

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА  
ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

---

*На правах рукописи*

**БАЛАМИ ГАСЫМ ОГЛЫ ИСМАЙЛОВ**

**РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ  
РАЗНОТИПНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ**

**3338.01 – Системный анализ, управления и обработка  
информации (по отраслям)**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук**

**БАКУ – 2015**

Работа выполнена в Сумгаитском Государственном Университете и в Национальной Академии Авиации.

**Научный консультант:**

член-корреспондент НАН Азербайджана,  
доктор технических наук, профессор

А.З.Меликов

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, профессор  
доктор технических наук  
доктор технических наук, профессор

К.Е.Самуйлов  
И.М.Алиев  
А.Н.Гасанов

**Ведущая организация:**

Институт информационных технологий НАН Азербайджана

Защита состоится «27» ноября 2015 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 01.121 при Институте систем управления НАН Азербайджана. Адрес: AZ 1141, г. Баку, ул. Б. Вахабадзе 9.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке при Институте систем управления НАН Азербайджана.

Автореферат разослан «26» октября 2015 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета  
Д 01.121 доктор философии по математике,  
доцент

А.Б.Пашаев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Создание компьютерных сетей и построение на их основе систем обработки данных является одним из основных компонентов информационной инфраструктуры промышленно развитых стран. С целью развития информационной инфраструктуры в нашей республике создаются сети различного назначения, которые объединяются между собой и имеют выход в Internet. Эти сети в настоящее время широко применяются в различных областях практической деятельности, наиболее интенсивно ведутся исследования в области применения корпоративных распределенных сетей (РС) с территориально распределенными объектами различного назначения. Сети названных объектов являются совокупностью технических и программных средств, обеспечивающих обслуживание сообщений от многочисленных разнородных источников. Поэтому эффективность управления этих объектов, определяется, в основном, эффективностью и надежностью работы таких сетей.

Однако, несмотря на широкое внедрение различных компьютерных сетей, научные аспекты проблемы разработки прикладных методов проектирования и построения распределенных компьютерных сетей изучены недостаточно. В связи с этим при решении проблемы создания РС, отвечающих современным требованиям, предъявленным к сетям, одним из главных вопросов является разработка и внедрение в практику прикладных методов моделирования, позволяющих повысить качество функционирования таких сетей.

В области проектирования сетей активные исследования проводили Аббасов А.М., Глушков В.М., Дэвис Д., Ершов А.П., Новиков Ю.В., Зайченко Ю.П., Якубайтис Э.А. и др. Основной целью этих исследований являлась разработка положений и научно обоснованных решений, позволяющих эффективно построить такие сети. В качестве математических моделей сетей и отдельных ее узлов применяли сети и системы массового обслуживания (СМО).

В классических теориях хорошо изучены модели Марковских СМО с постоянными параметрами. Однако анализ реальных условий функционирования РС широкого назначения показал, что в них одновременно обслуживаются разнотипные сообщения с различными уровнями важности и «терпеливости». Эти обстоятельства сделали

актуальными исследования моделей многопоточковых СМО. В этом направлении важные результаты получены в работах Башарина Г.П., Вишневого В.М., Дудина А.Н., Меликова А.З., Назарова А.А., Пономаренко Л.А., Самуйлова К.Е., Степанова С.Н., Коваленко И.Н., Королюка В.С. и их учеников. Адекватными математическими моделями таких сетей являются смешанные СМО, имеющие на входе «терпеливые», «менее терпеливые» и «нетерпеливые» сообщения.

Актуальной является проблема исследования РС разнотипных информационных потоков с применением методов теории массового обслуживания для СМО смешанного типа, и разработка численных методов анализа характеристик РС, позволяющих осуществлять построение этого класса сетей.

В связи с высокой сложностью современных РС проектировщику очень трудно проанализировать состояние разрабатываемой сети на основе каких-либо показателей эффективности. Попытка интуитивно выбрать вариант интеграции разнородных программно-технических средств и характеристики проектируемой системы может привести к существенной потере производительности на этапе эксплуатации и большим затратам на доработку РС. Поэтому разработка теоретических методов, позволяющих исследовать топологической структуры (ТС) РС, изучение РС с динамическими приоритетами, исследование системы защиты информации (СЗИ) в РС, анализ и тестирование аналитических и имитационных моделей СМО смешанного типа, оценивание адекватности аналитической модели к исследуемому объекту и построение РС на основе обоснованных критериев эффективности функционирования РС, а также доведение эти методы до возможного практического использования является актуальной и важной задачей.

**Цель работы** состоит в разработке системы таких моделей и методов исследования узлов РС обслуживания разнотипных информационных потоков, которые обеспечивают адекватное описание функционирования реальных процессов обслуживания в сети.

С учетом сформулированной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ, обобщение и развитие теоретических положений, методов и алгоритмов расчета и оптимизации моделей РС обслуживания разнотипных информационных потоков;

- разработка новых и эффективных методов анализа РС обслуживания разнотипных информационных потоков с целью получения оптимальных характеристик сети;
- разработка методов исследования пунктов сети и получение алгоритмов анализа характеристик сети;
- разработка эффективных численных методов исследования РС обслуживания разнотипных информационных потоков;
- разработка методов исследования характеристик СЗИ в РС;
- разработка адекватных математических моделей корпоративных РС с целью повышения точности оценки характеристик сети обслуживания;
- разработка моделей, методов анализа и синтеза структур корпоративных РС обслуживания.

**Методы исследований.** Для достижения поставленной цели использованы методы системного анализа, теории вычислительных систем и сетей, теории массового обслуживания, математического программирования, методы теории телетрафика, элементы теории графов, методы имитационного моделирования и экспериментальные исследования объекта управления.

**Научная новизна.** В работе впервые предпринята попытка охватить теоретические вопросы реализации разработки РС обслуживания разнотипных информационных потоков. Полученные теоретические и прикладные результаты позволяют обобщить и решить проблемы, связанные с разработкой РС.

Основные результаты работы, представленные к защите и имеющие научную новизну, заключаются в следующем:

1. Разработаны аналитический и алгоритмический методы расчета характеристик модели ТС РС и определены их условия применения. Предложены алгоритмы построения РС, основанные на принципах Р. Прима, методе Мартина и методе анализа характеристик иерархической сети.
2. Разработаны модели и алгоритмы вычисления оптимальных характеристик РС: с циклическим правилом обслуживания с полным освобождением буфера; с большой и малой интенсивностью поступления сообщений; при синхронном и асинхронном режиме работы компьютеров; с однородных и

разнородных компьютеров; имеющие взаимодействия запросов с использованием ОП.

3. Предложен подход к исследованию характеристик СЗИ в РС в рамках классификации возможных угроз сети на основе некоторых характерных особенностей. Разработаны модель и алгоритм вычисления характеристик СЗИ, которые позволяют исследовать их поведение при любых диапазонах изменения структурных и нагрузочных параметров модели.
4. Предложены модели и алгоритмы для нахождения оптимальных значений параметров динамических приоритетов сообщений в РС, зависящих от времени ожидания сообщений в очереди. Разработаны модели и алгоритмы исследования РС с фиксированными приоритетами, приоритетами с зависимой задержкой, РС со смешанными приоритетами.
5. Разработаны модели и методы для расчета оптимальных значений параметров динамических приоритетов в РС с двумя типами сообщений, где функция приоритетности имеет мультипликативный вид и модели РС с групповым обслуживанием.
6. Разработаны алгоритмы и программы имитационных моделей РС обслуживания разнотипных информационных потоков. Предложены и разработаны алгоритмы анализа и тестирования моделей РС, позволяющие оценивать адекватность аналитической модели к исследуемому объекту.
7. Разработаны методические рекомендации («Методическое руководство по построению РС объектов нефтегазодобычи») и три методических указания, которые используются в учебном процессе.

**Практическая ценность работы** заключается в том, что использование разработанных в ней методов, моделей, алгоритмов и программных средств позволяет существенно повысить эффективность функционирования РС на стадии ее эксплуатации за счет реализации алгоритмов обслуживания. Использование результатов работы позволяет осуществить решение проблемы построения РС объектов нефтегазодобычи.

