

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО СВЯЗИ И  
ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Московский технический университет связи и информатики

---

На правах рукописи

15 01  
14 ДЕК 1998

АНДРЮКОВ Андрей Анатольевич

УДК 656.861:621.39

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МНОГОУРОВНЕВЫХ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ  
СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ПОЧТОВОЙ СВЯЗИ**

Специальность: 051216 —

Автоматизация и механизация предприятий и средств связи

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва, 1998

Работа выполнена на кафедре Автоматизации, информационных технологий и сертификации средств связи Московского технического университета связи и информатики.

Научный руководитель	— Заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук, профессор И.А. Мамзлеев
Научный консультант	— кандидат экономических наук, доцент Б.П. Бутенко
Официальные оппоненты	— доктор технических наук, профессор И.И. Дзегеленок кандидат технических наук, доцент Г.А. Птицын
Ведущее предприятие	— Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт почтовой связи

Защита диссертация состоится "29" декабря 1998 г. в 15<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета К 118.06.02 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Московском техническом университете связи и информатики по адресу: 111024, Москва, Авиамоторная ул., д. 8<sup>б</sup>.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Университета.

Автореферат разослан "25" ноября 1998 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
К 118.06.02  
канд. техн. наук, профессор

Е.В. Демина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В современных условиях рыночных отношений почтовая подотрасль связи Российской Федерации должна не только предоставлять традиционные услуги населению, но и искать новые пути повышения доходности; в условиях снижения объемов пересылки почтовых отправлений и растущей конкуренции со стороны новых цифровых средств коммуникаций предлагать новые услуги, повышая качество работы, скорость обработки и прохождения почтовых отправлений по системе почтовой связи.

Главный способ с помощью которого возможна реализация подобных целей является информатизация и компьютеризация почтовой связи: внедрение новых информационных и телекоммуникационных технологий, разработка новых информационно-вычислительных систем для решения информационно-связанных задач почтовой подотрасли. Почтовая связь Российской Федерации имеет огромный потенциал, но из-за отсутствия эффективных средств автоматизации обработки информационных потоков и передачи информации ее возможности не задействованы в полной мере. Существующий метод ручной обработки сопроводительного документооборота не может обеспечить требуемой оперативности, заставляет почтовых работников дублировать ранее введенную информацию и ведет к числу роста ошибок. Решение данной проблемы не возможно без создания Автоматизированной информационно-вычислительной системы почтовой связи. В этой системе ввод информации осуществляется один раз, а затем ее обработка, пересылка по телекоммуникационной транспортной сети почтовой связи и хранение осуществляется с помощью специализированных программных и аппаратных средств.

В 1994 году Министерством связи и Федеральным управлением почтовой связи России было принято решение о создании Автоматизированной информационной системы почтовой связи России (АИС ПС). За прошедшие годы был проделан большой объем работ как в теоретическом плане (ИПУ РАН, НИИ Почтовой связи, Московский технический институт связи и информатики и др.), так и в практическом (ЦАОТУС, ЦИТ ПС при МГУСИ, многие УФПС). В настоящее время четко определяются направления развития технических средств почтовой связи:

— замена морально устаревших автоматизированных систем обработки информации "Онега" и электронно-кассовых машин "Ока", которые имеют ограниченные возможности, на почтово-кассовые терминалы нового типа, имеющие открытую архитектуру, а значит и широкие возможности для дальнейшего развития;

— вследствие того, что задачи, решаемые в системе почтовой связи, являются информационно-связанными, то, соответственно, и вычислительные мощности должны быть тесно интегрированы друг с другом;

— использование любых видов каналов связи, как коммутируемых, так и выделенных, на основе взаимосвязанных протоколов, использующихся во всем мире. В этой связи нельзя не отметить огромных возможностей глобальной сети Internet и открытых протоколов лежащих в ее основе. Использование всех этих преимуществ даст почтовой связи возможность создания высокоскоростной интегрированной телекоммуникационной транспортной сети;

— внедрение новых технологий обработки информации с помощью распределенных баз данных, многоуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем, новейших Windows— и Web—интерфейсов;

— разработка корпоративных стандартов представления информации и интерфейсов, а также систем конвертации форматов данных с целью более тесной интеграции с существующими информационными системами в России и мире.

Таким образом, Автоматизированная информационно-вычислительная система почтовой связи будет технической основой Автоматизированной информационной системы почтовой связи.

В данной диссертационной работе ставятся и решаются задачи проектирования многоуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем предприятий почтовой связи для решения информационно-связанных задач. Совокупность подобных систем будет составлять Автоматизированную информационно-вычислительную систему почтовой связи. Опережающее развитие теоретических методов необходимо для развития наукоемких информационных технологий.

