или несимметричности, а также сигнал "Конец операции распознавания".

На фиг. 1 приведена иллюстрация исходной ориентации несимметричного изображения объекта с его "центром-образом", и связанное с ним поле зрения; на фиг. 2 - центрально-симметричное изображение объекта с "центром-образом" и связанное с ним поле зрения; на фиг. 3 - осесимметричного изображения объекта с "центром-образом" и связанное с ним поле зрения; на фиг. 4 - несимметричного изображения объекта с "центром-образом" и связанное с ним поле зрения; на фиг. 5 - различные изображения объектов с признаками симметрии относительно центра и оси; на фиг. 6 - блок-схема устройства, реализующего способ; на фиг. 7 - функциональная схема первого формирователя сигналов статических моментов; на фиг. 8 - вариант выполнения согласующего блока; на фиг. 9 - блок-схема алгоритма функционирования устройства; на фиг. 10 - вариант выполнения функциональной схемы устройства микропрограммного управления блока управления; на фиг. 11 - вариант выполнения функциональной схемы устройства фиксации симметричных объектов блока управления; на фиг. 12 - пример разложения симметричного изображения объекта относительно оси V по фрагментам, полученным после модулирования первым комплектом масок в первом формирователе сигналов статических моментов; на фиг. 13 - пример разложения симметричного изображения объекта относительно оси X по фрагментам, полученным после модулирования первым комплектом масок во втором формирователе сигналов статических моментов; на фиг. 14 - пример разложения симметричного изображения объекта относительно оси Y по фрагментам, полученным при модулировании вторым комплектом; на фиг. 15 - пример разложения симметричного изображения объекта относительно оси X по фрагментам, полученным после модулирования вторым комплектом масок во втором формирователе сигналов статических моментов.

Заявляемое устройство для реализации предложенного способа (фиг. 5) содержит первый блок смещения (БС) 1 с проецирующей оптикой, блок поворота изображений (БПИ) 2, второй блок смещения (БС) 3, первый и второй мультипликаторы (М) 4, первый и второй формирователи сигналов статических моментов частей изображений (ФССМ) 5 и 6, первый и второй блоки смены бинарных масок (БСМ) 7 и 8, первый и второй согласующие блоки 9 и 10. Первый входом устройства является оптический вход первого блока смещения, выход которого оптически соединен с входом блока поворота изображения 2, выход блока поворота изображения 2 оптически связан с входом второго блока смещения 3, выход второго блока смещения 3 оптически согласован и связан с входами первого и второго мультипликаторов 4, которые последовательно размещены на одной оптической оси с первым блоком смещения и оптически связаны соответственно с первым и вторым выходами светоделителя. Первый - n-й выходы первого и второго мультипликаторов оптически связаны с одноименными информационными входами блоков смены комплектов теневых бинарных масок 7 и 8 соответственно в формирователях сигналов статических моментов 5 и 6. Управляющие выходы блоков смены комплектов теневых бинарных масок 7 и 8 первого и второго формирователей сигналов статических моментов 5 и 6, соответственно, подключены к первому 12 и второму 13 управляющим входам блока управления 11. Выходы согласующих блоков 9 и 10 первого и второго формирователей 5 и 6 соединены с первой 14 и 15 и второй 16 и 17 группами управляющих входов блока управления 11. Вход запуска 18, установочные входы 19, 20, 21, 22 соответственно задания равномерности матрицы анализируемого изображения $N = \max \{M, N\}$ по столбцам N, строкам M, количество K комплектов масок и числа поворотов L изображения, являются одноименными входами устройства. 1 и 2 группы управляющих выходов 23 блока управления 11 подключены соответственно к управляющим входам 24 и 25 блоков смены комплектов теневых бинарных масок 7 и 8. Первая и вторая группы выходов 26, 27 блока управления 11 подключены к одноименным группам управляющих входов первого блока смещения 1. Третья-пятая группы выходов 28, 29, 30 блока управления 11 подключены к первой и второй группам управляющих входов второго блока смещения 3 и управляющим входом блока поворота 2.

Первый-четвертый выходы 31-34 блока управления 11 являются выходами устройства. При этом первый выход 31 является выходом результирующего сигнала, по которому принимается решение о наличии центральной симметрии; второй выход 32 - выходом результирующего сигнала, по которому принимается решение о наличии осевой симметрии; третий выход 33 - выходом результирующего сигнала, по которому принимается решение о наличии несимметричного изображения; выход 34 - выходом сигнала "Конец операции распознавания".

Первый формирователь сигналов статических моментов (ФССМ) 5 (фиг. 6) содержит блок смены комплектов теневых бинарных масок (БСМ) 7, в который входит дешифратор (Д) 35. К электромагнитов ($\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_k$) $36_1...36_k$, соответствующих K комплекту теневых бинарных масок, используемых при обработке. Входы дешифратора 35 являются входами блока смены комплектов теневых бинарных масок 7. K выходов дешифратора подключены к соответствующим управляющим входам (в частности, к обмоткам) K электромагнитов $36_1...36_k$ таким образом, что 1-ый выход дешифратора 35 соединен с управляющим входом (обмоткой) 1-го электромагнита 36; содержащего 1-ю штангу с прозрачной 1-й подложкой для крепления 1-го комплекта теневых бинарных масок (КТБМ) 37_1-37_n . А каждый 1-й комплект установлен на 1-й прозрачной подложке, на которой закреплены n-теневых бинарных масок 37_1-37_n с двумя коэффициентами пропуска. Причем один конец 1-й прозрачной подложки содержит подвижный контакт (ПК) 38, вывод которого соединен с шиной нулевого потенциала устройства, замыкаемый неподвижным контактом (НК) 39, вывод которого соединен с первым выводом резистора (R) 40 и является выходом блока смены комплектов бинарных теневых масок 7 первого формирователя сигналов статических 5. первую - n пары оптических преобразователей (ОП) 41_1-41_n , в виде 2n пирамидальных фоконов, первую - n пары фотоприемников (ФП), состоящие из первых (нечетных) $42_{1,1}; 42_{2,1}; 42_{3,1}; \dots; 42_{n,1}$ и вторых (четных) $42_{1,2}$ и; $42_{2,2}; 42_{3,2}; \dots; 42_{n,2}$ фотоприемников (где вторая нижняя цифра групп фотоприемников 1 обозначает нечетную группу, 2 - четную группу), первый и второй весовые сумматоры (ВС) 43, 44, блок вычитания (БВ) 45 и согласующий блок (СБ) 9.

Первый согласующий блок 9 (фиг. 8) содержит первый 46 и второй 47 компараторы (К), элемент неравнозначности 48, причем первый неинвертируемый вход первого компаратора 46 и второй инвертирующий вход второго компаратора 47 подключен к входу согласующего блока 9, второй инвертирующий вход первого компаратора 46 соединен с источником первого опорного напряжения $+U_1$, а второй неинвертирующий вход второго компаратора 47 соединен с источником второго опорного напряжения $-U_2$, выход первого компаратора 46 соединен с первым входом элемента НЕРАВНОЗНАЧНОСТИ 48, выход второго компаратора 47 соединен со вторым входом элемента НЕРАВНОЗНАЧНОСТИ 48, а также является выходом старшего разряда A логического сигнала согласующего блока, выход элемента НЕРАВНОЗНАЧНОСТИ 48 является выходом младшего разряда

логического сигнала согласующего блока 9. Согласующий блок 9, как и блок смены комплектов теневых бинарных масок 7, входит в структуру формирователя сигналов статических моментов 5 (см, фиг. 7), а на фиг. 6 указанные блоки обведены штриховым контуром.

На фиг. 9 представлен алгоритм функционирования блока управления 9, а на фиг. 10, 11 - функциональные схемы соответственно устройства 49 микропрограммного управления (УМПУ) и устройства фиксации симметричных объектов (УФСО) 50 блока управления 9 соответственно.

Устройство микропрограммного управления (УМПУ) (фиг. 10) содержит программируемое ПЗУ 51, регистр 52, дешифраторы 53...56, генератор тактовых импульсов ГТИ 57, триггер 58, логический элемент 2И-ИЛИ-НЕ 59, элемент НЕ 60, элементы 2И-НЕ 61, 62, 63, элемент И 64. Причем вход 18 запуска устройства подключен к S-входу триггера 58, инверсный выход которого является выходом 34 "Конец операции распознавания" блока управления 11, информационные входы 12, 13, 15, 17, 14, 16 и информационные входы 65, 66 являются входами соответствующих логических сигналов X_1, \dots, X_8 блока управления 11, а выходы дешифраторов 53, ..., 56 являются выходами 67, ..., 84 устройства микропрограммного управления 49. Кроме того, адресные входы ПЗУ 51 подключены к соответствующим выходам элемента 2 И-НЕ 65, а информационные выходы - к входам регистра 52, вход синхронизации которого подключен к выходу элемента И 64, входы которого соединены с прямым выходом триггера 58 и выходом ГТИ 57. Девять первых выходов регистра 52 соединены с тремя входами дешифраторов 53, 54, 55 соответственно, выходы регистра 52 с десятого по тринадцатый подключены к входам дешифратора 56, выходы регистра 52 с четырнадцатого по двадцать третий - к первым входам элементов 2 И-НЕ 61, 62 соответственно, вторые входы которых соединены с выходами элементов 2 И-ИЛИ-НЕ 59 и НЕ 60 соответственно. Выходы элементов 2 И-НЕ 61, 62 подключены к соответствующим входам элемента 2 И-НЕ 63, а выходы дешифратора 56 к первым входам элемента 2 И-ИЛИ-НЕ 59, вторые входы которых соединены с входами 12, 13, 15, 17, 14, 16, 65, 66 устройства 49. Причем, выход Y_k дешифратора 53 соединен с R-входом триггера 58, а входы E0, E1 всех дешифраторов 53, ..., 56 подключены к шине нулевого потенциала устройства.

Устройство 50 фиксации симметричных объектов (УФСО) (см. фиг. 11) содержит счетчики 85, ..., 90, дешифратор 91, ОЗУ 92_{1, ..., 92_{k-1}}, 93_{1, ..., 93_{k-1}}, схемы сравнения 94, 95, триггеры 96, 97, 98, элементы ИЛИ-НЕ 99, И 100, элемент НЕРАВНОЗНАЧНОСТИ 101, элементы НЕ 102, 103 и 2(к-1) элементов И 104. Причем информационные входы счетчиков 85, ..., 90 соединены соответственно с группами входов 19, 20, 21, 22 блока управления 11, а информационные выходы - с группами выходов 23, 26, 27, 28, 29, 30 блока управления 11 соответственно. Выходы PE разрешения параллельной загрузки счетчиков 85, 90 соответственно подключены к входам 73, 70 устройства 50, вычитающие входы - к входам 81, 72 устройства 50, входы обнуления - к входу 71 блока управления 11, а выходы " ≤ 0 " через элементы НЕ 102, 103 соединены с входами 65, 66 устройства 49 соответственно. Кроме того, вход 67 устройства 50 соединен с входами обнуления счетчиков 86. 87, вход 68 - с входами PE счетчиков 87, 89, входы 69, 71, 74, 75 - с суммирующими входами счетчиков 87, 89, 86, 88 соответственно, входы 75, 77, 80, 82 - с вычитающими входами счетчиков 87, 89, 86, 88 соответственно, вход 78 - с входами обнуления счетчиков 88, 89, вход 79 - с входами PE счетчиков 86, 88.

Причем информационные выходы счетчика 85 соединены также с входами дешифратора 91, информационные выходы счетчиков 88, 89 - с информационными входами ОЗУ 92_{1, ..., 92_{k-1}} и ОЗУ 93_{1, ..., 93_{k-1}}, соответственно, информационные выходы счетчиков 90 - с адресными входами ОЗУ 92_{1, ..., 92_{k-1}}, и 93_{1, ..., 93_{k-1}}, а выходы дешифратора 91 через элементы И 104 соединены с входами CS выбора кристалла соответствующих ОЗУ 92_{1, ..., 92_{k-1}}, 93_{1, ..., 93_{k-1}}, входы WE разрешения записи которых подключены к входу 83 устройства 50. Выходы ОЗУ 92_{1, ..., 92_{k-1}} подключены к соответствующим входам схемы сравнения 94, выходы ОЗУ 93_{1, ..., 93_{k-1}} - к соответствующим входам схемы сравнения 95, R-входы триггеров 96, 97, 98 подключены к входу 84 устройства 50, S-входы триггеров 96, 97 - к выходам схем сравнения 94, 95 соответственно. Прямые выходы триггеров 96, 97 соединены с входами элементов ИЛИ-НЕ 99 и 100, НЕРАВНОЗНАЧНОСТИ 101, S-вход триггера 98 соединен с выходом элемента НЕРАВНОЗНАЧНОСТИ 101, а прямой выход триггера 98 - с выходом блока 32 управления 11, выходы 31, 33 соединены с выходами элементов И 101 и ИЛИ-НЕ 99 соответственно.

Устройство работает следующим образом. Запуск устройства осуществляется по входу 18. По шинам данных на входы 19, 20, 21, 22 устройства подаются исходные данные величин соответственно: N (количество столбцов), M (количество строк), L (число поворотов изображения), k (число комплектов масок), которые в дальнейшем используются для выполнения операции распознавания симметричных изображений объектов.

Первый блок смещения 1 с проецирующей оптикой формирует световой поток обрабатываемого изображения исходной ориентации с распределением яркости $f(x, y)$, который с его выхода пропускается по входам через блок поворота 2 изображений и второй блок смещения 3, затем поступает на вход мультипликатора 4. Мультипликатор 4 размножает и разделяет входное изображение по двум каналам обработки по первому и второму n-выходам, которые с n-выходов первого и второго мультипликаторов 4 поступают на n-входы 5 и 6 формирователей сигналов статических моментов частей изображения. Первоначально в формирователях 5 и 6 выставлены комплекты масок, адреса которых фиксируются блоком управления 11 по входам 12 и 13 для формирования статических моментов первого порядка m_{10} в формирователе 5 и m_{01} - в формирователе 6. Формирователь 5 формирует и сравнивает сигналы статических моментов частей изображения в смежных полуплоскостях $x' < 0'$ и $x' > 0'$ относительно оси Y', а формирователь 6 - в полуплоскостях $y' < 0'$ и $y' > 0'$ относительно оси X'. В формирователях 5 и 6 формируются результаты для сравнения сигналов статических моментов в смежных плоскостях, соответственно $\|m_{10}\|^{x' < 0'}$ и $\|m_{10}\|^{x' > 0'}$ и $\|m_{01}\|^{y' < 0'}$; $\|m_{01}\|^{y' > 0'}$ в виде выходных напряжений U (для формирователя 5) и U' (для формирователя 6).