**Реализация результатов работы.** Результаты диссертации реализованы в виде «Методического руководства по проектированию РС обслуживания объектов нефтегазодобычи», которые приняты к внедрению управлением «Информационных технологий и связи» Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики

с целью применения на различных объектах нефтегазодобычи и трех методических указаний, которые используются в учебном процессе по дисциплине «Компьютерные сети», «Компьютерные сети и построение ОС» СГУ («Компьютерные сети» г. Сумгаит, 1999г.); «Компьютерные сети и сетевые ОС», «Принципы построения и перспективы развития вычислительных сетей», «Компьютерные сети и администрирование» Бакинского Государственного Университета («Методы построения информационных сетей» г. Баку, 1999г.); «Использование компьютеров в процессе обучения» СГУ («Использование компьютеров в процессе обучения» г. Сумгаит, 2001г.). Отдельные результаты работы могут быть внедрены в составе ряда корпоративных и ведомственных распределенных сетей производственного назначения.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на следующих конференциях и семинарах: XIII Белорусской зимней школе-семинаре ТМО «Математические методы исследования телекоммуникационных сетей» Минск 1997); конференции «Новые информационные технологии и проблемы прикладной математики» (Баку, 1997); I республиканской НПК (Баку 1997); Научной конференции профессорско-учительского состава Азербайджанского индустриального института (Сумгаит, 1997); III международной электронной научной конференции Воронежского Государственного Педагогического Университета (Воронеж, 2000); International Conference on Control Automatics-2000 Ukrainian Association of Automatic Control, (Lvov, 2000); International Conference Internet-Education-Science (IES)-2000 Vinnitsa-Ukraine 2000; VIII международной открытой научной конференции «Современные проблемы информатизации в технике и технологиях» (Воронеж, 2003); Республиканской научной конференции «Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий (Баку, 2003); IX международной открытой научной конференции «Современные проблемы информатизации в системах моделирования, программирования и телекоммуникациях» (г. Воронеж, 2004); International Conference «IES» (Baku, Vinnitsa, Veliko Turnovo) IES-2004; X международной электронной научной конференции «Новые технологии в образовании» (Воронеж, 2005); Республиканской научной конференции «Прикладные задачи математики и новые информационные технологии» (Сумгаит, 2007); International Confer-

ence IES -2008 Vinnitsa-Ukraine 2008; the third international Conference «Problems of Cybernetics and Informatics» Baku, Azerbaijan 2010; international Conference Internet-Education-Science IES-2010 Vinnitsa Ukraine 2010; Республиканской научной конференции, LSU, Ленкорань, 2011, V международной НТК «Компьютерные системы и ИТ» (Киев, 2012), international Conference IES-2012 Vinnitsa-Ukraine 2012; I республиканской НПК по проблемы информационной безопасности посвященной 90-летию Г.А.Алиева, Баку, 2013, VI международной НТК «Компьютерные системы и ИТ» (Киев, 2013), МНТК «CSNT-2013», НАУ, Киев, 2013, VII МНТК «CSNT-2014», НА НУ, Киев, 2014.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 46 научных работ, из которых 25 - научные публикации ( из которых 10 - без соавторов), 21 - тезисы материалов конференций. Основные научные результаты освещены в работах, приведенных в списке публикации автореферата.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Основное содержание работы изложено на 240 страницах, включая 27 рисунков и 42 таблицы, списка литературы из 212 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, приведены основные защищаемые положения, определены научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

**В первой главе** проведен анализ характерных особенностей РС для дальнейшего исследования. Разработана иерархическая структура телекоммуникационной сетевой архитектуры с учетом роли систем локальной и городской сети, требующих эффективные методы для совместного использования системных коммуникационных ресурсов, узлов и каналов.

Сеть включает терминалы, которые функционируют на основе процессорных исполнений в минимальном объеме и размещаются в непосредственной близости с технологическим объектом управления, и промежуточные пункты, координирующие работу подключенных к нему  $T_i$  и осуществляющие окончательную обработку информации и пунктов управления. Промежуточные пункты выполняют



отображение и регистрацию данных, поступающих от  $T_i$  для нужд оператора и документирования, обновляют базы данных для решения функциональных задач, а также осуществляют обмен информацией с пунктом управления. Промежуточные пункты являются основным звеном сети. Ими координируется взаимодействие всех ее звеньев, а также в них же содержится необходимая база данных для всех звеньев сети.

На пункт управления возлагаются функции приема информации со всех ее звеньев, решение глобальных задач объекта управления, и решение проблем, связанных с управляющими параметрами.

Исследованы принципы построения звеньев сети и предложено использование важнейших элементов современных сетевых технологий как сервер и клиент. Определены возможности применения целесообразных сетевых структур (шинных, звездообразных, кольцевых, смешанных и т. д.) при построении РС. Анализированы роли разветвленной системы передачи данных, которая обеспечивает связь между уровнем сети по линиям связи различной конфигурации (радиальную, кольцевую, смешанную и т. д.), и изучены вопросы выбора этих структур в зависимости от характера и расположения объекта управления.

Исследуемые РС рассмотрены как сети массового обслуживания с тремя взаимосвязанными подсетями: сети передачи данных, промежуточными и центральными узлами управления и сетью терминалов.

Основными характеристиками такой сети являются производительность, надежность, время доставки сообщений, стоимость обработки и степень защиты информации. Эти характеристики зависят от структурной и функциональной организации сети, а также от нагрузки, создаваемой пользователями.

Выявлено, что в существующих РС практически недостаточно использовано преимущество современных программных технологий для обмена между территориально-распределенными пунктами. Кроме того, недостаточно использованы методы обеспечения безопасности информации, организации приоритетных систем с учетом характеристик потока информации и т. д.

Определены основные принципы организации и построения сетей с применением элементов теории сетей. В основу этих принципов положено совместное использование информации, аппаратных

средств, программных ресурсов, сохранение, защиты информации и т.д.

В РС могут быть использованы системы с потерями, системы с ограниченным и неограниченным ожиданием. При расчете характеристик обслуживающих пунктов сетей предполагают, что потоки сообщений, поступающие на эти системы, являются простейшими, так как данное предположение позволяет исследователям получить формулы, пригодные для инженерного применения.

В современных сетях распределения потоков различных сообщений между пунктами зависит от многих факторов и практически изучены недостаточно. Анализ показывает, что в существующих сетях объем потоков сообщений между пунктами зависит, в основном, от топологии, от числа пунктов управления, на ареале размещения этих пунктов и от насыщенности этих пунктов обслуживания.

Исследован процесс обслуживания потока сообщений в РС. Под процессом обслуживания в РС понимается передача, прием и связанное с ним обслуживание сообщения. Время обслуживания информации в каждом пункте зависит от структуры конкретного пункта и зачастую является случайной величиной.

Основываясь на анализах существующих работ можно предполагать, что время обслуживания сообщений в пунктах РС распределено по показательному закону. Показательное распределение хорошо описывает многие процессы обслуживания в распределенных системах обслуживания. Математическое исследование процессов, описываемых показательным распределением, оказывается наиболее простым, так как в этом случае можно воспользоваться результатами теории Марковских процессов. Плотность распределения вероятностей времени обслуживания, описывающая длину промежутка времени необходимого для наблюдения поступающих сообщений является семейством распределения Эрланга, изменяется в очень широком диапазоне, поэтому она является чрезвычайно полезной для аппроксимации эмпирических и даже теоретических распределений.

Задача исследования РС связана с изучением множества переменных, которые изменяются в зависимости от структуры сети. Конкретное обсуждение всех этих факторов возможно на базе единого

критерия. Поэтому в работе рассмотрены вопросы выбора критерия эффективности исследования РС.

Анализируются различные экономические критерии, такие как критерий материальных потерь, полных затрат, капитальные затраты, приведенные затраты и срок окупаемости, которые позволяют наиболее полно оценить качество функционирования сетей и осуществить с их помощью оптимизацию характеристик РС. Экономические критерии при правильной постановке задачи позволяют учесть требования пользователя и внешнее воздействие. Показано, что они обладают такими ценными свойствами, как аддитивность и чувствительность ко всем остальным факторам. При условии удовлетворения всех требований пользователя в заданных условиях функционирования экономичность сети остается единственным фактором.

Однако на этапе проектирования определение всех составляющих параметров экономических критериев становится очень трудным, и даже в отдельных случаях невозможным делом. Для многих непрерывных производственных процессов получение достоверных результатов с помощью этих критериев требует знания ряда показателей, таких как эксплуатационные затраты в единицу времени, экономические потери из-за неисправности, эффект от внедрения и др., определение которых крайне затруднительно.

Поэтому в данной работе могут быть приняты вероятностные характеристики, которые отражают качественные стороны РС. Показано, что определение параметров, связанных со стоимостными функциями представляет значительную трудность.

Одной из главных составляющих экономических критериев, сильно влияющих на результаты, является вероятность потери сообщений по какой-либо причине. Кроме того, для рассматриваемого класса сетей характерно наличие случайных факторов, влияющих на характер протекания процессов, продолжительность которых зависит от исходных данных и порождаются вне системы.

