

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ  
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

На правах рукописи  
УДК 621.391.28

**ИЗБОСАРОВ АГЗАМ ФАХРИДДИНОВИЧ**

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ  
ТРАНСПОРТНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ  
(НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН)**

05.12.13. – Системы, сети и устройства телекоммуникаций,  
распределение информации

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

Диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Ташкент - 2009

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Постановлением Президента Республики Узбекистан от 8 июля 2005 года №ПП-117 «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию информационно-коммуникационных технологий» и Кабинета Министров от 1 августа 1995 г. № 307 «О национальной программе реконструкции и развития телекоммуникационной сети Республики Узбекистан на период до 2010 года» телекоммуникационные сети, включающие в себя национальную телефонную (местную, междугороднюю и международную) сеть, определены важнейшим элементом инфраструктуры страны, наиболее эффективной средой распространения информации, стимулирующей развитие производства и сферы услуг.

Основной целью данной Программы является создание национальной сети телекоммуникации на базе цифровых систем передачи и цифрового коммутационного оборудования, предусматривающей глубокое интегрирование в мировую систему телекоммуникаций и обеспечивающей всестороннее удовлетворение потребностей экономики и населения республики в услугах телекоммуникации.

Одним из наиболее общих требований, предъявляемых к сети телекоммуникации, является требование по обеспечению эффективного использования технических средств телекоммуникации - каналов телекоммуникации, узлов коммутации и другого оборудования. Решение поставленной задачи возможно при обеспечении высокой надежности функционирования транспортной сети телекоммуникации. Высокие требования к надежности транспортной сети телекоммуникации предъявляет и сама специфика решаемых ею задач, при этом необходимым условием обеспечения высокой надежности является резервирование элементов сети и введение подсистемы контроля.

**Степень изученности проблемы.** Разработка методов повышения надежности транспортной сети телекоммуникаций является частью общей проблемы управления сетью и в последние годы привлекает пристальное внимание специалистов. Проблемы повышения надежности транспортной сети телекоммуникаций рассматривались в работах Г.П. Захарова, К.А. Брусиловского, Г.М. Гнедова, В.А. Гуляева, В.П. Алтарева, С.П. Присяжнюка, Е.Б. Алексева, Т.Н. Нишанбаева, В.Н. Гордиенко, Р.И. Исаева и других авторов. Следует отметить, что в большинстве работ, посвященных этой проблеме, задачи повышения надежности сетей телекоммуникации решались без учета возможностей своевременной доставки сообщений и повышения эффективности использования ресурсов транспортных сетей телекоммуникаций.

В этой связи представляется актуальным исследование и разработка методов повышения надежности транспортных сетей телекоммуникации, обеспечивающих своевременную доставку сообщений пользователям, а также эффективное использование имеющихся ~~ресурсов~~ технических средств

телекоммуникации.

### **Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР.**

Работа выполнена на кафедре «Сети и системы передачи данных» (бывшая кафедра «Системы телематики») Ташкентского университета информационных технологий в рамках плана НИР «Эффективность систем контроля сетей передачи данных» и «Исследование методов контроля и диагностики цифровых устройств телекоммуникационного оборудования в условиях эксплуатации».

**Цель исследования.** Целью настоящей работы является исследование и разработка методов повышения надежности транспортной телекоммуникационной сети Республики Узбекистан.

### **Задачи исследования заключаются в:**

- исследовании и разработке математических моделей повышения надежности транспортной телекоммуникационной сети;
- исследовании и разработке математических моделей систем контроля транспортной сети телекоммуникации;
- разработке методики оценки эффективности способов повышения надежности транспортной телекоммуникационной сети;
- разработке критериев оценки эффективности систем контроля транспортной телекоммуникационной сети;
- определении оптимального периода контроля транспортной телекоммуникационной сети;
- определении оптимальной структуры построения транспортной телекоммуникационной сети, на примере Республики Узбекистан;
- разработке имитационной модели надежности транспортной телекоммуникационной сети, на примере Республики Узбекистан.

**Объект и предмет исследования.** Транспортная телекоммуникационная сеть и ее надежность.

**Методы исследования.** В работе использованы методы теории вероятностей, теории массового обслуживания, метод введения дополнительного события (методы теории «катастроф»), теория надежности, методы оптимизации, а также метод имитационного компьютерного моделирования.

**Гипотеза исследования.** Возможности использования допустимого времени ожидания сообщений в качестве контролируемого параметра, позволяющего определить предотказное состояние сети телекоммуникации, путем контроля интервала времени ожидания сообщений канала обслуживания.