Полученное выходное напряжение U поступает на вход первого согласующего блока 9, выходное напряжение U' - второго согласующего блока 10. Выходное напряжение U (аналогично и для U') соответствует сформированному сигналу, амплитуда которого принимает положительный или отрицательный знак и может находиться в пределах, не превышающего опорного напряжения $U_1 + U_2$, первого согласующего блока 9. Т.к. сигнал U несет информацию о равенстве статических моментов частей изображения в смежных полуплоскостях или несоответствии этого равенства, то первый согласующий блок 9 работает таким образом, что расшифровывает и кодирует состояние сигнала на втором выходе формирователя сигналов, статических моментов 5. Если $\|m_{10}\|^{x' < 0'} > \|m_{10}\|^{x' > 0'}$ то на выходе блока 9 представляется код 11, соответствующий сдвигу изображения вправо вдоль оси X, аналогично, неравенство $\|m_{10}\|^{x' < 0'} < \|m_{10}\|^{x' > 0'}$ - представляется кодом 01, что

соответствует сдвигу изображения влево вдоль оси Y. В случае равенства $\|m_{10}\|^{x<0} = \|m_{10}\|^{x>0}$ на выходе согласующего блока 9 представлен код 00, что соответствует центрированному положению изображения.

Таким образом, на выходе согласующего блока 9 формируются два сигнала, которые являются первым и вторым сигналами кодирующего двухразрядного слова, поступающими по группе выходов согласующего блока 9 на первую группу входов 14 и 15 блока управления 11 соответственно. Аналогично, на выходе согласующего блока 10 формируются двухразрядные коды, несущие информацию о выравнивании статических моментов $\|m_{01}\|^{y<0}$ и $\|m_{01}\|^{y>0}$, поступающие по группе выходов согласующего блока 10 на вторую группу входов 16 и 17 блока управления 11 соответственно.

Уравновешивание статических моментов первого порядка осуществляется за счет первого блока смещения 1, причем коды на смещение вдоль X и Y будут подаваться соответственно по n-разрядной и m-разрядной шинам, первой и 2-й группам управляющих выходов 26 и 27 от блока управления 11. Состояние этих адресов фиксируется и запоминается в блоке управления 11. После того, как в формирователях 5 и 6 будет выполнено первичное центрирование, блок управления 11 зафиксирует и запомнит координаты центра тяжести изображения $A_1(x_1, y_1)$ и будет использовать в дальнейшем эту точку, как точку координатной привязки, для определения последующих смещений относительно X и Y при повторных центрированиях по статическим моментам более высоких порядков. Итак, когда первичное центрирование осуществлено, т.е. блоком управления 11 зафиксирована в памяти т. $A_1(x_1, y_1)$ по 1 и 2-й группам управляющих выходов 23 блока управления 9 по k-разрядным шинам логических сигналов на входы блоков смены теневых бинарных масок 7, 8 поступает информация в виде логического кода. По соответствующему адресу, поступающему на управляющие входы блоков 7 и 8 на его выходах по входам 24 и 25 формирователей 5 и 6 осуществляется выдвигание соответствующего комплекта теневых бинарных масок $37_1 - 37_n$ с функцией пропускания, которая соответствует порядку статического момента, формируемого в данный момент формирователями 5 и 6. Каждый этап завершения центрирования (первичного и повторных) будет сопровождаться изменением кода в блоке управления 11, поступающим на входы блоков смены теневых бинарных масок 7, 8 для осуществления смены того или иного комплекта масок,

Второй этап - вторичное центрирование - осуществляется при выставленном втором комплекте масок $37_1 - 37_n$ блоками 7 и 8, необходимых для формирования статических моментов $\|m_{20}\|^{x<0}$, $\|m_{20}\|^{x>0}$ и $\|m_{02}\|^{y<0}$, $\|m_{02}\|^{y>0}$ соответственно в формирователях 5 и 6.

После смены первого комплекта масок в формирователях 5 и 6, фиксируемого соответственно по входам 12 и 13 блока управления 11 аналогично описанному выше, появятся сигналы U и U¹ сравнения статических моментов $\|m_{20}\|^{x<0}$, $\|m_{20}\|^{x>0}$ и $\|m_{02}\|^{y<0}$, $\|m_{02}\|^{y>0}$, которые на выходах соответствующих согласующих блоков 9 и 10 опять будут формировать по два сигнала, соответствующих двухразрядному слову и несущих информацию на выполнение конкретных действий (сдвиги или фиксация центрированного положения) блоком управления 11. Выравнивание моментов m_{20} и m_{02} соответственно в формирователях 5 и 6, осуществляется вторым блоком смещения 3, сигналы на который подаются соответственно по n-разрядной и m-разрядной шинам блока управления 9. Т.е. по четвертой группе управляющих выходов 28 блока управления 11 производится выравнивание статических моментов $\|m_{\alpha 0}\|^{x<0}$ и $\|m_{\alpha 0}\|^{x>0}$ в формирователе 5, а по пятой группе управляющих выходов 29 блока управления 11 производится выравнивание статических моментов $\|m_{\beta 0}\|^{y<0}$ и $\|m_{\beta 0}\|^{y>0}$ в формирователе 6. Первый 1 и второй 3 блоки смещения принимают по два кода, один по первому управляющему входу - на смещение вдоль оси x, другой по второму управляющему входу - вдоль оси y. В качестве блоков смещения 1 и 3 может быть использовано устройство для преобразования изображений (А.с. № 1408444, БИ №25, 1988).

По достижению вторичного центрирования происходит фиксация и запоминание: 1) второго комплекта масок, 2) состояния равенства моментов $\|m_{20}\|^{x<0}$ и $\|m_{20}\|^{x>0}$; $\|m_{20}\|^{y<0}$ и $\|m_{02}\|^{y>0}$ 3) величины смещений Δx_1 ; Δy_1 относительно точки координатной привязки $A(x_1, y_1)$.

Затем для этого же комплекта (второго) масок относительно $A(x_1, y_1)$ по 1-разрядной шине третьей группы выходов 30 блока управления 11 с шагом с точностью до дискрета $\Delta\varphi = \varphi / 2$ (α - число поворотов изображения, необходимых для его анализа, $0 \leq \varphi \leq \pi / 2$ будет формироваться текущий код, необходимый для осуществления α -числа поворотов блоком поворота изображений 2. В качестве блока поворота изображений 2 может быть использовано устройство для поворота изображений (А.с. № 1348871, БИ № 40, 1987).

Для каждого 1-го шага поворота $\Delta\varphi_1$ ведется поиск (сдвиги по осям x и y) по выравниванию моментов $[(\|m_{20}\|^{x<0})_{\varphi_1} (\|m_{20}\|^{x>0})_{\varphi_1}]$ и $[(\|m_{02}\|^{y<0})_{\varphi_1} (\|m_{02}\|^{y>0})_{\varphi_1}]$. Состояние равенства указанных моментов при каждом повороте на $\Delta\varphi$ также фиксируется и запоминается блоком управления 11. Описанный выше алгоритм повторяется с учетом поворота изображений столько раз, сколько комплектов масок используется во время операции распознавания симметричных изображений объектов.

Таким образом, при первичном центрировании по статическим моментам $\|m_{10}\|^{x<0}$ и $\|m_{10}\|^{x>0}$ в формирователе 5, $\|m_{01}\|^{y<0}$, $\|m_{01}\|^{y>0}$ в формирователе 6 найдены координаты центра тяжести, совпадающие с центром поля зрения. При повторных центрированиях по статическим моментам более высоких порядков $m_{\alpha 0}$ и $m_{\beta 0}$ ($\alpha, \beta = 2, 3, \dots, k$) будут найдены координаты "центра-образа" изображения. Состоянию согласующих блоков 9 и 10, для которых необходимо формирование сигнала 00 (достижение центрирования) всегда будут соответствовать равенства:

$$\|m_{\alpha 0}\|^{x<0} = \|m_{\alpha 0}\|^{x>0} \text{ - в формирователе 5,}$$

$$\|m_{\beta 0}\|^{y<0} = \|m_{\beta 0}\|^{y>0} \text{ - в формирователе 6.}$$

Следовательно, в зависимости от геометрических особенностей изображения объекта для выравнивания статических моментов более высоких порядков $\|m_{\alpha 0}\|^{x<0}$; $\|m_{\alpha 0}\|^{x>0}$, формирователем 5 и $\|m_{\beta 0}\|^{y<0}$;

$\text{Ilm}_0 \beta \text{Il}^{y>0}$ формирователем 6, возникнет необходимость определения смещений Δx_{k-1} ; Δy_{k-1} и относительно точки координатной привязки $A(x_1, y_1)$. По смещениям $\{\Delta x_i\}$ и $\{\Delta y_i\}$, которые фиксируются и запоминаются блоком управления 11, для каждого комплекта масок с учетом поворота изображения от $0 \dots \pi/2$ будут сформированы три результирующих сигнала. Каждый результирующий сигнал несет в себе информацию о взаимном положении точек "центра-образа" $A_1, A_2, A_3 \dots A_k$. Блок управления 11 из трех результирующих сигналов выделяет один, соответствующий одному из решений, по которому судят о симметрии распознаваемого изображения объекта. Первый результирующий сигнал появляется на выходе 31 устройства если независимо от смены комплекта масок и поворота изображения $\{\Delta x_i\} = 0$ и $\{\Delta y_i\} = 0$. Следовательно, $x_1 \equiv x_2 \equiv x_3 \equiv \dots \equiv x_k$ и $y_1 \equiv y_2 \equiv y_3 \equiv \dots \equiv y_k$, а точки "центра-образа" вырождаются в одну, значит $A_1 \equiv A_2 \equiv A_3 \equiv \dots \equiv A_k$, т.е. распознаваемое изображение - центрально-симметричное. Второй результирующий сигнал появляется на выходе 32 устройства, если независимо от смены комплекта масок при одном и том же конкретном угле повороте по одной из осей, например X, $\{\Delta x_i\} = 0$, а $\{\Delta y_i\} \neq 0$. Следовательно, $x_1 \equiv x_2 \equiv x_3 \equiv \dots \equiv x_k$ и $y_1 \neq y_2 \neq y_3 \neq \dots \neq y_k$, а точки "центра-образа" находятся на одной оси, в данном случае $A_1, A_2, A_3, \dots, A_k \subset y^1$, т.е. распознаваемое изображение - осесимметричное относительно y^1 . Аналогичный сигнал на выходе 32 будет получен в случае осевой симметрии относительно x^1 , т.к. $\{\Delta x_i\} \neq 0$, а $\{\Delta y_i\} = 0$. Т.е. $x_1 \neq x_2 \neq x_3 \neq \dots \neq x_k$, $y_1 \equiv y_2 \equiv y_3 \equiv \dots \equiv y_k$, а точки "центра-образа" находятся на оси x^1 , следовательно, $A_1, A_2, A_3, \dots, A_k \subset x^1$. Третий результирующий сигнал появляется на выходе 33 в случае, если $\{\Delta x_i\}, \{\Delta y_i\} \neq 0$. Следовательно, точки "центра-образа" не преобразуются в точку или прямую, что свидетельствует о признаке несимметричного изображения. За цикл обработки в памяти блока управления 11 хранятся все значения $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \dots, \Delta x_k$ и $\Delta y_1, \Delta y_2, \Delta y_3, \dots, \Delta y_k$ с учетом сменяемых комплектов масок и поворота изображения. После определения признака симметрии распознаваемого изображения объекта по одному из результирующих сигналов, полученных на выходе устройства, блок управления 11 по выходу 34 выдает сигнал "Конец операции распознавания". Затем на оптический вход устройства для распознавания подается другое изображение.

Формирователи 5, 6 сигналов статических моментов (фиг. 7) формируют сигналы статических моментов первого порядка в смежных полуплоскостях $x' < 0'$, $x' > 0'$ и $y' < 0'$, $y' > 0'$ при первичном центрировании и сигналы статических моментов более высокого порядка $m_{20}, m_{02}, m_{30}, m_{03}, \dots; m_{\beta 0}, m_{0\beta}$ при повторных центрированиях. Блок смены комплектов теневых бинарных масок 7 формирователя 5 содержит k-комплектов теневых бинарных масок $37_1 - 37_n$ с двумя коэффициентами пропускания $k_1=1, k_2=0$. Коэффициенту $k_1 = 1$ соответствуют прозрачные полосы (заштрихованные), коэффициенту $k_2=0$ - непрозрачные (незаштрихованные) полосы теневых масок, причем ось симметрии каждой теневой бинарной маски параллельна направлению ее прозрачных и непрозрачных полос. Теневые маски $37_1 - 37_n$ первого комплекта модулируют оптические сигналы статических моментов $m_{10}^{y<0'}$ и $m_{10}^{y>0'}$ выполнены таким образом, что функция пропускания $k(x)$ входного светового потока i-й маской в формирователе 5 может принимать значения

$$k(x) = \begin{cases} 1, \text{ если } k_i = 1 \text{ в} \\ \text{разложении } x = \sum_{i=1}^n k_i 2^{i-1}, y = 0; \\ 0, \text{ в противном случае;} \end{cases} \quad (1)$$

Независимо от значения y . В выражении (1) функция $k(x)$ зависима от абсциссы x в первой степени и может принимать значения $x = 0, 1, 2, 3, \dots$. Аналогично, для формирователя 6 теневые маски модулируют оптические сигналы статических моментов $m_{01}^{x<0'}$ и $m_{01}^{x>0'}$ функция $k(y)$ независима от x :

$$k(y) = \begin{cases} 1, \text{ если } k_i = 1 \text{ в разложении} \\ y = \sum_{i=1}^n k_i 2^{i-1} \\ \text{при } x = 0; \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (2)$$

В выражении (2) функция $k(y)$ зависима от ординаты y в первой степени и также принимает значения $y = 0, 1, 2, 3, \dots$. Теневые маски $37_1 - 37_n$ модулируют оптические сигналы статических моментов второго порядка в смежных полуплоскостях $\text{Ilm}_{20} \text{Il}^{x<0'}$ и $\text{Ilm}_{20} \text{Il}^{x>0'}$, имеют функцию пропускания $k(x^2)$ зависящую от второй степени абсцисс $x^2 (x^2 = 1, 4, 9, 16, \dots)$ независимо от y :

$$k(x^2) = \begin{cases} 1, \text{ если } k_i = 1 \text{ в разложении} \\ x^2 = \sum_{i=1}^n k_i 2^{i-1} \\ \text{при } y = 0, \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (3)$$

Аналогично для формирователя 6 теневые маски модулируют оптические сигналы статических моментов второго порядка, в смежных полуплоскостях $\text{Ilm}_{02} \text{Il}^{y<0'}$ и $\text{Ilm}_{02} \text{Il}^{y>0'}$.

$$k(y^2) = \begin{cases} 1, \text{ если } k_i = 1 \text{ в разложении} \\ y^2 = \sum_{i=1}^n k_i 2^{i-1} \\ \text{при } x = 0; \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (4)$$

Следовательно, для k -го комплекта теневых масок формирователем 5 осуществляется пространственная модуляция оптических сигналов статических моментов более высоких порядков $\text{Ilm}_{20} \text{Il}^{x < 0}$ и $\text{Ilm}_{20} \text{Il}^{x > 0}$, в смежных полуплоскостях, а в формирователе 6 - статических моментов и $\text{Ilm}_0 \text{Il}^{y < 0}$, $\text{Ilm}_0 \text{Il}^{y > 0}$. Таким образом, функции пропускания $k(x^\alpha)$ и $k(y^\beta)$ фильтра в формирователях 5 и 6 соответственно, в общем виде могут быть представлены

$$k(x^\alpha) = \begin{cases} 1, \text{ если } k_i = 1 \text{ в разложении} \\ x^\alpha = \sum_{i=1}^n k_i 2^{i-1} \\ \text{при } y = 0; \\ 0, \text{ в противном случае,} \end{cases} \quad (5)$$

$$k(y^\beta) = \begin{cases} 1, \text{ если } k_i = 1 \text{ в разложении} \\ y^\beta = \sum_{i=1}^n k_i 2^{i-1} \\ \text{при } x = 0; \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases} \quad (6)$$

Максимальный порядок статических моментов α, β соответствует K -му комплекту теневых бинарных масок.