При оценке функционирования РС кроме технико-экономических критериев значительный интерес представляют качественные критерии, с помощью которых всесторонне изучаются качественные стороны функционирования сетей, их структурные особенности, возможности по информационному обслуживанию. В подобных задачах чаще всего приходится иметь дело с дискретными случайными процессами, причем процессы рассматриваются в

непрерывном или в дискретном времени, определенными на конечном множестве состояний. Поэтому в качестве критерия оценки выбрана вероятностная функция потери информации, на основе которой решается задача обеспечения минимума потерь информации при выполнении различных ограничений.

**Во второй главе** анализируются топологические структуры РС. При этом рассмотрены различные структуры, в том числе шинная, звездообразная, кольцевая, ячеистая, которые имеют собственные сильные и слабые стороны.

Анализ показывает, что топологию сети определяет не только физическое расположение компьютеров, но гораздо важнее, характер связей между ними, особенности распространения сигналов по сети.

Одной из важнейших проблем, возникающих при создании РС, является проблема проектирования топологической структуры сети. Из-за многообразия требований и возможности перебора всех вариантов строгое решение этой проблемы практически невозможно. Поэтому успешно развиваются приближенные, квазиоптимальные (эвристические) методы, которые дают решения с практически допустимыми отклонениями от точных решений.

Проанализирована иерархическая структура, применяемая в РС и различные варианты этой структуры (радиальная, магистральная, полносвязная и т. д.) сети. Предполагается, что система состоит из множества терминалов, произвольно расположенных на ареале размещения и управляется из одного пункта.

Пункт управления соединяется с терминалами с помощью линий связи, образующих определенный класс или подкласс структур (радиальная, последовательная). При радиальной структуре сети требуются наиболее протяженные, следовательно, и более дорогостоящие линии связи, в то время как цепочечные структуры сети имеют минимальную протяженность.

При исследовании и оптимизации структуры РС необходим выбор критерия оптимизации и методики применения их при различных условиях.

Задача оптимизации сводится к минимизации математического ожидания вероятностной функции  $P_s(s, m, N)$ , которая описывает потери информации, вызванные повреждением линии длиной  $s$ , т.е.

$$M[P_s(s, m, N)] \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях  $m \geq m^0, N \geq N^0, R_{ij} < \rho$ , где  $\rho$  - пропускная способность линии связи,  $R_{ij}$  - количество передаваемой в единицу времени информации между терминалами  $i$  и  $j$ ;  $N^0, m^0$  - допустимые значения чисел терминалов и деревьев, соответственно. Для вычисления функции  $P_s(s, m, N)$  предлагаются различные формулы, которые позволяют решить поставленную задачу аналитически для различных значений параметров  $N, m$  при различных расположениях промежуточного пункта на ареале размещения терминалов.

Предложены методы решения задачи (1) и на ее основе определены основные характеристики сети.

Далее рассмотрен случай, при котором терминалы расположены неравномерно по площади, и максимальная скорость передачи информации больше пропускной способности линий связи. Выбор оптимальной структуры осуществляется алгоритмическими методами.

Задача оптимизации структуры сети в этом случае имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} & \text{при} && M[P(P_0(s), m, N)] \rightarrow \min \\ & && m \geq m^0, N \geq N^0, s \leq s^0, R_{ij} \geq \rho \end{aligned} \quad (2)$$

где  $s^0$  - допустимое значение длины линий в сети.

Задача минимизации заключается в определении такой конфигурации связей терминалов сети, при которой потери от повреждения линий были бы минимальными.

Решение этой задачи осуществляется с помощью предложенного алгоритма построения РС, основанного на принципах Прима и метода постепенной замены линий начиная с радиальной. Основной особенностью сети обслуживания с интенсивно нагруженными каналами является возникновение очередей в процессе обслуживания. При этом потери происходят от несвязности и ограниченного объема памяти. Поэтому в таких сетях одной из основных задач является обеспечение связности каналов таким образом, чтобы потери информации от ожидания были минимальными.

В работе рассмотрена сеть обслуживания с одним промежуточным пунктом управления и  $N$  терминалами. В каждом

терминале имеется  $M$  - е количество обслуживающих приборов. При допустимых пределах значений пропускных способностей каналов связей ( $c$ ), время ожидания информации и число терминалов, подсоединенных к промежуточному пункту, требуется определить характеристики сети, чтобы потери информации были минимальными.

С целью оптимизации структуры сети целесообразно ее представить в виде неориентированного графа, у которого вершины отображают пункты, а ребра линии связи.

Сформулированная задача имеет следующий вид:

$$M[P_S(P_S, P(t_{ij}, \tau^0))] \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\text{при} \quad c \leq c^0 \quad t_{ij} \leq \tau^0, k \leq k^0, i = \overline{2, n}; j = \overline{1, n}$$

где  $t_{ij}$  - время ожидания информации при передачи между вершинами  $i$  и  $j$ ;  $k$  - число терминалов, подсоединенных к одному дереву,  $c^0, k^0, \tau^0$  - максимально допустимые значения параметров  $c, k, t_{ij}$  соответственно,  $k$  - число терминалов подсоединенных к одному терминалу.

Определены следующие характеристики сети:

среднее время ожидания в очереди

$$\tau_q = P_1(\lambda / \mu)^m m \mu M! (1 - (\lambda / \mu) M)^2 \quad (4)$$

среднее время пребывания сообщений в системе

$$\tau_S = P_1(\lambda / \mu)^m / M(1 - (\lambda / \mu) M) + 1 / \mu \quad (5)$$

средняя длина очереди

$$L_q = \lambda P_0(\lambda / \mu)^m / M(1 - (\lambda / \mu) / M)^2 \quad (6)$$

ожидаемое количество сообщений в системе

$$L_S = \lambda P_1(\lambda / \mu)^m / M(1 - (\lambda / \mu) M)^2 + \lambda / \mu \quad (7)$$

Разработан метод и алгоритм анализа структуры сети, основанные на принципах метода Мартина. На основе предложенного алгоритма разработаны программы, проведены вычислительные эксперименты и получены численные результаты.

Предложенный алгоритм и подход к решению обладает рядом достоинств. Во-первых, применение в алгоритме качественной оценки эффективности позволяет исследовать сети на ранних этапах

проектирования, когда многие параметры сети еще неизвестны. Во-вторых, полученные результаты показали, что структура сетей с возрастанием информационной нагрузки и возникающими в них очередями должна должна осуществить переход к сетям, имеющим иерархическую структуру с возрастающей пропускной способностью каналов связями на верхних ступенях иерархии.

Далее рассмотрена иерархическая сеть, являющаяся двухуровневой, при этом на первом уровне может быть радиальная структура, а на втором уровне цепочечная (однофидерная), кустовая или полносвязная структура. Оптимизация выбранного варианта может быть осуществлено с помощью математического ожидания вероятностной функции потери информации от несвязности сети

$$M[P_{s\Sigma}(N, S)] \rightarrow \min \quad (8)$$

при ограничениях  $N_0 \leq N \leq N^0$ ,  $S_0 \leq S \leq S^0$ , где  $N$  - количество терминалов,  $S$  - число каналов,  $N_0, N^0, S_0, S^0$  - соответственно максимальное и минимальное допустимое значение  $N, S$ .

Разработана процедура анализа для оценки структуры иерархической сети и на ее основе разработан пакет программ и проведены численные эксперименты.

**В третьей главе** разработаны численные методы исследования характеристик РС. Отмечается, что правила обслуживания запросов сети, обладают свойствами традиционных схем обслуживания в сочетании с особенностями схем современных протоколов обслуживания. Эти возможности и принципы построения современных сетевых технологий создают условия для определения признаков, позволяющих различать правила обслуживания сети. На основе этих признаков проведены анализ возможных правил обслуживания с целью применения в РС, которые можно разделить на шесть классов. В первом классе обслуживание осуществляется с полным освобождением буфера. Во втором классе дается ограничение на количество передающихся сообщений. В третьем классе - сообщения, которые имелись в терминале на момент опроса, передаются потребителю. В четвертом классе смешанного трафика правила обслуживания зависит от текущего числа буферизованных сообщений и приоритетов сообщений. В пятом классе обслуживание осуществляется на основе относительных приоритетов. В шестом

классе с ограничением максимального времени цикла, терминалу не разрешается вести длительную передачу.

В силу определенных правил могут быть применены следующие виды опроса в РС: циклический, по фиксированному расписанию, случайный, по состоянию сети (т.е. динамический).

Во всех системах при поступлении нового сообщения на вход прибора выбирается сообщение с наивысшим приоритетом. Рассмотрены различные правила обслуживания в следующей (обобщенной) модели.

Модель состоит из  $N$  источников информации, являющихся периферийными компьютерами  $\overline{PK}_i, i = 1, N$  и один координирующий компьютер (КК). В сети КК опрашивает  $\overline{PK}_i$ , чтобы проверить имеет ли данные  $\overline{PK}_i$  сообщение для передачи КК. Если ответ положителен, дается разрешение на передачу сообщения. В противном случае КК опрашивает следующий  $\overline{PK}_i$ . В сети при необходимости  $\overline{PK}_i$  могут взаимодействовать друг с другом через КК.

