

Н.С. М е р з л я к о в

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧ СИНТЕЗА
И АНАЛИЗА ГОЛОГРАММ

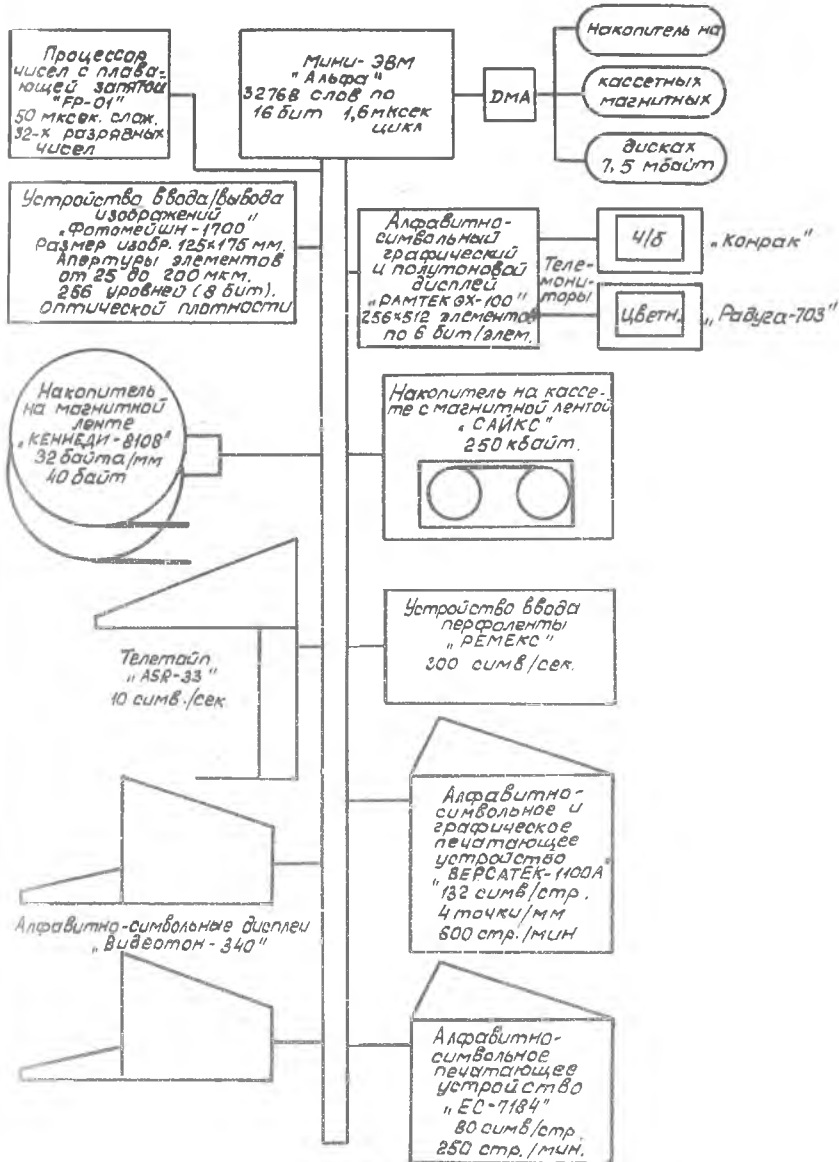
(М о с к в а)

Математическое обеспечение задач и анализа голограмм на цифровых вычислительных устройствах основано на диалоговом комплексе программ, ориентированных на использование в рамках дисковой операционной системы специализированного цифрового комплекса для обработки изображений и синтеза и анализа голограмм на базе мини-ЭВМ "Альфа". Блок-схема комплекса приведена на рис. 1.

Комплекс включает собственно мини-ЭВМ и ряд внешних устройств управляемых центральным процессором ЭВМ. Емкость оперативного запоминающего устройства ЭВМ-64 кбайта с временем доступа к памяти — 1,6 мс; арифметический процессор ЭВМ выполняет операции над числами с фиксированной запятой. Операции над числами с плавающей запятой выполняются с помощью специального плавающего процессора, подсоединенного к мини-ЭВМ как внешнее устройство со средним временем быстрогодействия — $5 \cdot 10^4$ арифметических операций в секунду. Кроме этого, в комплекс входят два накопителя на магнитных лентах, запоминающее устройство емкостью 7,5 Мбайт на магнитных сменных дисках, устройство ввода-вывода изображений и голограмм, и ряд других устройств для управления ЭВМ и быстрого анализа получаемых результатов.

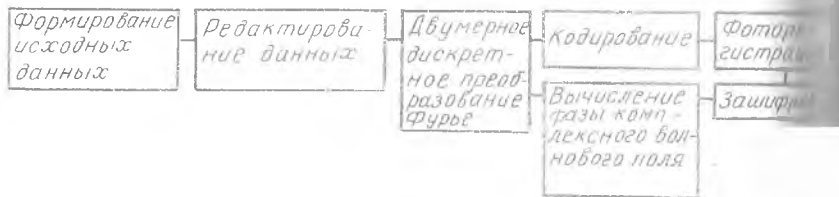
Описываемый комплекс программ разделен на 3 самостоятельных блока: "Синтез", "Анализ" и "Оптические элементы".

Синтез голограмм с помощью цифровых вычислительных систем



Р и с. 1.