Количество теневых бинарных масок n для каждого комплекта в блоках смены комплектов масок 7 и 8 различное, зависит от размерности информационного поля $N(M)$ порядка статического момента $\alpha(\beta)$, в общем случае определяется как:

$$n = \log_2 N^\alpha$$

где $N = M$ - размерность информационного поля

$$\alpha = \beta = 1, 2, 3, \dots, k \text{ - порядок статических моментов } m_{\alpha 0} \text{ и } m_{0\beta}$$

Например, количество теневых бинарных масок для статических моментов m_{10} , m_{01} , m_{20} , m_{02} , m_{30} , m_{03} , определяется как

$$n = \log_2 N.$$

$$n = \log_2 N^2;$$

$$n = \log_2 N^3.$$

Поэтому, максимальное число оптических преобразователей 41_1-41_n , а также максимальное число первых фотоприемников $42_{1,1}; 42_{2,1}; \dots 42_{n,1}$ и вторых фотоприемников $42_{1,2}; 42_{2,2}; \dots; 42_{n,2}$ в формирователе 5 выбирается согласно выражения (7) по наиболее высокому порядку статических моментов $m_{\alpha 0}(m_{0\beta})$, используемых в устройстве.

n пары оптических преобразователей $41_1 - 42_n$ выполнены в виде 2-х пирамидальных фоконов для каждого преобразователя, входные прямоугольные апертуры которых соединены по одной стороне. Причем, в каждой из пар n -статических преобразователей $41_1 - 41_n$ формирователя 5 линия соединения совпадает с осью y' , связанной с полем зрения устройства в декартовой системы координат, а n пары преобразователей блока 6-е осью x' . Оптические преобразователи могут представлять собой монолитные фоконы или же собирающие линзы.

Световые сигналы, соответствующие изображению объекта исходной ориентации, с распределением яркости $f(x, y)$ после размножения и разделения мультипликаторами 4 на два одинаковых световых потока поступают на n -оптические входы формирователей 5 и 6.

Т.к. работа формирователя сигналов статических моментов 5 идентична работе формирователя 6, то рассмотрим работу одного из них, например 5 (фиг. 7).

Оптические входы формирователя 5 оптически соединены с оптическими n входами блока смены комплектов теневых бинарных масок 7. Первоначально в блоке 7 по входу 24 на первой прозрачной подложке выставлен первый комплект теневых бинарных масок $37_1 - 37_n$ с двумя коэффициентами пропускания $k_1 = 1; k_2 = 0$.

Первая группа управляющих выходов 23 блока управления 11 по k -разрядной шине логических сигналов, формирующих адреса комплектов масок для операции распознавания, соединена с входами дешифратора 35. Подаваемый с выхода 23 блока управления 11 1-й код на установку в формирователе 51-го комплекта теневых бинарных масок $37_1 - 37_n$, подводится к дешифратору 35 блока 7 по входу 24. Дешифратор 35 вырабатывает код на выдвижение 1-го комплекта масок. Число выходов k дешифратора 35 однозначно соответствует числу подвижных штанг электромагнитов и числу выставляемых комплектов теневых бинарных масок. Причем каждый комплект 1-й комплект масок выставляется при выдвижении штанги 1-го электромагнита 36, управляемого 1-м кодом дешифратора 35. Каждый 1-й электромагнит 36 содержит штангу с прозрачной подложкой, одна из сторон которой соединена с выходом штанги i -го электромагнита, другая сторона подложки содержит подвижный контакт 38, который замыкается при очередном выставлении масок с неподвижным контактом 39 в формирователе 5. Фиксация установки любого комплекта масок осуществляется для формирователя 5 по первому управляющему входу 12 блока управления 11, для формирователя 6 - по входу 13.

Дешифраторы 35 в каждом из блоков смены масок 7, 8 могут быть реализованы на микросхемах: а) К 155ИД1 с прямыми выходами, б) К 155ИД3 - с инверсионными выходами. Для дешифраторов с прямыми или инверсными выходами один из его выходов возбуждается, что приводит к срабатыванию одного из электромагнитов (для микросхем К 155ИД1) или отключению одного из электромагнитов (К 155Д3). Конкретная

реализация дешифраторов не вносит никаких изменений в работу блоков 7, 8, а срабатывание одного из электромагнитов (его включение или отключение) приводит к выдвиганию комплекта теневых бинарных масок в необходимое положение без помех для других комплектов масок, т.к. код адреса на выставление конкретного комплекта масок в цикле операции распознавания задается блоком управления.

Световой поток входного изображения с распределением яркости $f(x, y)$, поступающий по n входам блока смены теневых бинарных масок 7 проходит через первый комплект теневых бинарных масок $37_1 - 37_n$ и подвергается пространственной модуляции. Выставление первого комплекта масок осуществляется замыканием подвижного первого контакта 38_1 , установленного на первой подложке блока 7, с неподвижным 39 и передачей управляющего сигнала по выходу блока 7 на вход 12 блока управления 11.

Информация о распределении интенсивности света всего изображения в блоке с учетом функции пропускания фильтра $k(x)$ через теневые бинарные маски представляется пофрагментно с разложением исходного изображения по весам координат точек вдоль оси x . Для изображения объекта, представленного в матричной форме для 1-го комплекта фрагмент g -й маски:

$$\| \Phi_{pg} \| = \{ a_{pSg} \} \odot \{ \Phi_{pSg} \} \quad (8)$$

где $\| \Phi_{pg} \|$ - норма матрицы g -го фрагмента, полученного после модуляции g -й маской l -го комплекта.

$\{ a_{pSg} \}$ - элементы яркости с координатами p, S , принадлежащие изображению, принимающие значения: (1) - если элемент находится в зонах прозрачных полос g -й маски 1-го комплекта.

$\{ \Phi_{pSg} \}$ - элементы 1-го комплекта g -й теневой маски равные.

$$\begin{cases} 1 - \text{если } V_j = 1 \text{ в разложении} \\ x^\alpha = \sum_{i=1}^n k_i 2^{i-1}, \\ \text{при } y = 0; \\ 0 - \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Приведем конкретный пример симметричного изображения объекта относительно $O'Y$, находящегося в поле зрения. Разложение изображения по фрагментам при его первичном центрировании по моментам m_{10} и m_{01} соответственно в формирователях 5 и 6 первым комплектом теневых масок по весовому типу и расчеты интегральной яркости в условных единицах, для которого из трех фрагментов ($\Phi_{p1}^<$; $\Phi_{p2}^<$; $\Phi_{p3}^<$ и $\bar{\Phi}_{p1}^<$; $\bar{\Phi}_{p2}^<$; $\bar{\Phi}_{p3}^<$), содержатся на фиг. 12 и 13. Разложение изображения по трем фрагментам ($\Phi_{p1}^<$; $\Phi_{p2}^<$; $\Phi_{p3}^<$ и $\bar{\Phi}_{p1}^<$; $\bar{\Phi}_{p2}^<$; $\bar{\Phi}_{p3}^<$) при его повторном центрировании по моментам m_{20} и m_{02} соответственно в формирователях 5 и 6 вторым комплектом теневых бинарных масок по весовому типу и расчеты интегральной яркости в условных единицах, для которого содержатся на фиг. 14 и 15.

Далее световой поток поступает на n -входы оптических преобразователей $41_1 - 41_n$. Каждая из групп оптических преобразователей $41_1 - 41_n$ представляет собой два пирамидальных фокона, соединенных по одной стороне прямоугольных входных апертур. Каждый пирамидальный фокон выполняет интегрирование входного светового потока посредством того, что собирает водную маленькую площадку выходной апертуры излучение со всей прямоугольной апертуры. При этом в формирователе 5 первые фоконы n -преобразователей для 1-го комплекта теневых масок, интегрируют интенсивность света по фрагментам $\| \Phi_{pg} \|^{x < 0}$ в полуплоскости $x < 0$, а вторые фоконы n -преобразователей, интегрируют интенсивность света по фрагментам $\| \Phi_{pg} \|^{x > 0}$ в полуплоскости $x > 0$.

Световые потоки фрагментов изображений поступают на соответствующие входы фотоприемников и преобразуются ими в электрические напряжения. Световые сигналы соответствующие фрагментам $\| \Phi_{p1} \|^{x < 0}$; $\| \Phi_{p2} \|^{x < 0}$; ...; $\| \Phi_{pn} \|^{x < 0}$ поступают на первые фотоприемники $42_{1,1}$, $42_{2,1}$, ... $42_{n,1}$, а световые сигналы, соответствующие $\| \Phi_{p1} \|^{x > 0}$; $\| \Phi_{p2} \|^{x > 0}$; ...; $\| \Phi_{pn} \|^{x > 0}$ на вторые фотоприемники $42_{1,2}$, $42_{2,2}$, ... $42_{n,2}$ и преобразуются ими в электрические сигналы по интегральным интенсивностям фрагментов изображения соответственно.

$U_{1,1} \sim \| \Phi_{p1} \|^{x < 0}$; $U_{2,1} \sim \| \Phi_{p2} \|^{x < 0}$; ...; $U_{n,1} \sim \| \Phi_{pn} \|^{x < 0}$ - для первых фотоприемников

$U_{1,2} \sim \| \Phi_{p1} \|^{x > 0}$; $U_{2,2} \sim \| \Phi_{p2} \|^{x > 0}$; ...; $U_{n,2} \sim \| \Phi_{pn} \|^{x > 0}$ - для вторых фотоприемников.

Таким образом, на выходах g -х первых и вторых фотоприемников $42_{g,1}$ и $42_{g,2}$ получены электрические сигналы, соответствующие интенсивностям g -х фрагментов изображения в полуплоскостях

$x < 0$; $x > 0$ т.е. $\| \Phi_{pg} \|^{x < 0}$ и $\| \Phi_{pg} \|^{x > 0}$.

В качестве фотоприемников могут использоваться фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и схемы на их основе, причем от фотоприемников каждой пары требуется только идентичность характеристик преобразования. Пространственное интегрирование сумм интенсивностей частей изображения в полуплоскостях $x < 0$ и $x > 0$ осуществляется весовыми сумматорами 43 и 44 со взвешенным суммированием.

Определение значений взвешенной сумм интенсивностей частей изображения соответствует определению статистических моментов $\| m_{10} \|^{x < 0}$, $\| m_{10} \|^{x > 0}$ в смежных полуплоскостях при первичном центрировании и определению статических моментов $\| m_{20} \|^{x < 0}$, $\| m_{20} \|^{x > 0}$ - при повторных центрированиях. В общем случае с учетом первичного и повторных центрирований статические моменты $\| m_{20} \|^{x < 0}$ и $\| m_{20} \|^{x > 0}$ в матричной форме могут быть представлены:

$$\begin{aligned} \| m_{20} \|^{x < 0} &= 2^0 \| f[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{p1} \|^{x < 0} + \\ &+ 2^1 \| f[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{p2} \|^{x < 0} + \dots + 2^{n-1} \| f[(x + \\ &+ \Delta x_i), y] \odot \Phi_{pn} \|^{x < 0}, \\ \| m_{20} \|^{x > 0} &= 2^0 \| f[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{p1} \|^{x > 0} + \\ &+ 2^1 \| f[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{p2} \|^{x > 0} + \dots + 2^{n-1} \\ &\| f[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{pn} \|^{x > 0}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $f[(x \pm \Delta x_i), y]$ - яркость входного изображения, причем учитывает возможность сдвига при l -м центрировании вдоль оси x .

$\Phi_{p1}, \Phi_{p2}, \dots, \Phi_{pn}$ - фрагменты изображения, предусмотренные 1-м комплектом 1,2, ..., n -й масками.

Т.к. весовой сумматор 43 по входам первых фотоприемников осуществляет суммирование напряжений, полученных при интегрировании интенсивностей изображения в полуплоскости $x' < 0'$, а весовой сумматор 44 по входам вторых фотоприемников осуществляет суммирование напряжений в полуплоскости $x' > 0'$, то выражения (9) и (10) могут быть записаны в виде

$$\sum_{j=1}^n 2^{j-1} U_{j,1} = 2^0 U_{1,1} + 2^1 U_{2,1} + \dots + 2^{n-1} U_{n,1} \sim$$

$$\sim 2^0 \|\text{ff}[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{p1}\|^{x' < 0'} +$$

$$+ 2^1 \|\text{ff}[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{p2}\|^{x' < 0'} + \dots +$$

$$2^{n-1} \|\text{ff}[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{pn}\|^{x' < 0'}; \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^n 2^{j-1} U_{j,2} = 2^0 U_{1,2} + 2^1 U_{2,2} + \dots + 2^{n-1} U_{n,2} \sim$$

$$\sim 2^0 \|\text{ff}[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{p1}\|^{x' > 0'} +$$

$$+ 2^1 \|\text{ff}[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{p2}\|^{x' > 0'} + \dots +$$

$$2^{n-1} \|\text{ff}[(x \pm \Delta x_i), y] \odot \Phi_{pn}\|^{x' > 0'}; \quad (12)$$

В качестве весового сумматора может быть использован суммирующий усилитель с весовым сопротивлением на входе (Б.В. Анисимов, В.Н. Четвериков "Преобразование информации для ЭЦВМ: "Высшая школа" М., 1968, с. 217-219).

