

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР  
ХАРЬКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТ  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.К. АНГЕЛЯ

УДК 681.3:519.688

На правах рукописи

АРУТКНОВА ЛЕНОРА ЮРЬЕВНА

МЕТОДЫ СИНТЕЗА АЛГОРИТМОВ ОТБРАЖЕНИЯ  
МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФОРМ ОПИСАНИЯ ЗАДАЧ В  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ

Специальность: 05.13.13 - Вычислительные машины, комплексы,  
системы и сети.

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Харьков 1992



00360419 (N)

Работа выполнена на кафедре  
ского ордена Трудового Красного  
имени академика М.К. Янгеля

Научный руководитель – доктор  
технических наук, профессор  
Мурашко А.Г.

Официальные оппоненты – доктор  
технических наук, профессор  
Филиппенко И.Г., кандидат  
технических наук, старший  
научный сотрудник  
Бердяков Г.И.

Ведущая организация – Институт проблем моделирования в  
энергетике АН УССР

Защита состоится " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 199\_\_ г.

в \_\_\_\_\_ часов на заседании Специализированного Совета К.068.37.03.  
в Харьковском ордена Трудового Красного Знамени институте радио-  
электроники имени академика М.К. Янгеля (310726, г.Харьков, про-  
спект Ленина, 14).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 199\_\_ г.

Ваш отзыв на автореферат в 2-х экземплярах, заверенных  
печатью, просим выслать по адресу: 310726, г.Харьков, пр.Ленина, 14

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
к.т.н., доцент

Э.А. Сукесов

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

Актуальность проблемы. Программа интенсивного развития народного хозяйства страны на основе ускорения научно-технического прогресса, изложенная в "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года" предусматривает широкое внедрение ЭВМ во все сферы производственной деятельности, увеличение производства средств вычислительной техники в 2-3,3 раза и существенное повышение эффективности использования ЭВМ.

Существует ряд проблем и задач, которые предстоит решить на пути совершенствования средств вычисления и управления. К важнейшим задачам относятся такие как:

- поиск новых принципов синтеза эффективных архитектур вычислительных систем и комплексов управления;
- поиск новых принципов синтеза эффективных структур систем программного обеспечения;
- разработка систем автоматизации программирования, создание новых эффективных языков программирования высокого уровня;
- поиск новых эффективных параллельных алгоритмов и вычислительных методов решения исследовательских, инженерных и экономических задач;
- разработка идей построения архитектур новых поколений вычислительных систем, комплексов и сетей, увеличение гибкости, живучести архитектуры системы математического обеспечения и др.

Большой вклад в решение этих и других проблем и задач, возникающих в процессе развития средств и методов вычислительной техники и теории программирования, внесли отечественные и зарубежные ученые С.А.Лебедев, В.М. Глушков, А.П.Ершов, Э.В. Евреинов, Г.Е. Пухов, Д.А. Поспелов, Г.И. Марчук, А.В. Каляев, В.Б. Ушаков, В.Б.Смолов,

И.М. Витенберг, В.Е. Котов, Дж.Маккарти, Г.А. Корн, У.Дж.Карплюс, Дж.А. Беки, Э. Дейкстра и др., чьи фундаментальные работы и исследования во многом способствовали интенсивному развитию новых прогрессивных средств и методов вычислительной техники.

В последние годы не раз обсуждались и перспективы развития аналого-цифровых средств вычисления, моделирования и управления. Были сторонники крайних точек зрения. Однако многие специалисты поняли, что путь развития эффективных архитектур вычислительных (управляющих и моделирующих) комплексов формируется не при противопоставлении аналоговой, цифровой интегрирующей и дискретной линии развития средств ВТ, а при разумном сочетании достоинств каждого класса машин, систем в сбалансированном едином комплексе (системе, сети).

Поэтому очень важно знать не только потенциальные возможности аналоговых (АВС), цифровых (ЦВС), интегрирующих (ЦИС), однородных (ОВС), неоднородных (НВС), гибридных (ГВС) или аналого-цифровых (АЦВС) вычислительных машин и систем, но и уметь грамотно ставить и решать задачу выбора. От правильного решения задачи выбора во многом зависит суммарный эффект применения вычислительной техники в управлении, моделировании и результативности эксперимента и внедрения.

Настоящая работа посвящена решению задач, связанных с автоматизацией процессов синтеза вычислительных и моделирующих структур по заданному математическому описанию решаемых задач. Осуществляется автоматический машинный синтез структур, адаптивных к стратегиям проведения вычислительного эксперимента по критериям точности и быстродействия. С целью управления процессами синтеза вычислительных структур в работе разработаны и исследованы алгоритмические, программные, языковые и аппаратные средства, обеспечивающие решение задач синтеза адаптивных структур в автоматическом режиме.

Цель работы. Основной целью диссертационной работы является развитие и совершенствование теории и практики автоматизации процессов синтеза вычислительных и моделирующих структур по заданному математическому описанию решаемых задач.

Основные задачи исследования:

- автоматизация процессов синтеза аналоговых, цифровых интегрирующих и аналого-цифровых (гибридных) вычислительных структур по заданному математическому описанию задач - создана библиотека частных алгоритмов отображения математических описаний решаемых задач в разнообразные вычислительные структуры;
- разработка концепции построения асинхронной параллельной аналого-цифровой вычислительной системы (АЦВС), относящейся к классу неоднородных ВС с переменной программируемой структурой и наделенной свойством адаптивности по точности и быстродействию в зависимости от класса решаемых задач и от заданных стратегий проведения вычислительного эксперимента;
- разработка комплексов моделей и алгоритмов для обеспечения алгоритмической поддержки принципа регулирования;
- разработка входного языка вычислительной системы и языка внутренней интерпретации для формального описания аналоговых, цифровых и аналого-цифровых вычислительных структур;
- техническая реализация принципа регулирования;
- внедрение результатов исследования и их практическая реализация в различных областях применения и др.

Методы исследования. В процессе исследований и разработок автор опирался на работы советских и зарубежных ученых в области теории вычислительных, управляющих и моделирующих систем, системного анализа, имитационного моделирования, теории алгоритмов и формальных языков. Для теоретических исследований в основном

использовался аппарат и методы математического моделирования, методы непосредственного моделирования с помощью имитационно-моделирующих структур, методы теории алгоритмов и формальных языков. Для экспериментальной проверки полученных результатов использовались методы имитационного моделирования.

Научная новизна. В результате выполненных научных исследований в диссертации созданы основы теории автоматического синтеза вычислительных и моделирующих структур, наделенных свойствами адаптивности, переменности, гибкости и программируемости архитектуры. В рамках данной теории получены следующие новые научные результаты:

- сформулирован принцип регулирования точности и быстродействия и разработаны два метода управления (регулирования) точностью и временем решения задач;
- для исследуемого класса параллельных аналого-цифровых моделирующих (вычислительных) комплексов разработан внешний входной язык "Аналог", имеющий модульную структуру;
- разработаны принципы формального описания вычислительных и моделирующих структур и создан язык внутренней интерпретации, являющийся входным языком системы автоматической коммутации;
- предложен и разработан метод непосредственного отображения (трансляции) математических описаний решаемых задач в различные вычислительные структуры.

Практическая ценность полученных результатов определяется тем, что они дают методологическую основу и программно-алгоритмический инструментарий автоматического синтеза вычислительных и моделирующих структур, адаптивных к стратегиям проведения вычислительного эксперимента.

Работа связана с обещованной целевой комплексной межвузовской программой "Микропроцессоры и микро-ЭВМ", научно-технической программой "Апродос" Минвуза УССР.

Практическая реализация. Результаты работы внедрены и продолжают внедряться в народное хозяйство.

Программно-алгоритмическое и языковое обеспечение, связанное с созданием технологических средств для проектирования вычислительных структур и программного обеспечения, выполненных по постановлению ГКНТ СМ СССР, принято государственной комиссией и вошло в технологический комплекс по производству программных средств и систем кроссового математического обеспечения мульти-микропроцессорных систем (Центропрограммсистем, г. Калинин).

