

Рис. 5. Время и минимально допустимое значение параметра адаптации в зависимости от количества отводов

ресным является влияние памяти рекурсивных алгоритмов адаптации на ее стабильность и скорость.

Нетрудно заметить, что алгоритм НМНСК обладает памятью о сигнале ПНП, которая определена интервалом усреднения дисперсии. В то же время корреляционный алгоритм адаптации имеет память, как об остаточном эхосигнале, так и о сигнале ПНП, в силу вычисления функции ВКФ остаточного эхосигнала и сигнала ПНП, а также дисперсии сигнала ПНП. Полученная на практике зависимость минимального времени и минимального значения

параметра адаптации от времени усреднения дисперсии и/или ВКФ представлена на рис. 6.

Обращаясь к вопросу механизма влияния памяти рекурсивных вычислений, следует обратить внимание на то, что для рассмотренных алгоритмов адаптации он несколько различается.

Для алгоритма НМНСК данный эффект обусловлен тем, что динамическая нормировка шага адаптации на дисперсию сигнала ПНП не успевает "следить" за изменением уровня сигнала прямого направления передачи и эхосигнала. При увеличении уровня сигнала, "инерционность" расчетов дисперсии методом скользящего окна приводит к тому, что знаменатель формулы адаптации растет значительно медленнее, чем числитель. Это означает временное повышение шага адаптации, что может привести к потере эхокомпенсатором стабильности.

Стоит отметить, что для речевого сигнала характерны пульсации уровня. Из вышесказанного можно сделать вывод, что степень влияния описанного эффекта будет зависеть, в том числе, от соотношения времени вычисления дисперсии и задержки сигнала в эхотракте.

При использовании корреляционного алгоритма описанный для НМНСК эффект также действует, однако его

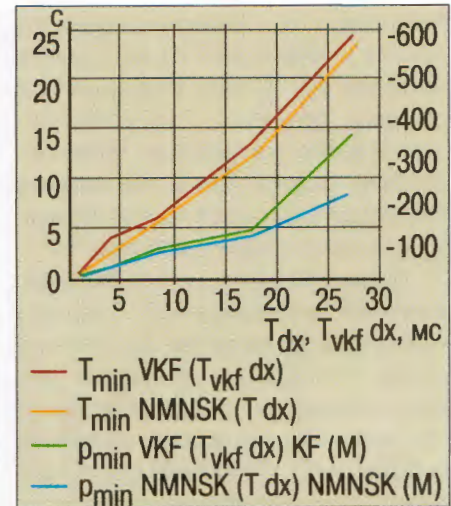


Рис. 6. Время и минимально допустимое значение параметра адаптации в зависимости от времени усреднения дисперсии и ВКФ

влияние нивелировано наличием в числителе расчетов функции ВКФ, которая вычисляется по тому же количеству отсчетов и также имеет "инерцию".

В заключение следует отметить, что степень влияния того или иного дестабилизирующего фактора зависит от особенностей реализации функциональных блоков эхокомпенсатора. Так, например, при использовании рекуррентного алгоритма наименьших квадратов (РНК) влияние свойств сигнала ПНП окажется незначительным.

Оценка параметров трафика сети следующего поколения в ЧС

УДК 621.395

А.К. ЛЕВАКОВ, заместитель технического директора по эксплуатации МРФ "Центр" ОАО "Ростелеком", кандидат технических наук

При возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС) зачастую заметно меняется трафик, обслуживаемый сетями электросвязи. Метод решения задач по оценке параметров трафика в сетях документальной электросвязи при возникновении ЧС был предложен в [1]. Концепция построения сети следующего поколения, которая получила название NGN (Next Generation Network), заметно отли-

чается от принципов создания сетей документальной электросвязи. Существенны также и различия, касающиеся обслуживаемого трафика, как в обычных условиях эксплуатации, так и во время ликвидации последствий ЧС. В данной статье обсуждается методологический подход к оценке параметров трафика, обслуживаемого в NGN при возникновении ЧС.