Значения суммарных электрических сигналов, определяемых выражениями (11) и (12), поступают на входы блока вычитания 45. Блок вычитания 45 сравнивает суммарные напряжения входных сигналов, что эквивалентно сравнению сумм суммарных интенсивностей в указанных полуплоскостях или величин статических моментов частей изображения в зависимости от выставленного комплекта масок в блоке 7, и выдает результаты сравнения в виде выходного напряжения U.

Суммарное напряжение с выхода сумматора 43 поступает на суммирующий вход блока 45, а с выхода сумматора 44 - на вычитающий вход блока 45. При этом на выходе блока 45 формируется напряжение U.

Первый согласующий блок 9 работает таким образом, что расшифровывает и кодирует состояние сигнала на выходе блока 45 в формирователе 5. Так как работа первого согласующего блока 9 идентична работе второго согласующего блока 10, то на примере рассмотрим работу одного из них, например 9. Первый согласующий блок 9 (фиг. 8) состоит из первого 46 и второго 47 компараторов, содержащих сигналы опорного напряжения, соответственно на втором инвертирующем входе первого компаратора 46 значение $+U_1$, на втором неинвертирующем входе второго компаратора 47 - $-U_2$. Выходное напряжение U, присутствующее на выходе блока 45, соответствует сформированному сигналу, амплитуда которого может принимать положительный или отрицательный знак, но не превышать значение опорного напряжения. На выходе блока 45 центрированное положение фиксируется первым 46 и вторым 47 компаратором по состоянию, когда

$$\|m_{20}\|^{x' < 0'} = \|m_{20}\|^{x' > 0'}, \text{ если } U_{вх} = U_1 = U_2, \text{ что соответствует коду } 00.$$

где $U_{вх} = U$.

В случае неравенства статических моментов необходим сдвиг,

а) влево:

$$\|m_{20}\|^{x' < 0'} < \|m_{20}\|^{x' > 0'}; \text{ если } U_{вх} < U_1 < U_2, \text{ что соответствует коду } 01;$$

б) вправо

$$\|m_{20}\|^{x' < 0'} > \|m_{20}\|^{x' > 0'}, \text{ если } U_{вх} > U_1 > U_2, \text{ что соответствует коду } 10.$$

Т.к. для кодирования двухразрядного слова необходимо учесть сдвиг изображения и направление сдвига, то младший разряд 13 в данном случае представляется логической единицей, если при уравнивании статических моментов возникает необходимость сдвига, а старший разряд А представляется логической единицей при сдвиге вправо и логическим нулем при сдвиге влево. При этом младший разряд В на выходе элемента НЕРАВНОЗНАЧНОСТИ 48 представляется логической единицей, если один из его входов принимает состояние логической единицы, а другой - логического нуля. Выходной сигнал В по младшему разряду определяется на выходе согласующего устройства функцией выхода

$$B = \overline{C}D + \overline{D}C, \quad (13)$$

а кодирование и расшифровывание комбинаций состояния логического сигнала согласующим устройством 9 представлено в табл. 2.

Таким образом, на выходе соответственно первого и второго согласующих блоков 9 и 10 в формирователях 5 и 6 формируются два логических сигнала, которые являются первым (старшим разрядом) и вторым (младшим разрядом) логическими сигналами двухразрядного слова, поступающими соответственно на первую и вторую группы входов 14, 15 и 16, 17 блока управления 11.

Необходимым для управления функционированием устройства управляющие и логические сигналы приведены в табл. 3. а последовательность формирования управляющих сигналов $y_0 \dots y_{17}$ - на представленном алгоритме (фиг. 9). Устройство 49 микропрограммного управления (фиг. 10) блока управления 11 может быть построено на основе принципа программного управления, использующего операционно-адресную структуру управляющих слов. Синтез устройства 49 с программируемой логикой сводится к разработке схемы устройства 49 и к созданию микропрограммы, которая должна быть записана в ПЗУ 51. Разбивка закодированных управляющих сигналов по полям микрокоманды представлена в табл. 4.

Содержание ПЗУ 51 для случая принудительной адресации представлена в табл. 5, где принято следующее кодирование сигналов x_1, \dots, x_8 ; $x_1 - 0001$; $x_2 - 0010$; $x_3 - 0011$; $x_4 - 0101$; $x_5 - 0110$; $x_7 - 0111$; $x_8 - 1000$; отсутствие условий 0000. Функциональные узлы представлены на фиг. 10, могут быть реализованы на следующих микросхемах: программируемое ПЗУ 51-К 2155PE 3; регистр 52-К155 IP13 дешифраторы 52, ..., 56 К155ИДЗ; триггер 58-К155 ТМ2.

В устройстве 50 фиксации симметричности объектов (фиг. 11) счетчик 85 является счетчиком числа комплектов масок, в который первоначально записывается число к комплектов масок, используемых устройством. Содержимое счетчика 85 используется для организации цикла смены 1-го комплекта теневых бинарных масок $37_1 - 37_n$ блока смены комплектов теневых бинарных масок 7. Поэтому k-разрядный адрес

маски, где $k = \log_2 k$, с выхода 23 блока управления 11 поступает на входы блоков 7 и 8, а также на информационные входы дешифратора 91 для выбора соответствующего кристалла ОЗУ $92_1, \dots, 92_{k-1}, 93_1, \dots, 93_{k-1}$, а сигнал \bar{x}_7 с выхода " ≤ 0 " счетчика 85 через элемент НЕ 102 поступает на вход 65 устройства 49 блока управления 11 и свидетельствует о завершении цикла смены i -го комплекта масок. На вход $\bar{P}\bar{E}$ счетчика 85 поступает управляющий сигнал u_1 , на вход обнуления-управляющий сигнал u_0 , на вычитающий вход - управляющий сигнал u_8 .

Счетчик 90 является счетчиком числа поворота, в который первоначально записывается величина $L = 90^0 / \Delta\varphi$, где $\Delta\varphi$ - шаг поворота. Содержимое счетчика 90 используется для организации цикла поворота изображения, поэтому 1-разрядный адрес $l = \log_2 L$ с выхода 30 блока управления 9 поступает на вход блока 2 поворота изображения а также на адресные входы ОЗУ $92_1, \dots, 92_{k-1}, 93_1, \dots, 93_{k-1}$ для записи в них состояния равенства статических моментов частей изображения более высоких порядков при повторных центрированиях, соответствующих определенному углу поворота изображения, а сигнал \bar{x}_8 с выхода " ≤ 0 " счетчика через элемент НЕ 103 поступает на вход 66 устройства 49 блока управления 11 и свидетельствует о завершении цикла поворота изображения. На вход $\bar{P}\bar{E}$ счетчика 90 поступает управляющий сигнал u_9 на вход обнуления - управляющий сигнал u_0 , на вычитающий вход-управляющий сигнал u_{15} .

Счетчики 86 и 87 являются счетчиками, фиксирующими координаты точки отсчета $A_1(x_1, y_1)$ изображения по осям X и Y соответственно в процессе первичного центрирования исходного изображения. Поэтому по входам 19 и 20 соответственно первоначально в счетчиках 86 и 87 записываются величины $[N/2]$ и $[M/2]$, соответственно, где $M \times N$ - размерность информационного поля, а $[a]$ - округление до большего целого числа. В зависимости от необходимости центрирования содержимое счетчиков 86 и 87 может уменьшаться до 0 или увеличиваться до величин N или M соответственно, а n - и m -разрядная информация данных счетчиков, где $n = \log_2 N$, $m = \log_2 M$, поступает с выходов 26 и 27 блока управления 11 на первую и вторую группы управляющих входов соответственно первого блока смещения 1 с проецируемой оптикой. На входы обнуления счетчиков 86 и 87 поступает управляющий сигнал u_0 , на входы $\bar{P}\bar{E}$ управляющие сигналы u_2 и u_3 , соответственно на суммирующие входы - управляющие сигналы u_4 и u_6 , на вычитающие входы - управляющие сигналы u_5 и u_7 соответственно.

Счетчики 88 и 89 являются счетчиками, фиксирующими величину $\Delta x_1; \Delta x_2; \dots; \Delta x_{k-1}$ и $\Delta y_1; \Delta y_2; \dots; \Delta y_{k-1}$ смещения изображения по осям X и Y соответственно в процессе повторных центрирований исходного изображения. Поэтому по входам 19 и 20 соответственно первоначально в счетчиках 88 и 89 также записываются величины $[N/2]$ и $[M/2]$ соответственно, а n - и m -разрядная информация данных счетчиков поступает с выходов 28 и 29 блока управления 11 на первую и вторую группы управляющих входов второго блока смещения 3, а также на информационные входы $92_1, \dots, 92_{k-1}$ и ОЗУ $93_1 \dots 93_{k-1}$ соответственно для последующей обработки. На входы обнуления счетчиков 88, 89 поступает управляющий сигнал u_{16} , на входы $\bar{P}\bar{E}$ - управляющие сигналы u_2 и u_3 соответственно, на суммирующие входы - управляющие сигналы u_{10} и u_{12} , на вычитающие входы - управляющие сигналы u_{11} и u_{13} соответственно.

ОЗУ $92_1, \dots, 92_{k-1}$ и $93_1 \dots 93_{k-1}$ служат для хранения величин смещения по осям x и y соответственно для комплектов масок с коэффициентами $1 \dots (k-1)$ при углах поворота с коэффициентами $0, \dots, L$, причем адрес комплекта масок служит для выбора нужной микросхемы ОЗУ $92_1 \dots 92_{k-1}, 93_1 \dots 93_{k-1}$, а адрес угла поворота является адресом, по которому записывается соответствующая информация из счетчиков 88, 89 в ОЗУ $92_1 \dots 92_{k-1}, 93_1 \dots 93_{k-1}$. На входы $\bar{W}\bar{E}$ разрешения записи $92_1 \dots 92_{k-1}, 93_1 \dots 93_{k-1}$ поступает управляющий сигнал u_{14} выходов ОЗУ $92_1 \dots 92_{k-1}$ поступает на входы схемы сравнения 94, а с выходов ОЗУ $93_1 \dots 93_{k-1}$ - на входы схемы сравнения 95. В случае равенства исходных кодов нулю, единичные сигналы на выходах схем сравнения 94, 95 установят в единичное состояние триггеры 96 и 97 соответственно, которые вместе с триггером 98 перед каждым тактом сравнения устанавливаются в нулевое состояние управляющим сигналом u_{17} . Таким образом, если после завершения цикла сравнения, т.е. после полной вычитки содержимого ОЗУ $92_1 \dots 92_{k-1}$ и $93_1 \dots 93_{k-1}$, триггеры 96 и 97 находятся в единичном состоянии, то единичный сигнал, соответствующий первому результирующему сигналу, присутствует на выходе 31 блока управления 11, что свидетельствует о центральной симметрии изображения. Если один из триггеров 96, 97 находится в нулевом, а другой в единичном состоянии, то присутствует единичный сигнал на выходе элемента НЕРАВНОЗНАЧНОСТИ 101, что приведет к установке в единичное состояние триггера 98 и появлению единичного сигнала на выходе 32 блока управления 11, соответствующего второму результирующему сигналу, что свидетельствует об осевой симметрии изображения. Если оба триггера 96, 97 находятся в нулевом состоянии, то единичный сигнал присутствует на выходе 33 блока управления 11 и соответствует третьему результирующему сигналу, что свидетельствует о несимметричности изображения.

Функциональные узлы, представленные на фиг. 11 могут быть реализованы на следующих микросхемах: счетчики 85...90 - К11НЕ7, дешифратор 91 - К155ИДЗ; ОЗУ $92_1 \dots 92_{k-1}, 93_1 \dots 93_{k-1}$, - К 155РУ2 схемы сравнения 95, 94 - К 531 СП1, триггеры 96, 97, 98 - К 155ТМ2.

В начале работы устройства блок управления 11 на своем выходе 31 формирует первоначально адреса в блоках смены комплектов теневых масок 7, 8, соответствующих определению и уравниванию статических моментов первого порядка m_{10} и m_{01} . По завершению первичного центрирования в формирователях 5 и 6 для осуществления повторных центрирований по первой и второй группам на управляющем выходе 23 блоком управления 11 будут поданы конкретные адреса комплектов масок, однозначно соответствующие определению и уравниванию конкретных статических моментов более высоких порядков, которые по k -разрядным шинам поступают на входы блоков смены масок 7, 8 в формирователях 5, 6 соответственно.

Заявляемое устройство позволяет обрабатывать бинарные и полутоновые изображения, для которых градации яркости входного изображения имеют центральную симметрию (если распознается центрально-симметричное изображение), осевую (изображения с осевой симметрией). Первичное и повторное центрирования могут выполняться оптической системой первого блока смещения с возможностью управляемого сдвига по двум направлениям (2-мерные регистры сдвига) или с помощью акустооптических устройств (двухкоординатное акустооптическое устройство отклонения. Б.А. Тарков и др. "Оптическая обработка изображений": Наука, 1985, с. 103-110). Если носителем информации об изображении является объектив или

дефлектор, то можно применять акустооптические дефлекторы или устройства, управляемые напряжением (а. с. № 1361634, БИ № 47,1987) с введением на входе первого блока смещения дополнительного устройства для управления сигналом сдвига.

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

Осуществление первичного центрирования по статическим моментам первого порядка с применением одного комплекта теневых бинарных масок по прототипу позволяет определять лишь одну точку - центр тяжести изображения объекта. В заявляемом устройстве осуществление первичного и повторных центрирований дает возможность определить одну, а k точек, анализ координат которых позволяет судить о принадлежности изображения по признакам симметрии к тому или иному классу. Блок управления, представленный в прототипе не может быть использован для предлагаемого устройства, поскольку его функциональные возможности ограничены и не позволяет организовать операцию распознавания: смену комплектов масок, поворот изображения, сдвиги при повторных центрированиях и определение смещений при первичном и повторных центрированиях.