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является анализ информационно-связанных задач отрасли почтовой связи, разработка методов анализа и синтеза вычислительных систем для автоматизации решения подобных задач, на основе которых формулируются требования к комплексу технических средств, а также практическое применение теоретических исследований с целью построения многоуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем предприятий связи. Поставленная цель определила необходимость решения следующих задач теоретического и практического характера:

1. Анализ класса информационно-связанных задач отрасли с последующей декомпозицией этих задач.

2. Обоснование и выбор в качестве вычислительных систем двухуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем на уровне отделений связи и трехуровневых на уровне узлов связи.

3. Исследование вычислительных комплексов как систем массового обслуживания с целью определения показателей производительности автоматизированных информационно-вычислительных систем различного уровня.

4. Разработка формального аппарата, позволяющего оценить возможность использования каналов связи и вычислительных средств, исходя из их стоимости

и пропускной способности, на основе которого возможен выбор структуры распределенной информационно-вычислительной сети.

5. Разработка эвристических процедур для реализации алгоритмов оптимизации выбора вычислительных средств проектируемых и модернизируемых автоматизированных информационно-вычислительных систем.

6. Исследование существующих информационных систем и обоснование в качестве основы интеграции различных многоуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем решений, основанных на принципах intranet.

Методы исследований. В качестве методов исследования используются элементы универсальной алгебры, теории графов, теории вероятностей и массового обслуживания, методы сетевого планирования и алгебраической теории информации.

Научная новизна основных результатов диссертации состоит в следующем:

1. Проведена декомпозиция информационно-связанных задач почтовой связи и на ее основе построено дерево функций Автоматизированной информационно-вычислительной системы почтовой связи. Проведенная декомпозиция целевой функции позволила осуществить новую схему процесса выбора структуры и комплекса технических средств автоматизированных информационно-вычислительных систем предприятий почтовой связи: на первом этапе — выбор топологической структуры сети передачи данных; на втором — распределение заданий, обрабатываемых вычислительными комплексами сети; на третьем — одновременный выбор комплекса технических средств сети передачи данных и вычислительных средств; на четвертом — оценка приемлемости выбранной топологической структуры сети передачи данных.

2. Проведенный анализ производительности одно-, двух- и трехуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем методами теории массового обслуживания позволяет получить зависимости среднего времени решения задачи в подобных системах, учитывая, в отличие от методов, предложенных ранее, уровень системной организации информационно-вычислительной системы.

3. Предложена схема решения задач, возникающих при расчете характеристик информационно-вычислительных систем (среднего времени реакции системы и ее стоимости): на первом этапе решается подзадача выбора параметров комплекса технических средств и распределения ресурсов вычислительных мощностей системы; на втором — подзадача расчета стоимостных характеристик или производительности информационно-вычислительных систем в зависимости от выбранного параметра. Разработана итерационная процедура совместного решения этих подзадач. При этом учтено, в отличие от уже существующих методов, что существует возможность получения оптимального рас-

пределения стоимости между вычислительными комплексами и сетью передачи данных автоматически при выборе параметров вычислительных комплексов и сети передачи данных. Этот метод позволяет снизить время разработки информационно-вычислительных систем в несколько раз.

4. С целью оптимального выбора вычислительных средств автоматизированных информационно-вычислительных систем проведены серии экспериментов и по их результатам предложены эвристические алгоритмы поиска наилучших решений на множестве допустимых решений. Их основное отличие от методов применявшихся ранее заключается в том, что они позволяют проводить пошаговую оптимизацию вычислительных комплексов, варьируя ресурсы вычислительной системы. Данные эвристические процедуры созданы для систем, находящихся на различных стадиях разработки и внедрения.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Полная автоматизация обработки и передачи по интегрированной корпоративной защищенной транспортной сети почтовой связи опережающего информационного потока возможна только при применении многоуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем на предприятиях почтовой связи.

2. Дерево функций Автоматизированной информационно-вычислительной системы почтовой связи, целевой функцией верхнего уровня которого является полная автоматизация решения информационно-связанных задач на предприятиях почтовой связи, является полным и непротиворечивым.

3. Процесс решения информационно-связанных задач в автоматизированных информационно-вычислительных системах адекватно описывается СМО типа  $M/M/1$  для одноуровневых систем, СМО типа  $M/M/m$  для двухуровневых систем, СМО типа  $M/M/\infty/n$  для трехуровневых систем.

4. Задачи выбора структуры автоматизированных информационно-вычислительных систем, их характеристик и оптимального распределения заданий по вычислительным мощностям являются взаимосвязанными. Предложенный метод итерационного совместного решения задач подобного класса является наиболее оптимальным.