Результаты работы используются в учебном процессе Харьковского института радиоэлектроники. Суммарный годовой экономический эффект от внедрения результатов работы составляет 75 тыс. рублей.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы доложены автором и обсуждены на следующих научных конференциях: Всесоюзные конференции по аналоговой и аналого-цифровой вычислительной технике (1988, Москва), Всесоюзный симпозиум по гибридным вычислениям (1987, Киев); Всесоюзные совещания по автоматизации программирования средств АВТ (1985, Москва), Республиканский семинар научного совета АН УССР по проблеме "Теория и машинное проектирование электрических и электронных схем" (1988, Киев); Всесоюзная научно-техническая конференция "Моделирование-85" (1985, Киев); научных конференциях по радиоэлектронике (1986-1991 Харьков).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, в том числе 1 монография.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 168 страниц текста, 44 рисунка, 14 таблиц, списка литературы из 61 наименований и приложения, состоящего из текстов машинных программ объемом страниц.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Введение диссертации содержит обоснование актуальности решаемых проблем и постановку теоретических и практических задач исследования. В первой главе произведен анализ свойств компонентов АЦВМ классического типа, сформулированы основные характерные свойства аналого-цифрового комплекса.

Изучена эволюция архитектуры АЦВС, выделены наиболее важные эволюционные моменты теории вычислительной техники и рассмотрены основные нововведения, положенные в основу проектирования вычислительных систем будущего: параллелизм, повышение уровня интеллекта внутренних языков, модульность архитектуры, перестраиваемость архитектуры, иерархичность структуры, асинхронность системы, прогрессивные режимы работы и др.

Сформулирована концепция синтеза архитектуры АЦВС, характеризующейся наличием следующих взаимосвязанных и взаимодействующих компонентов: аналоговой вычислительной машины (системы) - АВМ(с), асинхронной параллельной вычислительной системы - АПВС, согласующей системы - СС, системы автоматической коммутации - САК, интерфейса с входными и выходными каналами, поля операционных элементов - ПОЭ, поля элементарных процессоров - ПЭП, оперативной памяти - ОП и процессоро-памяти - Пр-П.

Поле операционных элементов условно разделено на три независимых участка, каждый из которых может представлять собой автоном-

ную вычислительную среду, состоящую из однородных операционных элементов.

Целенаправленное использование операционных элементов различных участков поля операционных элементов в рамках одной решаемой задачи приводит к получению различных вычислительных структур.

Машина-диспетчер (М-Д) представляет собой ЦВМ, основным назначением которой является управление математическим обеспечением АЦВС.

Устройство сопряжения и связи (УСС) содержит преобразователи информации типа "аналог-код" и "код-аналог", а также специализированные преобразователи, работающие с приращениями цифровых и аналоговых величин.

Система автоматической коммутации (САК) является специфическим устройством описываемой АЦВС, в которой реализован принцип  $\ell$  - кратной коммутации.

В первой главе также поставлены основные задачи исследования:

- разработка языка для описания объекта моделирования, параметров задач и служебной информации;
- разработка языка внутренней интерпретации для формального описания вычислительных структур;
- автоматизация процессов синтеза аналоговых, цифровых интегрирующих и неоднородных структур по заданному математическому описанию решаемых задач;
- выбор стратегий проведения эксперимента по точностным и временным параметрам и синтез схемы решения, удовлетворяющей заданной стратегии;
- решение задач выбора и оценки вычислительных структур по погрешности и времени решения;

решение задач автоматического масштабирования и др.

Осуществлена формальная постановка основных задач, отдельные фрагменты которой представлены ниже.

Пусть дана аналого-цифровая вычислительная система В, содержащая множество аналоговых А и цифровых С вычислительных блоков:

$$B = AVC, A = \{a_{ij}^u\}, A \neq \emptyset, i = \overline{1, U}, u = \overline{1, U}, j = \overline{1, \tau_{uw}},$$

где  $U$  - число типов АБВ,  $\tau_{uw}$  - число АБВ  $l$ -го типа, настроенных на  $w$ -ый алгоритм функционирования, а  $U_l$  - число алгоритмов функционирования АБВ  $l$ -го типа.

Общее число АБВ  $R_A = \sum_{l=1}^U \sum_{w=1}^{U_l} \tau_{uw}$ .

$$C = \{c_{ik}^k\}, C \neq \emptyset, k = \overline{1, u}, k = \overline{1, n_k}, i = \overline{1, m_{ik}},$$

где  $u, m_{ik}, n_k, k, k$  имеют аналогичный смысл только для цифровых вычислительных блоков (ЦВБ).

Общее число ЦВБ  $R_C = \sum_{k=1}^u \sum_{k=1}^{n_k} m_{ik}$ .

Имеется множество алгоритмов решения некоторого класса задач

$$D = \{d_q\}, D \neq \emptyset, q \in Q$$

Для реализации алгоритма  $d_q \in D$  посредством вычислительной системы В необходимо выделить подмножество  $HCВ$  вычислительных блоков и задать оператор сопряжения  $F$ , который определяет вид сети связей. Оператор  $F$  и подмножество  $H$  образуют структурную схему для реализации алгоритма  $d_q$ .

Каждому алгоритму  $d_q \in D$  можно поставить в соответствие множество структурных схем  $S_q = \{s_{qt}\}, S_q \neq \emptyset, t = \overline{1, m_q}$ ,

где  $\mu_q$  - общее число структурных схем, которое может быть построено на множестве  $B$  для решения  $q$ -ой задачи.

Требуется из множества  $S_q$  выбрать такую структурную схему  $S_{qt} \in S_q$  для реализации алгоритма  $dq \in D$  на множестве  $B$ , которая давала бы решение, удовлетворяющее одной из следующих стратегий:

- 1)  $T_q \leq T_{q3}$ ,  $\sigma_q \leq \sigma_{q3}$ ,  $q \in Q$ ;
- 2)  $\min \sigma_q$  при  $T_q \leq T_{q3}$ ;
- 3)  $\min T_q$  при  $\sigma_q \leq \sigma_{q3}$ ;
- 4)  $T_q = T_{q3} \pm \Delta T$ ,  $\sigma_q = \sigma_{q3} \pm \Delta \sigma$ ,

где  $T_{q3}$  - заданное время, а  $\sigma_{q3}$  - заданная погрешность решения  $q$ -ой задачи.

Общая постановка задачи синтеза рациональной вычислительной структуры, удовлетворяющей одной из стратегий, распадается на несколько задач, формальная постановка которых и методы решения представлены в соответствующих разделах работы:

- для заданного множества алгоритмов  $D = \{dq\}$  и структуры вычислительной системы  $B = AVC$  требуется построить коммутирующую матрицу  $L$ , содержащую минимальное число элементов;
- решить задачу построения рациональных вычислительных структур для вычислительной системы  $B = AVC$ ; задача  $dq \in D$  может быть разбита на операторы  $X = \{X_{fv}\}$ ,  $X \neq \emptyset$ ,  $f = \overline{1, \alpha}$ ,  $v = \overline{1, \beta}$ , где  $\alpha$  - число типов операторов,  $\beta$  - число операторов  $f$ -го типа. Операторы  $X_{fv} \in X$  можно реализовать на множествах  $A$  или  $C$ , либо на множестве  $B = AVC$ . Каждому элементу  $a_{ij}^k \in A$  и  $c_{hi}^k \in C$  поставлены в соответствие весовые коэффициенты: по времени -  $K_T$  и по погрешности -  $K_\sigma$ . Тогда время  $T_{sqt}$  решения задачи  $dq \in D$  на структурной

схеме  $S_{gt} \in S_g$  будет функцией масштаба времени  $M_z$  и коэффициента  $K_z$  т.е.  $T_{S_{gt}} = f(M_z, K_z)$ , а погрешность  $G_{S_{gt}} = \psi(K_G)$

Требуется выбрать структурную схему  $S_{gt} \in S_g$ , для которой  $T_{S_{gt}}$  и  $G_{S_{gt}}$  удовлетворяли бы заданной стратегии;

- решить задачу автоматического отображения математических описаний в произвольные вычислительные структуры;

- решить задачу планирования загрузки;

- решить задачу автоматического масштабирования и др.

Вторая глава посвящена разработке языков программирования параллельных АЦВС. На основе принятой блочной концепции структуры системы автоматизации программирования АЦВС, дающая возможность построения открытой для расширения САП, входной язык первого уровня, т.е. язык формулировки задач, разбит на следующие разделы:

язык описания объекта моделирования (ЯООМ);

язык задания служебной информации (ЯСИ);

язык описания параметров модели объекта (ЯОП);

язык внутренней интерпретации (ЯВИ).