Формирование трех результирующих сигналов в заявляемом решении и выделение одного из них, соответствующих одному из признаков центральной, либо осевой симметрии, либо несимметричности изображения объекта расширяет его функциональные возможности.

Для осуществления операции распознавания относительно точки координатной привязки $A_1(x_1, y_1)$ достаточно определить не k , а лишь несколько точек с помощью нескольких повторных центрирований, чтобы судить о наличии признака симметрии относительно центра или оси.

Таблица 1

Операции	Центрирования								
	Первичное		Повторные						
Статические моменты	m_{10}	m_{c1}	m_{20}	m_{02}	m_{30}	m_{03}	...	$m_{\alpha 0}$	$m_{0\beta}$
Абсцисса	x_1	-	x_2	-	x_3	-	...	x_k	-
Ордината	-	y_1	-	y_2	-	y_3	...	-	y_k
Точки "центра-образа"	A_1		A_2		A_3		...	A_k	
Смещения $\Delta x, \Delta y$	-		Δx_1	Δy_1	Δx_2	Δy_2	...	Δx_{k-1}	Δy_{k-1}

Таблица 2

№ п/п	Состояние выходного сигнала				Соответствие центрированному положению или сдвигу
	С	Д	А	В	
1	0	0	0	0	центрированное положение
2	0	1	0	1	сдвиг влево
3	1	0	1	1	сдвиг вправо

Таблица 3

№№ пп	Номер связи	Обознач. связи	Наименование сигнала
1	57	y_0	Обнуление счетчиков 85,86,87,90 триггеров 96,97 устройства 50
2	73	y_1	Запись в счетчик 85
3	79	y_2	Запись в счетчики 86,88
4	68	y_3	Запись в счетчики 87, 89
5	74	y_4	Суммирование в счетчике 86
6	80	y_5	Вычитание в счетчике 86

№№ пп	Номер связи	Обознач. связи	Наименование сигнала
7	69	у6	Суммирование в счетчике 87
8	75	у7	Вычитание в счетчике 87
9	81	у8	Вычитание в счетчике 85
10	70	у9	Запись в счетчик 90
11	76	у10	Суммирование в счетчике 88
12	82	у11	Вычитание в счетчике 88
13	71	у12	Суммирование в счетчике 89
14	77	у13	Вычитание в счетчике 89
15	83	у14	Запись в ОЗУ 92 ₁ ,...,92 _{к-1} ,93 ₁ ,...,93 _{к-1}
16	72	у15	Вычитание в счетчике 90
17	78	у16	Обнуление счетчиков 88,89
18	84	у17	Сравнение кодов
19	12	х1	Признак наличия комплекта маски в блоке 7
20	13	х2	Признак наличия комплекта маски в блоке 8
21	15	х3	Признак равенства статических моментов относительно оси о'у'
22	17	х4	Признак равенства статических моментов относительно оси о'х'
23	14	х5	Знак соотношения статических моментов относительно оси о'у'
24	16	х6	Знак соотношения статических моментов относительно оси о'х'
25	65	х7	Признак нулевого содержимого счетчика 85
25	66	х8	Признак нулевого содержимого счетчика 90

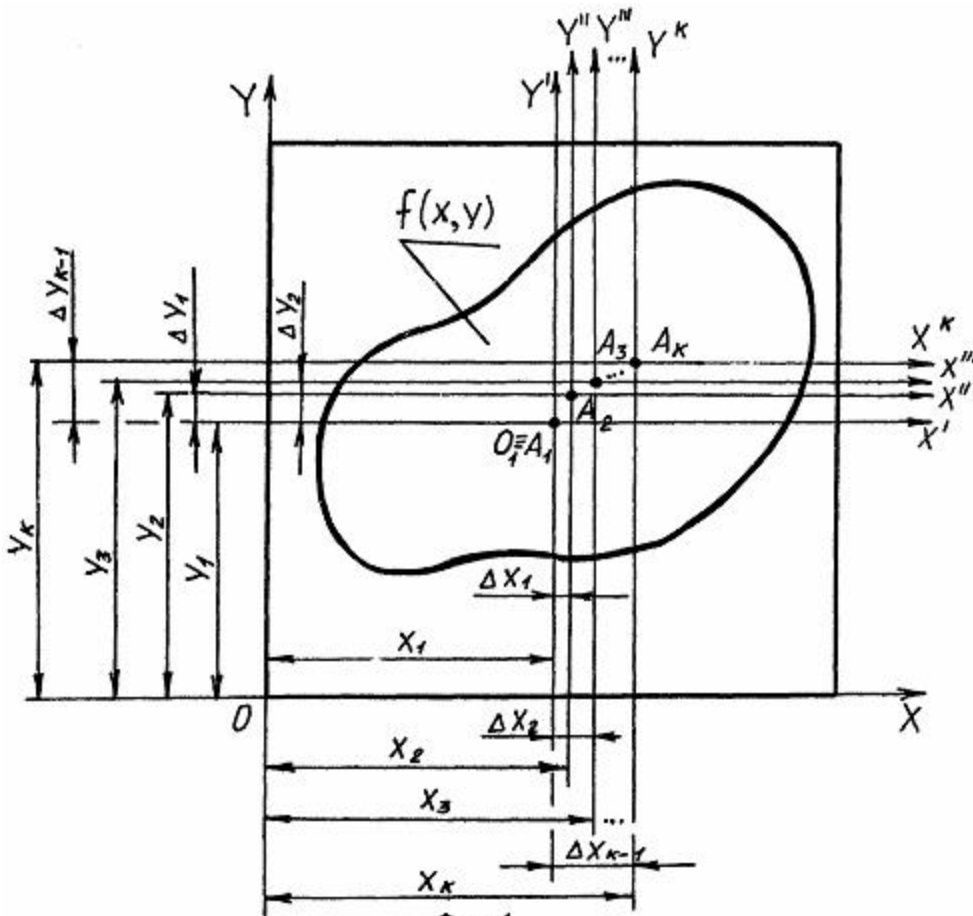
Таблица 4

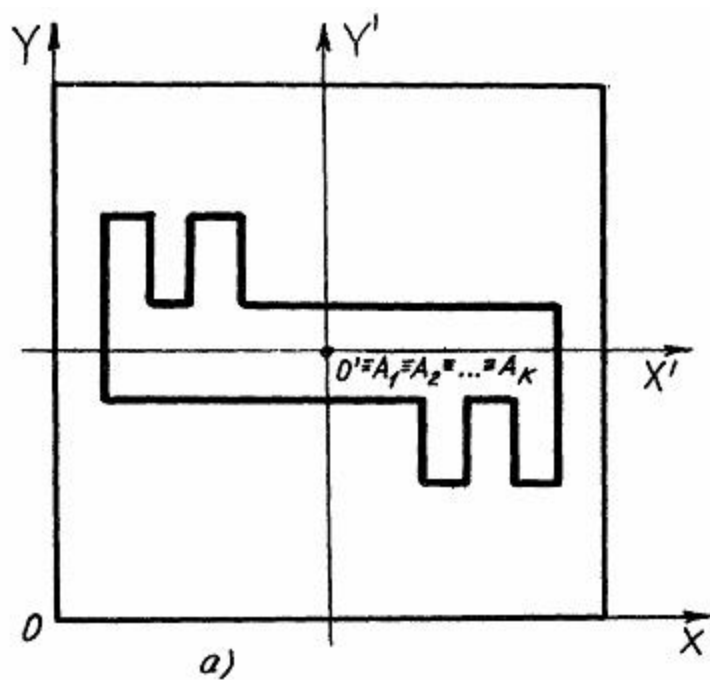
	у1		у2		у3	
у0	001	у1	001	у2	001	
у3	010	у4	010	у5	010	
у6	011	у7	011	у8	011	
у9	100	у10	100	у11	100	
у12	101	у13	101	у14	101	
у15	110	у16	110	у17	110	
у18	111	у _к	111			

Таблица 5

№№	Адрес	у1	у2	у3	х	А0	А1
1	00000	001	000	110	0000	00001	00000
2	00001	010	001	001	0001	00001	00010
3	00010	000	000	000	0010	00010	00011
4	00011	000	000	000	0011	00100	00101
5	00100	000	000	000	0101	00111	00110
6	00101	000	000	000	0100	01000	01011
7	00110	000	000	000	0000	00011	00000
8	00111	000	000	010	0000	00011	00000
9	01000	000	000	000	0110	01010	01001
10	01001	011	000	000	0000	00101	00000
11	01010	000	011	000	0000	00101	00000
12	01011	100	000	011	0111	01100	11000
13	01100	000	001	000	0001	01100	01101
14	01101	000	000	000	0010	01101	01110

№№	Адрес	Y1	Y2	Y3	x	A0	A1
15	01110	000	000	000	0011	10000	01111
16	01111	000	000	000	0100	10001	10110
17	10000	000	000	000	0101	10011	10010
18	10001	000	000	000	0110	10101	10100
19	10010	000	100	000	0000	01110	00000
20	10011	000	000	100	0000	01110	00000
21	10100	101	000	000	0000	01111	00000
22	10101	000	101	000	0000	01111	00000
23	10110	000	000	101	0000	10111	00000
24	10111	110	110	000	1000	01110	00000
25	11000	000	000	110	0000	11001	00000
26	11001	110	000	000	1000	11000	11010
27	11010	111	000	000	0000	00000	00000



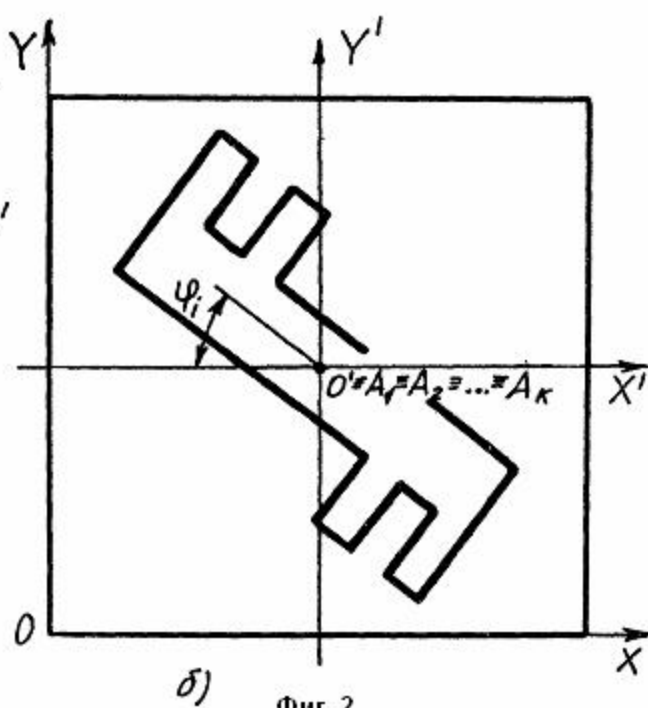


$$\|M_{\alpha 0}\|_{x' < 0'} = \|M_{\alpha 0}\|_{x' > 0'}$$

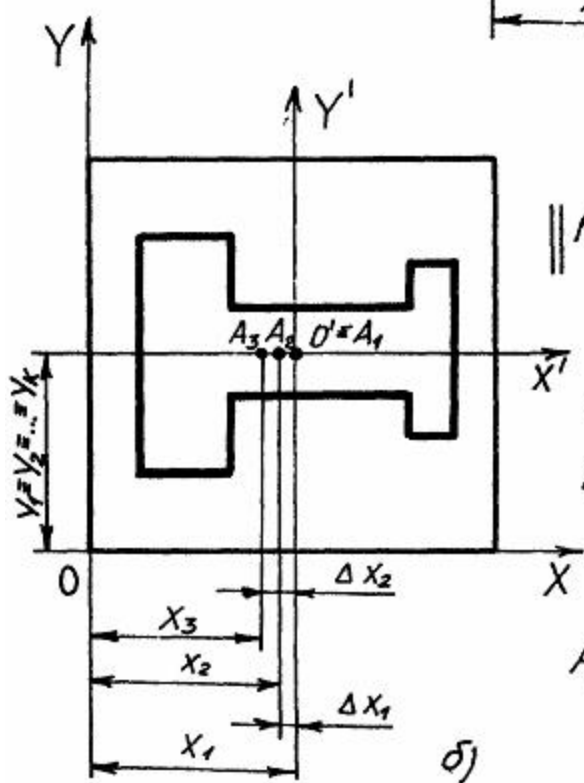
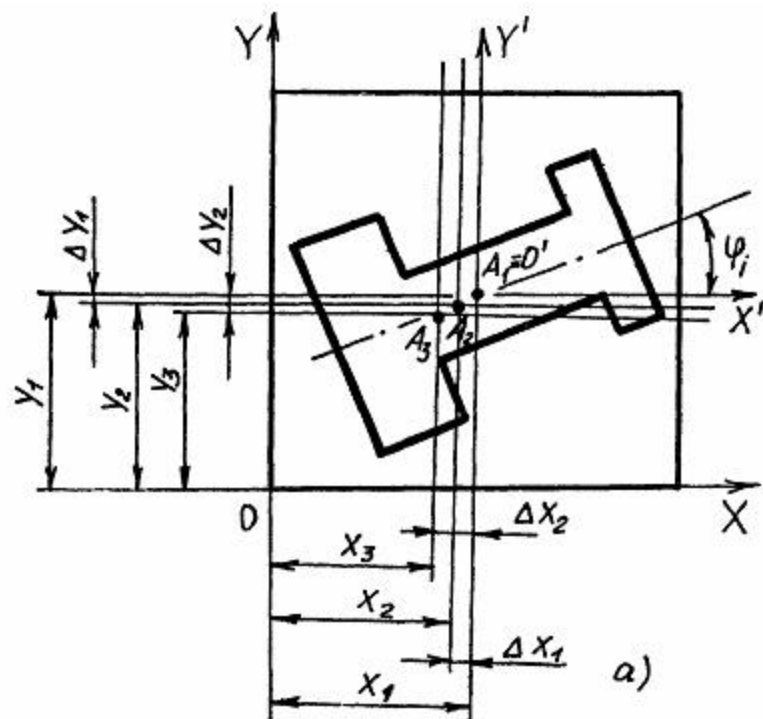
$$\|M_{0\beta}\|_{y' < 0'} = \|M_{0\beta}\|_{y' > 0'}$$