### **Основные научные положения, выносимые на защиту:**

- новый подход к решению вопроса определения предотказного состояния транспортной телекоммуникационной сети в реальном времени, основанный на контроле интервала времени ожидания сообщений;
- математическая модель, позволяющая анализировать эффективность систем контроля транспортной сети при ее различной загрузке;

- метод и алгоритм определения оптимального периода контроля транспортной сети телекоммуникации при различных дисциплинах обслуживания;
- методика оценки эффективности систем контроля транспортной сети телекоммуникации, базирующаяся на имитационной модели;
- метод и алгоритм оптимизации структуры для транспортной сети телекоммуникации, на примере Республики Узбекистан.

**Научная новизна работы** заключается в том, что впервые:

- разработан метод контроля допустимого времени ожидания сообщения и начала обслуживания, позволяющий определить предотказное состояние сети телекоммуникации;
- предложены математические модели системы контроля транспортной сети телекоммуникации при различных дисциплинах обслуживания;
- разработана методика оценки эффективности систем контроля транспортной сети телекоммуникации при различных дисциплинах обслуживания;
- определены оптимальные интервалы времени контроля транспортной сети телекоммуникации при различных дисциплинах обслуживания;

**Научная и практическая значимость результатов исследования:**

- разработанные математические модели системы контроля транспортной сети телекоммуникации, при различных дисциплинах обслуживания, позволяют определить предотказное состояние сети при заданных значениях параметров: пропускной способности сети, интенсивности поступления и обслуживания сообщений, интенсивности отказов и восстановления сети, допустимого времени ожидания сообщений и др.;
- предложенная методика оценки эффективности систем контроля позволяет анализировать состояние транспортной сети телекоммуникации при различных дисциплинах обслуживания;
- оптимальный интервал времени контроля, зависящий как от основных параметров сети телекоммуникации, так и возможных ошибок системы контроля позволяет повысить эффективность системы контроля;
- разработанная имитационная модель является обобщенной и позволяет исследовать системы контроля транспортных сетей телекоммуникаций различной структуры;
- сформулированы рекомендации по практическому использованию разработанных алгоритмов контроля транспортных телекоммуникационных сетей Республики Узбекистан на основе полученных в работе теоретических и экспериментальных результатов;
- практическая ценность результатов диссертационной работы подтверждена актами внедрения.

**Реализация результатов.** Диссертационная работа является составной частью научно-исследовательских работ, проводимых кафедрой «Сети и системы передачи данных» (бывшая кафедра «Системы телематики») Ташкентского университета информационных технологий по

исследованию сетей передачи данных. Результаты работы внедрены в АК «Узбектелеком» и в учебный процесс Ташкентского университета информационных технологий, что подтверждается соответствующими документами.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы докладывались, обсуждались и получили одобрение на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Ташкентского университета информационных технологий и на Техническом комитете АК «Узбектелеком».

**Опубликованность результатов.** Основные результаты работы опубликованы в научных журналах, материалах Международной и Республиканских научно-технических конференциях - всего 7 работ.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации 126 страниц, в том числе 119 страниц основного текста, 7 страниц приложений, 31 рисунок.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, перечислены основные результаты работы, приведены научно-практические тезисы, выносимые на защиту, пояснены структура и объем диссертации, приведены сведения об апробации работы и кратко изложено ее содержание.

**В первой главе** рассмотрены состояние и этапы развития телекоммуникационной сети Республики Узбекистан, развитие магистральной и местной сетей передачи данных, приведены основные математические модели, применяемые для анализа надежности сетей телекоммуникации. Кроме того, рассмотрены методы оценки эффективности систем контроля и диагностирования сетей, а также сформулирована постановка задачи исследования.

**Во второй главе** в соответствии с постановкой задачи, в качестве контролируемого параметра выбрано время ожидания начала обслуживания. Время ожидания зависит от множества факторов: параметров потока и загрузки системы, параметров канала и аппаратуры передачи данных, способов защиты информации, алгоритма работы и принципа управления элементами сети, а также эксплуатационной надежности транспортной сети.

Время ожидания потока сообщений задается функционалом

$$T_{ож} = f[K_r(d, C), \rho(\lambda, V, C_o, \mu), Y], \quad (1)$$

где  $\lambda, \mu$  - интенсивности поступления и обслуживания потока сообщения (пакетов);

$d, C$  - интенсивности восстановления и исправной работы сети;

$p$  - загрузка сети;

$V$  - объем потока сообщений ;

$S_z$  - пропускная способность каналов, узлов и т.д.;

$Y$  - алгоритм управления сетью.

При определенных значениях параметров функционала (1), время ожидания принимает конкретное значение, которое не должно превышать допустимого значения. Любые события, приводящие к превышению времени ожидания потоков сообщения (пакетов) над допустимым значением, считаются равносильными отказу транспортной сети телекоммуникации.

Для получения аналитической модели контроля сети телекоммуникации, при различных дисциплинах обслуживания, используется математический аппарат, базирующийся на вероятностной интерпретации преобразований Лапласа-Стилтьеса.

