

ОДЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

КОХАНОВ АЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ

УДК 621.391.2: 621.372.54

БАЗОВЫЕ СРЕДСТВА ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ГИБРИДНЫМ  
КОДИРОВАНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЙ

05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и  
систем управления

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

ОДЕССА-1993

118 28. 500

Работа выполнена в Одесском государственном политехническом университете.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор  
В.А. Власенко,

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор  
В.В. Хаджинов;

кандидат технических наук, доцент  
С.Т. Тихончук,

Ведущее предприятие указано в решении специализированного Совета.

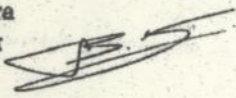
Защита диссертации состоится "16" декабря 1988 г.  
на заседании специализированного Совета К 088.19.04 в Одесском  
государственном политехническом университете.

Адрес: 270044, Одесса, просп. Шевченко, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке универси-  
та.

Автореферат разослан 10 декабря 1988 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат технических наук

  
В.И. Капинос

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00810588 (U)

Актуальность работы. Прогресс в различных областях человеческой деятельности требует совершенствования систем автоматизированной обработки видеoinформации, что, в свою очередь, стимулирует развитие видеoinформационных систем (ВИС).

Теоретической основой развития ВИС является цифровая оптика, а материальной и физической основой – современная база вычислительной техники и систем управления. Чрезвычайная сложность методологии понимания изображений (образов), в силу плохой формализуемости самого процесса понимания, требует создания новых методов и алгоритмов обработки. Это, в свою очередь, стимулирует развитие аппаратного и программного обеспечения новой технологии обработки видеoinформации.

На всех уровнях таких систем присутствуют однотипные структуры, образующие базовые звенья систем обработки. Оптимизация базовых структур по критерию максимальной информационной пропускной способности (производительности) дает значительную экономию аппаратных средств, энергоресурсов, повышение быстродействия, качества обработки данных и надежности систем в целом.

Таким образом, разработка эффективных базовых структур обработки видеоданных является актуальной задачей, существенно влияющей на синтез эффективных видеoinформационных систем.

Цель диссертационной работы. Разработка базовых структур вычислительных цифровых устройств сбора, хранения, обработки и отображения видеoinформации на основе сочетания (гибридизации) линейной и нелинейной пространственной спектральной обработки в контексте структур (моделей) зрительного анализатора человека.

Задачи исследований.

1. Разработка и реализация функциональных устройств, моделирующих основные функции нелинейной пространственно-спектральной и временной обработки сигналов изображений в контексте моделей зрительной системы человека.
2. Разработка и реализация структур специализированных видеoinформационных систем на основе быстродействующей многоопераци-

онной видеопамати, совместимой с профессиональными ПЭЭМ.

3. Разработка и реализация структур специализированных вычислительных устройств видеопамати, входящих в состав видеоинформационных терминалов реализованных структур ВИС, и их применение в задачах автоматизации обработки данных неразрушающего контроля изделий электронной техники и дистанционного зондирования природных ресурсов.

4. Проведение исследований точностных и динамических характеристик разработанных ВИС, реализующих функции сжатия и восстановления изображений в контексте зрительной системы, и разработка рекомендаций (методиқ) по реализации данных ВИС на основе современных вычислительных нейрокомпьютерных архитектур.

Методы исследований. В диссертационной работе использованы аналитические методы теории дискретных линейных систем, статистической радиотехники, теории дискретных ортогональных преобразований, методы математического моделирования на ЭЭМ и планирования экспериментальных исследований.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

- 1) Разработана структура ВИС с гибридным кодированием для сжатия и распознавания изображений, реализующая функции зрительной системы человека в пространственно-частотной области;
- 2) разработаны модифицированные алгоритмы вычисления дискретного преобразования Хартли (ДПХ), позволяющие строить аппаратно-безызбыточные конвейерные устройства для вычисления этого преобразования (и ему подобных); показана сопряженность по Гильберту трансформант Хартли и ДССП;
- 3) разработаны структуры поточно-рекурсивных (ПРК) и многопоточных вычислителей дискретного преобразования Фурье и Хартли по основаниям два и четыре для обычных и модифицированных алгоритмов и структуры ВИС на основе ПРК, реализующие функции гибридной цифровой обработки сигналов изображений.