$$\Delta X_1 = \Delta X_2 = \dots = \Delta X_{K-1} = 0;$$

$$\Delta Y_1 = \Delta Y_2 = \dots = \Delta Y_{K-1} = 0.$$



Фиг. 2



$$\|M_{0\beta}\|^{y' < 0'} = \|M_{0\beta}\|^{y' > 0'}$$

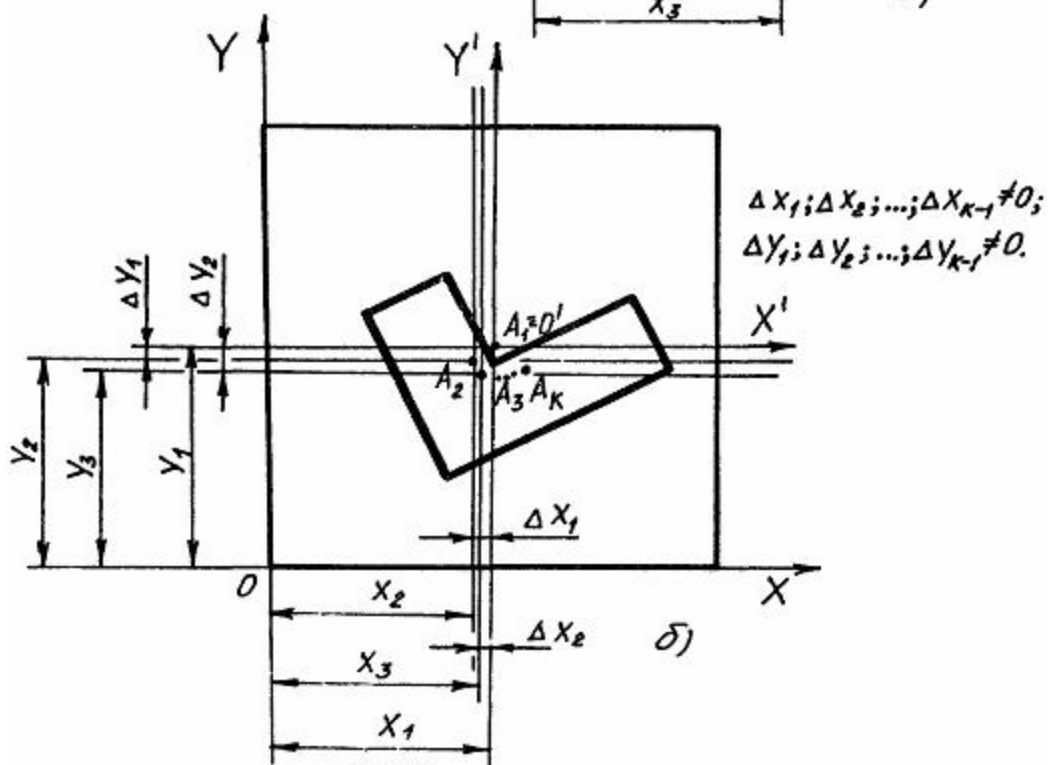
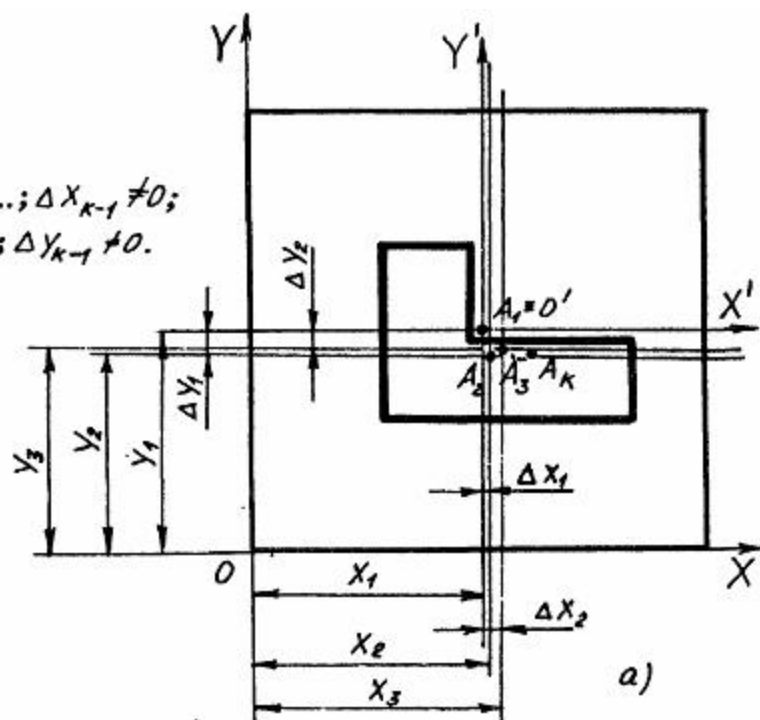
$$\Delta x_1; \Delta x_2; \dots; \Delta x_{k-i} \neq 0;$$

$$\Delta y_1 = \Delta y_2 = \dots = \Delta y_{k-i} = 0.$$

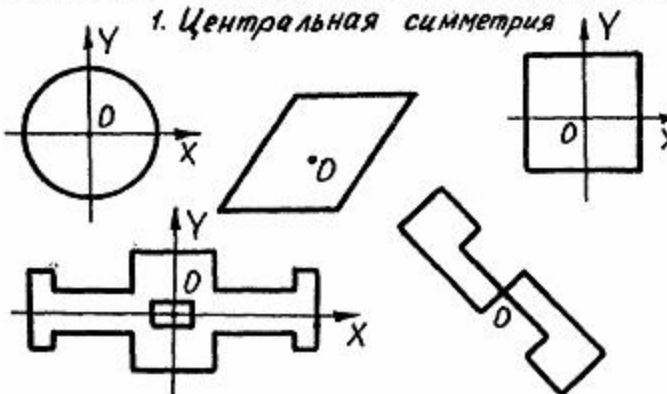
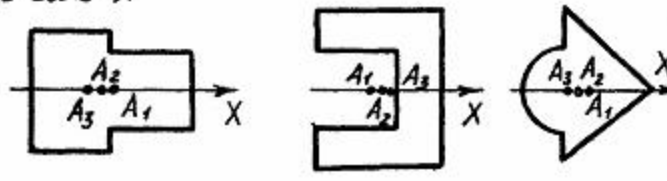
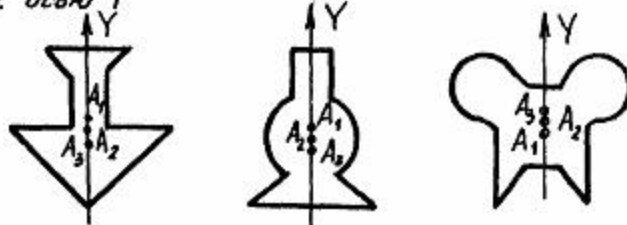
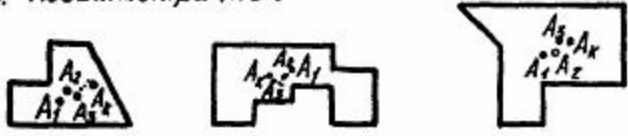
$$A_1; A_2; \dots; A_k \subset X'$$

Фиг. 3

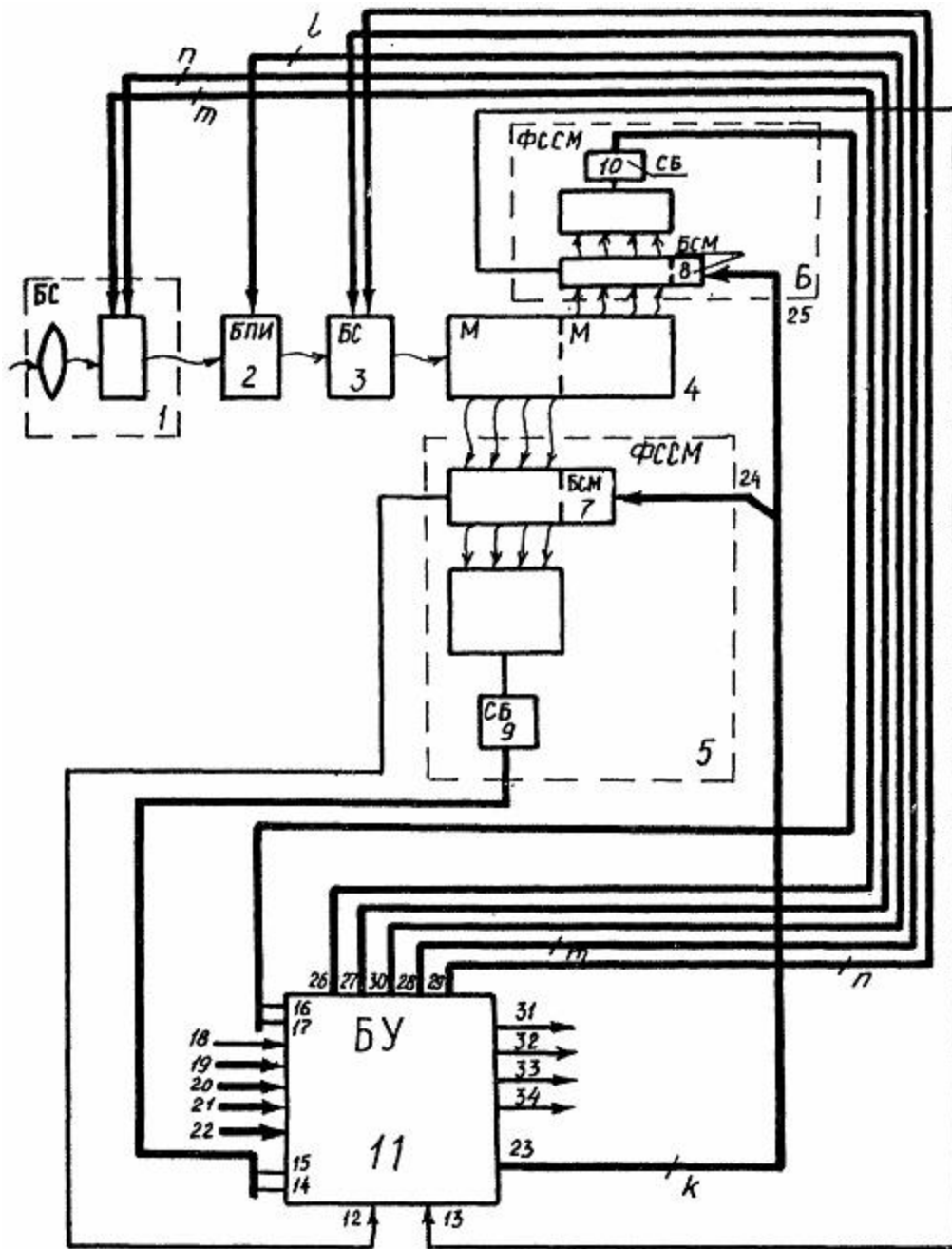
$\Delta X_1; \Delta X_2; \dots; \Delta X_{k-1} \neq 0;$
 $\Delta Y_1; \Delta Y_2; \dots; \Delta Y_{k-1} \neq 0.$



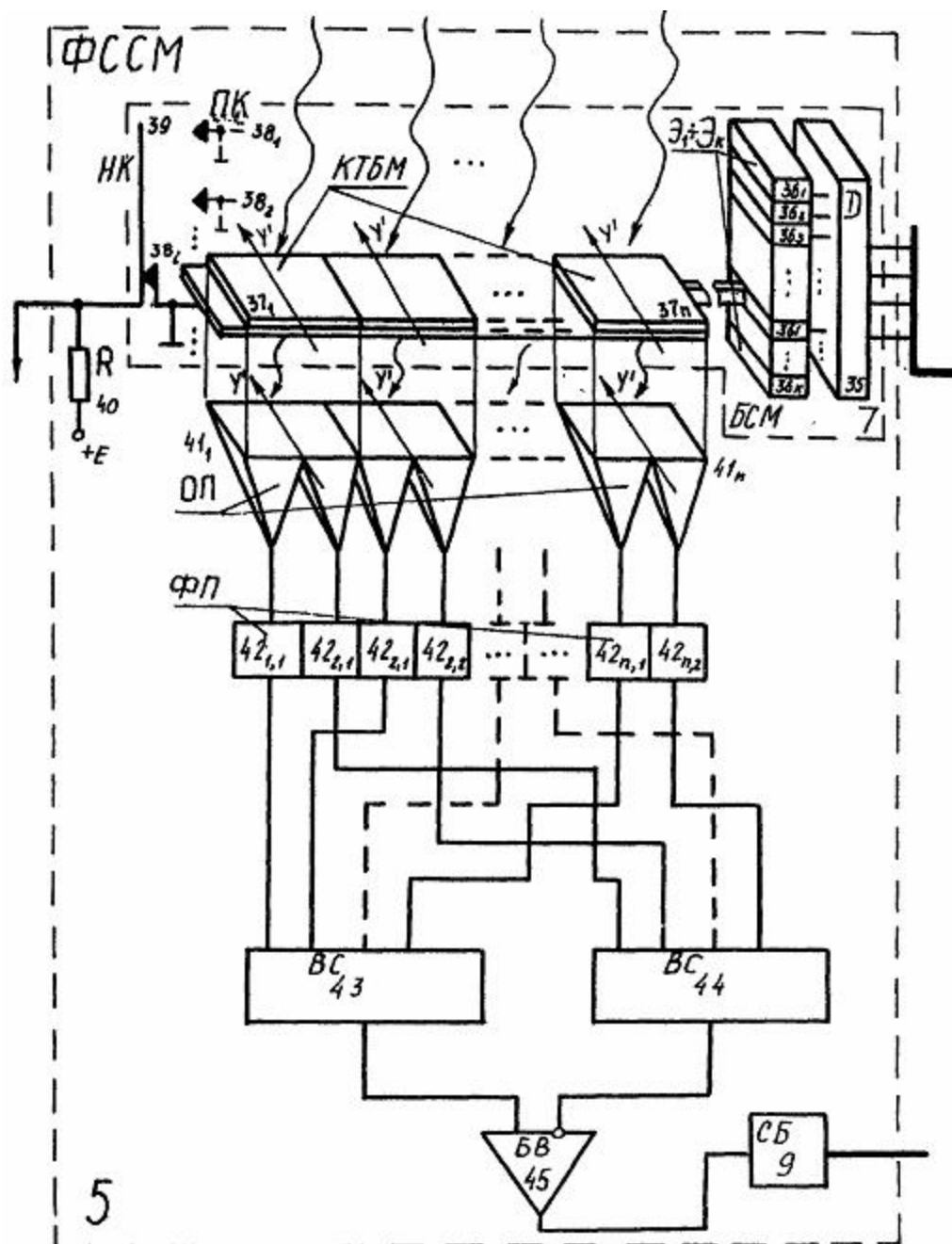
Фиг. 4

Изображения объектов	Признаки
<p>1. Центральная симметрия</p> 	$A_1 = A_2 = A_3 = \dots = A_k = O,$ $\Delta X_1 = \Delta X_2 = \dots = \Delta X_{k-1} = 0,$ $\Delta Y_1 = \Delta Y_2 = \dots = \Delta Y_{k-1} = 0.$ <p>„Центр-образ“ инвариантен повороту через каждые $\Delta \varphi$.</p>
<p>а) с осью X</p> <p>2. Осевая симметрия</p> 	$A_1, A_2, A_3, \dots, A_k \in X,$ $\Delta Y_1 = \Delta Y_2 = \dots = \Delta Y_{k-1} = 0,$ $\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_{k-1} \neq 0.$ <p>„Центр-образ“ инвариантен повороту через $\varphi = \pi/2$.</p>
<p>б) с осью Y</p> 	$A_1, A_2, \dots, A_k \in Y,$ $\Delta X_1 = \Delta X_2 = \dots = \Delta X_{k-1} = 0,$ $\Delta Y_1, \Delta Y_2, \dots, \Delta Y_{k-1} \neq 0.$
<p>3. Несимметричные</p> 	$\Delta X_1, \Delta X_2, \dots, \Delta X_{k-1} \neq 0,$ $\Delta Y_1, \Delta Y_2, \dots, \Delta Y_{k-1} \neq 0.$