Для определения вероятности непревышения временем ожидания начала обслуживания потоков сообщений (пакетов) допустимого значения использована вероятностная интерпретация преобразования Лапласа-Стилтьеса (ПЛС)  $\omega(S/\tau)$ :

$$\omega(s/\tau) = \frac{1 - \rho(K_r + Kn(1+d\tau)\exp(-d\tau))/K_r \exp(-dKn(1-\exp(-d\tau)/\mu - \exp(-d\tau)(1-\exp(-d\tau)/K_r))}{K_r(K_r + Kn(1+d\tau)\exp(-d\tau))/K_r} \\ \frac{sK_r + dKn - dKn\varphi(s/\tau)}{s - \lambda + \lambda h(s/\tau)}, \quad (2)$$

где  $S$  – оператор Лапласа;

$\tau$  – допустимое время ожидания начала обслуживания потоков;

$Kn$  – коэффициент простаивания сети;

$h(s/\tau)$  – ПЛС ФР вероятности непревышения временем ожидания допустимого значения за время обслуживания потоков сообщений;

$h_1$  – первый момент от  $h(s/\tau)$ .

$\varphi(s/\tau)$  – ПЛС функции распределения (ФР) вероятности непревышения временем ожидания пакетов допустимого значения за время восстановления сети

$$\varphi(s/\tau) = \frac{d}{d+s} [1 - \exp(-(s+d)\tau)] \quad (3)$$

Для нахождения ФР вероятности непревышения временем ожидания потоков допустимого значения, необходимо найти обратное преобразование от  $\omega(s/\tau)$ . Для этого использован приближенный метод, который позволяет вести расчеты с погрешностью 5-10%, что вполне приемлемо для инженерных расчетов допустимого значения  $W(t)$ :

$$W(t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \exp\left(-\frac{\lambda}{\mu \cdot W_1} t\right), \quad (4)$$

где  $W_1$  – первый момент от  $\omega(s/\tau)$ .

С учетом того, что  $\mu = C\varepsilon/V$ , формула (4) принимает вид

$$W(t) = 1 - \frac{\lambda \cdot V}{C\varepsilon} \exp\left(-\frac{\lambda \cdot V}{C\varepsilon \cdot W_1} t\right) \quad (5)$$

В настоящее время широкое распространение получила мультимедийная услуга «три в одном» (triple play), т.е. предоставление канала телекоммуникации для одновременной передачи речь, видео и данных.

Если в сеть телекоммуникации поступают различные потоки (речь, данные и видео), то для таких мультимедийных потоков необходимо разработать математический аппарат, учитывающий время доставки сообщений. При этом для речи используется наивысший приоритет (1-приоритет), для данных 2-приоритет и для видео 3-приоритет.

Рассмотрена абсолютная приоритетная дисциплина обслуживания сообщений. При этом, поступление сообщений высшего приоритета прерывает обслуживание сообщений низшего приоритета. Следовательно, поступление потока сообщений высшего приоритета в транспортной сети равносильно отказу сети для сообщений низшего приоритета, т.е.

$$\delta_{k-1} = \sum_{i=1}^{k-1} \lambda_{k-i} \quad (6)$$

где  $\delta_{k-1}$  – суммарная интенсивность поступления сообщений приоритета ниже, чем  $k$ .

Следовательно, определение вероятности непревышения временем ожидания потоков  $k$ -го приоритета допустимого значения сводится к заданию определения этой же характеристики для неприоритетной сети с реальной надежностью.

С учетом выражения (6), вероятность непревышения временем ожидания потоков  $k$ -го приоритета допустимого значения определяется по формуле

$$\omega_k(s/\tau) = \frac{[1 - \sum_{i=1}^k \rho_i - \rho_k \mu_k \tau] [s_k + \delta_{k-1} - \delta_{k-1}(s)]}{s_k - \lambda_k + \lambda_k h_k(s/\tau)} \quad (7)$$

$$h_k(s/\tau) = \exp\left(-\frac{s_k + \delta_{k-1} - \delta_{k-1} \pi_{k-1}(s)}{\mu_k}\right) - \exp(-s_k - \delta_{k-1} + \delta_{k-1} \pi_{k-1}(s))$$

$$\delta_{k-1} \pi_{k-1}(s) = \frac{\sum_{i=1}^{k-1} \lambda_i \mu_i}{\mu_k + s_k + \delta_{k-1} - \delta_{k-1} \pi_{k-1}(s)}$$

Для нахождения ФР вероятности неперевышения временем ожидания допустимого значения потока сообщений  $k$ -го приоритета -  $W_k(t)$ , необходимо найти обратное преобразование от  $\omega_k(s/\tau)$ . Для этого также используется приближенный метод, допускающий расчеты с погрешностью 5-10%, что вполне приемлемо для инженерных расчетов:

$$W_k(t) = 1 - \sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i}{\mu_i} \exp\left(-\sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i}{\mu_i * W_{k1}} t\right), \quad (8)$$

где  $W_{k1}$  - первый момент от  $\omega_k(s/\tau)$ .