5. Существующие методы решения задачи оптимизации ресурсов вычислительных комплексов автоматизированных информационно-вычислительных систем требуют больших временных и вычислительных ресурсов. Для преодоления подобных недостатков предложены эвристические алгоритмы нахождения значений близких к оптимальным на множестве допустимых решений с помощью пошаговой оптимизации.

6. Интеграция существующих и экспериментальных автоматизированных информационно-вычислительных систем, с целью объединения их в единую гетерогенную Автоматизированную информационно-вычислительную систему почтовой связи, возможна на основе технологий intranet. Подобные системы по-

зволяют создавать интегрированные решения для любой подсистемы Автоматизированной информационной системы почтовой связи, дают возможность защитить сеть от несанкционированного доступа и ускоряют доступ к информации, сохраняя при этом предыдущие наработки.

Личный вклад. Все основные научные результаты, изложенные в диссертации, получены автором лично.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Разработанные методы оценки и синтеза структур многоуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем использованы в научно-исследовательских разработках МТУСИ, выполненных по заказу Управления почтовой связи, при создании системы комбинированной компьютерной почты Российской Федерации. Результаты работы внедрены на ряде предприятий почтовой связи, что подтверждено соответствующими актами. Результаты диссертационной работы могут быть применены не только на почтовых предприятиях, но и на других предприятиях связи, где проектируются и создаются автоматизированные информационно-вычислительные системы обработки корпоративного документооборота с возможностью интеграции с другими корпоративными и глобальными сетями и системами.

Апробация работы. Основные результаты диссертации обсуждались на: Международном форуме информатизации МФИ-95 Всемирного конгресса ITPS-95 "Информационные технологии, системы, коммуникации и сети", г. Москва, Международная академия информатизации, 21 ноября 1995 г.; Юбилейной научно-технической конференции профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава, г. Москва, МТУСИ, 30-1 февраля 1996 г.; Международном форуме информатизации МФИ-96 Международного конгресса по информационным технологиям МКИТ-96 "Телекоммуникационные и вычислительные системы", г. Москва, Международная академия информатизации, 20 ноября 1996; Научно-технической конференции профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава, г. Москва, МТУСИ, 28-30 января 1997 г.; Международном форуме информатизации МФИ-97 Международного конгресса СТН-97 "Коммуникационные технологии и сети", г. Москва, Международная академия информатизации, 20 ноября 1997; Научно-технической конференции профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава, г. Москва, МТУСИ, 27-29 января 1998 г.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 18 работ.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 2 приложений. Диссертация содержит 142 страницы машинописного текста без учета списка литературы и приложений, 43 рисунка, список литературы содержит 115 наименований.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель работы и защищаемые положения, дается краткий обзор по главам диссертации.

В первой главе был проведен анализ информационных потоков в технологических процессах почтовой связи. Представлена функционально-структурная организация Автоматизированной информационно-вычислительной системы почтовой связи (АИВС ПС), основу которой составляет дерево функций системы, представляющее многоуровневую декомпозицию макрофункций АИВС ПС и состоящее из основных функций, предназначенных для реализации системой целевой функции, и дополнительных, обеспечивающих повышение эффективности уровня эксплуатации системы и устанавливающих возможности её модернизации и развития во времени и пространстве. Целевой функцией АИВС ПС является полная автоматизация решения информационно-связанных задач (ИСЗ) на предприятиях почтовой связи.

Проанализирован класс информационно-связанных задач и произведена декомпозиция ИСЗ АИВС ПС на функциональные подсистемы. Выбраны основные характеристики задач с учетом их возможного решения с помощью многоуровневых информационно-вычислительных систем.

После исследования емкостных и временных характеристик информационно-связанных задач были сформулированы основные требования к вычислительным мощностям и каналам связи многоуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем предприятий связи (МАИВС ПрС), проведен сравнительный анализ аппаратно-программных средств на базе МАИВС ПрС и определены границы применения этих средств для автоматизации решения ИСЗ.

Обоснована целесообразность использования одно-, двух- и трехуровневых АИВС в качестве основы построения вычислительных систем на предприятиях почтовой связи.

Проведен анализ принципов функционирования, выбор критериев функционирования распределенной информационно-вычислительной сети (РИВС) почтовой связи, предложена общая схема решения задачи выбора структуры и комплекса технических средств (КТС) РИВС ПС и были приведены исходные данные, определенные в виде:

— множества узлов сети, заданных своими координатами  $X = \{x_j\}$ ,  
 $Y = \{y_j\}$ ,  $j = \overline{1, N}$ ,  $N$  — число узлов;

— множества допустимых вариантов расположения вычислительных комплексов (ВК) в узлах сети  $P^r = \{P_j^r\}$ , где  $r$  — уровень системной архитектуры ( $r = \overline{1, 3}$ );



$$P_j^r = \begin{cases} P^r & \text{— если в } j\text{-ом узле обязательно должен стоять ВК с произ-} \\ & \text{водительностью } P^r; \\ -1 & \text{— если в } j\text{-ом узле ВК стоять не может;} \\ 0 & \text{— если на наличие ВК в } j\text{-ом узле не накладывается ограни-} \\ & \text{чений;} \end{cases}$$