Практическая ценность. Разработанные структуры поточно-рекурсивных вычислителей ДПХ и ДИФ позволяют обеспечить экономию аппаратных вычислителей (умножителей и сумматоров) на 50-75%, что снижает энергопотребление и повышает надежность всей системы. Структуры многопоточных вычислителей ДПХ, разработанные в

льной работе, позволяют обеспечить реализацию конвольверов, а также обеспечить построение цифровых фильтров (в том числе и адаптивных) нескольких сигналов одновременно с использованием только одного многопоточного конвейерного вычислителя. Применение многопоточного вычислителя ДПХ, с использованием метода частичных спектральных сумм, позволяет устранить погрешность, вносимую нормализацией входного массива при ограниченной разрядной сетке вычислителя. Разработана и теоретически показана техническая реализуемость структурной и функциональной схемы однокристалльного вычислителя элементарной операции ВПХ с прореживанием по частоте и основанию два. Разработаны образцы ВИС, сопрягаемые с персональными ЭВМ и обеспечивающие обработку изображений с помощью языков программирования высокого уровня.

Реализация результатов исследований. Результаты теоретических и экспериментальных исследований были использованы при разработке ПЭВМ-совместимых ВИС в рамках хозяйственных и государственных работ, выполненных в научно-исследовательской лаборатории неразрушающего контроля Одесского политехнического университета по заказам предприятий Минрадиопрома СССР, Минэлектронпрома СССР, Минобщемаши СССР, Минобразования Украины в 1985-1988 г.г.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Одесского политехнического университета (1988, 1990 г.г.), а также на Всесоюзных конференциях: "Математические методы распознавания образов - ММРО - 3", г. Львов, 1987 г.; "Методы и средства обработки сложной графической информации", г. Горький, 1988 г.; "Математические методы распознавания образов - ММРО - 4, г. Рига, 1989 г.; "III конференция молодых ученых и специалистов приборостроительной промышленности", г. Москва, 1988 г.; "12 Всесоюзная научно-техническая конференция. Высокоскоростная фотография, фотоника и метрология быстропротекающих процессов.", г. Москва, 1986 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 статей и тезисы 5 докладов Всесоюзных конференций.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения. Содержит 175 страниц машинописного текста, 75 рисунков, 5 таблиц, список литературы из 122 названий и приложения на 25 страницах.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Структура гибридной нейроподобной видеоинформационной системы на основе базовых устройств формирования, накопления, хранения, манипуляции и отображения изображений, моделирующая функциональные характеристики зрительного анализатора (системы) человека в пространственно-спектральной области.
2. Метод построения структуры базовых устройств пространственно-частотной и временной обработки сигналов и изображений на основе поточно-рекурсивных вычислителей на примере ортогональных преобразований Фурье и Хартли.
3. Структуры базовых устройств формирования, накопления, хранения, манипуляции и отображения сигналов изображений и полей данных, реализующих функции специализированных видеоинформационных терминалов, совмещенных с поточно-рекурсивными или многопоточными вычислителями.
4. Результаты машинного моделирования процессов сжатия и восстановления изображений в нелинейных структурах пространственно-частотной фильтрации, позволяющие оценить точностные и динамические характеристики систем обработки и кодирования изображений. Результаты схемотехнического проектирования, макетирования и физического моделирования схемных решений базовых устройств обработки сигналов изображений, позволяющие разработать рекомендации по созданию специализированных СБИС для построения видеоинформационных систем нового поколения.

#### Содержание диссертации.

Во введении обоснована актуальность исследований, сформулированы цель, задача и основные положения диссертации.

Первая глава посвящена анализу состояния вопроса и тенденциям развития алгоритмического и аппаратного обеспечения ВИС.

