

показатель преломления, средняя дисперсия и коэффициент дисперсии;

- оптическое стекло – это прозрачное стекло специального состава, используемое для изготовления оптических приборов. От обычного технического оптического стекла отличаются особенно высокой прозрачностью, чистотой, бесцветностью, однородностью, а также строго нормированными параметрами преломляющей способности и дисперсии.

- световоды на основе фторидов тяжелых металлов наиболее перспективны по уровню оптических потерь, меньших, чем лучших кварцевых.

Ясно, что для различных областей применения оптимальными могут быть различные типы стекол с соответствующими свойствами.

### Литература

УДК 654.154

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОРМУЛ ЭРЛАНГА ДЛЯ РАСЧЁТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СЕТИ ДОСТУПА

М.Б. Абдужаппарова, С.А. Садчикова

*В статье анализируются методики оптимизации и автоматизации процесса проектирования сети доступа на основе оптических технологий. Рассматривается метод расчёта параметров на основе формул Эрланга. Применение формул Эрланга даёт простой и эффективный способ описания основных параметров QoS трафика в сетях доступа NGN.*

*Мақолада оптик технология асосида оптималлашган усул ва кириш тармоғи лойихалаштирилган автоматик жараён таҳлил қилинган. Хар-қил трафикнинг берилган бир нечта манбадан стохастик назарий иши ва параметрларнинг ҳисоблаш усули Эрланг формуласи асосида қўриб чиқилган. Эрланг формуласини қўллаш NGN тармоқ имконийлигида QoS трафики параметрлари учун оддий ва эффектли усул ҳисобланади.*

*This article deals with analysis of optimizing and automating methods which are used in access network projecting based on optic technologies. Calculation method based on Erlang formulas is discussed in detail. Using of Erlang formulas give us clear and effective method for QoS traffic description in NGN.*

### Введение

Широкополосные услуги требуют модернизации сети доступа с введением новых оптиче-

1. Глущенко А.Г. Наноматериалы и нанотехнологии: учебное пособие /А.Г. Глущенко, Е.П.Глущенко. – Самара: ФГОБУВО ПГУТИ, 2017.

2. Глущенко А.Г., Захарченко Е.П. Материалы и технологии интегральной оптики инфокоммуникационных систем (конспект лекций). Самара: ФГОУВПО ПГУТИ. – 2011.

3. А.И. Сидоров, Н.В. Никоноров «Материалы и технологии интегральной оптики». Уч. пособие, курс лекций. СПб: СПбГУ ИТМО, 2009 г.

4. Ханспердже Р. Интегральная оптика: Теория и технология. – М.: Мир.– 1990.

5. Ярив А. Введение в оптическую электронику. – М.: Высшая школа. – 1983.

6. Волноводная оптоэлектроника /Пер. с англ. /Под ред. Т. Тамира. – М.: Мир. – 1991.

7. Справочник технолога-оптика. Под редакцией Окатова М.А., 2-е издание – СПб.: Политехника. – 2004 г.

ских технологий. Оптические сети доступа содержат оптический кабель, линейные устройства, а также активные сетевые элементы – маршрутизаторы, коммутаторы доступа, DSLAM, которые имеют разную производительность и соответственно, очень большой ценовой разброс.

Существуют 2 группы методик расчёта сети доступа разнородного трафика: теоретические методики и инженерные методики. Теоретический метод позволяет оперативно оценить сетевые параметры участка доступа, которые подлежат дальнейшему уточнению с помощью детальных инженерных методов. Инженерные расчёты позволяют рассчитать необходимое для построения сети доступа количество активного и пассивного оборудования, характеристики сети.

Метод марковских цепей [1,2] является теоретической методикой и требует высоких компьютерных мощностей для вычисления. В [3] обсуждается схема распределения полосы пропускания для доступных сервисов в зависимости от требуемой полосы для их обеспечения. В [4] авторы предлагают n-мерную модель сети доступа на основе bufferless модели Эрланга с потерями.

Одним из последних разработанных методов является метод расчёта параметров сетей доступа на основе применения формул Эрланга. Применение формул Эрланга даёт простой и

эффективный способ описания указанных параметров трафика, являющихся основными параметрами QoS в сетях доступа NGN.

### 1. Расчёт параметров асинхронных сетей на основе формулы Эрланга

Сети, основанные на протоколе IP, предоставляют дейтаграмные услуги. Передача на основе протокола IP является не ориентированной на соединение с негарантированной доставкой пакетов. Это означает, что пакет будет передан по доступному каналу без принудительных задержек и без излишних потерь пакетов. Передача IP дейтаграмм осуществляется без гарантии доставки пакетов [5-8].