— множества  $\overline{P^r} = \{\overline{P_j^r}\}$  возможных значений производительности ВК;

— множества допустимых вариантов расположения каналов связи сети

$$G = \{g_{ij}\}, \quad i, j = \overline{1, N}, \quad \text{где}$$

$$g_{ij} = \begin{cases} C & \text{— если между узлами } i \text{ и } j \text{ обязательно должен быть ка-} \\ & \text{нал связи } C_{ij}; \\ -1 & \text{— если между узлами } i \text{ и } j \text{ нельзя проложить канал связи;} \\ 0 & \text{— ограничений на существование канала связи между узлами } i \text{ и} \\ & j \text{ не накладывается;} \end{cases}$$

— множества возможных пропускных способностей каналов связи

$$\overline{C} = \{\overline{C_{ij}}\};$$

— множества функций стоимости элементов сети —  $\{d_{ij}\}$ ;

— множества среднего объема сообщений, передаваемых по сети —  $1/\mu$ ;

— множества среднего объема задач, решаемых в ВК сети —  $1/V$ ;

— множества интенсивностей возникновения задач в узлах сети

$$S = \{S_i\}, \quad i = \overline{1, N};$$

— ограничения на среднее время реакции сети  $T$ ;

— ограничения на стоимость сети  $D$ .

Необходимо определить: топологическую структуру сети в виде графа  $G$ , который задает производительности ВК и пропускные способности каналов связи, при удовлетворении следующих условий:

минимизировать  $T$  при ограничениях на  $D$ ,  $P^r$ ,  $G$  или

минимизировать  $D$  при ограничениях на  $T$ ,  $P^r$ ,  $G$ .

Во второй главе рассматривается решение задачи выбора структуры и основных характеристик комплекса технических средств распределенных информационно-вычислительных систем предприятий почтовой связи на начальных этапах проектирования.

На первом этапе был проведен анализ одно-, двух- и трехуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем предприятий почтовой связи в пакетном и диалоговом режиме, позволивший выявить основные соотношения для расчета производительности АИВС ПрС различных системных архитектур.

Проведенный анализ позволил получить зависимость среднего времени решения информационно-связанных задач  $t_{\text{вып}}$  от интенсивности поступления задач в МАИВС ПрС, заданной через  $\kappa = 1/\lambda_{\text{вх}}T$ :

$$t_{\text{вып}} = T \frac{1 - \left(\frac{1}{gk}\right)^H \left[ H \left(1 - \frac{1}{gk}\right) + 1 \right]}{g \left[ 1 - \left(\frac{1}{gk}\right)^H \right] \left[ 1 - \left(\frac{1}{gk}\right) \right]}$$

где  $T$  — время выполнения (с);

$\lambda_{\text{вх}}$  — интенсивность поступления задач в МАИВС ПрС (1/с);

$H$  — максимальное количество одновременно решаемых задач в МАИВС ПрС;

$g$  — усредненное значение отношения производительности для всех  $H$  задач, которое определяется для МАИВС ПрС различного уровня.

$$g = \beta \frac{\sum_{i=1}^H i R_i}{H},$$

где  $i$  — количество информационно-связанных задач в системе;

$R_i$  — коэффициент относительного удлинения времени выполнения задачи  $i$  при параллельном (мультипрограммном) выполнении  $H$  задач, рассчитываемый по формуле

$$R_i = \frac{i - \left(\frac{d}{1-d}\right)^2 + \left(\frac{d}{1-d}\right)^i - i \left(\frac{d}{1-d}\right)^{i+2}}{\left(1 + \left(\frac{d}{1-d}\right)\right) \left[ 1 - \left(\frac{d}{1-d}\right)^{i+1} \right]},$$

( $d$  — относительная доля времени работы процессора при решении задачи  $i$ );

$\beta$  — коэффициент, учитывающий уровень системной архитектуры и определяемый из таблицы:

Уровень системной архитектуры МАИВС ПрС ( $r$ )	$\beta$	Примечание
1 (Одноуровневые МАИВС ПрС)	1	
2 (Двухуровневые МАИВС ПрС)	$2m$	$m$ — количество процессоров на сервере МАИВС ПрС
3 (Трехуровневые МАИВС ПрС)	$n$	$n$ — количество пользователей МАИВС ПрС

Подобные зависимости позволяют оценивать производительность ВК МАИВС ПрС  $P'$ .