Процесс обслуживания считается стационарным, если при положительных длинах очередей и конечных интенсивностях поступления средние длины очередей ограничены.

С целью получения оптимальных характеристик сети в качестве функции потери информации от ожидания предлагается использовать следующие формулы:

- при малой интенсивности поступления сообщений

$$M[P_1(\lambda, \rho, N)] = (1 - \rho)R / 2(1 - \rho)(1 + (\rho / \sum_{j=1}^N \rho_j (1 - \rho_j)(1 - \rho))) \cdot \sum_{j=1}^N (r_j^{(2)} - r_j^2) / R^{(2)} + \sum_{i=1}^N \lambda_i b_i^{(2)} / R \quad (10)$$

- при большой интенсивности поступления сообщений

$$M[P_2(\lambda, \rho, N)] = (1 - \rho + \rho_i)(1 - \rho) / (1 - \rho - \lambda_i R) ((1 - \rho)\rho + \sum_{i=1}^N \rho_i^2) (\rho \sum_{i=1}^N \lambda_i b_i^{(2)} / 2(1 - \rho) + \rho R^{(2)} / 2R + (R / 2(1 - \rho))(\rho^2 + \sum_{i=1}^N \rho_i^2)) \quad (11)$$



В нормализованном виде  $P_i(\lambda, \rho, N)$  может быть косвенным решением данной задачи. Под нормализацией подразумевается выбор из множества значений  $P_i(\lambda, \rho, N)$  лишь тех, при которых для числа сообщений  $\lambda c$ , ожидающих обслуживания, выполняется  $\lambda c < L^0$  для широких значений интенсивности поступления сообщений, где  $L^0$  - максимально допустимое число сообщений в очереди.

Для этой РС определены среднее время цикла, среднее число сообщений, поступающих на ПК<sub>*i*</sub> за цикл, и среднее время между опросами ПК<sub>*i*</sub>. На основе предложенной процедуры вычисления разработан алгоритм и программа для определения характеристик системы, проведены эксперименты и получены численные результаты.

Эти результаты показывают, что динамика уменьшения потерь информации в случае малой (большой) интенсивности улучшается при  $\rho = 0,70$  (0.80), следовательно, сообщения, поступающие за цикл в систему, получают удовлетворительное обслуживание и соответствующие характеристики считаются оптимальными. Эти результаты могут быть применены при построении РС производственного назначения. Разработка такой модели дает возможность выявить не только вероятностно-временные характеристики РС в рамках СМО, но и повысить надежность системы.

Далее рассмотрены РС, в которых содержатся  $N$  количество периферийных компьютеров и каждый компьютер имеет локальную память и устройства ввода-вывода с буферной памятью. В сети периферийные компьютеры обмениваются друг с другом и могут работать в синхронном и асинхронном режиме.

При синхронном режиме цикл обращения выполняется синхронно, т.е. синхронные коммуникации (synchronous bit synchronization) требуют применения механизма синхронизации, обеспечивающего согласование таймеров отправителя и получателя.

Режим асинхронной передачи (Asynchronous Transfer Mode, АТМ.) все шире используется в магистральных и глобальных сетях. В асинхронном режиме время передачи не зависят друг от друга. В системе имеется устройство ввода-вывода с буферной памятью, которая связывает систему с объектами через датчики информации.

Подобный процесс можно исследовать в рамках сети массового обслуживания с решением задачи оптимизации структуры сети.

В качестве критерия эффективности процесса обслуживания в сети, принимается функция задержки Эрланга (12), формула Пуассона (13) и функцией потери Эрланга (14).

$$P_1(N, \lambda, \mu) = \frac{\rho^N / ((N-1)/(N-\rho))}{\sum_{k=0}^{N-1} \rho^k / k! + \rho^N / ((N-1)/(N-\rho))} \quad (12)$$

$$P_2(N, \lambda, \mu) = \sum_{j=N}^{\infty} (\rho^j / j!) e^{-\rho} \quad (13)$$

$$P_3(N, \lambda, \mu) = (\rho^N / N!) / \sum_{k=0}^N (\rho^k / k!) \quad (14)$$

где  $\rho = \lambda / \mu$  - приведенная интенсивность.

При решении задачи оптимизации структуры сети оптимальными считаются те значения характеристик сети, которые удовлетворяют условиям  $L_q < L^0$ , где  $L^0$  - максимально допустимая длина очереди в любом разрезе времени, т.е. величина, определяющая объем буферной памяти.

При решении задачи оптимизации структуры сети определяется среднее время доступа ( $D$ ), средняя задержка ( $\tau_q$ ) и среднее число сообщений в очереди ( $L_q$ ):

$$D = L / \lambda$$

где  $\lambda$  - скорость, с которой сообщения циркулируют в сети,  $L$  - среднее число сообщений в сети.

$$\tau_q = (L_q - 1) / \lambda \quad (15)$$

$$L_q = \tau_q - \lambda \quad (16)$$

Значения  $\lambda$  и  $L$  в сети могут быть определены следующим образом:

- для асинхронных режимов обслуживания

$$\lambda' = (N - L)\lambda$$

$$L = \sum_{i=1}^N iP_i \quad (17)$$

где  $P_i$  - вероятность того, что в конце интервала имеются сообщения для передачи.

- для синхронных режимов обслуживания

$$\lambda = (N - \sum_{i=0}^N iP_i)(1 - e^{-\lambda})$$

$$L = N - (1 - e^{-\lambda})(N - \sum_{i=0}^N iP_i) / \lambda \quad (18)$$

На основе разработанных аналитических процедур разработан алгоритм нахождения оптимальных характеристик сети. На основе данного алгоритма разработан пакет программ и проведены вычислительные эксперименты, получены численные результаты.

Разработанная процедура определения характеристик процесса обслуживания РС удобно для описания сети при синхронных и асинхронных режимах работы компьютеров. Она, облегчая исследования, позволяет определить не только вероятностно-временные характеристики сети, но и повысить надежность сети в целом.

Построение высокоэффективных РС требует новых подходов к организации распределенной обработки. Это приводит к поиску современных форм взаимодействия в сети. Классификация механизма взаимодействия показывает, что один из простых и эффективных способов взаимодействия ПК<sub>i</sub> сети является общение через общедоступную память (ОП).

Исследование процесса взаимодействия ПК<sub>i</sub> может быть проведено с помощью модели замкнутой системы массового обслуживания. В системе имеются N количеств однородных или разнородных ПК<sub>i</sub>, которые взаимодействуют через ОП.

При предположении пуассоновского потока сообщений с параметрами  $\lambda$ , от ПК<sub>i</sub> к ОП, и экспоненциального закона распределение с параметром  $\mu$  длительности обслуживания ОП можно определить характеристики системы.

В качестве показателя эффективности, т.е. функции потери  $P(N, \lambda, \mu)$  для данного СМО может быть определена следующим образом:

- в случае однородных компьютеров

$$P_1(N, \lambda, \mu) = 1 - \left( \sum_{i=0}^N A_N^i \lambda / N \right)^{-1} \quad (19)$$

где  $A_N^i = N(N-1)(N-2)\dots(N-(i-1))$

- в случае разнородных компьютеров

$$P_2(N, \lambda, \mu) = 1 - 1 / \left( \sum_{i=0}^N A_N^i / C_n^i \sum_{l \in M} \prod_{k=0}^i \frac{\lambda_l}{\mu_k} \right) \quad (20)$$

При выполнении условия  $L_q < L^0$  замкнутая СМО обеспечивает обслуживание потока сообщений в пределах допустимых потерь, и, следовательно, система имеет минимально необходимую производительность.

Разработаны модели, алгоритмы и программы анализа характеристик СМО и на их основе проведен вычислительный эксперимент, получены численные результаты, которые могут быть применены на практике

Далее исследованы характеристики систем защиты информации РС. Отмечается, что большинство негативных воздействий на РС осуществляется извне, в основном, из глобальной сети Internet, превратившуюся не только в средство поиска информации, но и средство распространения вирусов, «троянских коней» и других вредоносных программ.

Анализ показывает, что перечисление возможных угроз сети практически невыполнимо из-за нескончаемого их количества. Поэтому на основе некоторых характерных особенностей, таких как запрограммированные или незапрограммированные действия, засорение почтового ящика, нахождение черных ходов, загромождение канала, выведение из строя компьютера и т.д. предложены классификация возможных угроз сети.