С учетом, что  $\mu_k = C\varepsilon/V_k$  формула (8) имеет следующий вид:

$$W_k(t) = 1 - \sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i \cdot V_i}{C\varepsilon} \exp\left(-\sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i \cdot V_i}{C\varepsilon \cdot W_{k1}} t\right). \quad (9)$$

В частности, выражение (9) для первого приоритета (речь), имеет вид:

$$W_1(t) = 1 - \frac{\lambda_1 \cdot V_1}{C\varepsilon} \exp\left(-\frac{\lambda_1 \cdot V_1}{C\varepsilon \cdot W_1} t\right), \quad (10)$$

для второго приоритета (данные) формула имеет вид:

$$W_2(t) = 1 - \sum_{i=1}^2 \frac{\lambda_i \cdot V_i}{C\varepsilon} \exp\left(-\sum_{i=1}^2 \frac{\lambda_i \cdot V_i}{C\varepsilon \cdot W_2} t\right) \quad (11)$$

и для третьего приоритета (видео) формула имеет вид:

$$W_3(t) = 1 - \sum_{i=1}^3 \frac{\lambda_i \cdot V_i}{C\varepsilon} \exp\left(-\sum_{i=1}^3 \frac{\lambda_i \cdot V_i}{C\varepsilon \cdot W_{31}} t\right). \quad (12)$$

Для оценки целесообразности введения системы контроля по времени ожидания потока сообщений  $k$ -го приоритета, используется критерий экономической эффективности. При отсутствии контроля возможны определенные потери от эксплуатации неисправной системы, тогда как при наличии контроля возможны потери, обусловленные ошибками системы контроля. Эффективность системы контроля транспортной сети при приоритетной дисциплине обслуживания потока сообщений можно определить как отношение потерь при наличии контроля и при его отсутствии по следующей формуле:



$$F_k = \frac{[1 - W_k(t)]}{\frac{1}{1 + \frac{1 - \alpha}{\beta} \cdot \frac{W_k(t)}{1 - W_k(t)}} + \frac{C \delta}{C \gamma} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1 - \beta}{\alpha} \cdot \frac{1 - W_k(t)}{W_k(t)}}}, \quad (13)$$

где  $C\gamma$ ,  $C\delta$  - стоимости потерь за счет ошибок 1-й и 2-й категорий, соответственно;

$\alpha$  - ошибки системы контроля 1-го рода (ложный отказ);

$\beta$  - ошибки системы контроля 2-го рода (пропуск отказа).

В частности, выражение (13) для первого приоритета (для речи) имеет вид:

$$F_1 = \frac{1 - W_1(t)}{\frac{1}{1 + \frac{1 - \alpha}{\beta} \cdot \frac{W_1(t)}{1 - W_1(t)}} + \frac{C \delta}{C \gamma} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1 - \beta}{\alpha} \cdot \frac{1 - W_1(t)}{W_1(t)}}}, \quad (14)$$

для второго приоритета (для данных):

$$F_2 = \frac{1 - W_2(t)}{\frac{1}{1 + \frac{1 - \alpha}{\beta} \cdot \frac{W_2(t)}{1 - W_2(t)}} + \frac{C \delta}{C \gamma} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1 - \beta}{\alpha} \cdot \frac{1 - W_2(t)}{W_2(t)}}}, \quad (15)$$

и для третьего приоритета (для видео):

$$F_3 = \frac{1 - W_3(t)}{\frac{1}{1 + \frac{1 - \alpha}{\beta} \cdot \frac{W_3(t)}{1 - W_3(t)}} + \frac{C \delta}{C \gamma} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1 - \beta}{\alpha} \cdot \frac{1 - W_3(t)}{W_3(t)}}}. \quad (16)$$

Для исследования эффективности предлагаемой системы контроля транспортной сети телекоммуникации, выполнен численный анализ.

При контроле времени ожидания потока сообщений, оценка эффективности системы контроля будет максимальна тогда, когда ФР вероятности непревышения временем ожидания потока сообщений допустимого значения равна оптимальному значению, т.е.  $W(t) = W_{opt}(t)$ . По найденному оптимальному значению ФР вероятности непревышения временем ожидания сообщений допустимого значения не составляет трудности вычислить оптимальную периодичность контроля  $T_{opt}$ . Максимум функции (13) определяется из уравнения

$$\frac{dF}{dW(t)} = 0 \quad (17)$$

В общем случае экстремума функции (9) может и не быть. Тогда уравнение (17) не имеет решения. Однако, при выполнении условий нормирования  $0 < \beta < 0,1$ ,  $0 < \alpha < 0,2$ ,  $C\delta < C\gamma$  экстремум существует и уравнение (17) имеет решение.