предусматривает расчет и регистрацию на физическом носителе волнового поля, рассеянного объектом, в том числе и реально не существующим, а заданным аналитически. Комплекс программ "Синтез" предназначен для синтеза и регистрации голограмм Фурье и Френеля и синтеза киноформа и объединяет в себе программы расчета исходного объекта по его аналитическому заданию, редактирование исходных данных и промежуточных результатов расчета, коррекции характеристик устройства ввода-вывода голограммы, двумерного быстрого преобразования Фурье (ДБПФ), допускающего использование смещенного алгоритма быстрого преобразования Фурье; датчика посто-дослучайной и регулярной фаз, программы кодирования комплексных величин, мозаичного размножения голограммы программы регистрации результатов расчетов на фотопленку и визуализации этих результатов для целей оперативного анализа [1]. Выбор операции или выбора операций осуществляется оператором в режиме диалога. Комплекс программ "Синтез" может быть использован для синтеза голограммы Фурье транспарантов и объемных тел, синтеза киноформа, также синтеза голограмм Френеля и простейших оптических элементов типа линз и решеток. Исходный массив задается в виде квадратной матрицы 512×512 комплексных чисел. Блок-схема комплекса программ "Синтез" представлена на рис. 2.



Р и с. 2.

В блоке формирования исходных данных вычисляется амплитуда волнового поля, рассеянного объектом, задаваемая в виде коэффициента отражения или пропускания света по интенсивности и имеет возможность симметрирования объекта, если это необходимо. В следующей блоке вычисляется фаза волнового поля, которая может вычисляться тремя различными способами. Она может подаваться равноугонно - это соответствует идеально плоскому транспаранту, основанному на плоской монохроматической волне света. Кроме того, имеет

возможность моделирования диффузной подсветки объекта. Для этого значения фазы выбираются из последовательности псевдослучайных чисел, формируемой специальным датчиком, принимающих с равными вероятностями значения 0 и π . При третьем способе вычисления, фаза в некоторой точке пропорциональна расстоянию от данной точки объекта до плоскости, касательной к объекту и параллельной плоскости наблюдения. В блоке редактирования осуществляется коррекция влияния маскирующей функции, обусловленной конечным размером апертуры устройства регистрации голограмм — коррекция затенения и умножение комплексной амплитуды поля на фазовый множитель, учитывающий приближения Френеля. Далее выполняется двумерное дискретное преобразование Фурье, в котором для действительных исходных массивов используется совмещенный алгоритм [1] быстрого преобразования Фурье. В этом же блоке учитывается приближение Френеля на голограмме. В следующем блоке в случае синтеза голограммы выполняется кодирование комплексного массива чисел путем введения пространственной несущей. Имеется возможность менять частоту несущей и вводить ее по обеим координатам. В этом же блоке производится нелинейное преобразование массива комплексных чисел, описывающих рассчитанную голограмму, в массив действительных чисел, величина которых согласована с характеристиками фоторегистратора. В последнем блоке выполняется регистрация действительного массива чисел, квантованных на 256 уровней, на фотопленку. При необходимости имеется возможность мозаичного размножения голограммы или любого ее участка непосредственно в момент регистрации.

При синтезе киноформа после выполнения преобразования Фурье вычисляется фаза комплексного волнового поля в плоскости регистрации голограммы. Вычисленные значения фазы квантуются на 256 уровней в блоке зашифровки и поступают в блок регистрации.

Комплекс программ "Синтез" допускает использование чисел с фиксированной и плавающей запятыми и использовался при синтезе кругового голографического фильма [2], голограмм с программируемым диффузором [3] и синтезе киноформа [4]. Время расчета голограммы комплексного массива 512×512 чисел составляет 30 мин, при использовании совмещенного алгоритма это время сокращается до 18 минут.

Комплекс программы "Анализ" предназначен для восстановления

объекта по его контурам, зарегистрированной в оптическом, акустическом или радиодиапазоне. Структурное построение комплекса программы "Анализ" аналогично комплексу программ "Синтез". Результатом восстановления является изображение объекта, содержащие 512×512 действительных чисел - элементов изображения, квантованных также на 256 уровней, которые пропорциональны яркости объекта в данной точке. Время восстановления для комплексного массива 512×512 отсчетов составляет около 30 мин. Программы "Анализ" (совместно с отдельными блоками комплекса "Синтез") используются также для моделирования голографического процесса, т.е. исследования влияния методов синтеза голограмм "в чистом виде" на качество восстанавливаемого изображения.

Комплекс "Оптические фильтры" включает программы синтеза и регистрации оптических масок с заданным законом пропускания по амплитуде и по фазе. Имеется возможность синтезировать центрально-симметричные оптические маски со степенной зависимостью коэффициента пропускания от координаты, согласованные и инверсные фильтры для систем оптической обработки информации [5]. При синтезе простейших оптических элементов и масок допускается использование высокоуровневого языка „Basic“.

Л и т е р а т у р а

1. Я р о с л а в с к и й Л.П., М е р з л я к о в Н.С. Методы цифровой голографии. М., "Наука", 1977.
2. К а р н а у х о в В.Н., М е р з л я к о в Н.С., Я р о с л а в с к и й Л.П. Объемный голографический фильм, синтезированный на ЦВМ. - Письма в ЖТФ, т. 2, вып. 4, 1976, с. 169-172.
3. М е р з л я к о в Н.С., Я р о с л а в с к и й Л.П. Имитация бликов на диффузных поверхностях тел методом программируемого диффузора. ЖТФ, т. 47, вып. 6, 1977, с. 1263-1269.
4. К а р н а у х о в В.Н., М е р з л я к о в Н.С. Синтез киноформа на ЭВМ. Вопросы кибернетики. Вып. 38, Иконика. Цифровая обработка и фильтрация изображений. М., 1978.
5. М е р з л я к о в Н.С. Методы цифрового синтеза элементов когерентных оптических устройств обработки сигналов. Материалы IX Всесоюзной школы по голографии, ЛИНФ, 1977.