Развитие современных перспективных систем обработки изо-

бражений направлено на преодоление ряда сложностей, которые определяются следующими факторами:

- 1) информационная пропускная способность современных датчиков (формирователей) полей данных (изображений) на несколько порядков превышает пропускную способность каналов обработки и передачи изображений в современных супер-ЭВМ;
- 2) время принятия решения в современных технологических системах управления и контроля таково, что требуется на несколько порядков повышение производительности ЭВМ, которые входят в состав БИС;
- 3) обработка динамических изображений требует создания специализированных аппаратно-программных средств формирования, хранения, воспроизведения и обработки видеoinформации с максимальной эффективностью и минимальными потерями.

Проведенный анализ алгоритмов и устройств сжатия (кодирования) изображений показал, что дальнейшее повышение коэффициента сжатия изображений традиционными способами невозможно из-за достигнутого предела, который определяется приемлемым значением ошибки восстановленного после декодирования изображения. Дальнейшее повышение коэффициента сжатия изображений возможно при использовании гибридных методов кодирования, которые основаны на применении одновременно нескольких моделей нейросистемы зрительного анализатора человека, в частности, на моделях нелинейной пространственно-частотной обработки.

Анализ методов построения быстрых алгоритмов ортогональных преобразований и способов их реализации показали, что снижение физического объема вычислителей возможно при построении быстрых алгоритмов ортогональных преобразований с учетом временных свойств этих устройств (например, использование метода обработки данных с распределением во времени).

На основании проведенного обзора сформулированы цель и основные задачи исследований.

Вторая глава посвящена разработке моделей и структур базовых средств видеoinформационных систем с гибридным кодированием.

Применение методов Фурье-оптики для анализа оптической части ЗАЧ (ОС ЗАЧ) позволило получить описание распределения ин-

тенсивности изображения на сетчатке глаза, т.е. на выходе ОС ЗАЧ, при условии падения на роговицу глаза световой волны

$$\dot{A}_1(x, y, z) = a_0(x, y, z) \exp[i\Phi_0(x, y, z)], \quad (1)$$

в виде выражения интеграла Фурье

$$F(x, y) = F(x, y) \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} g(\xi, \eta) \exp[-\frac{ik(x\xi + y\eta)}{z_1}] d\xi d\eta, \quad (2)$$

где  $F(x, y) = \text{const}$ ;  $g(\xi, \eta)$  – функция отражения (либо излучения) объекта изображения,  $k=2\pi/\lambda$  – волновое число,  $\lambda$  – длина волны излучения,  $z_1$  – расстояние от объекта до глаза (ОС ЗАЧ).

Таким образом, с помощью Фурье-преобразования (2) производится предварительная обработка и сжатие видеoinформации в ЗАЧ. Следовательно, трансформационное кодирование может быть рекомендовано, как предварительная ступень в ВИС с гибридным кодированием (ВИС ГК).

С учетом пространственных анализаторов известной сферической зрительной модели и концепции препроцессорного Фурье-преобразования исходного изображения строится структура модели зрительного анализатора ЗАЧ. Эта структура разделяется на пять подсистем:

1. Двумерный Фурье-процессор с управляемым амплитудным модулятором (моделирует ОС ЗАЧ);

2. Цветовой канал, состоящий из пространственного фильтра нижних частот (ПНЧ), который моделирует пространственное расположение колбочек на двумерной пространственно-частотной плоскости, хроматических фильтров, разделяющих входное изображение на цветоделенные составляющие (моделирует три вида колбочек) и управляемые функциональные преобразователи, моделирующие преобразование "свет-сигнал" со сжатием динамического диапазона в фоторецепторах;

3. Яркостный канал, состоящий из пространственного полосового фильтра (ППФ), который моделирует пространственное положение палочек на двумерной пространственно-частотной плоскости и управляемого нелинейного функционального преобразователя, моде-

лирующего процесс преобразования "свет-сигнал" и сжатие динамического диапазона;

4. Канал кодирования представлен следующими блоками:

- два временных фильтра нижних частот, которые моделируют инерционные свойства зрения;

- блок яркостной адаптации, регулирующий значение показателя степени в зависимости от яркости сцены и подавляющий работу яркостного канала с увеличением постоянной составляющей входного спектра  $F(0,0)$  выше порога. Процессы, происходящие в слоях сетчатки глаза, моделируются с помощью группового кодирования изображений.