Задача определения характеристик систем защиты информации (СЗИ) решается на основе приведенной классификации возможных угроз сети. Рассмотрены решения задачи по определению оптимальной программно-технической структуры СЗИ. Такие

системы создаются между различного рода распределенными сетями - с одной стороны и глобальной сетью - с другой. Они инспектируют и фильтруют проходящую через них информацию. Это своего рода межсетевой шлюз, ориентированные на функции информационной защиты сетей. Такая структура межсетевых соединений, позволяет резко снизить угрозу несанкционированного доступа в РС за счет использования способа маскарада (masquerading), когда весь исходящий из РС трафик посылается от имени СЗИ, делая РС практически «невидимой».

В отличие от известных работ здесь предложен новый подход к организации СЗИ, основанные на методах СМО, учитывающих характеристики воздействий возможных угроз на функционирования сети.

Определена структура и модель систем защиты информации РС. В качестве математической модели для СЗИ может служить многоканальная СМО, состоящая из  $N$  компьютеров. Компьютеры характеризуются, в основном, интенсивностями обслуживания, распределенные по экспоненциальному закону, при этом на вход системы поступает пуассоновский поток сообщений с интенсивностью  $\lambda_p$ . Поступающая информация фильтруется и распределяется по сети. Функционирование сети может быть нарушено со стороны злоумышленников и восстанавливаться с помощью комплекса программ, как во время передачи сообщений, так и в промежутке времени, когда передача сообщений не производится.

Предполагается, что время передачи информации ( $T_{ci}$ ), время исправной работы ( $T_i$ ), время восстановления ( $T_{ni}$ ), время старения информации ( $T_D$ ) в условиях возможных угроз со стороны злоумышленников распределены по экспоненциальному закону с параметрами  $\mu_i, c_i, d_i, \nu$  соответственно.

Показателем эффективности может быть минимизация математического ожидания вероятности потери от несвоевременного распределения сообщений после фильтрации по компьютерам сети

$$M \left[ \bar{P} \right] = \min \sum_{i=1}^N P_i q_i \quad (21)$$

при  $1 - \sum_{i=1}^N P_i = 0, \quad 0 \leq P_i \leq \mu_i K_i / \lambda, \quad i = \overline{1, N}$

где  $\mu_i = 1/T_{ci}, \quad h(p) = 1 - \sum_{i=1}^N P_i, \quad q_i(p) = p_i, \quad q_2(p) = p_i \leq \frac{\mu_i k_i}{\lambda}$

$$q_i = \frac{(1 - p_i \lambda h_{1i})}{(1 - p_i \lambda h_{1i} + v_i h_{1i}), \quad h_{1i} = \frac{1}{\mu_i k_{ni}}, \quad v_i = v \left[ k_i + \frac{(1 - k_i)(v - p_i \lambda)}{v(1 + v T_{ni})} \right]$$

$\overline{P}$  - вероятность потери от несвоевременного распределения сообщений по компьютерам после фильтрации в РС,  $p_i$  - вероятность потери от попадания сообщений для передачи на  $i$ -й компьютер,  $q_i$  - вероятность потери в  $i$ -м компьютере от несвоевременной доставки сообщений,  $k_i$  - коэффициент готовности,  $T_{ni}$  - среднее время простоя.

Отмечается, что определение аналитического соотношения для вероятностей потери от распределения сообщений по компьютерам сети связано с определенными трудностями. Для решения задачи здесь предложено использовать метод обобщенного приведенного градиента, на основе которого предложены метод расчета оптимизации характеристик СЗИ.

Решение поставленной задачи осуществляется по разработанным алгоритмам, которые обеспечивают нахождение оптимального плана при заданных значениях параметров системы и входного потока сообщений.

Таким образом, разработанный для расчета характеристик систем защиты информации алгоритм позволяет исследовать их поведение при любых диапазонах изменения структурных и нагрузочных параметров модели.

С другой стороны, предложенный алгоритм позволяет сформулировать и решить задачу оптимизации относительно выбранного критерия качества. При оптимизации характеристик систем защиты информации важным является определение границ изменения этих характеристик. В этом смысле одно из важных достоинств предложенного алгоритма является возможность определить границы изменения вероятностей потери сообщений при заданной точности.

Для расчета характеристик систем защиты информации на основе предложенного алгоритма разработаны соответствующие программы и проведены вычислительные эксперименты в широких диапазонах изменения как структурных, так и нагрузочных параметров модели и получены численные результаты. Эти результаты подтвердили теоретическое ожидание относительно поведения функции потери от распределения сообщений в сетях в условиях возможных угроз со стороны злоумышленников.

**В четвертой главе** исследуется РС с динамическими приоритетами, отмеченных в пятом классе классификации правила обслуживания.

Рассмотрены системы приоритетов с прерыванием и без прерывания.

Для краткости изложения здесь в рамках пятого классе классификации рассматривается четыре типа систем приоритетов.

В двух системах предполагается, что как только началась обработка сообщений, она не может быть прервана и полная обработка заключается в окончательной передаче сообщения. Это правило определяет системы без прерывания.

В противоположность этому, в двух других изучаемых типах систем обслуживания прерывание допускается, т.е. обработка сообщения может быть прервана немедленно после появления в очереди сообщения с высшим приоритетом. Считается, что когда прерванное сообщение вновь поступает в прибор, его обслуживание начинается с того самого этапа, на котором оно было прервано.

Определена форма приписывания приоритета, при котором в двух системах входящему сообщению приписывается число для того, чтобы фиксировать уровень приоритета.

В двух других системах используются приоритеты с зависимой задержкой, известные как динамические приоритеты Клейнрока, иными словами приписывание приоритета изменяется линейно во времени, в частности, сообщение входящие в очередь в момент  $T$ , получает номер  $b_p$ , где  $0 \leq b_1 \leq \dots \leq b_p$  и приоритет,  $q_p(t)$  связанный с этим сообщением в момент  $t$  определяется как  $q_p(t) = (t - T)b_p$ , где  $t$  изменяется от  $T$  до времени окончания обслуживания сообщений.

Рассмотрены системы с фиксированным приоритетом без прерывания, с фиксированным приоритетом с прерыванием, с

зависимой задержкой без прерывания, с зависимой задержкой с прерыванием.

Математической моделью исследуемого процесса является система, содержащая  $N$  обслуживающие приборы, на вход которой поступает пуассоновский поток сообщений с интенсивностью  $\lambda$ . Сообщения ожидают в очереди некоторое время  $\tau_q$ , где  $0 \leq \tau_q \leq +\infty$ . Сообщения являются разнотипными: «терпеливые» ( $\tau_q = +\infty$ ), «менее терпеливые» ( $\tau_q < +\infty$ ), «нетерпеливые» ( $\tau_q = 0$ ). Следовательно, рассмотренная система относится к классу многопоточковых систем. Время обслуживания сообщений каждого типа распределено экспоненциально с общим средним  $\tau_0 = 1/\mu$ , где  $\mu$  - интенсивность обслуживания.

Показателем эффективности данной системы является минимальное значение математического ожидания вероятностной функции потери разнотипной информации.

В качестве аналитического выражения функции потери предлагается использовать функции задержки Эрланга, формула Пуассона и функции потери Эрланга. Данная задача решается при следующих ограничениях

$$\mu \geq \mu_0, \lambda \geq \lambda_0, N \geq N^0, L_q \leq L^0$$

Данная задача решена для РС с динамическими приоритетами (с фиксированными приоритетами, приоритетами с зависимой задержкой и со смешанными приоритетами). Для каждой группы приоритетов разработаны соответствующие алгоритмы и программы анализа характеристик сети, и проведены вычислительные эксперименты, дан анализ полученных численных результатов.