Для проверки приемлемости структуры МАИВС ПрС необходимо рассчитать две основные характеристики: время решения задачи в информационно-вычислительной системе и стоимость АИВС. С этой целью на втором этапе был произведен выбор характеристик комплексов технических средств РИВС ПС и предложены критерии оценки показателей функционирования АИВС. Первый критерий — минимизация среднего времени реакции системы. Минимально возможная величина реакции сети при оптимально выбранных из непрерывного ряда значений  $C_i$  и  $P'_j$  определяется как

$$T = \frac{1}{\gamma D_e} \left( \sum_{i=1}^M \sqrt{\frac{2\lambda_i d_i}{\mu}} + \sum_{j=1}^N \sqrt{\frac{\gamma_j K_j}{V}} \right)^2,$$

где  $D_e$  — добавочная стоимость сети;

$\gamma$  — матрица интенсивностей поступления ИСЗ в ВК сети;

$\lambda_i$  — матрица интенсивностей потоков по каналам связи сети;

$K_j(P'_j)$  — функция стоимости  $j$ -го ВК с производительностью  $P'_j$ ;

$N$  — количество вычислительных комплексов (узлов) сети;

$M$  — количество каналов сети.

Второй критерий — минимизация стоимости сети. Эта задача является обратной задаче, рассмотренной выше.

Минимально возможная величина стоимости сети, обеспечивающая заданное значение среднего времени реакции сети при оптимально выбранных из непрерывного ряда значений  $C_i$  и  $P'_j$ , определяется как

$$D = \sum_{i=1}^M (d_{i0} + d_i \frac{\lambda_i}{\mu}) + \sum_{j=1}^N (k_{j0} + k_j \frac{\gamma_j}{V}) + \frac{1}{T_{\max} \gamma} \left( \sum_{i=1}^M \sqrt{2\lambda_i d_i} + \sum_{j=1}^N \sqrt{\gamma_j K_j} \right) \left( \sum_{i=1}^M \sqrt{\frac{2\lambda_i d_i}{\mu}} + \sum_{j=1}^N \sqrt{\frac{\gamma_j K_j}{V}} \right),$$

где  $d_i(C_i)$  — функция стоимости  $i$ -го канала связи с пропускной способностью  $C_i$ ;

$d_{i0}$  и  $K_{j0}$  — положительные начальные стоимости каналов связи и ВК МАИВС ПрС соответственно.

В результате решения этих задач на возможные значения параметров КТС не накладывается никаких ограничений, т.е. возможные значения параметров КТС АИВС распределены непрерывно. Однако на практике выбор типов ВК, каналов связи, устройств концентрации и коммутации осуществляется

из конечного множества. Следовательно, задача выбора параметров КТС является целочисленной.

Рассмотрим непрерывное решение  $V^H$  задачи выбора параметров КТС при минимизации среднего времени реакции сети.

Выберем в решении  $V^H$  наиболее загруженный элемент  $\pi_i^H$ . Из теории массового обслуживания известно, что с увеличением нагрузки  $\rho$  увеличивается и время пребывания в системе, причем скорость увеличения времени возрастает с увеличением загрузки. Значит элемент  $\pi_i^H$  с максимальной загрузкой  $\rho_i$  вносит наибольший вклад в среднее время реакции сети. Поставим в соответствие элементу  $\pi_i^H$  значение из дискретного ряда  $\pi_i^C$  так, что  $\pi_i^C : \min |\pi_i^C - \pi_i^H|$  и будем рассматривать значение  $\pi_i^C$  в качестве элемента решения  $V^C$ . В полученном решении  $V_i^H$  выбираем элемент с максимальной загрузкой (не считая  $\pi_i^C$ ) и заменим его дискретным значением. Процедура повторится до тех пор, пока не будут распределены значения всех элементов.

В третьей главе проведен анализ подходов к оптимизации распределения заданий обрабатываемых в ВК МАИВС ПрС.

Проблема эффективного распределения информационно-связанных задач по имеющимся вычислительным средствам является одной из важнейших задач МАИВС ПрС. Задача распределения заданий, обрабатываемых в ВК МАИВС ПрС сети, рассматривается как подзадача при оценке приемлемости топологической структуры сети. В третьей главе предлагается использовать эвристические методы, которые не гарантируют нахождения оптимального значения, но позволяют находить близкие к оптимальным решения при значительной экономии временных затрат.

Множество вариантов, по которым может быть выполнена работа  $w \in W$ , в общем случае представляется в виде

$$M_w = \{m_w^1, m_w^2, \dots, m_w^d, \dots, m_w^{\chi(w)}\},$$

где  $d = \overline{1, \chi(w)}$  означает номер варианта выполнения работы  $w \in W$ , что соответствует определенному набору устройств ВК МАИВС ПрС.