5. Интеллектуальный процессор моделируется фильтрами направленной пространственно-частотной фильтрации, преддетекторами, детекторами, памятью векторов связей, векторов образов, векторов классов и коррелятором. Корреляция осуществляется в спектральной области.

Таким образом, интеллектуальный процессор является нейрокомпьютером, настраиваемым на обработку определенных образов, а базовыми процедурами обработки изображений являются, реализуемые на основе многомерных дискретных ортогональных преобразований, спектральный анализ, цифровая фильтрация (свертка многомерных вещественных данных) и корреляционный анализ в пространстве признаков.

Так как реальные изображения являются массивами действительных данных, то при пространственно-частотном анализе целесообразно использовать преобразование Фурье в базисе Хартли (Фурье-Хартли). Однако, наиболее удобные для построения поточных конвейерных вычислителей алгоритмы БПХ (с основаниями 2, 4 и т.д.) являются алгоритмически избыточными. Для устранения этого недостатка предлагается метод, который позволяет вычислять четыре коэффициента ДПХ при четырех значениях входной последовательности (при основании два), что, в свою очередь, сокращает число шагов вычислений на каждой итерации в два раза. Этот метод (модифицированный алгоритм БПХ) также реализован и для быстрого преобразования Хартли по основанию 4, что также обеспечивает сокращение в два раза числа шагов вычислений. Модифицированные алгоритмы позволяют обеспечить повышение производительности конвейерного вычислителя в 2 раза, по сравнению с известными.

Рассматривается также дискретное смещенное синусное преобразование (ДССП).

При совместном анализе свойств ДССП и ДПХ показано, что ДССП формирует трансформанту сигнала, сопряженную по Гильберту с трансформантой ДПХ.

Анализ точности вычисления ортогональных преобразований при ограниченной разрядности вычислителя позволил выявить ошибку, вносимую масштабированием при уравнивании динамических диапазонов сигнала и вычислителя с ограниченной разрядностью. Это позволило в глве 5 предложить метод устранения этой ошибки.

Анализ и математическое моделирование на ЭЦВМ канала кодер-декодер с использованием трехмерного блочного преобразования Хартли позволили определить возможность снижения потока видеоинформации на 25% по сравнению с двумерным блочным преобразованием Хартли при фиксированной ошибке восстановления блока.

Третья глава развивает результаты второй главы путем разработки методик построения поточно-рекурсивных конвейерных вычислителей (на примере преобразований Фурье и Хартли) как базовых устройств в нейроразнообразной гибридной видеоинформационной системе. Методики оптимизации аппаратных структур состоят в следующем. При вычислении БПХ (БПФ) по алгоритму с прореживанием по частоте и основанию 2 вычисляются арифметическим (функциональным) блоком сразу два значения на каждой итерации  $H(2k)$  и  $H(2k+1)$ . Время загрузки входного массива в конвейер  $T_0$  равно произведению периода дискретизации  $t_g$  на число элементов  $N$  этой последовательности. Так как за один период дискретизации производится вычисление двух значений на каждой итерации согласно алгоритма ДПХ

$$H(2k) = \sum_{n=0}^{N/2-1} (x_n + x_{N/2+n}) \cos \frac{2\pi nk}{N/2}; \quad (3)$$

$$H(2k+1) = \sum_{n=0}^{N/2-1} (b_n \cos \frac{2\pi nk}{N} + b_{N/2+n} \sin \frac{2\pi nk}{N}) \cos \frac{2\pi nk}{N/2}; \quad (4)$$

(где  $b_n = x_n - x_{N/2+n}$ ;  $b_{N/2} = x_{N-n} - x_{N/2-n}$ ;  $\cos a = (\cos a + \sin a)$ ), то время работы одного функционального блока равно половине времени (т.е.  $T_0/2$ ) загрузки входного массива, или в относительных единицах  $N/2$  периодов дискретизации. Очевидно, что если

сформировать поток данных, необходимый для вычислений второй итерации, то можно одним функциональным блоком обработать первую и вторую итерации. Третью и четвертую итерации будет обрабатывать второй функциональный блок, пятую и шестую итерации - третий функциональный блок и т.д. Таким образом, образовалась конвейерная цепь из рекурсивных вычислителей, которая выполняет вычисления методом поточно-рекурсивной конвейерной обработки.