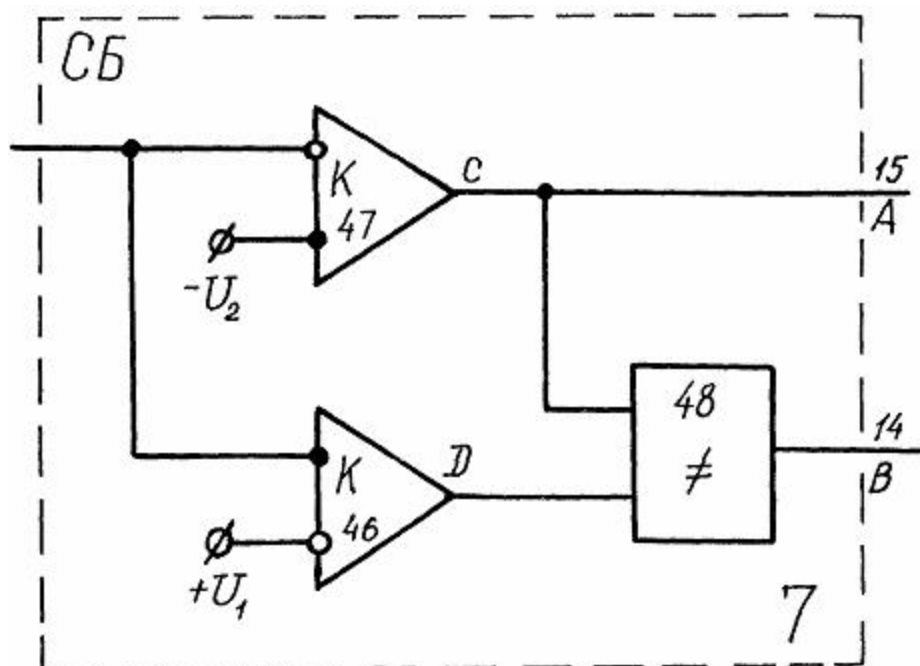
Фиг. 5



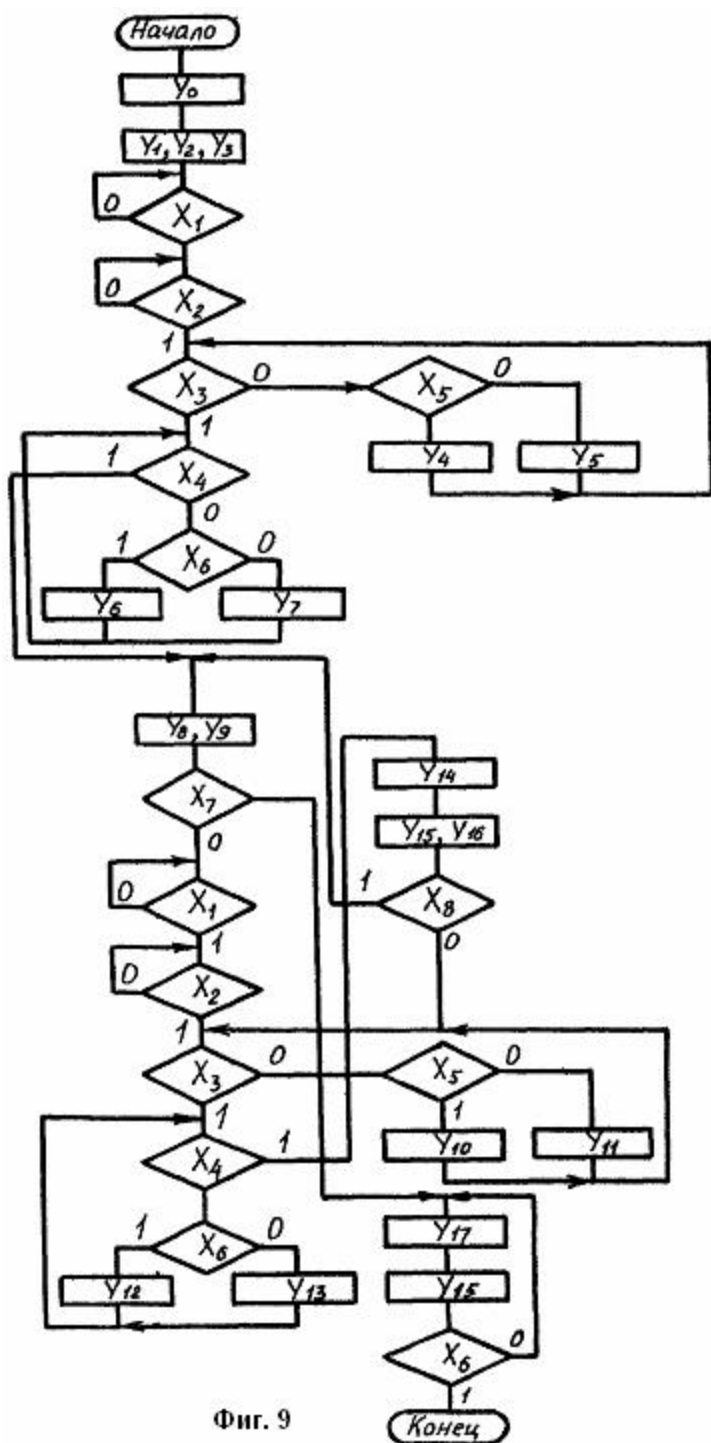
Фиг. 6



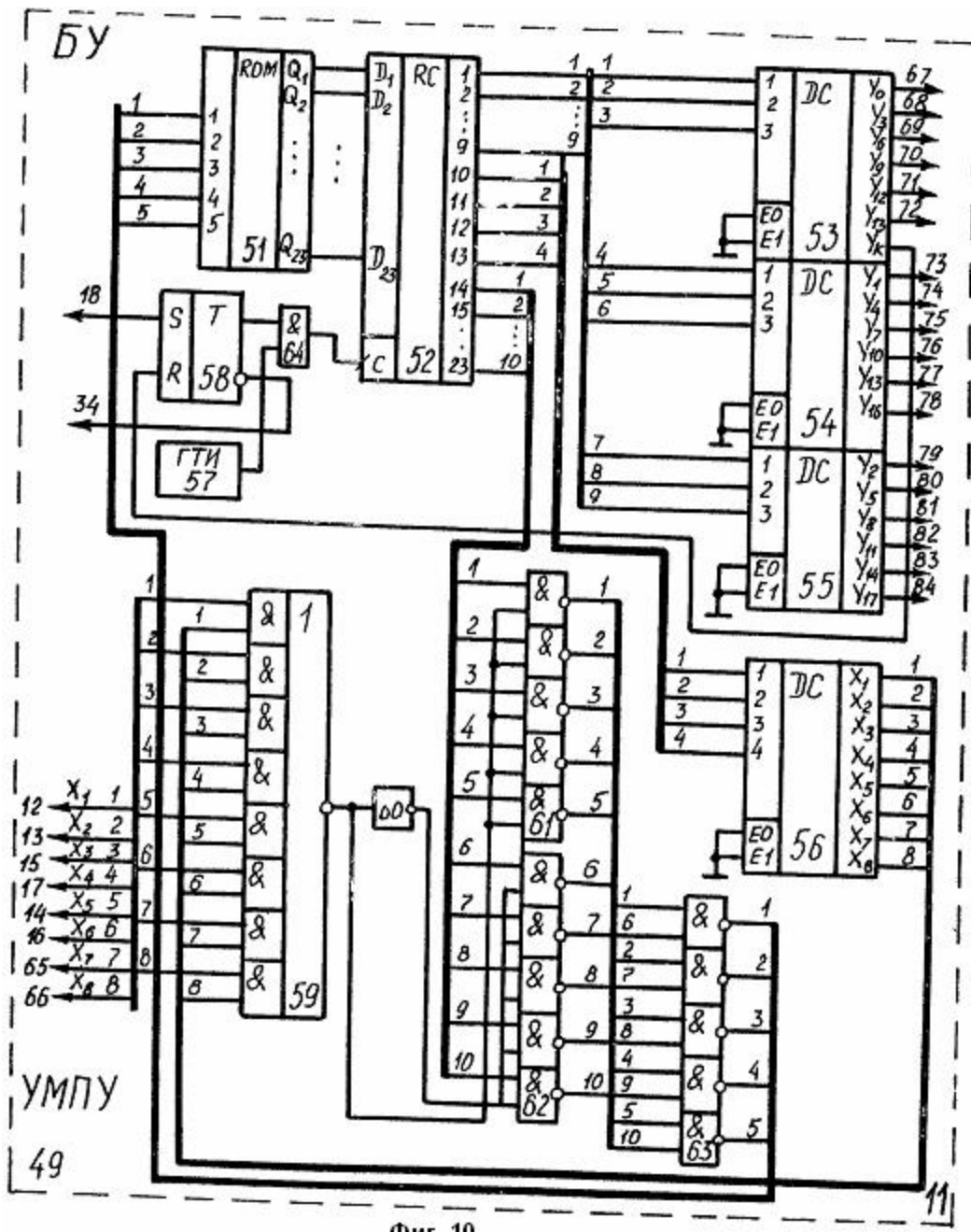
Фиг. 7



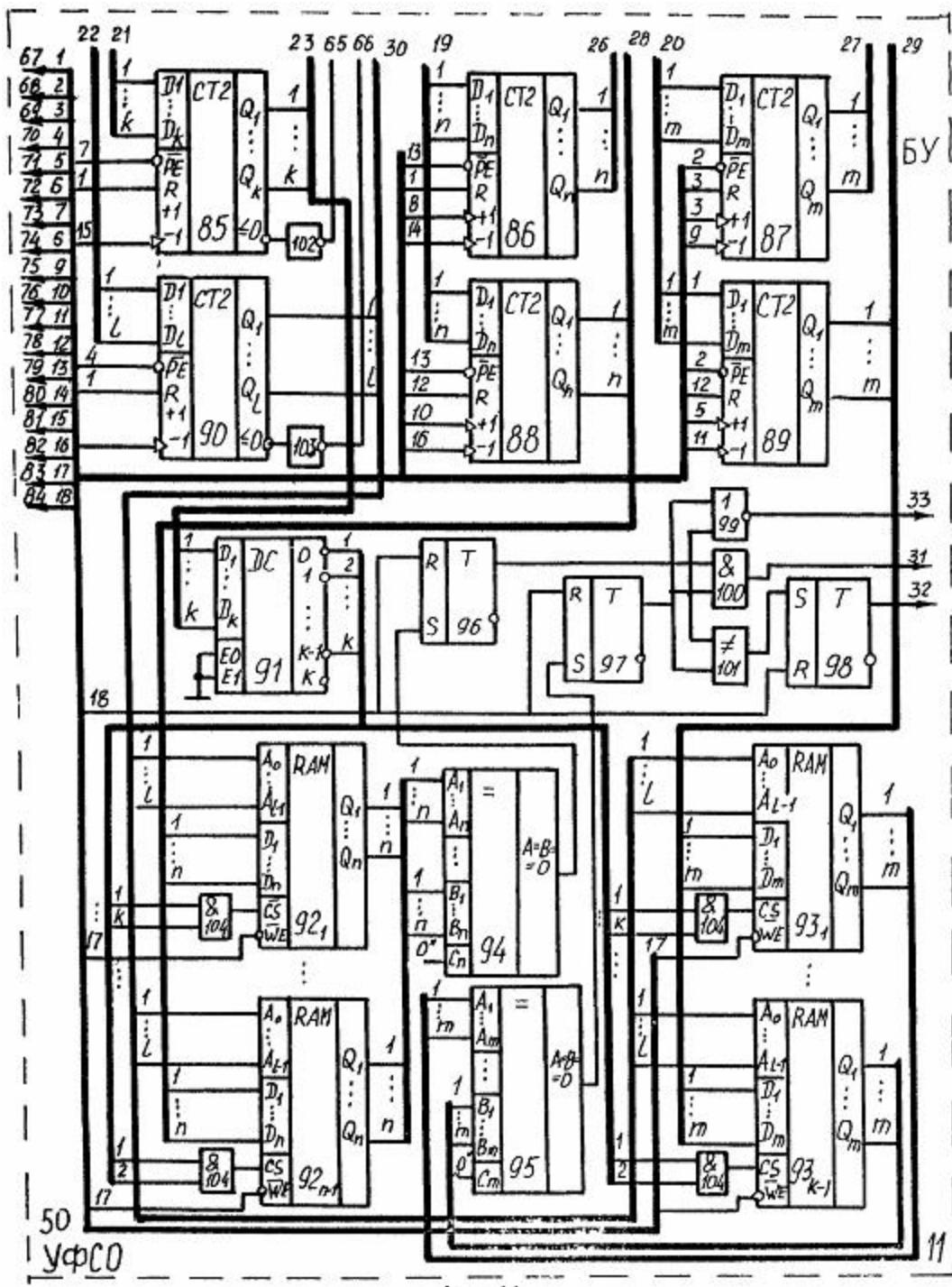
Фиг. 8



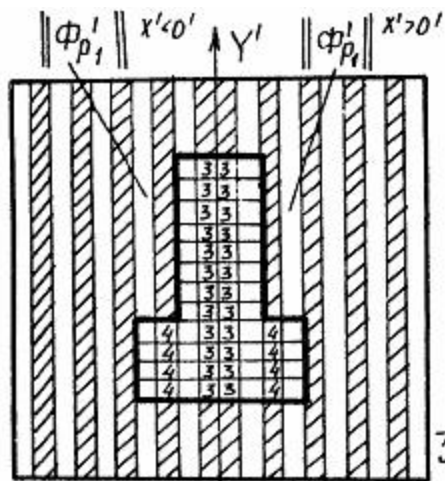
Фиг. 9



Фиг. 10



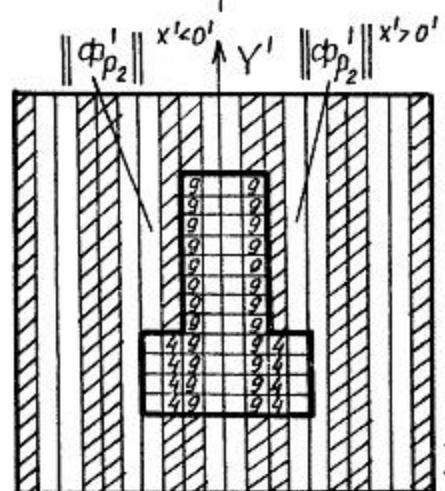
Фиг. 11



$$\|\Phi_{\rho_1}'\|^{x' < 0'} \sim U_{1,1} = 3 \cdot 12 + 4 \cdot 4 = 52 \text{ y.e.}$$