Услуги передачи речи и видео в реальном масштабе времени, весьма чувствительны к от-

дельным параметрам трафика. Главными из этих параметров являются: задержка пакетов, коэффициент потерь пакетов и частота появления ошибок. Различные виды услуг имеют разные требования по ширине полосы пропускания, что описывается требованиями QoS (качество обслуживания). С точки зрения QoS нормируются следующие параметры: сквозная задержка, джитер, потери пакетов, ширина полосы пропускания, использование канала.

Для описания трафика в асинхронных сетях используются две формулы Эрланга.

Первая формула Эрланга (Erlang B) представляет зависимость коэффициента потерь вызовов от поступающей нагрузки и числа каналов:

$$B = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{k=0}^N \frac{A^k}{k!}} = \frac{A^N}{N!} \cdot \frac{1}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \frac{A^3}{3!} + \dots + \frac{A^N}{N!}} \quad (1)$$

где

B – коэффициент потерь вызовов [%],  
A – общая поступающая нагрузка [Erl],  
N – число каналов (линий связи).

Также первая формула Эрланга может быть выражена в следующем виде:

$$B = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^m \left(\frac{N}{A}\right) \cdot \left(\frac{N-1}{A}\right) \dots \left(\frac{N-k+1}{A}\right)} \quad (2)$$

Использование выражения (2) может существенно понизить вычислительные нормы и вычислить нагрузку системы для больших величин [1,2].

Для применения первой формулы Эрланга должны быть выполнены следующие условия:

1. Поток запросов (вызовов) состоит из случайных входных запросов с экспоненциальным распределением, что означает более длинные промежутки между запросами для меньшего числа вызовов.
2. Время обслуживания имеет сходное распределение, то есть экспоненциальное понижение числа запросов с более высоким временем обслуживания.
3. Поток запросов стабилен как если бы он исходил от бесконечного числа источников запросов.
4. Полная доступность запросов для всех обслуживаемых каналов.

5. Отклоненные запросы не возвращаются во входящий поток, следовательно нет повторяющихся запросов.

6. Никакие два запроса не создаются одновременно.

IP трафик вносит радикальные изменения в телефонные сети. Условие 2 не удовлетворено. Условие 5 также не может быть удовлетворено из-за того, что трафик из одного источника значительно повышается.

Вторая формула Эрланга (Erlang C) также допускает бесконечное число источников нагрузки. Эти источники образуют трафик A для N каналов. Если все каналы заняты, то входящие запросы помещаются в очередь ожидания. Очередь ожидания одновременно может вмещать в себя бесконечное число запросов. Вторая формула Эрланга вычисляет вероятность образования очереди ожидания в случае трафика A при допущении, что отклоненные вызова будут оставаться в системе, пока не будут обслужены.

$$C = \frac{\frac{A^N}{N!} \cdot \frac{N}{N-A}}{\sum_{k=0}^{N-1} \frac{A^k}{k!} + \frac{A^N}{N!} \cdot \frac{N}{N-A}}, \text{ где } N > A \quad (3)$$

где

A – общая поступающая нагрузка [Erl],

N – число каналов (линий связи),

C – вероятность ожидания обслуживания.

Вторая формула Эрланга (4.3) может быть упрощена посредством деление числителя и зна-

менателя на  $\sum_{k=0}^N \frac{A^k}{k!}$  и последующим примене-

нием первой формулы Эрланга (1).

Благодаря этим упрощениям мы может представить формулу Эрланг C в виде [8]:

$$C = \frac{N \cdot B}{N - A \cdot (1 - B)} \quad (4)$$

Уравнения Эрланга изначально были предназначены для описания трафика в синхронных сетях. Для использования этих формул в асинхронных сетях, необходимо определить общие параметры для синхронных и асинхронных сетей, которые приведены в таблице 1.

Вероятность задержки C для асинхронных сетей представляет время ожидания, которое имеет место во время передачи в случае наибольшей нагрузки. Эта задержка проявляется в сетях IP из-за очередей ожидания в буферах узлов сети. Джиттер не может быть подсчитан через формулы Эрланга, т.к. для джиттера в синхронных сетях нет подобного параметра.

Таблица 1.

Общие параметры для синхронных и асинхронных сетей

Синхронная сеть		Асинхронная сеть	
B[%]	Коэффициент потерь вызовов	B[%]	Коэффициент потерь
C	Вероятность ожидания обслуживания	C	Вероятность задержки
A[Erl]	Общая поступающая нагрузка	A[%]	Использование канала
N	Число каналов	N[Mbit/s]	Ширина полосы пропускания

## 2. Результаты вычислений по первой формулы Эрланга

Вычисления по первой формуле Эрланга дали результаты, представленные ниже. Входные параметры были задавались следующим порядком:

– Один из параметров был постоянным.