Формирование рекурсивных потоков осуществляется за счет подачи выходных данных первой (в общем случае нечетной) итерации с выхода функционального блока на его вход в свободную часть времени после вычисления значений первой итерации, которая, очевидно, равна времени  $N/2$  периодов дискретизации (так как время вычислений первой итерации равно  $N/2$  периодов дискретизации). Формирование потоков данных каждой итерации вычислений осуществляется с помощью двух типов устройств задержки - линий задержки и памяти магазинного типа (т.е. стека). Вычислители, синтезированные по алгоритмам с основанием четыре, строятся аналогично поточно-рекурсивному конвейерному вычислителю БПК с основанием 2, что позволяет обеспечить 75% сокращение числа умножителей и сумматоров.

В третьей главе синтезированы структурные схемы поточно-рекурсивных конвейерных вычислителей БПК по модифицированным алгоритмам (БПКМ), разработанным во второй главе. Эти вычислители позволяют использовать один функциональный блок для вычисления четырех итераций для алгоритма с основанием два и восьми итераций для алгоритма с основанием четыре. Поточно-рекурсивные конвейерные вычислители сохраняют производительность ПКВ, но позволяют сократить число сумматоров на 75% и умножителей на 50% (для БПКМ с основанием 2) и число сумматоров на 87.5% и умножителей на 75% (для БПКМ с основанием 4) по сравнению с обычными поточными конвейерными вычислителями. Поточно-рекурсивный конвейерный вычислитель, синтезированный по алгоритму БПКМ с основанием 4, позволяет достичь параметров аналогичного вычислителя БПК, синтезированного по немодифицированному алгоритму с основанием 8.

В четвертой главе описаны структуры разработанных систем ввода-вывода, накопления, хранения и обработки визуальной инфор-

мации. Эти устройства являются базовыми устройствами в видеоинформационных системах обработки информации с гибридным кодированием (ВИС ГК).

Отличительной особенностью первой системы является ее многоканальность, т.е. одновременно могут быть введены до восьми изображений. Такой режим позволяет обеспечить формирование многозональных изображений и проведение спектральной обработки. В системе имеется программируемый сменный блок быстрого кодирования, который осуществляет сжатие информационного потока при перезаписи изображения из одного ОЗУ в другое ОЗУ.

Вторая система предназначена для ввода-вывода, хранения и обработки цветных изображений. Отличительной особенностью этой системы является наличие многопортовой видеопамати, которая позволяет обеспечить одновременный вывод хранимого изображения на монитор и доступ ЭВМ к любой ячейке видео-ОЗУ.

Третья система предназначена для обработки монохромных изображений с возможностью конвейерной обработки. Ее многопортовое видео-ОЗУ работает в режиме непосредственного распараллеливания данных, что позволяет обходиться при построении ОЗУ без преобразователей параллельного кода в последовательный и обратно.

В пятой главе представлены устройства цифровой фильтрации и вычисления свертки с использованием поточных многоканальных конвейерных вычислителей (ПМКВ), реализующие разработанные алгоритмы быстрого преобразования Хартли. Приводится реализация структурной схемы ПМКВ, реализующего быстрый алгоритм преобразования Хартли по основанию 2. Показано, что используя алгоритмы по основанию 2 и 4, а также модифицированные алгоритмы быстрого преобразования Хартли можно синтезировать двух-, четырех- и восьми-канальные ПМКВ, которые обеспечивают экономию аппаратных средств (при сохранении параллельной обработки нескольких информационных потоков) на 50, 75 и 87,5 % соответственно.