Вычислив  $W_{opt}(t)$ , находится периодичность контроля. Например, для транспортной сети телекоммуникации

$$1 - W_{opt}(t) = \frac{\lambda V}{C_3} \exp\left(-\frac{\lambda V}{C_3 W_1} t\right), t \in (0, \infty) \quad (18)$$

При  $t=0$ ,  $\exp(-\lambda V/C_3 W_1)=1$ , тогда  $1-W_{opt}(t)=\lambda V/C_3$ , т.е. равенство (18) выполняется. При  $t \rightarrow \infty$ ,  $\exp(-\lambda V/C_3 W_1 t) \rightarrow 0$ , тогда  $1-W_{opt}(t) > \lambda V/C_3$ , т.е. для  $t>0$  всегда  $\lambda V/C_3$  будет меньше  $1-W_{opt}(t)$ . Следовательно, равенство (18) не выполняется. Поэтому, для выполнения равенства (18), при  $t>0$  необходимо ввести следующее условие:

$$\frac{\lambda V}{C_3} > 1 - W_{opt}(t) \quad (19)$$

Тогда периодичность  $T_{opt}$  контроля определяется в виде

$$T_{opt} = \frac{C_3 W_1}{\lambda V} \ln \frac{\frac{\lambda V}{C_3}}{1 - W_{opt}(t)}, \frac{\lambda V}{C_3} > 1 - W_{opt}(t) \quad (20)$$

Оптимальный период контроля  $T_{конт}$  для приоритетного потока определяется следующим образом:

$$T_{конт} = 1 - \sum_{i=1}^k \frac{C_3 W_{i1}}{\lambda_i V_i} \ln \sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i V_i}{C_3 (1 - W_{opt}(t))} t, \sum_{i=1}^k \frac{\lambda_i V_i}{C_3} > 1 - W_{opt}(t) \quad (21)$$

Найденный оптимальный интервал контроля позволяет учитывать основные параметры сети, а также ошибки системы контроля. Численный анализ зависимости оптимального периода контроля от загрузки, при различных значениях интенсивности восстановления и допустимого времени ожидания потока, дает возможность определить эффективную область применения предлагаемой системы контроля транспортной сети по загрузке.

**В третьей главе** разработаны модели, учитывающие процессы, существенным образом влияющие на эффективность работы системы контроля сети.

Предложенная модель позволяет имитировать процессы передачи информационных сообщений и служебных сообщений (зонд сигналов) в транспортных сетях телекоммуникации.

В транспортной сети телекоммуникации циркулируют потоки сообщений, длины которых задаются в виде исходных данных и могут быть различными. Интенсивность поступления потоков задается также в виде исходных данных, а интервал времени между поступлением сообщений двух потоков в транспортной сети распределен по экспоненциальному закону.

Источниками и приемниками нагрузки являются потребители услуг, подключенные к транспортной сети телекоммуникации. Основными исходными данными для создания модели функционирования транспортной сети телекоммуникации являются:

структура сети телекоммуникации, отображенная в виде матриц емкостей и смежности;

объем (длина) потоков сообщений;

интенсивность поступления потоков сообщений;

пропускные способности трактов и каналов телекоммуникации.

В результате моделирования алгоритма работы транспортной сети телекоммуникации Республики Узбекистан, получены следующие вероятностно – временные характеристики:

среднее время доставки потоков сообщений;

среднее время ожидания начала обслуживания потоков сообщений;

вероятности своевременной доставки потоков сообщений;

коэффициент использования каналов телекоммуникации.

Программное обеспечение модели сети, представляет собой совокупность независимых блоков, отдельных подпрограмм, объединенных основной программой.

В состав программного обеспечения входят:

подпрограмма моделирования нагрузки;

подпрограмма моделирования процессов передачи и приема потоков сообщений;

подпрограмма моделирования процесса передачи и приема служебных сигналов;

подпрограмма формирования матрицы маршрутизации;

подпрограмма обработки накопленной статистики;

подпрограмма моделирования процесса формирования служебных сигналов.

Модель представлена в виде блочной структуры, что моделировать отдельные блоки и вычислять необходимые вероятностные характеристики системы контроля и диагностирования транспортной сети телекоммуникации.