$$\|\Phi_{\rho_1}'\|^{x' > 0'} \sim U_{1,2} = 3 \cdot 12 + 4 \cdot 4 = 52 \text{ y.e.}$$

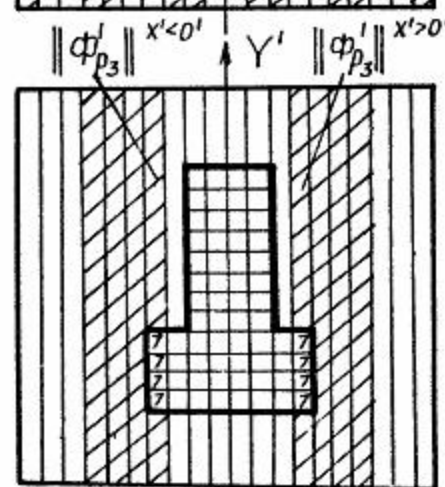
$$37_1 \quad \|\Phi_{\rho_1}'\|^{x' < 0'} = \|\Phi_{\rho_1}'\|^{x' > 0'}$$



$$\|\Phi_{\rho_2}'\|^{x' < 0'} = \|\Phi_{\rho_2}'\|^{x' > 0'}$$

$$U_{2,1} = U_{2,2} = 9 \cdot 12 + 4 \cdot 4 = 124 \text{ y.e.}$$

37_2



$$\|\Phi_{\rho_3}'\|^{x' < 0'} = \|\Phi_{\rho_3}'\|^{x' > 0'}$$

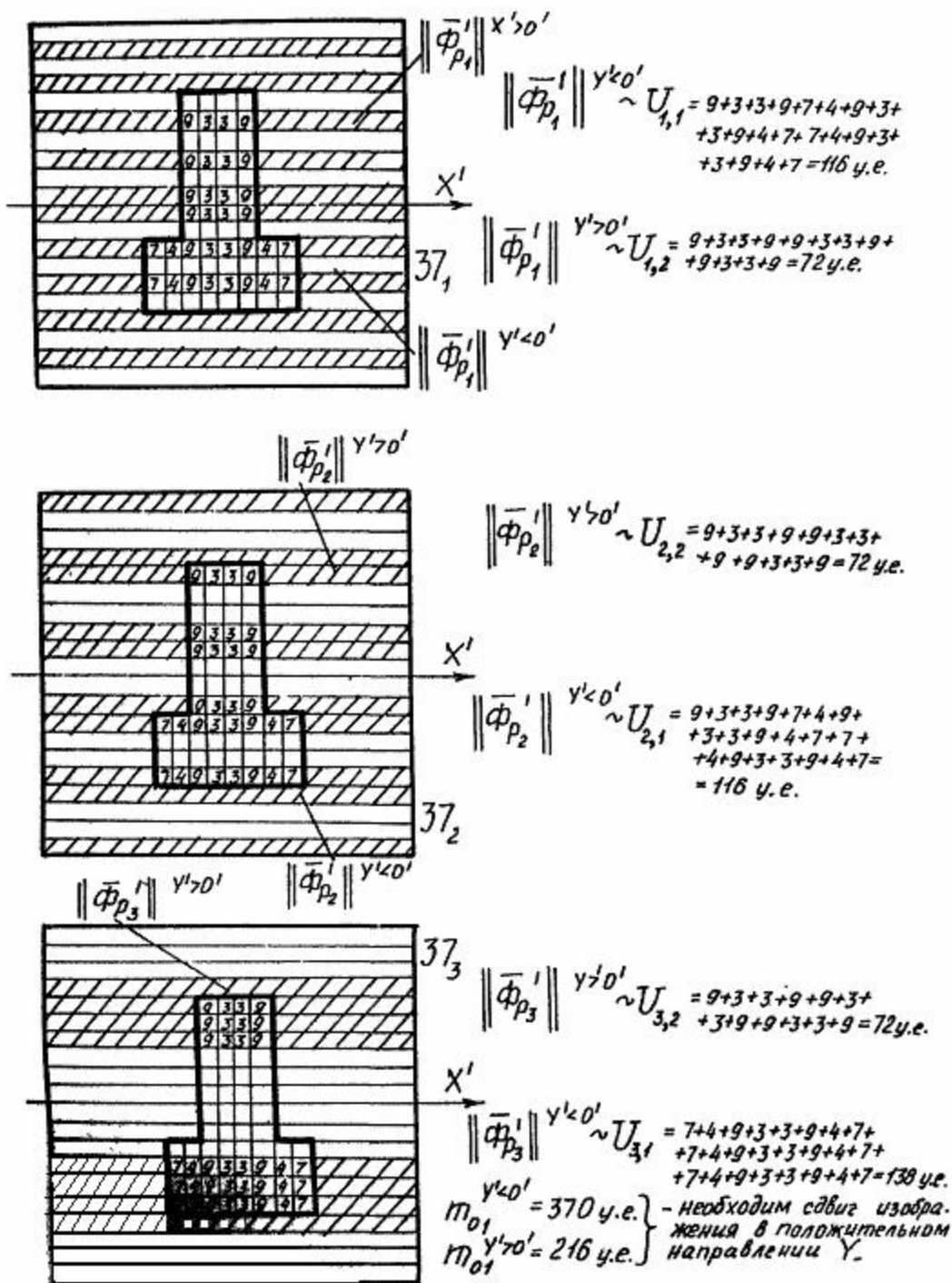
$$U_{3,1} = U_{3,2} = 7 \cdot 4 = 28 \text{ y.e.}$$

$$m_{10}^{x' < 0'} = m_{10}^{x' > 0'} = 204 \text{ y.e.}$$

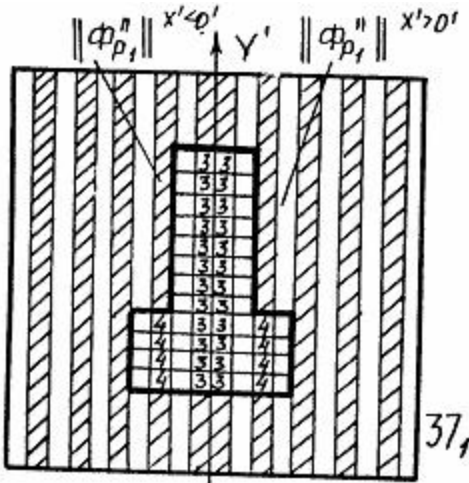
- изображение
центрировано.

37_3

Фиг. 12

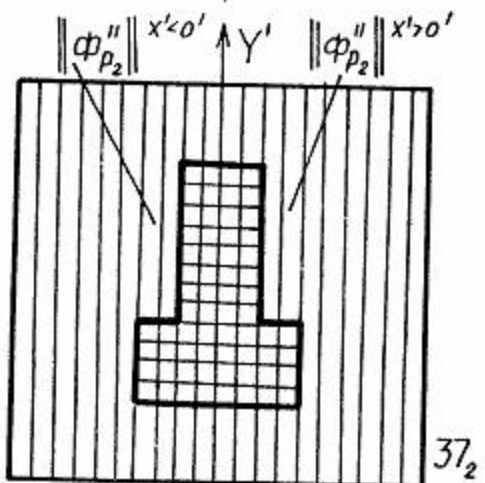


Фиг. 13

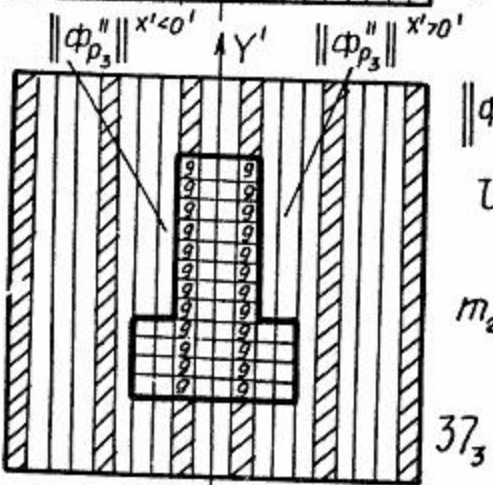


$$\|\Phi_{p_1}''\|^{x' < 0'} = \|\Phi_{p_1}''\|^{x' > 0'}$$

$$U_{1,1} = U_{1,2} = 3 \cdot 12 + 4 \cdot 4 = 52 \text{ y.e.}$$



$$U_{2,1}; U_{2,2} = 0.$$



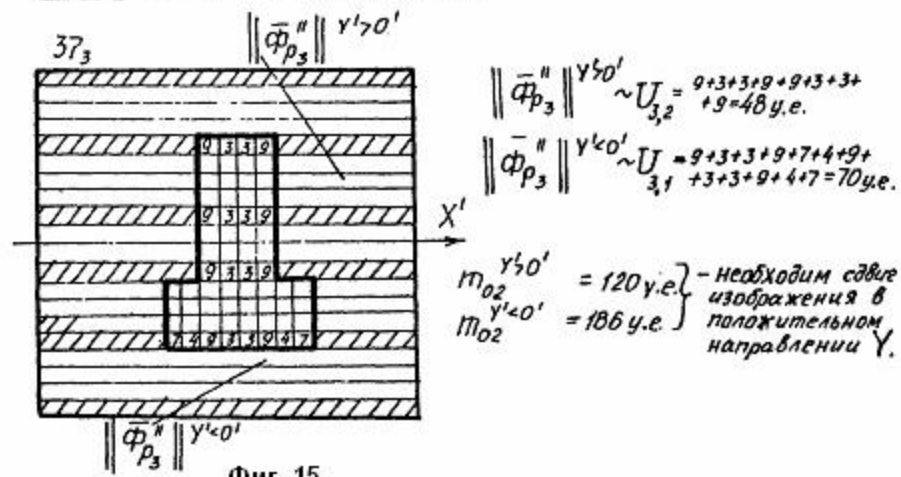
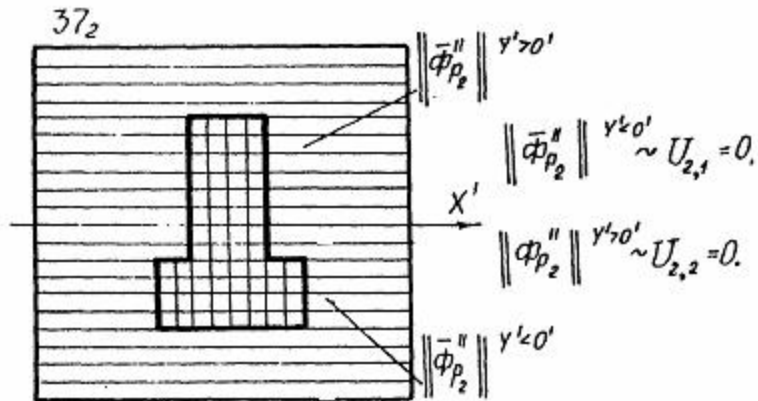
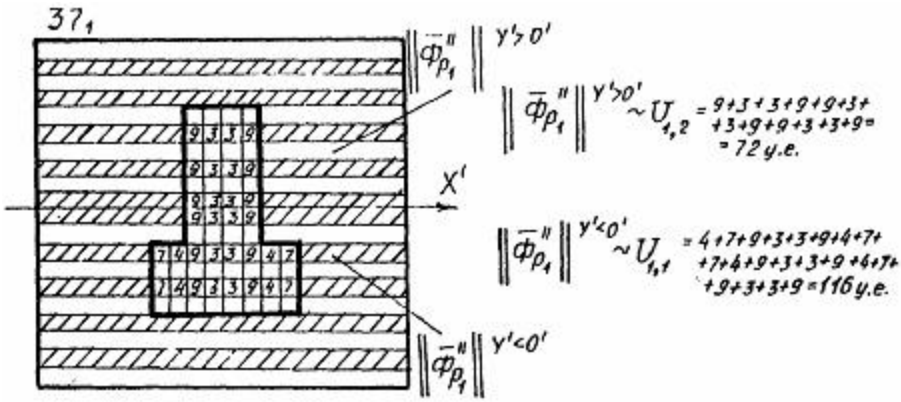
$$\|\Phi_{p_3}''\|^{x' < 0'} = \|\Phi_{p_3}''\|^{x' > 0'}$$

$$U_{3,1} = U_{3,2} = 9 \cdot 12 = 108 \text{ y.e.}$$

$$m_{20}^{x' < 0'} = m_{20}^{x' > 0'} = 160 \text{ y.e.} -$$

- изображение
центрировано.

Фиг. 14



Фиг. 15