Предположим известной стоимость  $C_{m_w}$  каждого варианта  $m_w^d \in M_w$ . В множество  $M_w$  входят варианты, упорядоченные по возрастанию их стоимости (уменьшению продолжительности выполнения работы). Будем говорить, что вариант  $m_\beta^d$  доминирует над вариантом  $m_\alpha^k$  ( $m_\beta^d > m_\alpha^k$ ), если  $\xi_{jd}^\beta > \xi_{jk}^\alpha$  ( $j = \overline{2, v}$ ), где  $\xi_{jd}^\beta$ ,  $\xi_{jk}^\alpha$  — число устройств  $j$ -го типа, необходимое для выполнения работ  $w_\beta$  и  $w_\alpha$  соответственно вариантами  $m_\alpha^k$  и  $m_\beta^d$ .  $v$  — общее коли-

чество типов потребляемых ресурсов, и хотя бы для одного  $j$  имеет место строгое неравенство.

Задача формулируется следующим образом: минимизировать

$$F = \sum_{j=1}^{\nu} C_j \Phi_j,$$

$$\text{где } \Phi_j = \max_{[0, T]} f_j \left[ \sum_{w \in W} \sum_{m \in M_w} \rho_w(t) x_w^m \xi_{jm}^w \right], \quad j = \overline{1, \nu};$$

$$\rho_w(t) = \eta(t - t_w^0) - \eta(t - t_w^1);$$

$$\eta(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } t \geq 0; \\ 0, & \text{если } t < 0; \end{cases}$$

$t_w^0, t_w^1$  — соответственно начало и конец интервала времени выполнения работы  $w \in W$

$$x_w^m = \begin{cases} 1, & \text{если работа } w \in W \text{ выполняется согласно варианту } m \in M_w; \\ 0, & \text{если иначе;} \end{cases}$$

$f_j = f_j[z_j]$  — функция, определяющая число устройств  $j$ -го типа в зависимости от суммарного потребления ресурса  $z_j$  на интервале  $[0, T]$ , в течение которого планируется работа ВК МАИВС ПрС (как видно из определения функция  $f_j$  является ступенчатой);

$f_j(t)$  — значение функции  $f_j = f_j[z_j]$  в момент времени  $t \in \overline{0, T}$ .

Алгоритм оптимизации состава оборудования ВК в диссертационной работе состоит из пяти шагов.

Шаг 1. Для пронумерованного сетевого графа ( $m \in M_w; w \in W$ ) проверить возможно ли выполнение работ при заданных  $T_{w0}^0, T_{w0}^1$ , где  $T_{w0}^0$  и  $T_{w0}^1$  директивное время, соответственно, начала и окончания работы  $w$ .

Шаг 2. Проверить условие  $T_w^0 + \tau_{wm} \leq T_w^1$ . ( $\tau_{wm}$  — продолжительность выполнения работы  $w$ ).

Шаг 3. Определить работу  $w \in W$ , выполняемую на текущем шаге вариантом  $m_w^d$ , такую, для которой стоимость ее выполнения вариантом  $m_w^{d-1}$  больше, чем для других работ при аналогичном переходе к следующему по стоимости варианту. Вычислить  $T_w^0, T_w^1$ , ( $w \in M_w$ ). Проверить условие  $T_w^0 + \tau_{wm} \leq T_w^1$ .

Если хотя бы одно условие не выполняется нужно выбрать более дорогой вариант или изменить почтовый технологический процесс.

Шаг 4. Произвести сглаживание потребляемых ресурсов.

В алгоритме сглаживания уровней потребляемых ресурсов используется эвристический метод поиска оптимума целевой функции  $F$ .

Начало всех работ устанавливается в наиболее ранние возможные сроки. Затем составляется список критических работ. Критические работы могут выбираться по различным критериям (работы с наименьшим полным резервом времени, работы с наибольшим значением загрузки  $j$ -го ресурса и др.) в зависимости от выбранной эвристики. Далее производится сдвиг критических работ. Если начальные условия соответствуют всем ограничениям, то производится проверка целевой функции  $F$ . Если целевая функция улучшена, то  $h_i$  ( $h$  — допустимое решение,  $i$  — номер итерации) запоминается и проверяется возможность дальнейших преобразований. Если преобразования не исчерпаны, то составляется новый список работ с новыми начальными условиями и алгоритм повторяется на новой итерации. Если все преобразования исчерпаны, то последнее запомненное значение  $h_i$  объявляется оптимальным и происходит останов.

Шаг 5. Определить каждой работе такой уровень приоритета ( $\Pi$ ), чтобы ни одна из них не захватывала ни один ресурс целиком.

В данной диссертационной работе предлагается давать каждой работе не строго определенное число  $\Pi$ , чтобы избежать привязки к определенной операционной системе (ОС), а относительное значение, которое затем может быть модифицировано для конкретной ОС.