Далее рассматривается задача выбора оптимальных значений коэффициентов  $b_i$  для случая двух типов заявок. При этом в качестве критерия оптимальности выбирается суммарная длина очереди разнотипных сообщений, иными словами требуется найти такие значения,  $b_i^*$ ,  $i = \overline{1,2}$ , чтобы суммарная длина очереди была минимальной при заданных ограничениях на времени ожидания сообщений каждого типа. Математически эта задача записывается так:

$$L_q = \lambda_1 \tau_{q_1} + \lambda_2 \tau_{q_2} \rightarrow \min \quad (22)$$



при ограничениях

$$\begin{cases} \tau_{q_1} \leq \bar{\tau}_{q_1} \\ \tau_{q_2} \leq \bar{\tau}_{q_2} \end{cases} \quad (23)$$

Для первого случая задача (22)-(23) в явном виде записывается так

$$L_q = \frac{\tau_{q_0}}{1-\rho} \cdot \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)b_1 + (\lambda_1 - \rho\lambda_1)b_2}{(1-\rho_1)b_1 + \rho_1 b_2} \longrightarrow \min \quad (24)$$

$$\begin{cases} \frac{\tau_{q_0}}{1-\rho} \cdot \frac{(\lambda_1 - \rho\lambda_1)b_1 + \lambda_1 b_2}{(1-\rho_1)b_1 + \rho_1 b_2} \leq \bar{\tau}_{q_1} \\ \frac{\tau_{q_0}}{1-\rho} \cdot \frac{\lambda_2 b_1}{(1-\rho_1)b_1 + \rho_1 b_2} \leq \bar{\tau}_{q_2} \end{cases} \quad (25)$$

Для второго случая задача (22)-(23) имеет следующий вид:

$$L_q = \frac{\lambda_1 \tau_{q_0} b_2 (1-\rho) + \lambda_2 \tau_{q_0} (b_2 - (\rho_2 + \rho_1)b_1)}{(b_2 - b_2 \rho_1 - \rho_2 b_1)(1-\rho)} \longrightarrow \min \quad (26)$$

$$\begin{cases} \frac{\tau_{q_0} b_2}{b_2 (1-\rho_1) - \rho_2 b_1} \leq \bar{\tau}_{q_1} \\ \frac{\tau_{q_0} (b_2 - \rho_2 b_1 - \rho_1 b_1)}{(1-\rho) (b_2 - b_2 \rho_1 - \rho_2 b_1)} \leq \bar{\tau}_{q_2} \end{cases} \quad (27)$$

Задачи (24)-(25) и (26)-(27) являются задачами дробно-линейного программирования (ДЛП). С использованием методов ДЛП задачи (24)-(25) и (26)-(27) сведены к основной задаче линейного программирования.

Решения задач получены с применением метода искусственного базиса. Исследован характер изменения скоростей приоритета разнотипных сообщений в зависимости от изменения значения верхних границ для средних времен ожидания в очереди разнотипных сообщений и общей нагрузки при линейно возрастающей и убывающей функциями приоритетности. Следует отметить, что скорости изменения значений величины  $b_1^*/b_2^*$  существенным образом отличаются друг от друга при возрастающей и убывающей функциях приоритет-

ности при изменении верхних границ для средних времен ожидания в очереди разнотипных сообщений. Вместе с тем, для обеих функций приоритетности скорость изменения соотношения  $b_1^* / b_2^*$  является почти одинаковой.

**В пятой главе** проводятся исследования РС имитационными методами. Для построения имитационной модели РС используется язык моделирования General Purpose Simulation System (GPSS). Разработаны имитационные модели РС обслуживания разнотипных информационных потоков, предложены и реализованы алгоритмы анализа и тестирования моделей РС, позволяющие оценивать адекватность аналитической модели к исследуемому объекту. Разработаны алгоритмы и программы имитационной модели РС.

Предложены способы модификации сети с целью повышения эффективности его функционирования. Разработанные на языке GPSS модели имитации охватывают все уровни РС.

С целью сравнительного анализа результатов обеих моделей разработан алгоритм анализа и сравнение результатов аналитических и имитационных методов, в котором предусмотрены следующие шаги

Шаг 1. Построение модели имитации для различных случаев;

Шаг 2. Выполнение процесса имитации при нормальных условиях, получение различных вариантов, обоснование модели;

Шаг 3. Сравнение результатов аналитических и имитационных моделей;

Шаг 4. Если результаты аналитических и имитационных моделей сходятся, выполняются имитации для пиковой нагрузки. В противном случае система расширяет свои возможности (т.е. увеличивается значение структурных параметров);

Шаг 5. Осуществляется процесс тестирования (построение и обработка РС, и проверка всех функций);

Шаг 6. Выполнение имитации при нормальных условиях и построение модели для получения различных вариантов;

Шаг 7. Проверки сходимости результатов. Если они сходятся, сеть проверяется дополнительно в условиях пиковых нагрузок. В противном случае сеть расширяет свою возможность и осуществляется переход к четвертому шагу.

Далее проведены сравнительный анализ результатов математических и имитационных методов исследования РС. Сравнение результатов этих моделей осуществляется по соотношению

$$\Delta P = [(P^* - P) / P] \cdot 100\%$$

где  $\Delta P$  – значение отклонения характеристик аналитических и имитационных моделей сети,  $P^*$ ,  $P$  – значение характеристик аналитических и имитационных моделей сети. Анализ результатов обеих моделей показывает, что они разнятся в пределах (2-10)%, а степень адекватности аналитической модели к исследуемому объекту увеличивается с уменьшением значения  $a = \lambda / \mu N$ .

**В шестой главе** рассматриваются вопросы синтеза распределенной сети обслуживания объектов нефтегазодобычи, определяется характер информационной структуры этих объектов, комплекс функций, выполняемых на всех уровнях распределенных сетей подобных объектов. Рассматриваются вопросы синтеза топологических структур сети терминалов, пунктов обслуживания сети для этих объектов. Предлагаются практические рекомендации по разработке сети терминалов и пунктов обслуживания в РС. На основе разработанных в предыдущих главах алгоритмов определены математические и алгоритмические основы построения различных вариантов сети объектов нефтегазодобычи в состав который входят следующие задачи: определение конфигурации РС, характеристик нагрузочных параметров; деление характеристик РС аналитическими методами; определение характеристик РС имитационными методами; сравнение результатов аналитических и имитационных методов.

В сети информация имеет самый различный характер:

- сообщений первого типа - телеизмерение интегральных значений параметров «терпеливые»;
- сообщений второго типа - телеизмерение текущих значений параметров «менее терпеливые»;
- сообщений третьего типа - телесигнализация «нетерпеливые».

На первом уровне РС происходит предварительное информационное обслуживание между терминалами и объектом управления. Объекты могут находиться близко к терминалам или быть удаленными от них. Комплекс функций, выполняемых на первом уровне, не трудоемкий, и предварительное обслуживание ведется по несложным алгоритмам в сравнении с вышестоящими уровнями. Поэтому здесь требуется небольшой объем памяти для хранения и первичной обработки сообщений.

Второй уровень процесса обслуживания охватывает терминалы и пункты управления. Комплекс функций, выполняемых на втором уровне, по сравнению с первым уровнем, является трудоемким, и обслуживание ведется по сравнительно сложным алгоритмам. Поэтому здесь требуется значительный объем памяти.

На третьем уровне информационное обслуживание ведется между П и ЦП. Комплекс функций, выполняемых на третьем уровне, охватывает более широкий круг задач связанных с управлением производственных предприятий и поэтому является более трудоемким. Информация в сети обрабатывается по различным алгоритмам. Выполняемые функции запускаются по соответствующим приоритетам, заложенным в алгоритме.

В зависимости от структур сети применяются различные методы проектирования топологической структуры сети.

Задача проектирования решается для радиальной и кустовой структуры сети. Для проектирования рассматриваются РС с обслуживанием SBS и ATM технологией, в которых содержатся  $N$  - е количество периферийных компьютеров и каждый компьютер имеет локальную память и устройства ввода-вывода с буферной памятью. В сети периферийные компьютеры обмениваются друг с другом и могут работать в синхронном и асинхронном режиме.

С целью защиты информации решаются задачи проектирования по созданию оптимальной программно-технической структуры СЗИ, которые создаются между различного рода распределенными сетями - с одной стороны и глобальной сетью - с другой. В данном случае математической моделью СЗИ является многоканальная СМО, состоящая из  $N$  компьютеров. Компьютеры характеризуются, в основном, интенсивностями обслуживания, распределенные по экспоненциальному закону, при этом на вход системы поступает пуассоновский поток сообщений с интенсивностью  $\lambda_p$ , а поступающая информация фильтруется и распределяется по сети.

Функционирование сети может быть нарушено со стороны злоумышленников и восстанавливаться с помощью комплекса программ как во время передачи сообщений, так и в промежутке времени, когда передача сообщений не производится. Предполагается, что время передачи информации, время исправной работы, время восстановления, время старения информации в условиях возможных угроз со стороны злоумышленников распределены по экспоненциальному закону с оп-

ределенными параметрами. На основе реальных исходных данных вычислены характеристики СЗИ и получены численные результаты, которые подтвердили ожидаемое поведение функции потери от распределения сообщений в сетях в условиях возможных угроз со стороны злоумышленников. С целью подробного анализа характеристик системы для различных значений и законов распределения входных и выходных параметров, из-за трудоемкости, а также проверки адекватности аналитической модели к объекту исследования на основе предложенного в разделах 5.3.3 и 5.3.4 алгоритма для имитационных модели получены результаты различных вариантов и осуществлено сравнение результатов обеих моделей. Сравнение результатов обеих модели показывает, что они разнятся в пределах (6-12) % и, следовательно, аналитические модели РС являются адекватными.