В работе представлены все указанные языки, сформулированы основные требования к языкам, произведена детальная разработка всех языков и описаны основные свойства языков и границы их применимости, приведены основные правила написания текстов на введенных языках и рассмотрены характерные примеры с введенными соответствующими ограничениями.

Здесь будут кратко представлены лишь некоторые ключевые фрагменты языкового обеспечения АЦВС.

Язык "Аналог", состоящий из трех модулей ЯООМ, ЯСИ и ЯОП, относится к классу контекстно-свободных языков и описывается формально грамматикой  $G = \langle V, W, \sigma, P \rangle$ ,  $V$  - терминаль-



Пример:  $3Y''' + \sin t Y'' + 2.5(Y') + \Phi(Y) = 1.5 \cos 4t;$

$\ddot{Y}_0 = 0; \dot{Y}_0 = 0; Y_{min} = -2; \Phi(Y): -1.5 \dots 1.5$   
 $\dot{Y}_0 = 0; Y_{max} = 2; t_{max} = 6.28; Y: -2 \dots 2$

Текст на ЯОМ: начало  $3 * D3Y + SIN(T) * D2Y + 2.5 * (D1Y) * 1.2 +$   
 $+ \Phi1 = 0.1;$  начусл  $D2Y = 0 * D1Y = 0 * Y = 0;$  допусл  $MAXY := 2, MINY :=$   
 $= -2, MAXT = 6.28, B1 = 1.5 * COS(4 * T), \Phi1 = 5 :: -2 : -1.5 \dots 2 : 1.5;$  конец

Предложенный язык близок по форме к обычной математической записи, а конструкции языка легко распознаваемы транслятором, добавление же некоторых грамматических правил и соответствующих им отдельных программных моделей в транслятор с языка "Аналог" (ЯОМ), позволяет расширить язык для описания интегральных, интегро-дифференциальных уравнений и систем из них. В этом смысле язык ЯОМ является открытым для необходимых расширений.

Раздел языка "Аналог" - ЯОП предназначен для задания исходных значений параметров объекта моделирования и числовых значений: начальных условий, максимальных и минимальных значений переменных, масштаб, интервалов и шагов интегрирования, табличных значений функций, параметров службы времени и т.п.

Основу языка составляет набор операторов, обеспечивающих задание указанных параметров.

Текст на ЯОП представляет собой последовательность операторов, начинающуюся оператором "параметры" и оканчивающуюся оператором " / \* ", например:  $\langle$  параметры  $\langle$  операторы ЯОП  $\rangle$  / \* .

Конструкция оператора вне зависимости от его типа единая: оператор : : =  $\langle$  тип оператора  $\rangle$   $\langle$  комментарий  $\rangle$  :  $\langle$  информация к оператору  $\rangle$  :

$\langle \text{тип. опер.} \rangle ::= \text{НАЧУСЛ} / \text{МАКС ЗН.} / \text{МИН. ЗН.} / \text{МАСШ.} / \text{ТАБЛ.} / \dots / \text{ШАГ}$   
 $\text{ИНТЕГ.} / \dots \langle \text{инф. к опер.} \rangle ::= \langle \text{ЧС} \rangle \langle \text{ИД} \rangle = \langle \text{ЧС} \rangle \langle \text{ЧС} \rangle \langle \text{ИД} \rangle$   
 $\dots, \langle \text{ИД} \rangle$ .

$\langle \text{оп. нач. усл} \rangle ::= \text{НАЧУСЛ.} : \langle \text{ПЕРЕМ} \rangle = \langle \text{ЧС} \rangle \langle \text{ПРОИЗВ.} \rangle = \langle \text{ЧС} \rangle \dots$   
 $(\text{НАЧ: X2 } \emptyset, \text{PI } xI=I, 5); (\text{МАКС: } \sum I4=9, 7); \text{ИНТ: } 40; \text{ШАГ: } 0I;$

Раздел языка "Аналог" - ЯСИ представляет собой набор операторов различного уровня и назначений, который по существу определяет средства специализированной операционной системы АЦВС. Основные категории этих операторов позволяют настраивать АЦВС на заданные конфигурации аппаратуры, выбирать средства для отладки и исполнения задач, управлять поиском, проверкой данных, организацией службы времени, обеспечивать режимы мультипрограммной работы и разделения времени.

Во второй главе произведена детальная разработка данного раздела языка, здесь же будет представлен небольшой фрагмент текста в котором хотя и не использован ряд введенных операторов, однако простота формального языка служебной информации и хорошо понятный смысл каждого оператора позволяет надеяться, что приведенный фрагмент даст общее представление о языке.

$\langle \text{Текст ЯСИ} \rangle ::= \langle \text{служебная} \langle \text{операторы группы 1} \rangle \rangle \langle \text{операторы группы 2} \rangle \dots \langle \text{операторы группы } N \rangle$ ;

$\langle \text{Операторы группы 1} \rangle ::= \langle \text{конфигурация АЦВС} \rangle : \langle \text{информация о связях} \rangle$

$\langle \text{Операторы группы 2} \rangle ::= \langle \text{выбор системы программирования задачи} \rangle : [ \langle \text{вид выполняемой работы} \rangle ] : \langle \text{объем расчетных работ для АВС} \rangle ; \dots \langle \text{Операторы группы 5} \rangle ::= \langle \text{привязка коэфф. к блокам АВС} \rangle : \dots : \langle \text{привязка коэфф. к потенциометрам с ручной настройкой} \rangle$ .

## Фрагмент

служебная

конфигурация ЦВМ: ЕС-45, АВМ: АВМ+ 32 (структура: стандартная),  
связь: канал, коммутация АВМ : задана

\*

план работ

система программирования: гибридная - первого уровня *FORTRAN*

Задание: трансляция, расчет АВМ, подготовка АВМ

\*

управление данными

Ввод данных: ПК, вывод данных ПЛ; печать АВМ: табличная;

Объем памяти АВМ: стандартный; сохранить производные:

\*

Генерация функций

Табличная функция *FUNC1: BT-31*; аналитическая функция:

Блокнел: Каталог *АТОРА 1=АТОРА(J=X5,6=X8, N=X1, M=X32)*

\*

Реализация коэффициентов

Механические коэффициенты: А1, А2, А3, В1, В5;

Электронные коэффициенты: В1, В2, С2

/\*

Практическая реализация ЯСИ накладывает некоторые ограничения, связанные с тактико-техническими данными используемого оборудования, которые рассмотрены в работе.

Заключительный параграф второй главы посвящен разработке языка формального описания ВС, являющийся входным языком системы автоматической коммутации. Язык позволяет описать формально всевозможные соединения между элементами структурной схемы посредством специально введенных указателей. Введены следующие указатели, и

связанные с ними наименования и признаки:

$\alpha$  - указатель структуры;  $\beta$  - указатель последовательности;  
 $\gamma$  - указатель;  $\delta$  - указатель главного элемента;  $\epsilon$  - указатель  
вспомогательного элемента;  $\lambda$  - первоначальный указатель;  $\mu$  -  
указатель стандартной процедуры;  $i$  - код элемента;  $j$  - номер  
элемента;  $k$  - номер входа элемента;  $\pi$  - код процедуры;  $\nu$  -  
номер процедуры;  $\rho$  - наименование;  $o$  - признак главного элемен-  
та;  $l$  - конец;  $a-A$  - наименование;  $b-B$  - наименование;  $n - n$  -  
наименование;  $m - M$  - наименование и др.

Правила грамматики языка при введенных обозначениях мета-  
переменных имеют вид:

$\langle \alpha \rangle ::= \langle \beta \rangle \langle i, \rangle ; \langle \lambda \rangle ::= \langle a \rangle \langle n \rangle ;$   
 $\langle \beta \rangle ::= \langle \gamma \rangle \langle j \rangle ; \langle a \rangle ::= \langle i \rangle ; \langle n \rangle ::= \langle j \rangle ;$   
 $\langle \gamma \rangle ::= \langle ? \rangle \langle \epsilon \rangle \langle \epsilon \rangle ::= \langle a \rangle \langle m \rangle \langle \epsilon \rangle \langle a \rangle \langle m \rangle ;$   
 $\langle ? \rangle ::= \langle o, \rangle \langle \lambda \rangle ; \langle \mu \rangle ::= \langle \rho \rangle \langle \nu \rangle \langle \mu \rangle \langle k \rangle ; \langle \rho \rangle$   
 $::= \langle \pi \rangle ; \langle m \rangle ::= \langle k \rangle ;$

Однозначное определение функциональных элементов структуры  
требует описания наименования элементов, его номера в схеме, а  
для многовходовых блоков и номера входа. Семантика языка состоит  
в том, что признак и указатель главного элемента указывают эле-  
мент, выход которого должен быть соединен со входом (или входами)  
других элементов, которые задаются при помощи указателя вспомо-  
гательного элемента.