С целью повышения эффективности работы эвристических алгоритмов задачи были разбиты на несколько групп для АИВС, работающих в различных режимах и находящихся на разных стадиях разработки. Проведенные серии экспериментов дали возможность уточнить некоторые параметры и позволили дать рекомендации к использованию различных вариантов алгоритмов.

Совместное использование результатов изложенных во второй и третьей главах позволили создать эффективные методы расчета МАИВС ПрС на начальных стадиях проектирования.

В четвертой главе рассматриваются вопросы практической реализации МАИВС на предприятиях связи различного уровня.

Решение задачи создания в кратчайшие сроки АИВС ПрС возможно путем фрагментарного внедрения отдельных МАИВС ПрС, объединенных друг с другом с помощью сетей пакетной коммутации.

Принципы, заложенные в основу построения МАИВС ПрС, предусматривают возможность их естественной эволюции от внеуровневых и одноуровневых систем к двухуровневым в отделениях связи и от двухуровневых к трех-

уровневым в узлах связи. Подобный переход будет совершенно закономерным по мере расширения сферы предоставляемых услуг, роста объемов и изменении вида передаваемой информации, перехода на более совершенные линии связи и развития глобальной сети Internet.

Проведенный в данной главе анализ аппаратно-программных средств разработки МАИВС ПрС различных производителей показал, что с целью построения гетерогенных МАИВС на предприятиях почтовой связи различного уровня необходимо использовать принципы intranet: применение в качестве интегрирующего протокола протокол ТСР/Р, поддержка открытых стандартов Internet (FTP, SMTP/POP3 и др.), ограничение доступа для некорпоративных пользователей.

С целью снижения издержек на создание защищенной корпоративной сети почтовой связи следует использовать системы, основанные на принципах виртуальных частных сетей, в которых в качестве среды передачи используются относительно дешевые каналы глобальной сети Internet и обеспечивается приемлемый уровень безопасности для многих почтовых подсистем, исключая подсистемы обработки денежных переводов и финансовой информации.

В заключение можно сказать, что АИВС ПС построенная как совокупность МАИВС почтовых предприятий различного уровня позволит решать информационно-поисковые, транспортные, учетно-статистические и экономические информационно-связанные задачи в масштабе отрасли.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Одной из важнейших задач обеспечения полной автоматизации решения информационно-связанных задач на предприятиях почтовой связи является разработка многоуровневых автоматизированных информационно-вычислительных систем на основе применения современной вычислительной техники, новых информационных технологий и средств передачи данных. При выполнении анализа МАИВС ПрС определен комплекс проблем и направления их решения. При разработке и исследовании методов решения подобных задач были получены следующие результаты:

1. Автоматизированная обработка электронных почтовых документов и передача информационного потока средствами электросвязи по сетям пакетной коммутации, в соответствии с технологическими процессами на предприятиях и между предприятиями почтовой связи, позволит снизить себестоимость традиционных услуг почтовой связи в среднем на 20%, повысить контроль за прохождением почтовых отправок и предоставить новые почтовые услуги, повышая конкурентоспособность отрасли в условиях рыночных отношений.

2. Декомпозиционный анализ макрофункций АИВС ПС, представленный деревом функций, позволит сделать вывод об их неизменности, несмотря на разнообразие и эволюцию технических средств.

3. Предложена новая схема процесса выбора и оценки структуры и КТС ИВС ПС, позволяющая значительно сократить продолжительность и трудоемкость этапа проектирования; сформулированы возникающие на этом этапе подзадачи.

4. Рассмотрев работу вычислительных комплексов одно-, двух- и трехуровневых АИВС ПрС сначала в пакетном режиме, а затем в режиме реального времени, удалось получить довольно простые зависимости роста производительности АИВС ПрС от уровня системной архитектуры.

5. Предложена методика комбинированного решения проблемы одновременного определения оптимальных величин производительности вычислительных комплексов и пропускных способностей каналов связи передачи данных. На первом этапе с помощью классических методов поиска экстремума находится решение для непрерывного распределения переменных. На втором этапе это решение преобразуется в решение с дискретными переменными, которые соответствуют типовым рядам производительность ВК и пропускной способности каналов связи сети передачи данных (СПД) ПС.

6. Разработан итерационный метод решения задачи совместного выбора основных параметров КТС и распределения информации для заданной топологической структуры АИВС ПрС, позволивший сократить общее время решения задачи в несколько раз.

7. Предложены новые эвристики для выбора оптимальной комплектации ВК МАИВС ПрС, что позволило по результатам серии экспериментов выработать рекомендации по их применению в различных задачах проектирования и модернизации МАИВС ПрС.