**В заключении** изложены основные научные и практические результаты, полученные в диссертационной работе.

**Приложение** включает документы, подтверждающие внедрение результатов диссертации.

### **Основные результаты работы.**

Проведенные исследования и полученные результаты позволяют сделать следующие обобщения и выводы:

1. Разработаны аналитический и алгоритмический методы расчета характеристик модели ТС РС и определены условия их применения. Полученные результаты применены для моделей сети терминалов в РС. Предложены алгоритмы построения РС, основанные на принципах Прима и метода Мартина, а также метода анализа характеристик иерархической сети. Предложенные методы позволяют построить ТС сети, результаты которых дают большой эффект, резко возрастающий с увеличением пунктов и протяженности сети.
2. Разработаны модели и алгоритмы вычисления оптимальных характеристик РС: с циклическим правилом обслуживания с полным освобождением буфера; с большой и малой интенсивностями поступления сообщений при синхронном и асинхронном режимах работы компьютеров; с однородных и разнородных компьютеров, имеющих взаимодействия запросов с использованием ОП.
3. Предложен новый подход к исследованию характеристик СЗИ в РС в рамках классификация возможных угроз сети на основе некоторых характерных особенностей, таких как запрограммированные

или незапрограммированные действия, засорение почтового ящика, нахождение черных ходов, загромождение канала, выведение из строя компьютера и т.д. Разработаны модель и алгоритм вычисления характеристик СЗИ, которые позволяют исследовать их поведение при любых диапазонах изменения структурных и нагрузочных параметров модели.

4. Предложены модели и алгоритмы для нахождения оптимальных значений параметров динамических приоритетов сообщений в РС, зависящих от времени ожидания сообщений в очереди. Разработаны модели и алгоритмы исследования РС с фиксированными приоритетами, приоритетами с зависимой задержкой, РС со смешанными приоритетами и даны результаты вычислительных экспериментов.
5. Разработаны модель и метод для расчета оптимальных значений параметров динамических приоритетов в РС с двумя типами сообщений, где функция приоритетности имеет мультипликативный вид и модель РС с групповым обслуживанием, результаты которых полезны при разработке алгоритмов функционирования пунктов сети и их программного обеспечения. В настоящее время проводятся исследования по обобщению разработанных процедур для решения рассматриваемых проблем в случае произвольного числа типов сообщений.
6. Разработаны алгоритмы и программы имитационных моделей РС обслуживания разнотипных информационных потоков, предложены и разработаны алгоритмы анализа и тестирования моделей РС, позволяющие оценивать адекватность аналитической модели к исследуемому объекту.
7. Разработаны методические рекомендации и указания по построению РС. Методические рекомендации использованы как «Методическое руководство по проектированию РС объектов нефтегазодобычи», которые приняты к внедрению управлением «Информационных технологий и связи» на различных объектах Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики, а методические указания используются в учебном процессе. Результаты работы могут быть использованы в составе ряда РС производственного назначения, а также с целью доработки существующих сетей.

**Основное содержание диссертационной работы изложены в следующих публикациях:**

1. Меликов А.З., Исмаилов Б.Г. Метод определения оптимального объема БП в телемеханических сетях, //XIII Белорусская зимняя школа-семинар по теории массового обслуживания. Массовое обслуживание. Потoki, системы, сети, Минск, 1997, №13, с. 64-65.
2. Пономаренко Л.А., Меликов А.З., Исмаилов Б.Г. Оптимизация структуры сетей передачи данных, //Проблемы информатизации и управления. Киев, КМУГА, 1997, с.155-160.
3. Меликов А.З., Исмаилов Б.Г. О выборе иерархической структуры распределенной компьютерной сети обслуживания, //Труды конференции «Новые информационные технологии и проблемы прикладной математики», Баку, 1997, с.73-75.
4. Исмаилов Б. Анализ характеристик распределенных компьютерных сетей массового обслуживания, //Труды конференции «Новые информационные технологии и проблемы прикладной математики», Баку, 1997, с. 57-59.
5. Меликов А.З., Исмаилов Б.Г. Оптимизация иерархических структур сетей передачи данных, //Изв. НАНА. Серия физико-технических и математических наук, №6, 1997, с.69-73.
6. Пономаренко Ю.Л., Меликов А.З., Исмаилов Б.Г. Об оценке структуры иерархической распределенной сети обслуживания, //Проблемы информатизации и управления. Киев. КМУГА, 1998, с. 310-316
7. Меликов А.З., Исмаилов Б.Г. Вопросы организации взаимодействия ЭВМ распределенных сетей обслуживания, //Изв. НАНА. Сер. физико-тех. и математических наук, №1, 1998, с.45-47.
8. Меликов А.З., Исмаилов Б.Г. О моделировании процесса маршрутизации сообщений в распределенных компьютерных сетях обслуживания, //Изв. НАНА. Серия физико-технических и математических наук, №1, 1998, с.54-57.
9. Гулак Г.Н., Меликов А.З., Пономаренко Ю.Л., Исмаилов Б.Г. Оптимизация структуры сети передачи данных в условиях большой нагрузки, // Проблемы информатизации и управления. Выпуск 4: Киев КМУГА 1999, с.59-66.
10. Исмаилов Б.Г. Модели потоков сообщений в распределенных сетях обслуживания, //Материалы республиканской научно-практической конференций. Баку, 1999, с.69-71.

11. Исмаилов Б.Г. Анализ характеристик взаимодействия компьютеров распределенных сетей обслуживания, // Изв. НАНА. Серия физико-технических и математических наук, №3-4, 1999, с.130-136.
12. Aliev A.A., Ismailov B.G. Models of the distributed systems with priority by dependent delay, //The second International Conference INTERNET, EDUCATION, SCIENCE. October-2000. Vinnytsia-UKRAINE, pp.301-302.
13. Алиев А.А., Исмаилов Б.Г. Анализ и моделирование распределенных компьютерных сетей обслуживания, // Математические машины и системы. Киев 2000г., №2,3, с.132-139.
14. Исмаилов Б.Г. Исследование процесса обслуживания периферийных компьютеров распределенных сетей, //Изв. НАНА. Серия физико-технических и математических наук. №2-3, 2000, с.139-143.
15. Исмаилов Б.Г. Проектирование распределенной сети обслуживания объектов добычи и подготовки газа, // М.: Научно-технический сборник. 2001, №1, с.29-35.
16. Исмаилов Б.Г. Анализ результатов моделирования распределенной сети обслуживания объектов добычи и подготовки газа, // М.: Научно-технический сборник 2001, №4, с.20-26.
17. Алиев А.А., Исмаилов Б.Г. Анализ характеристик многопоточковых сетей обслуживания, //Радиоэлектроника, информатика и управление. Запорожье: №2, 2001, с.66-69
18. Исмаилов Б.Г. Модели компьютерной системы обслуживания со смешанными приоритетами, //Изв. НАНА. Серия физико-технических и математических наук, №2-3, 2002, с.136-138.
19. Исмаилов Б.Г. Анализ задержки с циклическим правилом обслуживания распределенных сетей, // Труды республиканской научной конференции «Современные проблемы информатизации, кибернетики и информационных технологий», Баку, 2003., с.45-47.
20. Исмаилов Б.Г. Модели компьютерной системы обслуживания с фиксированными приоритетами, //Изв. НАНА. Серия физико-технических и математических наук, №2, 2003г., с.88-91.
21. Исмаилов Б.Г. Анализ компьютерной системы с динамическими приоритетами, // Изв. НАНА. Серия физико-технических и математических наук, №3, 2003, с.73-75.
22. Исмаилов Б.Г., Аскерова А.О., Кичибекова Х.Н. Исследования характеристики многопоточковых компьютерных сетей обслуживания, // Изв. НАНА. Серия физико-технических и математических наук, №3, 2003г., с.76-78.