При использовании принятой в работе системы кодирования  
формальное описание ВС задается в виде, напр., таких строк:

┌ 0,0301 ─ 010100 ─ 110102 ─ ...  
┌ 0,0101 ─ 030201 ─ 010200 ─ ...  
┌ 0,0302 ─ 020100 ─  
┌ I,

Расшифровка первой строки: - 0, - признак главного элемента, тип которого 03 (Интегратор), номер которого 01; строка читается: выход главного элемента (0,0301) соединить со входом 00 элемента 01 (потенциометра), номер которого 01, и со входом 02 элемента 11 (индикатор), номер которого 01. Другие строки читаются аналогично; I,- признак окончания схемы, как последовательности соединений, и процесса коммутации.

С помощью введенного языка осуществляется не только автоматическая коммутация, но и настройка операционных, функциональных блоков и стандартных процедур.

В третьей главе сформулирована модель процесса постановки и организации решения задач синтеза вычислительных структур и создана необходимая алгоритмическая поддержка и техническая реализация, основные положения которых состоят в следующем.

Процесс синтеза вычислительных структур производится в несколько этапов: на первом, который является подготовительным, осуществляется математическая постановка задачи на входном языке системы "Аналог"; на втором этапе с помощью машины-диспетчера осуществляется лексический анализ, распознавание и трансляция математического описания решаемой задачи с входного языка на внутренний язык интерпретации; третий этап реализует алгоритмическую поддержку, созданную для автоматического синтеза рациональных вычислительных структур, осуществляется расчет данных для контроля и настройки соответствующих структур; на сеть связей ВБ накладываются ограничения  $\ell$  - кратной коммутации, а схема решения упорядочивается по специальным алгоритмам так, чтобы построенная структура соответствовала возможностям системы коммутации; машина-диспетчер представляет структурную схему на внутреннем формальном языке, и в конечном счете кодированный текст формального описания поступает в систему автоматической коммутации устройства сопряжения, где осуществляется

расшифровка формального описания и производится настройка ВС на решение поставленной задачи; на четвертом этапе производится статический контроль, пробное решение, в процессе которого блоки и программы масштабирования устанавливают требуемые масштабы переменных.

В рамках приведенной модели процесса синтеза ВС обеспечиваются введенные ранее четыре стратегии проведения эксперимента.

Для рациональной организации процессов синтеза ВС и прохождения задач в соответствии с заданной стратегией система математического обеспечения АЦВС (машины-диспетчера) снабжена специализированной операционной системой, которая является дополнением к стандартной ОС.

Таким образом, концепция функционирования специализированной системы алгоритмов ОС-АЦВС на описываемом уровне состоит в синтезе, выборе, оценке и самонастройке определенной конфигурации операционных элементов, связанных в соответствии с алгоритмом решаемой задачи в цельную ВС, удовлетворяющую заданной стратегии решения.

Представим кратко результаты синтеза алгоритмов специализированной ОС-АЦВС.

Алгоритм формирования пакетов задач. Пусть имеется структура  $A = \{ a_1^{(M_1)}, a_2^{(M_2)}, \dots, a_i^{(M_i)}, \dots, a_{\sigma}^{(M_{\sigma})} \}$ , где  $\sigma$  - число типов ВВ,  $M_i$  - количество ВВ  $i$ -го типа, а общее число блоков  $M = \sum_{i=1}^{\sigma} M_i$ . Дано множество  $B = \{ b_1, b_2, \dots, b_{\sigma} \}$  независимых задач.

Любая задача  $b_j \in B$  может быть декомпозирована на операторы

$$P_j = \{ P_j^{(M_{j1})}, P_j^{(M_{j2})}, \dots, P_j^{(M_{j\sigma})} \}.$$

Общее число операторов  $Z_j = \sum_{k=1}^{\sigma} M_{jk}$ .

Для решения любой задачи на структуре  $A$  необходимо, чтобы выполнялось следующее условие: какую бы группу из  $Z_j$  операторов мы не взяли, должно найтись, по крайней мере,  $Z_j$  вычислительных блоков,

каждый из которых может реализовать один из операторов. Это условие названо условием возможности решения.

Требуется множество  $B$  разбить на пакеты задач так, чтобы для каждой задачи  $\delta_j$  пакета выполнялось условие возможности решения, и чтобы величина  $\sum c_j$  была бы близка к величине  $m$ .

Поставленная задача комбинаторного типа решается методами дискретного программирования. Введение переменных

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-я задача включена в пакет,} \\ 0, & \text{в противном случае, } j = 1, 2, \dots \end{cases}$$

позволяет задачу планирования загрузки сформулировать в виде:

найти  $\max \sum_{j=1}^n c_j X_j$  при условиях  $\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq m_i, i=1, 2, \dots, U$

$\sum_{j=1}^n c_j X_j \leq m$  при  $a_{ij} \geq 0, c_j > 0, m_i > 0$ , где  $m_i$  - количество элементов  $i$ -го типа в структуре  $A$ ,  $a_{ij}$  - число ББ  $i$ -го типа, используемых в  $j$ -ой задаче,  $c_j$  - число ББ, необходимых для решения  $j$ -ой задачи.

Решение задачи возможно получить разными известными методами. Был использован метод случайного поиска.

Оптимизация задачи заменяется решением системы  $U+2$  неравенств с  $n$  булевыми переменными:

$$\sum_{j=1}^n c_j X_j \geq m_0, m_0 \leq m; \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq m_i, X_j = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

Система решается методом итерации. Допустим, на  $K$ -ом шаге получен набор  $X^{(K)} = \{X_1^{(K)}, X_2^{(K)}, \dots, X_n^{(K)}\}$  (начальный набор выбран произвольно). Затем вычисляются величины:

$$\Delta_0 = \max \left\{ \frac{m_0 - \sum_{j=1}^n c_j X_j^{(K)}}{m_0}, 0 \right\}; \Delta_{U+1} = \max \left\{ \frac{\sum_{j=1}^n c_j X_j^{(K)} - m}{m}, 0 \right\}$$

$$\Delta_i = \max \left\{ \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j^{(K)} - m_i}{m_i}, 0 \right\}; i = 1, 2, \dots, U$$

Независимо друг от друга случайным образом изменяем компоненты вектора  $X$  с одинаковой вероятностью  $P = \min\{\alpha, \max \Delta i\}$ ,

$$i = 0, 1, \dots, J+1,$$

$0 \leq \alpha < 1$  и находим новый вектор  $X^{k+1}$ . Процесс решения системы закончен, когда все  $\Delta i$  обратились в 0.

Так как в работе при синтезе САК использован введенный здесь принцип  $\mathcal{L}$  - кратной коммутации, то алгоритм формирования пакета задач несколько усложняется. Дополнительными данными при этом являются: - матрица связей ВВ -  $L = \|L_{ij}\|$ ; - матрица связей для задачи  $M = \|M_{ij}\|$ .

На первом этапе алгоритма выбираются из вновь поступивших задач те, которые удовлетворяют условию возможности решения, и методом случайного поиска (или другим) ищется решение задачи без наложения ограничений  $\mathcal{L}$  - кратной коммутации.

Следующий этап состоит в том, что полученное решение проверяется на соответствие возможностям коммутирующей матрицы  $L$ .

Постановка общей задачи автоматического синтеза ВС по математическим описаниям исходных задач требует решения задачи выбора и оценки по точностным и временным параметрам. С этой целью в работе разработаны метод и алгоритмы выбора и оценки ВС по параметрам  $\tau$  и  $\sigma$ .

Осуществлена следующая постановка задач: каждой задаче можно поставить в соответствие множество  $S_i = \{S_{it}\}$  аналоговых, цифровых и аналого-цифровых структурных схем,  $S_i \neq \emptyset, i = \overline{1, M}$  где  $M$  - общее число структурных схем, которое можно построить для решения  $i$ -ой задачи.