Использование ПМКВ обеспечивает возможность построения цифровых фильтров (адаптивных и неадаптивных) за счет вычисления прямого и обратного преобразования Хартли в одном конвейере.

Вычисление свертки в спектральной области Хартли произво-

я согласно уравнения

$$h(n)*g(n) \leftrightarrow \frac{1}{2} \{H(k)[Q(k)+Q(N-k)]+H(N-k)[Q(k)-Q(N-k)]\}. \quad (5)$$

где  $h(n)$  и  $g(n)$  входные сигналы ( $n=0, \dots, N-1$ ),  $H(k)$  и  $Q(k)$  — их спектры Хартли [ $h(n) \leftrightarrow H(k)$ ;  $g(n) \leftrightarrow Q(n)$ ],  $k=0, \dots, N-1$ . Таким образом, определение цифровой свертки (взаимнокорреляционной и автокорреляционной функции) осуществляется с помощью одного конвейерного вычислителя, в отличие от общепринятой схемы с двумя конвейерами. При использовании четырехканального ПМКВ можно производить вычисление двух корреляционных функций параллельно.

На основе ПМКВ разработаны вычислители спектра Хартли, обеспечивающие устранение ошибок, вызванных нормализацией входного сигнала. Такие ПМКВ строятся в соответствии с методом частичных спектральных сумм, что позволяет полностью устранить ошибку нормирования при фиксированной разрядной сетке вычислителя.

Показана возможность построения главного энергопотребляющего элемента ПМКВ — функционального (арифметического) блока в виде специализированной интегральной микросхемы (СБИС) с использованием МСП-транзисторной технологии.

В Заключении кратко сформулированы основные результаты работы.

1. Разработана структура гибридной видеоинформационной нейродобной системы с использованием базовых устройств формирования, накопления, хранения, манипуляции и отображения изображений. Проведено моделирование функциональных характеристик зрительного анализатора человека с использованием Фурье-оптики. Показано, что вычислители ортогональных преобразований являются составной частью гибридных видеоинформационных нейродобных систем.
2. Показано, что составляющие спектра дискретного смещенного синусного преобразования являются сопряженными по Гильберту с соответствующими составляющими спектра Хартли.
3. Проведен анализ ошибок, связанных с нормализацией входного сигнала при ограниченной разрядной сетке вычислителя. Показано, что используя метод частичных спектральных сумм можно устранить

ошибки нормализации при вычислении спектра сигнала. Проведен анализ ошибки восстановления в канале кодер-декодер в зависимости от числа бит представления ( $\sin$  и  $\cos$ ) тригонометрических коэффициентов и показано, что для представления последних достаточно 8-10 бит на один коэффициент.

4. Обоснован и разработан метод построения поточно-рекурсивных конвейерных ортогональных вычислителей. Такие конвейерные устройства позволяют повысить на 50%-75% эффективность вычислений, либо (при сохранении традиционной производительности) на 50% - 75% снизить аппаратные затраты умножителей и сумматоров и, как следствие этого, повысить надежность вычислителя и снизить энергопотребление арифметических блоков.

5. Разработаны структурные схемы видеоинформационных систем для обработки изображений с информационным каналом, рассчитанным на подключение поточно-рекурсивных конвейерных вычислителей быстрого преобразования Хартли.

6. Разработана структура многоканальных (многопоточных) конвейерных вычислителей на базе поточно-рекурсивных конвейеров быстрого преобразования Хартли и структурные схемы устройств цифровой фильтрации и свертки с использованием многоканальных поточных вычислителей. Это позволило на 50% - 75% снизить аппаратные затраты при построении этих устройств и, как следствие, увеличить их надежность и снизить их энергопотребление.

7). Разработана функциональная схема арифметического устройства (функционального элемента) для выполнения базовой операции быстрого преобразования Хартли с прореживанием по частоте и основанием 2. Показана расчетным путем возможность реализации этого устройства в виде СВИС.