23. Исмаилов Б.Г. Проблемы разработки распределенной компьютерной сети разнотипных информационных потоков, // Системы управления и информационные технологии. Международный сборник научных трудов. Выпуск 10, (Воронеж), 2003г., с.16-19.
24. Ismailov B.G., Askerova A.O. Kichibekova X.N. Application of distributed networks models at development of the industrial network, // The Fourth International Conference «INTERNET, EDUCATION, SCIENCE -2004» Vol.2, Azerbaijan-Ukraine-Bulgaria, 2004, pp. 441-442.
25. Исмаилов Б.Г., Аскерова А.О., Кичибекова Х.Н., Шакаралиев С.Г. Исследование системы массового обслуживания с динамическими приоритетами, // «Новые технологии в образовании», Воронеж, 2005г., №1(10), с 67-68.
26. Исмаилов Б.Г. Исследование характеристик систем защиты информации распределенной сети, // Автоматика и вычислительная техника. Рига, 2006г., №3, с.51-59.
27. Исмаилов Б.Г. Моделирование системы защиты информации распределенных компьютерных сетей, // Труды республиканской научной конференции «Проблемы прикладной математики и новой информационной технологий», Сумгаит, 2007, с.266-267.
28. Чи Сон Ким, Меликов А.З, Исмаилов Б.Г. Оптимальное назначение динамических приоритетов в высокоскоростных сетях с двумя типами заявок. АВТ, Рига, 2008, № 6 с.57-65.
29. Меликов А.З., Исмаилов Б.Г. Исследование параметров динамических приоритетов в высокоскоростных сетях с двумя типами заявок. IES.2008, Vinitnya 2008, pp 313-316.
30. Меликов А.З., Исмаилов Б.Г. Анализ параметров динамических приоритетов в системах обслуживания с двумя типами заявок. «Опико-электронные информационно энергетические технологии», №3, Винница, 2009. с.43-48.
31. Исмаилов Б.Г. Исследование результатов различных подходов к моделированию системы защиты информации в распределенных сетях обслуживания. IES.2010, Volu.11, Vinitnya 2010. pp 380-383.
32. Исмаилов Б.Г. Сравнительный анализ результатов различных подходов к моделированию системы защиты информации в распределенных сетях обслуживания. «Информационная технология и компьютерная инженерия», Винница, №2(18), 2010. с.44-50.
33. Ismailov B.G., Najafova C Information investigation of the results the modeling of the system of to be protesting the nets of distributed computer. PCI'2010. Volume2, Baku, Azerbaijan. pp 141-142

34. Меликов А.З., Исмаилов Б.Г., Дадгар Ф.А. Анализ динамических приоритета при линейно возрастающей функции приоритетности в системах обслуживания с четырьмя типами заявок. МНПК «CSNT-2012», НАУ, Киев, -2012. с.92-95
35. Исмаилов Б.Г., Дадгар Ф.А. Исследование алгоритмов организации обслуживания в распределенных компьютерных сетях. IES.2012, Vinnytsia, 2012. pp 136-137.
36. Исмаилов Б.Г. Имитационные модели исследования характеристик систем защиты информации распределенной сети. Труды первой республиканской НПК посв.90-летию Г.А.Алиева, ИИТ НАНА, Баку-2013.с.162-163.
37. Исмаилов Б.Г., Дадгар Ф.А. Анализ характеристик сетей с динамическими приоритетами и ограниченном буфером. Информационные технологии моделирования и управления. 2013, №3(81), Воронеж, с.292-296.
38. Исмаилов Б.Г., Дадгар Ф.А. Сравнительный анализ алгоритма организации процессов обслуживания в распределенных сетях. VII МНТК «CSNT-2014», НА НУ, Киев, -2014. -с.69-70.
39. Исмаилов Б.Г., Дадгар Ф.А. Анализ характеристик сетей с динамическими приоритетами и неограниченным буфером. Вестник БГУ, серия физико-математических наук, № 3, 2014, с.71-78.
40. Меликов А.З., Пономаренко Л.А., Исмаилов Б.Г. Анализ системы обслуживания с динамическими приоритетами. Международный научно-технический журнал.«Проблемы управления и информатики», 2015, № 5,с.113-122.

**Личный вклад автора.** По теме диссертации опубликовано 46 работ. Из них 18 работ выполнены автором самостоятельно. Личный вклад соискателя в работах, опубликованных в соавторстве, заключается в следующем: [2,3,5-7,8,9] - разработка процедуры и алгоритмы анализа характеристик различных структур сети терминалов распределенных сетей, обобщение полученных результатов; [1,11,13,14,16, 20, 25, 28-30] - постановка задач, предложены и разработаны алгоритмы анализа характеристик пунктов обслуживания распределенных сетей; [33-35,38-40] - разработка метода и моделей исследования параметров динамических приоритетов; [42] - анализ результатов модели, исследование характеристик системы защиты информации в распределенных сетях. [43-46] - постановка и разработка задачи анализа характеристик сетей с динамическими приоритетами и ограниченным буфером.

**Baləmi Qasım oğlu İsmayılov**  
**“Muxtəlifli informasiya axınlı paylanmış**  
**xidmət şəbəkələrinin işlənməsi”**

**X Ü L A S Ə**

Dissertasiya isi kompüter şəbəkələri nəzəriyyəsinin inkişafına, paylanmış kompüter şəbəkələrinin işlənməsinin elmi-nəzəri və metodoloji əsaslarının, lokal, qlobal şəbəkələrin qurulma texnologiyalarının müştərək tətbiqinə əsaslanan muxtəlif tipli informasiya axınlı paylanmış xidmət şəbəkələrinin təhlili və sintezi usullarına həsr edilmişdir.

Təklif edilmiş yanaşmaya görə kompüter şəbəkələri təsnifləşdirilmiş, onların qurulma prinsipləri, axın seli, xidmət prosesi, effektivlik kriteriləri, şəbəkə topologiyaları araşdırılmış, paylanmış kompüter şəbəkələrinin qurulması üçün alqoritmik, ədədi, evristik üsullar işlənməmişdir.

Paylanmış şəbəkələrdə xidmət qaydaları təsnifləşdirilmiş, muxtəlif prioritetli, dövrü xidmət, SBS, ATM, umumistifadəli yaddaş və s. texnologiyalara əsaslanan şəbəkələr, paylanmış şəbəkələrdə informasiya qorunma sisteminin işlənməsi problemi araşdırılmış, həll alqoritmləri işlənməmiş, ədədi eksperimentlər aparılmış, dinamik, qarışıq və s. prioritetə malik şəbəkələr araşdırılmışdır.

Paylanmış şəbəkələrin analitik, imitasiya modelləri işlənməmiş, müqayisəli təhlil edilmişdir. İstehsal şəbəkələrinin işlənməsi üçün alınmış model və usulların tətbiqi ilə konkret obyektlərə xidmət edən şəbəkələrin qurulması üzrə qərar qəbuluna imkan verən prosedurlar işlənməmişdir.

PŞ-in qurulması üzrə metodik rekomendasiyalar (“Neftqazçıxarma obyektlərinin PŞ-in qurulması üzrə metodik rəhbərlik”) və göstərişlər (tədris prosesində istifadə üçün) işlənməmişdir.

Metodik rəhbərlik Azərbaycan Dövlət Neft Şirkətinin “İnformasiya texnologiyaları və rabitə idarəsi” tərəfindən şirkətin müxtəlif obyektlərində tətbiq üçün qəbul edilmiş, metodik göstərişlər isə tədris prosesində istifadə edilir.

Nəticələr bir sıra istehsal təyinatlı PŞ-in qurulmasında, hətta mövcud şəbəkələrin təkmilləşdirilməsi məqsədi ilə də istifadə edilə bilər.

**Balami Gasim oglu Ismailov**

**THE CREATION OF THE DISTRIBUTED SERVICE NETS OF  
POLYTYPIC INFORMATION STREAMS**

**S U M M A R Y**

The dissertation is devoted to the development of the theory of computer networks, to the investigation of scientific and methodological bases of distributed computer networks, the method of analysis and synthesis of different types of information streams based on the joint implementations of the technology of local and global networks.

The computer networks are classified according to the proposed approaches, studied the principles of their construction, the information stream, the service process, the efficiency criteria, network topologies. The algorithmic, numerical and heuristic methods for the construction of the distributed computer networks are worked out.

The rules of service in the distributed networks are classified based on the technology of different priorities, cycled services, SBS, ATM, shared memory, investigated the problems of the development of information protection systems in the distributed networks. The algorithms of the solution are worked out, the numerical experiments are carried out, the networks with the dynamical, mixed and etc. priorities are studied.

The analytical and imitational methods of the distributed networks are worked out and the comparative analysis is carried out. The procedures allowing to accept the solution on the net construction of the exact targets with the use of the worked out models and the methods for working out the industrial net are investigated.

Methodical recommendations and guidance to build a PC are developed. The guidelines are used as a "Methodical guidance for PC design objects of oil and gas", which are taken to control the introduction of "Information and communication technologies" in various objects SOCAR and the methodical guidances are used in the educational process. The results of the work can be used as part of a number of PC production purposes and to finalize the existing networks.





---

---

**Подписано к печати 23.10.2015**

**Тираж 100 заказ 475**

---

---

Институт Систем управления НАНА

г. Баку, улица Б. Вахабзаде 9  
Тел. (+012) 539-28-26

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI  
İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİ İNSTİTUTU**

---

*Əlyazma huququnda*

**BALƏMİ QASIM OĞLU İSMAYILOV**

**MUXTƏLİF TIPLI İNFORMASIYA AXINLI  
PAYLANMIŞ XİDMƏT ŞƏBƏKƏLƏRİNİN İŞLƏNMƏSİ**

**3338.01- Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi  
(sahələr üzrə)**

**Texnika elmləri doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın**

**A V T O R E F E R A T I**

**BAKİ – 2015**