Требуется из элементов множества  $S_i$  выбрать такую структуру  $S_{it} \in S_i$ , чтобы она позволяла решить задачу  $d_i \in \mathcal{D}$  и

удовлетворяла заданной стратегии (1,2,3,4).

Введено понятие матриц весовых коэффициентов по погрешности и времени:

- матрицей весовых коэффициентов по времени называется матрица  $N_W$ , имеющая  $\ell$  строк и  $\nu$  столбцов, каждый элемент которой  $k_{\ell c}^W$  определяет, какую временную задержку вносит в решение задачи  $a_i \in D$  вычислительный блок  $b_{\ell j} \in B$   $\ell$ -го типа с алгоритмом функционирования  $W$ ,  $N = \|k_{\ell c}^W\|$ ;

- аналогично определяется матрица погрешности  $M = \|k_{\ell c}^W\|$

Введена переменная

$$k_{\ell c} = \begin{cases} 1, & \text{если вычислительный блок } \ell\text{-го типа используется} \\ & \text{при решении } i\text{-ой задачи, } i = 1, n; \ell = 1, \nu. \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Тогда задача выбора структурной схемы  $S_{it} \in S_i$  для каждой стратегии формулируется следующим образом:

Стратегия 1. Найти  $S_{it} \in S_i$ , для которой

$$\sum_{\ell} k_{\ell c}^W \cdot x_{\ell} \leq K_{\ell z}, \quad W = 1, 2, \dots, \text{ при } \sum_{\ell} k_{\ell c}^W \cdot x_{\ell} \leq K_{\ell z}$$

Стратегия 2. Найти  $\min \sum_{\ell} k_{\ell c}^W \cdot x_{\ell}$ ,  $W = 1, 2, 3, \dots$   
при  $\sum_{\ell} k_{\ell c}^W \cdot x_{\ell} \leq K_{\ell z}$ .

Аналогично для стратегии 3 и 4. Поставленные задачи относятся к задачам комбинаторного типа и решены в работе методом ветвей и границ. В работе построены алгоритмы для каждой стратегии эксперимента (1,2,3,4), операторные схемы алгоритмов имеют вид (на примере стратегии 4):

Введены операторы:  $L_1 : j := 1$ ,  $A_2$ : выбор  $j$ -ой строки;

$$A_3 : k_{\ell c} := \sum_{\ell} k_{\ell c}^W \cdot x_{\ell}; \quad P_4 : k_{\ell c} \leq K_{\ell z} + \Delta K_{\ell z}; \quad A_5 : k_{\ell c} := \sum_{\ell} k_{\ell c}$$

$$P_6 : k_{\ell c} \leq K_{\ell z} + \Delta K_{\ell z}; \quad A_7 : K_{\ell z} - \Delta K_{\ell z} \leq k_{\ell c} \wedge K_{\ell z} - \Delta K_{\ell z} \leq k_{\ell c} \leq K_{\ell z};$$

$$P_8 : j := \tau_{\ell W}; \quad L_9 : j := j + 1;$$

$A_{10}$ : заполнить  $j$ -ю строку в  $R$ ;  $P_{11}$ : есть запись в  $R$ ;

$P_{12}$ :  $K_{\Sigma e} \leq K_{\Sigma z} + \Delta K_{\Sigma}$ ;

$P_{13}$  перебор всех вариантов двух строк:  $j$ -ой строки и  $R$ , и проверка выполнения условия  $K_{\Sigma z} - \Delta K_{\Sigma} \leq K_{\Sigma e} \wedge K_{\Sigma z} - \Delta K_{\Sigma} \leq K_{\Sigma e}$ ;  $P_{14}$ :

есть ли решения, удовлетворяющие  $K_{\Sigma z} - \Delta K_{\Sigma} \leq K_{\Sigma e} \wedge K_{\Sigma z} - \Delta K_{\Sigma} \leq K_{\Sigma e}$ ?

$P_{15}$ : печать решения,  $A_{16}$ : останов.

Операторная схема алгоритма выбора ВС по стратегии 4 имеет вид (аналогичные алгоритмы для стратегий 1,2,3 содержатся в работе):