8). Разработанные устройства ВИС использованы в научно-исследовательских работах по созданию аппаратно-программных средств и систем анализа фоно-целевой обстановки и систем неразрушающего контроля качества изделий по заказам предприятий и научных организаций различных министерств и ведомств СССР и Украины, выполненных в течение 1985 - 1983 г.г. при непосредственном участии автора данной диссертации.

Основные положения диссертационной работы отражены в следу-

щих работах автора.

- 1) Власенко В.А., Данильчук С.В., Коханов А.В., Мойсеевич Е.А. Специализированное аппаратное и программное обеспечение НРМ ИЗТ. // Математические методы распознавания образов - III. Тезисы докладов Всесоюзной конф. - Львов, ноябрь, 1987г.
- 2) Власенко В.А., Коханов А.В., Получение твердых копий графических и полутонных изображений // Микропроцессорные средства и системы. - 1988. - № 6, стр. 29, 30.
- 3) Власенко В.А., Коханов А.В. Специализированное рабочее место программиста для моделирования цифровой обработки изображений // Горький. - 1988., Методы и средства обработки сложной графической информации; тезисы докладов, часть 1, стр. 205.
- 4) Власенко В.А., Коханов А.В. Моделирование системы зрительного анализатора человека-оператора в задачах технического зрения: концепции и современное состояние вопроса // Одес. политех. ин-т., Одесса, 1988, 34с., ил., (Деп. в УкрНИНТИ, 12.02.88., деп. от № 440 -Ук -88г.), (рус.)
- 5) Власенко В.А., Коханов А.В. Дискретное смещенное синусное преобразование: быстрый алгоритм и связь с преобразованиями Фурье, Хартли, Гильберта и Меллина // Одес. политех. ин-т., Одесса, 1990, 14 стр. (Деп. в УкрНИНТИ, 31.10.89, № 2381-Ук.89).
- 6) Власенко В.А., Коханов А.В. и др. Разработка и реализация методов построения специализированных видеоинформационных систем для обработки изображений в диалоговом режиме. Отчет о НИР; номер госрегистрации № 01890071052. - 1990. - 221 стр.
- 7) Власенко В.А., Коханов А.В., Воробиевко С.П. Гамма-корректор для нелинейных систем обработки видеосигналов в перцептуальном пространстве // Одес. политех. ин-т., Одесса, 1986. 14 стр. (Деп. в НИИЗИРе, РТ № 31 ВИМИ).
- 8) Власенко В.А., Мойсеевич Е.А., Коханов А.В. Цифровая обработка аэрокосмических изображений // Одес. политех. ин-т., Одесса, 1986., 8 стр. (Деп. в УкрНИИЗИРе, РТ № 50 ВИМИ).
- 9) Коханов А.В. Применение преобразования Хартли для трансформационного кодирования изображений / Системы передачи и обработки информации. - М.: АН СССР, ИГиЛ, часть 2, - 1988., с. 9-10.

- 10) Коханов А.В. Специализированные видеотерминалы для моделирования систем обработки изображений // Приборы, средства автоматизации и системы управления. - 1986. - № 6,7,8. (информационный сборник), стр.39.
- 11) Коханов А.В. Дискретное смещенное синусное преобразование и его применение в задачах распознавания образов // ММРО-IV, часть 4, секция 2, Рига, 1989г., стр113-115.
- 12) Коханов А.В., Власенко В.А., Вочкарев Д.А. Станция для обработки и спектрального анализа цветных изображений и двумерных физических полей // III Всесоюзная научно-техническая конференция. "Образ -90", Суздаль, 1990 г., стр.133.
- 13) Мойсеевич Е.А., Коханов А.В., Балабан И.Н., Власенко В.А. Система ввода-вывода монохроматических и многозональных телевизионных изображений, совместимая с каналом микро-ЭВМ// М.: 12 Всесоюзная научно-техническая конференция "Высокоскоростная фотография, фотоника и метрология быстропотекающих процессов". Тезисы докладов, 1986г., стр.114.