**В четвертой главе рассмотрены вопросы оптимизации структуры транспортной сети телекоммуникации Республики Узбекистан.**

Для оптимизации структуры транспортной телекоммуникационной сети в качестве основного критерия оптимизации, использованы приведенные затраты. Этот показатель является универсальным, одинаково учитывающим как затраты потребителя, так и интересы изготовителя технических средств связи. Однако, приведенные затраты в явном виде не учитывают вероятностно-временных характеристик (ВВХ) сетей телекоммуникации, оказывающих существенное влияние на время доставки информации. Следовательно, задачу оптимизации структуры иерархической транспортной телекоммуникационной сети, можно сформулировать следующим образом:

$$\Omega^* = \arg \min \Pi[\Omega(Q, T)] \quad , \quad (22)$$
$$Q \geq Q_{зад}, T \leq T_{зад}$$

где  $\Omega^*$  - оптимальная структура иерархической сети;

$\Pi$  - приведенные затраты;

$Q$  - вероятность своевременной доставки;

$T$  - среднее время доставки сообщений;

$Q_{зад}$  - заданная вероятность своевременной доставки;

$T_{зад}$  - заданное среднее время доставки сообщений;

$\Omega$  - структура иерархической транспортной телекоммуникационной сети.

Для решения поставленной задачи разработаны алгоритм и программа оптимизации иерархической структуры транспортной телекоммуникационной сети. Для оптимизации структуры транспортной телекоммуникационной сети использован эвристический алгоритм, который позволяет найти глобальный оптимум.

Для оптимизации структуры транспортной сети телекоммуникации, решены следующие подзадачи:

- выбор топологии транспортной сети телекоммуникации;

- распределение потоков;

- анализ ВВХ транспортной сети телекоммуникации;

- разработка модели экономической оценки транспортной сети

телекоммуникации.

Разработанная программа оптимизации структуры транспортной сети ориентирована на проведение многовариантных структурно-сетевых расчетов, и представляет собой программные комплексы многоцелевого назначения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Теоретические и экспериментальные исследования, приведенные в работе, позволяют сформулировать следующие основные результаты:

1. Необходимый уровень надежности сетей телекоммуникации достигается при условии резервирования, применения систем контроля и диагностирования. Для оценки применения того или иного вида контроля предлагается использовать критерий экономической эффективности, под которым понимается отношение эффективности работы объекта при наличии контроля и при его отсутствии.

2. Для исследования систем контроля сети телекоммуникации выбран математический аппарат, базирующийся на вероятностной интерпретации преобразований Лапласа-Стилтьеса, который позволяет исследовать состояние сети телекоммуникации с учетом требований по своевременной доставке сообщений.

3. Для определения технического состояния сети телекоммуникации, необходимо выбрать, прежде всего, параметры контроля, характеризующие состояние сети. В качестве контролируемого параметра сети телекоммуникации выбрано время ожидания сообщений, как интегральный показатель, позволяющий учитывать как физические, так и информационные отказы сети телекоммуникации. Использование допустимого времени ожидания потока сообщений в качестве контролируемого параметра, позволяет определить предотказное состояние транспортной сети телекоммуникации. Получены функции распределения вероятностей непревышения временем ожидания потока сообщений допустимого значения, позволяющие определить предотказное состояние сети телекоммуникации.

4. Предложена методика оценки эффективности, позволяющая определить эффективную область применения предлагаемой системы контроля транспортной сети телекоммуникации по загрузке. Для рассматриваемой сети телекоммуникации эффективная область применения предлагаемой системы контроля сети определяется по загрузке, лежащей в интервале  $\rho = 0 - 0,4$ . При приоритетной дисциплине обслуживания эффективная область системы контроля меняется. Для значения  $\rho_3 = 0 - 0,1$  наиболее эффективным для системы контроля является соотношение загрузок потоков различных приоритетов  $\rho_1 : \rho_2 : \rho_3 = 8 : 2 : 1$ , а для  $\rho_3 = 0 - 0,4$  -  $\rho_1 : \rho_2 : \rho_3 = 1 : 1 : 1$ , а для  $\rho_3 = 0 - 0,9$  -  $\rho_1 : \rho_2 : \rho_3 = 1 : 2 : 8$ .

5. Найден оптимальный интервал контроля, учитывающий как основные параметры сети, так и ошибки системы контроля. Численный анализ зависимости оптимального периода контроля от загрузки, при различных значениях интенсивности восстановления и допустимого времени ожидания потока и сообщений показал, что с увеличением загрузки с  $\rho = 0,4$  до  $\rho = 1,0$  оптимальный период контроля уменьшается в 2,5 раза, с увеличением допустимого времени ожидания в 5 раз, оптимальный период

контроля уменьшается в 1,4 раза, а с ростом  $d$  в 10 раз, оптимальный период контроля уменьшается в 1,05 раз.

6. Для моделирования алгоритма работы транспортной сети телекоммуникации Республики Узбекистан, использовано имитационное моделирование (временной способ). Использование временного способа моделирования транспортных сетей телекоммуникации, позволяет провести сравнение с аналитическим моделированием в задачах анализа ВВХ. Анализ и сравнение различных алгоритмов контроля и диагностирования сети телекоммуникации по разработанной методике, основанной на имитационной модели, позволяет выбрать наиболее эффективные системы контроля и диагностирования.