$L_1$   $A_2$   $A_3$   $P_{11}$   $A_4$   $P_{12}$   $P_{13}$   $P_{14}$   $P_{15}$   $A_5$   $P_{16}$   $P_{17}$   $P_{18}$   $P_{19}$   $P_{20}$   $P_{21}$   $P_{22}$   $P_{23}$   $P_{24}$   $P_{25}$   $P_{26}$   $P_{27}$   $P_{28}$   $P_{29}$   $P_{30}$   $P_{31}$   $P_{32}$   $P_{33}$   $P_{34}$   $P_{35}$   $P_{36}$   $P_{37}$   $P_{38}$   $P_{39}$   $P_{40}$   $P_{41}$   $P_{42}$   $P_{43}$   $P_{44}$   $P_{45}$   $P_{46}$   $P_{47}$   $P_{48}$   $P_{49}$   $P_{50}$   $P_{51}$   $P_{52}$   $P_{53}$   $P_{54}$   $P_{55}$   $P_{56}$   $P_{57}$   $P_{58}$   $P_{59}$   $P_{60}$   $P_{61}$   $P_{62}$   $P_{63}$   $P_{64}$   $P_{65}$   $P_{66}$   $P_{67}$   $P_{68}$   $P_{69}$   $P_{70}$   $P_{71}$   $P_{72}$   $P_{73}$   $P_{74}$   $P_{75}$   $P_{76}$   $P_{77}$   $P_{78}$   $P_{79}$   $P_{80}$   $P_{81}$   $P_{82}$   $P_{83}$   $P_{84}$   $P_{85}$   $P_{86}$   $P_{87}$   $P_{88}$   $P_{89}$   $P_{90}$   $P_{91}$   $P_{92}$   $P_{93}$   $P_{94}$   $P_{95}$   $P_{96}$   $P_{97}$   $P_{98}$   $P_{99}$   $P_{100}$   $P_{101}$   $P_{102}$   $P_{103}$   $P_{104}$   $P_{105}$   $P_{106}$   $P_{107}$   $P_{108}$   $P_{109}$   $P_{110}$   $P_{111}$   $P_{112}$   $P_{113}$   $P_{114}$   $P_{115}$   $P_{116}$   $P_{117}$   $P_{118}$   $P_{119}$   $P_{120}$   $P_{121}$   $P_{122}$   $P_{123}$   $P_{124}$   $P_{125}$   $P_{126}$   $P_{127}$   $P_{128}$   $P_{129}$   $P_{130}$   $P_{131}$   $P_{132}$   $P_{133}$   $P_{134}$   $P_{135}$   $P_{136}$   $P_{137}$   $P_{138}$   $P_{139}$   $P_{140}$   $P_{141}$   $P_{142}$   $P_{143}$   $P_{144}$   $P_{145}$   $P_{146}$   $P_{147}$   $P_{148}$   $P_{149}$   $P_{150}$   $P_{151}$   $P_{152}$   $P_{153}$   $P_{154}$   $P_{155}$   $P_{156}$   $P_{157}$   $P_{158}$   $P_{159}$   $P_{160}$   $P_{161}$   $P_{162}$   $P_{163}$   $P_{164}$   $P_{165}$   $P_{166}$   $P_{167}$   $P_{168}$   $P_{169}$   $P_{170}$   $P_{171}$   $P_{172}$   $P_{173}$   $P_{174}$   $P_{175}$   $P_{176}$   $P_{177}$   $P_{178}$   $P_{179}$   $P_{180}$   $P_{181}$   $P_{182}$   $P_{183}$   $P_{184}$   $P_{185}$   $P_{186}$   $P_{187}$   $P_{188}$   $P_{189}$   $P_{190}$   $P_{191}$   $P_{192}$   $P_{193}$   $P_{194}$   $P_{195}$   $P_{196}$   $P_{197}$   $P_{198}$   $P_{199}$   $P_{200}$   $P_{201}$   $P_{202}$   $P_{203}$   $P_{204}$   $P_{205}$   $P_{206}$   $P_{207}$   $P_{208}$   $P_{209}$   $P_{210}$   $P_{211}$   $P_{212}$   $P_{213}$   $P_{214}$   $P_{215}$   $P_{216}$   $P_{217}$   $P_{218}$   $P_{219}$   $P_{220}$   $P_{221}$   $P_{222}$   $P_{223}$   $P_{224}$   $P_{225}$   $P_{226}$   $P_{227}$   $P_{228}$   $P_{229}$   $P_{230}$   $P_{231}$   $P_{232}$   $P_{233}$   $P_{234}$   $P_{235}$   $P_{236}$   $P_{237}$   $P_{238}$   $P_{239}$   $P_{240}$   $P_{241}$   $P_{242}$   $P_{243}$   $P_{244}$   $P_{245}$   $P_{246}$   $P_{247}$   $P_{248}$   $P_{249}$   $P_{250}$   $P_{251}$   $P_{252}$   $P_{253}$   $P_{254}$   $P_{255}$   $P_{256}$   $P_{257}$   $P_{258}$   $P_{259}$   $P_{260}$   $P_{261}$   $P_{262}$   $P_{263}$   $P_{264}$   $P_{265}$   $P_{266}$   $P_{267}$   $P_{268}$   $P_{269}$   $P_{270}$   $P_{271}$   $P_{272}$   $P_{273}$   $P_{274}$   $P_{275}$   $P_{276}$   $P_{277}$   $P_{278}$   $P_{279}$   $P_{280}$   $P_{281}$   $P_{282}$   $P_{283}$   $P_{284}$   $P_{285}$   $P_{286}$   $P_{287}$   $P_{288}$   $P_{289}$   $P_{290}$   $P_{291}$   $P_{292}$   $P_{293}$   $P_{294}$   $P_{295}$   $P_{296}$   $P_{297}$   $P_{298}$   $P_{299}$   $P_{300}$   $P_{301}$   $P_{302}$   $P_{303}$   $P_{304}$   $P_{305}$   $P_{306}$   $P_{307}$   $P_{308}$   $P_{309}$   $P_{310}$   $P_{311}$   $P_{312}$   $P_{313}$   $P_{314}$   $P_{315}$   $P_{316}$   $P_{317}$   $P_{318}$   $P_{319}$   $P_{320}$   $P_{321}$   $P_{322}$   $P_{323}$   $P_{324}$   $P_{325}$   $P_{326}$   $P_{327}$   $P_{328}$   $P_{329}$   $P_{330}$   $P_{331}$   $P_{332}$   $P_{333}$   $P_{334}$   $P_{335}$   $P_{336}$   $P_{337}$   $P_{338}$   $P_{339}$   $P_{340}$   $P_{341}$   $P_{342}$   $P_{343}$   $P_{344}$   $P_{345}$   $P_{346}$   $P_{347}$   $P_{348}$   $P_{349}$   $P_{350}$   $P_{351}$   $P_{352}$   $P_{353}$   $P_{354}$   $P_{355}$   $P_{356}$   $P_{357}$   $P_{358}$   $P_{359}$   $P_{360}$   $P_{361}$   $P_{362}$   $P_{363}$   $P_{364}$   $P_{365}$   $P_{366}$   $P_{367}$   $P_{368}$   $P_{369}$   $P_{370}$   $P_{371}$   $P_{372}$   $P_{373}$   $P_{374}$   $P_{375}$   $P_{376}$   $P_{377}$   $P_{378}$   $P_{379}$   $P_{380}$   $P_{381}$   $P_{382}$   $P_{383}$   $P_{384}$   $P_{385}$   $P_{386}$   $P_{387}$   $P_{388}$   $P_{389}$   $P_{390}$   $P_{391}$   $P_{392}$   $P_{393}$   $P_{394}$   $P_{395}$   $P_{396}$   $P_{397}$   $P_{398}$   $P_{399}$   $P_{400}$   $P_{401}$   $P_{402}$   $P_{403}$   $P_{404}$   $P_{405}$   $P_{406}$   $P_{407}$   $P_{408}$   $P_{409}$   $P_{410}$   $P_{411}$   $P_{412}$   $P_{413}$   $P_{414}$   $P_{415}$   $P_{416}$   $P_{417}$   $P_{418}$   $P_{419}$   $P_{420}$   $P_{421}$   $P_{422}$   $P_{423}$   $P_{424}$   $P_{425}$   $P_{426}$   $P_{427}$   $P_{428}$   $P_{429}$   $P_{430}$   $P_{431}$   $P_{432}$   $P_{433}$   $P_{434}$   $P_{435}$   $P_{436}$   $P_{437}$   $P_{438}$   $P_{439}$   $P_{440}$   $P_{441}$   $P_{442}$   $P_{443}$   $P_{444}$   $P_{445}$   $P_{446}$   $P_{447}$   $P_{448}$   $P_{449}$   $P_{450}$   $P_{451}$   $P_{452}$   $P_{453}$   $P_{454}$   $P_{455}$   $P_{456}$   $P_{457}$   $P_{458}$   $P_{459}$   $P_{460}$   $P_{461}$   $P_{462}$   $P_{463}$   $P_{464}$   $P_{465}$   $P_{466}$   $P_{467}$   $P_{468}$   $P_{469}$   $P_{470}$   $P_{471}$   $P_{472}$   $P_{473}$   $P_{474}$   $P_{475}$   $P_{476}$   $P_{477}$   $P_{478}$   $P_{479}$   $P_{480}$   $P_{481}$   $P_{482}$   $P_{483}$   $P_{484}$   $P_{485}$   $P_{486}$   $P_{487}$   $P_{488}$   $P_{489}$   $P_{490}$   $P_{491}$   $P_{492}$   $P_{493}$   $P_{494}$   $P_{495}$   $P_{496}$   $P_{497}$   $P_{498}$   $P_{499}$   $P_{500}$   $P_{501}$   $P_{502}$   $P_{503}$   $P_{504}$   $P_{505}$   $P_{506}$   $P_{507}$   $P_{508}$   $P_{509}$   $P_{510}$   $P_{511}$   $P_{512}$   $P_{513}$   $P_{514}$   $P_{515}$   $P_{516}$   $P_{517}$   $P_{518}$   $P_{519}$   $P_{520}$   $P_{521}$   $P_{522}$   $P_{523}$   $P_{524}$   $P_{525}$   $P_{526}$   $P_{527}$   $P_{528}$   $P_{529}$   $P_{530}$   $P_{531}$   $P_{532}$   $P_{533}$   $P_{534}$   $P_{535}$   $P_{536}$   $P_{537}$   $P_{538}$   $P_{539}$   $P_{540}$   $P_{541}$   $P_{542}$   $P_{543}$   $P_{544}$   $P_{545}$   $P_{546}$   $P_{547}$   $P_{548}$   $P_{549}$   $P_{550}$   $P_{551}$   $P_{552}$   $P_{553}$   $P_{554}$   $P_{555}$   $P_{556}$   $P_{557}$   $P_{558}$   $P_{559}$   $P_{560}$   $P_{561}$   $P_{562}$   $P_{563}$   $P_{564}$   $P_{565}$   $P_{566}$   $P_{567}$   $P_{568}$   $P_{569}$   $P_{570}$   $P_{571}$   $P_{572}$   $P_{573}$   $P_{574}$   $P_{575}$   $P_{576}$   $P_{577}$   $P_{578}$   $P_{579}$   $P_{580}$   $P_{581}$   $P_{582}$   $P_{583}$   $P_{584}$   $P_{585}$   $P_{586}$   $P_{587}$   $P_{588}$   $P_{589}$   $P_{590}$   $P_{591}$   $P_{592}$   $P_{593}$   $P_{594}$   $P_{595}$   $P_{596}$   $P_{597}$   $P_{598}$   $P_{599}$   $P_{600}$   $P_{601}$   $P_{602}$   $P_{603}$   $P_{604}$   $P_{605}$   $P_{606}$   $P_{607}$   $P_{608}$   $P_{609}$   $P_{610}$   $P_{611}$   $P_{612}$   $P_{613}$   $P_{614}$   $P_{615}$   $P_{616}$   $P_{617}$   $P_{618}$   $P_{619}$   $P_{620}$   $P_{621}$   $P_{622}$   $P_{623}$   $P_{624}$   $P_{625}$   $P_{626}$   $P_{627}$   $P_{628}$   $P_{629}$   $P_{630}$   $P_{631}$   $P_{632}$   $P_{633}$   $P_{634}$   $P_{635}$   $P_{636}$   $P_{637}$   $P_{638}$   $P_{639}$   $P_{640}$   $P_{641}$   $P_{642}$   $P_{643}$   $P_{644}$   $P_{645}$   $P_{646}$   $P_{647}$   $P_{648}$   $P_{649}$   $P_{650}$   $P_{651}$   $P_{652}$   $P_{653}$   $P_{654}$   $P_{655}$   $P_{656}$   $P_{657}$   $P_{658}$   $P_{659}$   $P_{660}$   $P_{661}$   $P_{662}$   $P_{663}$   $P_{664}$   $P_{665}$   $P_{666}$   $P_{667}$   $P_{668}$   $P_{669}$   $P_{670}$   $P_{671}$   $P_{672}$   $P_{673}$   $P_{674}$   $P_{675}$   $P_{676}$   $P_{677}$   $P_{678}$   $P_{679}$   $P_{680}$   $P_{681}$   $P_{682}$   $P_{683}$   $P_{684}$   $P_{685}$   $P_{686}$   $P_{687}$   $P_{688}$   $P_{689}$   $P_{690}$   $P_{691}$   $P_{692}$   $P_{693}$   $P_{694}$   $P_{695}$   $P_{696}$   $P_{697}$   $P_{698}$   $P_{699}$   $P_{700}$   $P_{701}$   $P_{702}$   $P_{703}$   $P_{704}$   $P_{705}$   $P_{706}$   $P_{707}$   $P_{708}$   $P_{709}$   $P_{710}$   $P_{711}$   $P_{712}$   $P_{713}$   $P_{714}$   $P_{715}$   $P_{716}$   $P_{717}$   $P_{718}$   $P_{719}$   $P_{720}$   $P_{721}$   $P_{722}$   $P_{723}$   $P_{724}$   $P_{725}$   $P_{726}$   $P_{727}$   $P_{728}$   $P_{729}$   $P_{730}$   $P_{731}$   $P_{732}$   $P_{733}$   $P_{734}$   $P_{735}$   $P_{736}$   $P_{737}$   $P_{738}$   $P_{739}$   $P_{740}$   $P_{741}$   $P_{742}$   $P_{743}$   $P_{744}$   $P_{745}$   $P_{746}$   $P_{747}$   $P_{748}$   $P_{749}$   $P_{750}$   $P_{751}$   $P_{752}$   $P_{753}$   $P_{754}$   $P_{755}$   $P_{756}$   $P_{757}$   $P_{758}$   $P_{759}$   $P_{760}$   $P_{761}$   $P_{762}$   $P_{763}$   $P_{764}$   $P_{765}$   $P_{766}$   $P_{767}$   $P_{768}$   $P_{769}$   $P_{770}$   $P_{771}$   $P_{772}$   $P_{773}$   $P_{774}$   $P_{775}$   $P_{776}$   $P_{777}$   $P_{778}$   $P_{779}$   $P_{780}$   $P_{781}$   $P_{782}$   $P_{783}$   $P_{784}$   $P_{785}$   $P_{786}$   $P_{787}$   $P_{788}$   $P_{789}$   $P_{790}$   $P_{791}$   $P_{792}$   $P_{793}$   $P_{794}$   $P_{795}$   $P_{796}$   $P_{797}$   $P_{798}$   $P_{799}$   $P_{800}$   $P_{801}$   $P_{802}$   $P_{803}$   $P_{804}$   $P_{805}$   $P_{806}$   $P_{807}$   $P_{808}$   $P_{809}$   $P_{810}$   $P_{811}$   $P_{812}$   $P_{813}$   $P_{814}$   $P_{815}$   $P_{816}$   $P_{817}$   $P_{818}$   $P_{819}$   $P_{820}$   $P_{821}$   $P_{822}$   $P_{823}$   $P_{824}$   $P_{825}$   $P_{826}$   $P_{827}$   $P_{828}$   $P_{829}$   $P_{830}$   $P_{831}$   $P_{832}$   $P_{833}$   $P_{834}$   $P_{835}$   $P_{836}$   $P_{837}$   $P_{838}$   $P_{839}$   $P_{840}$   $P_{841}$   $P_{842}$   $P_{843}$   $P_{844}$   $P_{845}$   $P_{846}$   $P_{847}$   $P_{848}$   $P_{849}$   $P_{850}$   $P_{851}$   $P_{852}$   $P_{853}$   $P_{854}$   $P_{855}$   $P_{856}$   $P_{857}$   $P_{858}$   $P_{859}$   $P_{860}$   $P_{861}$   $P_{862}$   $P_{863}$   $P_{864}$   $P_{865}$   $P_{866}$   $P_{867}$   $P_{868}$   $P_{869}$   $P_{870}$   $P_{871}$   $P_{872}$   $P_{873}$   $P_{874}$   $P_{875}$   $P_{876}$   $P_{877}$   $P_{878}$   $P_{879}$   $P_{880}$   $P_{881}$   $P_{882}$   $P_{883}$   $P_{884}$   $P_{885}$   $P_{886}$   $P_{887}$   $P_{888}$   $P_{889}$   $P_{890}$   $P_{891}$   $P_{892}$   $P_{893}$   $P_{894}$   $P_{895}$   $P_{896}$   $P_{897}$   $P_{898}$   $P_{899}$   $P_{900}$   $P_{901}$   $P_{902}$   $P_{903}$   $P_{904}$   $P_{905}$   $P_{906}$   $P_{907}$   $P_{908}$   $P_{909}$   $P_{910}$   $P_{911}$   $P_{912}$   $P_{913}$   $P_{914}$   $P_{915}$   $P_{916}$   $P_{917}$   $P_{918}$   $P_{919}$   $P_{920}$   $P_{921}$   $P_{922}$   $P_{923}$   $P_{924}$   $P_{925}$   $P_{926}$   $P_{927}$   $P_{928}$   $P_{929}$   $P_{930}$   $P_{931}$   $P_{932}$   $P_{933}$   $P_{934}$   $P_{935}$   $P_{936}$   $P_{937}$   $P_{938}$   $P_{939}$   $P_{940}$   $P_{941}$   $P_{942}$   $P_{943}$   $P_{944}$   $P_{945}$   $P_{946}$   $P_{947}$   $P_{948}$   $P_{949}$   $P_{950}$   $P_{951}$   $P_{952}$   $P_{953}$   $P_{954}$   $P_{955}$   $P_{956}$   $P_{957}$   $P_{958}$   $P_{959}$   $P_{960}$   $P_{961}$   $P_{962}$   $P_{963}$   $P_{964}$   $P_{965}$   $P_{966}$   $P_{967}$   $P_{968}$   $P_{969}$   $P_{970}$   $P_{971}$   $P_{972}$   $P_{973}$   $P_{974}$   $P_{975}$   $P_{976}$   $P_{977}$   $P_{978}$   $P_{979}$   $P_{980}$   $P_{981}$   $P_{982}$   $P_{983}$   $P_{984}$   $P_{985}$   $P_{986}$   $P_{987}$   $P_{988}$   $P_{989}$   $P_{990}$   $P_{991}$   $P_{992}$   $P_{993}$   $P_{994}$   $P_{995}$   $P_{996}$   $P_{997}$   $P_{998}$   $P_{999}$   $P_{1000}$