– Другой параметр повышался в заданной шаговой последовательности.

Известно, что можно вычислить коэффициент потерь B через первую формулу Эрланга, если заданы параметры использование канала связи A и ширина полосы пропускания N. Но, также возможно вычислить использование канала связи A с помощью метода деления отрезка пополам, если известна ширина полосы пропускания N и коэффициент потерь B [8].

На рис.1 показана зависимость коэффициента потерь от ширины полосы пропускания при постоянном значении параметра использования канала.

Из графика выявлены следующие тенденции:

- коэффициент потерь B уменьшается, если параметр ширина полосы пропускания повышается, а параметр использование канала остаётся постоянным.
- коэффициент потерь B возрастает, если возрастает параметр использование канала.

На рис.2 показана зависимость коэффициента потерь от использование канала при постоянном значении параметра ширина полосы пропускания.

Из графика выявлены следующие тенденции:

- при возрастании параметра использования канала A также повышается коэффициент потерь B, если параметр ширина полосы пропускания N остаётся постоянным.
- при возрастании параметра ширина полосы пропускания N коэффициент потерь B понижается, если параметр использование канала A остаётся постоянным.

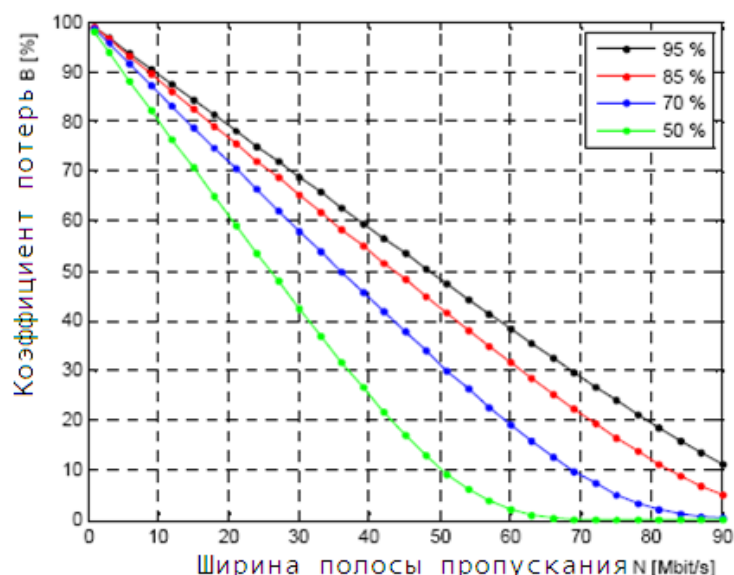


Рис.1. Зависимость коэффициента потерь от ширины полосы пропускания при постоянном значении параметра использования канала

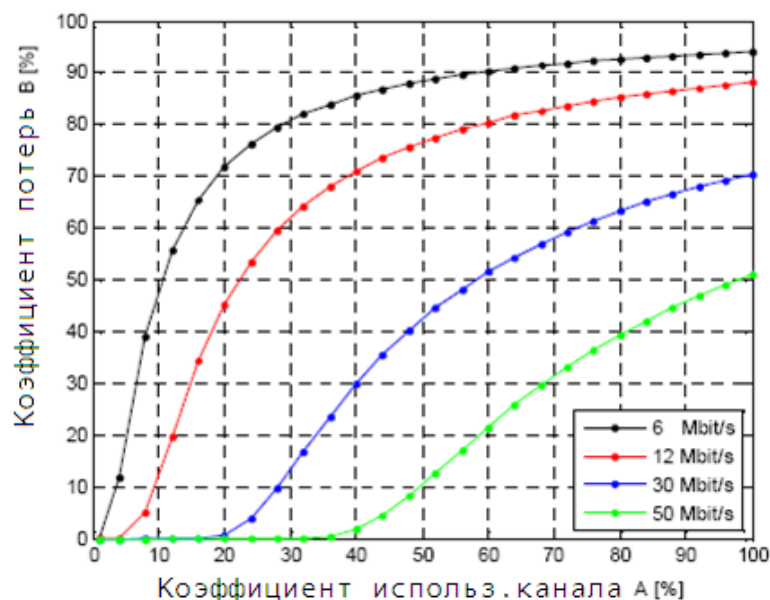


Рис.2. Зависимость коэффициента потерь от использование канала при постоянном значении параметра ширина полосы пропускания

### Заклучение

Развертываемые в настоящее время оптоволоконные сети доступа базируются на различных архитектурах и технологиях.