8. Обзор существующих средств разработки АИВС ПС и анализ тенденций развития специализированных аппаратно-программных средств почтовой связи позволили утверждать, что объединяющей средой для МАИВС ПрС различного уровня в масштабах предприятий связи и отрасли в целом будут сети передачи данных на основе протокола ТСП/Р и МАИВС построенные на принципах intranet.

#### ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Андрюков А.А. Анализ многоуровневых автоматизированных информационных систем для решения информационно-связанных задач на предприятиях связи. — М.: ЦНТИ "Информсвязь", №2119, 1998, с. 20-28.
2. Андрюков А.А. Анализ одно-, двух- и трёхуровневых автоматизированных информационных систем в режиме реального времени. — М.: ЦНТИ "Информсвязь", №2119, 1998, с. 10-19.
3. Андрюков А.А. Архитектуры современных информационных сетей. Темы докладов на научно-технической конференции профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава. — М.: МТУСИ, 1997.



4. Андрюков А.А. Варианты архитектур корпоративных сетей почтовой связи в системе АИС ПС. Тезисы докладов на Международном форуме информатизации МФИ-96 Международного конгресса по информационным технологиям МКИТ-96 "Телекоммуникационные и вычислительные системы". — М.: Международная академия информатизации, 1996.
5. Андрюков А.А. Обзор базовых концепций электронной почты. Тезисы докладов на Международном форуме информатизации МФИ-95 Всемирного конгресса ITPS-95 "Информационные технологии, системы, коммуникации и сети". — М.: Международная академия информатизации, 1995.
6. Андрюков А.А. Обработка сообщений в центре комбинированной почты. — М.: ЦНТИ "Информсвязь", №2068, 1995, с. 100-106.
7. Андрюков А.А. Общее назначение, основные выполняемые функции и возможности ПКТ "Дон". Некоторые особенности технологических операций. — М.: ЦНТИ "Информсвязь", №2077, 1996, с. 29-39.
8. Андрюков А.А. Операционные системы для центра комбинированной почты. — М.: ЦНТИ "Информсвязь", №2077, 1996, с. 46-56.
9. Андрюков А.А. Процесс решения информационно-связанных задач с помощью многоуровневых автоматизированных информационных систем в режиме пакетной обработки. — М.: ЦНТИ "Информсвязь", №2119, 1998, с. 29-36.
10. Андрюков А.А. Способы взаимодействия систем электронной почты. Тезисы докладов на Международном форуме информатизации МФИ-95 Всемирного конгресса ITPS-95 "Информационные технологии, системы, коммуникации и сети". — М.: Международная академия информатизации, 1995.
11. Андрюков А.А. Трехуровневая модель сетевых вычислений в АИС ПС. Тезисы докладов на научно-технической конференции профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава. — М.: МТУСИ, 1998.
12. Андрюков А.А. Электронная почта и современные операционные системы. Тезисы докладов на юбилейной научно-технической конференции профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава. — М.: МТУСИ, 1996.
13. Воронин В.Г., Титов Е.В., Андрюков А.А. Автоматизация почтово-кассовых операций с использованием почтово-кассового терминала "Дон". Тезисы докладов на Международном форуме информатизации МФИ-96 Международного конгресса по информационным технологиям МКИТ-96 "Телекоммуникационные и вычислительные системы". — М.: Международная академия информатизации, 1996.
14. Воронин В.Г., Титов Е.В., Андрюков А.А. Реализация новых информационных технологий на базе почтово-кассовых терминалов нового поколения. Тезисы докладов на Международном форуме информатизации МФИ-97 Международного конгресса СТН-97 "Коммуникационные технологии и сети". — М.: Международная академия информатизации, 1997.

15. Мамзелев И.А., Андрюков А.А. Internet-сервисы — составная часть системы АИС ПС. Тезисы докладов на Международном форуме информатизации МФИ-97 Международного конгресса СТН-97 "Коммуникационные технологии и сети". — М.: Международная академия информатизации, 1997.
  16. Мамзелев И.А., Андрюков А.А. Взаимодействие протокольных объектов электронной почты в системе АИС ПС. Тезисы докладов на научно-технической конференции профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава. — М.: МГУСИ, 1997.
  17. Мамзелев И.А., Андрюков А.А. Протокольные объекты электронной почты в системе АИС ПС. Тезисы докладов на Международном форуме информатизации МФИ-96 Международного конгресса по информационным технологиям МКИТ-96 "Телекоммуникационные и вычислительные системы". — М.: Международная академия информатизации, 1996.
  18. Титов Е.В., Воронин В.Г., Андрюков А.А. АРМ отделения связи. Почтовомассовый терминал "Электроника МС0307" ("Дон"). Тезисы докладов на юбилейной научно-технической конференции профессорско-преподавательского, научного и инженерно-технического состава. — М.: МГУСИ, 1996.
-