Третья глава диссертации завершается разделом, в котором предложена одна частная методика интегральной оценки погрешности решения задач на аналоговой части АЦВС. Поставлена и решена задача определения параметров интегральной погрешности воспроизведения решения  $ADU$   $n$ -го порядка, т.е. определение математического ожидания  $m \Delta y_j(t)$  и среднеквадратического отклонения  $\sigma \Delta y_j(t)$ . На основании проведенных статистических испытаний методики, сделан вывод о применимости предложенного способа априорной интегральной оценки погрешности аналоговых решений, т.к. имеется гарантия, что "плохая" схема не будет оценена высоко.

В четвертой главе предложен и разработан метод непосредственной прямой трансляции (отображения) уравнений, описываемых задачей, в вычислительные структуры, который реализован в виде библиотеки частных алгоритмов отображения, которая входит как составная часть в общую схему САП.

Задача состояла в построении таких алгоритмов отображения (трансляции) языка математических формул на язык структурных схем и коммутационных отношений между операционными элементами.

Язык внутренней интерпретации (ЯВИ), введенный во второй главе позволил формализовать процессы построения и коммутации структурных схем.

Автоматический синтез ВС методом непосредственного отображения выполняется тоже с использованием введенного языка. Основная идея состоит в следующем: при отображении, напр., ОДУ  $n$ -го порядка

$$y^{(n)} = \pm d_1 y^{(n-1)} \pm d_2 y^{(n-2)} \pm \dots \pm d_i y^{(n-i)} \pm \dots \pm d_n y.$$

в аналоговую вычислительную структуру, работа алгоритма полностью определяется числами  $n$  и  $d_i$  и так называемыми базисными структурами, которые для каждого типа уравнений (линейное, нелинейное, однородное, неоднородное, с постоянными/переменными коэффициентами и т.п.) создаются заранее и находятся в памяти машины-диспетчера. При этом выполняется два основных действия: составление цепи понижения порядка производной, образование обратных связей в схеме с цепями инвертирования сигналов или без такового, что определяется по признакам  $d_i = 0, d_i < 0, d_i > 0$ .

Базисные структуры при принятой системе кодирования имеют следующий вид:

```

П1: 0,03 i   01 i 00   000000
П2: 0,01 i   03(i+1) 01 000000
.....
ПП1 : 0,03 i   01(n+j+K-1) 00 01 i 00
ПП2 : 0,01 (n+j+K-1) 03 01 j 000000
.....
ППП1 : 0,03 i   01(n+j+K-2) 00 01 i 00
.....

```

где  $i$  - номер интегратора,  $n$  - порядок уравнения,  $j$  - номер входа первого интегратора,  $K$  - номер инвертора, П1, ПП1, ППП1 и т.д. тип структуры и номер строки.

Метод непосредственного отображения частных форм математического описания решаемых задач позволяет получить экономичные транслирующие программы для большинства типов дифференциальных, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. В работе создана библиотека частных алгоритмов построения аналоговых, цифровых интегрирующих и аналого-цифровых структур, в которую включены 22 программы отображения.

Испытания программ проведены на различных ОДУ и СОДУ, порядок которых изменялся от 2 до 100. Определен практически линейный закон нарастания времени трансляции в зависимости от порядка уравнения  $n$ . Метод непосредственной трансляции высоко эффективен по временным затратам (для сравнения: уравнение 24 порядка; время трансляции - универсальным транслятором  $\approx 12$  сек., методом прямой трансляции  $\approx 560$  МС).

Введенный формальный язык предусматривает возможность любых соединений между элементами. Такая коммутация называется полной. В работе введен принцип  $\ell$ -кратной коммутации, который позволяет существенно сократить число коммутирующих (КЭ) элементов; проведен анализ возможных ограничений, получены эмпирические зависимости для определения числа КЭ при  $\ell$ -кратной коммутации.

Общее число КЭ при  $\ell$ -кратной коммутации определяется с учетом типа схемы и типов элементов, составляющих её, по формулам вида:

$$K_{\text{КЭ}} = q + 20 \left[ q^2 - \left[ \sum_{j=2}^{\ell} (j-2) + \frac{1+(j-2)q}{2} \sum_{j=2}^{\ell} (j-2) + \frac{1+(j-2)^2 q}{2} \sum_{j=2}^{\ell} (j-2) \right] \right],$$

где  $t = 1, 2, 3, \dots$ ,  $i$  - число инверторов,  $q$  - число интеграторов,  $V$  - число входов,  $k$  - число интегросумматоров. С увеличением числа типов и количества блоков  $\ell$ -кратная коммутация даст ощутимую экономию КЭ. Так, при  $q = 20 (V = 7)$ ,  $i = 20$ ,  $d = 30$ ,  $f = 5$ ,  $P = 4$ ,  $\ell = 5$

где  $d$  - потенциометры,  $f$  - функциональные преобразователи,  $P$  - множително-делительные блоки,  $C$  - стандартные процедуры и число  $K_0$  при полной коммутации  $K_0 = 15832$ , а при  $\ell$ -кратной  $K_\ell = 4038$ .

Глава четыре завершается построением алгоритмов синтеза рациональных систем коммутации. Сформулирована и решена задача наложения ограничений на сеть связей разнотипных операционных элементов для ВС с программируемой конфигурацией, исследованы различные формы представления структурных схем и разработаны алгоритмы перехода от схем решения, заданных в графическом виде или в виде формального описания, к условным матрицам, которые позволяют компактно записывать информацию о ВС в памяти машины-диспетчера. Алгоритмы автоматического построения САК реализованы на машинах серии ЕС; например, при исследовании 22 вычислительных структур была получена матрица  $L$ , содержащая 250 коммутирующих элементов; время, затраченное на получение обобщенной матрицы, равно 1,7 мин при быстродействии 20 т.опер/сек.

Полученные в работе алгоритмы используются при проектировании рациональных систем коммутации в условиях полной и  $\ell$ -кратной коммутации как для аналоговых и цифровых интегрирующих машин, так и для аналого-цифровых комплексов.

В заключении изложены основные положения диссертационной работы, подтверждающие решения поставленных задач.

В приложениях приводятся тексты машинных программ на языке программирования "Паскаль".

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ РАБОТЫ

1. Анализ состояния проблемы повышения эффективности вычислительных систем и систем математического обеспечения, изучение и сравнение черт различных средств ВТ с жесткой структурой позволил сформулировать задачи синтеза архитектуры АЦВС, основанной на принципиально новой концепции.

2. Сформулирован принцип регулирования точности и быстродействия и разработаны два метода управления точностью и временем решения задач, один из которых реализуется в процессе автоматического синтеза ВС, а другой - динамике процессов вычисления и моделирования.

3. Создано языковое обеспечение для исследуемого класса параллельных аналого-цифровых ВС.

4. Разработана система программного обеспечения АЦВС, система автоматизации программирования, предложен и разработан метод непосредственного отображения математических описаний в вычислительные структуры, на базе которого создана библиотека частных алгоритмов отображения для большинства типов дифференциальных, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений.

5. Разработаны принципы формального описания вычислительных структур и исследованы вопросы синтеза систем автоматической коммутации, в основу которых положен принцип  $\ell$  - кратной коммутации.

6. Разработан и исследован комплекс моделей и алгоритмов для обеспечения алгоритмической поддержки принципа регулирования.

7. Выполнен комплекс работ по внедрению результатов исследования и их практическая реализация в различных областях применения дала возможность получить экономический эффект 75 тыс. руб.

Настоящие выводы позволяют заключить, что основной целью диссертационной работы являлось решение научной задачи по автоматиза-

Ав 30.161

**Ав 30.161**

ции процессов синтеза вычислительных структур ориентированных на построение цифровых вычислительных комплексов с асинхронной организацией процессов и адаптивных к условиям стратегий проведения вычислительных экспериментов.

**ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Арутюнова Л.Ю., Мурашко А.Г., Онищенко Г.И. Формальное описание вычислительных структур. - Харьков, 1990. - 88 с. - Деп. в УкрНИИТИ, № 2 (232), б/о 465.
2. Арутюнова Л.Ю., Мурашко А.Г., Онищенко Г.И. Язык формального описания структур. - Электронное моделирование, 1992, июнь.
3. Арутюнова Л.Ю., Мурашко А.Г., Онищенко Г.И. Принципы отображения математического описания в вычислительные структуры. - Электронное моделирование, 1992, июль.
4. Арутюнова Л.Ю., Мурашко А.Г., Онищенко Г.И. Принципы построения систем автоматической коммутации вычислительных структур. - Управляющие системы и машины, 1992, июль.
5. Арутюнова Л.Ю., Мурашко А.Г., Онищенко Г.И. Алгоритмы построения рациональных систем коммутации. - Управляющие системы и машины, 1992, июль.
6. Арутюнова Л.Ю. Алгоритмическая поддержка принципа регулирования вычислительных процессов в АЦВС по временным и точностным параметрам. - Харьков, 1992, - 36 с. Деп. в УкрНИИТИ, № 3 (245), б/о 365.

Подписано к печати 25.II.92г. Формат бум.60x84 I/I6 I,0 п.л.  
Способ.печ.мелый офсет. Зак.190 Тираж 100. Бесплатно.

ОСП Арм.СХИ ул.Теряна, 74