Для расчета пропускной способности и объема используемых технологий используются теоретические и инженерные методики. Основные аналитические положения инженерного расчёта позволяют рассчитать необходимое для построения сети доступа количество активного и пассивного оборудования, характеристики сети, а также дать общую оценку капитальных затрат на построение городской оптической сети доступа на этапе предпроектных исследований. Теоретический метод позволяет оперативно оценить сетевые параметры участка доступа, которые подлежат

дальнейшему уточнению с помощью детальных инженерных методов.

Модель распределения полосы пропускания для доступных сервисов в зависимости от требуемой полосы для их обеспечения позволяет распределение равновесия буфера описать набором дифференциальных уравнений. Математические результаты представляют собой тривиальное вычисление распределения и его моменты, а также, и моменты ожидания. Основной результат дает все значения системы в виде матрицы.

Недостатком модели является её область применения - модель подходит для обработки Интернет-трафика в компьютерных сетях, но не учитывает трафик приложений реального вре-

мени и не может быть использована в расчётах ресурсов сети доступа.

Одним из последних разработанных методов является метод расчёта параметров сетей доступа на основе применение формул Эрланга. Применение формул Эрланга даёт простой и эффективный способ описания указанных параметров трафика, являющихся основными параметрами QoS в сетях доступа NGN.

#### Литература

1. Башарин Г.П., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е., Яркина Н.В. Управление качеством и вероятностные модели функционирования сетей связи следующего поколения: Учебное пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2008. – 130с.

2. В.А.Наумов, К.Е.Самуйлов, Н.В.Яркина. Теория телетрафика мультисервисных сетей. Монография. – М.: Изд-во РУДН. – 2007. – 191с.

3. S.Anick, D. Mitra and M. Sondhi. Stochastic theory of a data-handling system with multiple sources. Bell System Technical Journal, 61(8), pp. 1871-1894, October, 1982.

4. E.Chromý, T. Misuth. The Erlang Formulas and Traffic Description in Contact Centers. In: RTT 2009. Research in Telecommunication Technology : 11th International Conference. – Prague : CTU, 2009. - ISBN 978-80-01-04410-0

5. Кучерявый А.Е., Гильченко Л.З., Иванов А.Ю. Пакетная сеть связи общего пользования. СПб.: Наука и техника, 2004.

6. Семенов А.В. Сети нового поколения. СПб: Наука и техника, 2005.

7. Гольдштейн Б.С., Гольдштейн А.Б. SoftSwitch. СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2006.

8. R.V.Cooper. Introduction to Queueing Theory: 2nd Edition. – Elsevier, 1980. – ISBN 0444010653.

УДК 654.154.4

## АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ВХОДНОГО ТРАФИКА НА ОСНОВАНИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ВЫЗОВОВ

*Абдуллаева М.И., Мухитдинов А.А., Шукуров К.Э.*

*Рассматриваются вопросы исследования моделей функционирования мультисервисных контакт центров, построения их имитационной модели в среде языка моделирования GPSS и вычисления вероятностных показателей эффективности процесса обработки вызовов.*

**Ключевые слова:** язык моделирования GPSS, мультисервисный контакт центр, имитационное моделирование, системы массового обслуживания.

*Ушбу мақолада мультисервис алоқа марказлари ишлаш моделлари тадқиқ этиши, уларнинг имитацион моделини GPSS моделлаштириши тили муҳитида қуриши ва қўнғироқларга ишлов бериши жараёни самарадорлик кўрсаткичлари эҳтимоллигини ҳисоблаш саволлари кўриб ўтилган.*

**Таянч иборалар:** GPSS моделлаштириши тили, мультисервис контакт маркази, имитацион моделлаштириши, оммавий хизмат кўрсатиши тизими.

*The questions of research of models of functioning of multiservice contact centers, construction of their simulation model in the environment of modeling language GPSS and calculation of probabilistic indicators of efficiency of process of calls processing are considered.*

**Key words:** GPSS modeling language, multiservice contact center, simulation simulation, queueing systems.

#### Введение

В результате моделирования работы контакт центров в работе [1] определены основные показатели качества и моделируемые параметры функционирования мультисервисных контакт центров (МКЦ). Ниже приводятся результаты разработки алгоритмов и программ определения качественных характеристик, в частности параметров и показателей эффективности функционирования МКЦ.

#### Основная часть

При исследовании моделей информационных и управляющих систем используются следующие методы.

1. Аналитические методы – состоят в преобразовании записанных на языке математического анализа объектов и процессов (отношений), отображающих физические свойства исследуемой системы (в виде дифференциальных и интегральных уравнений).

2. Численные методы – основываются на построении конечной последовательности действий над числами, операции с математическими моделями заменяются операциями над числами.