7. В качестве критерия оптимизации структуры сети телекоммуникации выбраны приведенные затраты. Этот показатель является универсальным, одинаково учитывающим как затраты потребителя, так и интересы изготовителя технических средств связи. В многокритериальных задачах оптимизации структуры сети, кроме приведенных затрат, выбраны ВВХ сети телекоммуникации.

8. В качестве метода оптимизации структуры транспортной сети, рекомендуется использовать эвристический алгоритм поиска. Путем вариации всех возможных параметров транспортной сети, можно определить оптимальную структуру транспортной сети телекоммуникации.

9. Разработана программа решения задачи оптимизации структуры транспортной сети телекоммуникации, которая ориентирована на проведение многовариантных структурно-сетевых расчетов и представляет собой программные комплексы многоцелевого назначения.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Избосаров А.Ф., Камалов Ю.К. Математическая модель сети передачи данных с подсистемой контроля при абсолютной приоритетной дисциплине обслуживания.// Вестник ТУИТ–Ташкент, 2007, №1. - С. 22 – 24.
2. Izbosarov A.F.. Provision of necessary reliability of backbone transmission network of the Republic of Uzbekistan. InfoCom REVIEW.// Япония, 2007, №41. - С. 82-89.
3. Избосаров А.Ф. Оптимизация структуры магистральных сетей телекоммуникации Республики Узбекистан.// Журнал Алока дунёси - Ташкент, 2007, №2. - С. 23-27.
4. Избосаров А.Ф., Камалов Ю.К. Математическая модель сети передачи данных с подсистемой контроля.// Узбекский журнал Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2007, №2. - С. 47-50.
5. Избосаров А.Ф. Привлечение инвестиций и международная деятельность отрасли связи и информатизации.// Экономический Вестник Узбекистана. – Ташкент, 2003, №6. - С. 33-35.

6. Избосаров А.Ф., Арипов Х.К. Пути повышения надежности магистральной волоконно-оптической сети телекоммуникации Республики Узбекистан.// Журнал «Алока дунёси». – Ташкент, 2007, №3. - С. 3-7.
7. Избосаров А.Ф. Аналитическая модель сети передачи данных с подсистемой контроля при приоритетной дисциплине обслуживания.// Тезисы докладов республиканской конференции ИКТ. – Ташкент, 2007, Часть – II. - С. 17-18.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор **Избосаров Ағзам Фахриддиновичнинг** 05.12.13- «Телекоммуникация тизимлари, тармоқлари ва қурилмалари, ахборотни тақсимлаш» ихтисослиги бўйича «Телекоммуникациялар транспорт тармоғини ишончлилигини ошириш усуллари (Ўзбекистон Республикаси мисолида)» мавзусидаги диссертациясининг

## РЕЗЮМЕСИ

**Таянч сўзлар:** Маълумотларни узатиш тармоғи, магистрал транспорт тармоғи, ишончлилик, заҳиралаш, магистрал телекоммуникация транспорт тармоғини назорат ва диагностика қилиш, маълумотларни узатиш тармоғининг математик модели, назорат ва диагностика тизимининг самарадорлиги, назоратнинг оптимал текшириш даври, магистрал телекоммуникация транспорт тармоқ тузилишини оптималлаштириш.

**Тадқиқот объектлари:** Заҳиралаш, назорат ва диагностика тизимини киритиш йўли билан магистрал телекоммуникация транспорт тармоғини ишончлилигини ошириш.

**Ишнинг мақсади:** Магистрал телекоммуникация транспорт тармоғини ишончлилигини ошириш услубларини тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш.

**Тадқиқот методлари:** Куйилган масалаларни ечишда математик ва дастурий тадқиқод усулларида фойдаланилган. Фойдаланилган бу усуллар эҳтимоллар назарияси, оммавий хизмат кўрсатиш назарияси, қўшимча ходисаларни киритиш услуби («талофатлар» услуби), ишончлилик назарияси ҳамда ЭХМда имитацион моделлаштиришга асосланган.

**Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги:** Ушбу ишда текшириш кўрсаткичи сифатида кутиш вақти олинган ва шу кўрсаткични текшириш натижасида телекоммуникация тармоғини ишдан чиқиш ҳолати аниқланади. Хар хил хизмат кўрсатиш турлари учун телекоммуникация транспорт тармоғида назорат тизимининг математик модели ишлаб чиқилган, назорат тизимини ишлаш самарадорлиги аниқланган, назорат қилишнинг оптимал даври аниқланган ва Ўзбекистон Республикаси транспорт тармоғининг оптимал тузилиши таклиф қилинган.

**Амалий аҳамияти:** Ишлаб чиқилган математик моделлар, алгоритмлар ва дастурлар Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоғини эксплуатация қилишда ишлатилишига тавсия этилган.

**Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги:** Диссертация ишининг натижалари «Ўзбектелеком» акциядорлик компаниясида тадбиқ этилган. Ишнинг назарий ва амалий натижалари ТАТУ нинг ўқув жараёнида қўлланоқда.

**Қўлланиш соҳаси:** Таклиф этилган математик моделлар, алгоритмлар ва дастурлар Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоғини эксплуатация қилишда қўлланилади.



## РЕЗЮМЕ

диссертации **Избосарова Агзама Фахридиновича** на тему: «Методы повышения надежности транспортной телекоммуникационной сети (на примере Республики Узбекистан)» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13. – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций, распределение информации»

**Ключевые слова:** Сеть передачи данных, магистральная транспортная сеть, надежность, резервирование, контроль и диагностирование, математическая модель контроля сети передачи данных, эффективность систем контроля и диагностирования, оптимальный период контроля, оптимизация структуры магистральной транспортной сети телекоммуникации.

**Объекты исследования:** Повышение надежности магистральной транспортной сети телекоммуникации путем резервирования и введением системы контроля и диагностирования.

**Цель работы:** Разработка и исследование методов повышения надежности транспортной сети телекоммуникаций.

**Методы исследования:** При решении поставленной задачи использовались математические и программные методы исследования. Эти методы базировались на теории вероятностей, теории массового обслуживания, введения дополнительного события (метод «катастроф»), теории надежности, а также имитационного моделирования на ЭВМ.

**Полученные результаты и их новизна:** В данной работе предложено в качестве параметра контроля допустимое время ожидания сообщения, позволяющее определить предотказное состояние сети телекоммуникации. Произведена оценка эффективности систем контроля, определены оптимальные периоды контроля и структуры построения транспортной сети телекоммуникации Республики Узбекистан.

**Практическая значимость:** Разработанные математические модели системы контроля транспортной сети телекоммуникации, при различных дисциплинах обслуживания, позволяют определить предотказное состояние сети, предложенная методика оценки эффективности систем контроля транспортной сети телекоммуникации, при различных дисциплинах обслуживания, позволяет определить целесообразность применения предлагаемой системы контроля в телекоммуникационной сети Республики Узбекистан.

**Степень внедрения и экономическая эффективность:** Результаты диссертационной работы внедрены в АК «Узбектелеком». Теоретические и практические результаты работы использованы в учебном процессе ТУИТ.

**Область применения:** Предложенные математические модели, алгоритмы и программы могут найти применение при эксплуатации телекоммуникационной сети Республики Узбекистан.

## REZUME

Thesis of **Izbosarov Agzam Fahriddinovich** on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in technical on speciality 05.12.13. – «Telecommunication systems, network and device, distribution to information» subject subject: «Methods of increasing to reliability to transport telecommunication network (on example of the Republic Uzbekistan)»

**Key words:** Network data communication, backbone transport network, reliability, standby, control and diagnostic, mathematical model of the checking to network data communication, efficiency of the systems of the control and diagnostic, optimum period of the control, optimization of the structure backbone transport network to telecommunications.

**Subjects of research:** Increasing to reliability backbone transport network to telecommunications by standbys and entering the system of the control and diagnostic.

**Purpose of work:** Development and method studies of increasing to reliability backbone transport telecommunication network.

**Methods of research:** At decision of the put problem were used mathematical and programmer methods of the study. Mathematical and programmer methods were based on theory of chances, queuing theory, method of the entering the additional event (the method "catastrophes"), theory to reliability, as well as method of simulation modeling on Computer.

**The results obtained and their novelty:** In given work is for the first time offered as parameter of the control possible rotational latency messages, allowing define the before refusal condition to network to telecommunications. It is made estimations to efficiency of the systems of the control and are determined optimum periods of the control and structures to transport network to telecommunications of the Republic of Uzbekistan.

**Practical value:** Designed mathematical system models of the checking to transport network to telecommunications under different discipline of the service allow to define the before refusal condition to network, offered methods of the estimation to efficiency of the systems of the checking to transport network to telecommunications under different discipline of the service allows to define practicability of the using the proposed system of the checking in telecommunication network of the Republic of Uzbekistan

**Degree of embed and economic effectivity:** Results of thesis functioning are introduced in JSC «Uzbektelekom». Theoretical and practical results of the functioning are used in scholastic process TUIT.

**Field of application:** Offered mathematical models, algorithms and program can find broad using at usages of the telecommunication network of the Republic of Uzbekistan.

Подписано к печати 17.03.2009. Формат 60x84 1/16  
Бумага офсетная. Уч. изд. л. 1,0. Усл. печ. л. 1,0  
Тираж 100, заказ 066.

Типография "Алока Принт"  
Ташкент, 700000, ул. Амра Темура, пр. 1, д. 2