Задачи оценки параметров трафика и их прогнозирования для телефонной и телеграфной сетей общего пользования не представляются сложными благодаря результатам статистических исследований, проводимых в течение

нескольких десятилетий. Решение подобных задач для сетей телеграфной и телефонной связи упрощается и вследствие того, что пропускная способность используемых каналов (для аналоговых технологий) и скорость

обмена информацией (для цифровых технологий TDM) практически не меняются. Для телефонных сетей NGN и сетей передачи данных (особенно обеспечивающих доступ к глобальным и региональным информационным

ресурсам, т. е. к Интернету) скорость обмена информацией на интерфейсе пользователь — сеть варьируется в широких пределах. Это усложняет задачи оценки параметров и прогнозирования трафика. Еще более сложной проблемой становится оценка параметров трафика в период действия ЧС.

Следует отметить, что NGN только начинает формироваться. Следовательно еще не накоплен достаточный объем статистических данных для прогнозирования трафика в условиях ЧС, который порождается редкими событиями [2]. В подобных случаях для решения задач прогнозирования могут быть использованы подходящие аналоги [3]. Весьма продуктивным считается также применение методов, основанных на междисциплинарных и трансдисциплинарных подходах [4].

Выбор аналога

Для оценки параметров и прогнозирования трафика в период действия ЧС может быть выбрано несколько аналогов. Они могут быть заимствованы из накопленных ранее статистических сведений о ЧС для сетей электросвязи, которые не относятся к NGN. Можно также использовать аналоги, которые напрямую не связаны с ЧС. Принципы их выбора должны быть основаны на сходстве последствий изменения трафика.

По всей видимости, трафик, возникающий в ЧС и отражающийся на работе тех сетей, которые не относятся к NGN, представляет собой очень полезный аналог. В качестве примера явления, повлиявшего на работу теле-

фонных сетей в ряде регионов европейской части России, можно назвать “ледяной дождь”. Соответствующая статистика была собрана в 2010 г.

Аналогом следует считать услугу “Прямая линия”, входящую в перечень функциональных возможностей Интеллектуальной сети. Трафик, порождаемый на “Прямой линии”, можно рассматривать как реакцию абонентов на событие [5]. В этом плане прослеживается аналогичная природа с ЧС, также представляющая собой редкое событие, которое порождает специфический трафик.

В качестве другого аналога, позволяющего оценить некоторые параметры возникающего трафика, можно использовать результаты исследования разрушающих воздействий различного рода и соответствующую статистику [6]. Этот подход также позволяет получить ряд полезных численных оценок. Интересные статистические данные могут быть получены и за счет анализа трафика, обрабатываемого центрами обслуживания вызовов, которые поступают на рабочие места операторов экстренных служб.

До анализа трех аналогов, перечисленных выше, полезно проанализировать качественные аспекты трафика в ЧС с точки зрения пирамиды потребностей, предложенной Абрахамом Маслоу. Результаты использования этой пирамиды для разработки тарифной политики [7] свидетельствуют об эффективности ее применения. Исследования пирамиды потребностей следует отнести к упоминавшемуся выше междисциплинарному подходу.

Пирамида потребностей

До появления всемирной паутины основная функция сетей связи, поддерживающих режим диалога, заключалась в поддержке коммуникативных потребностей. В пирамиде Маслоу они относятся к группе социальных потребностей — третий уровень на рис. 1. Важная особенность NGN заключается в высокой эффективности поддержки услуг, связанных с первым, вторым и четвертым уровнями пирамиды потребностей. В данной статье наибольший интерес связан с четвертым уровнем, т. е. с потребностями в безопасности в контексте событий, вызванных конкретными видами ЧС.

Коль скоро потребности в безопасности — до ликвидации последствий ЧС — становятся доминирующими, максимальные усилия телекоммуникационных компаний следует направить на обеспечение обслуживания соответствующего трафика. Следовательно, в период действия ЧС необходимо пересмотреть нормы качества обслуживания трафика, установленные, например, Рекомендацией МСЭ-Т Y.1541, но эта задача — предмет отдельного исследования.

Статистика, полученная на существующих сетях электросвязи

Анализ статистической информации по работе сетей документальной электросвязи в условиях ЧС выявил заметные различия в основных параметрах трафика [1]. В частности:

- количество сообщений возрастает до 8 раз по сравнению со временем, когда отсутствуют ЧС;

- средняя длина сообщений увеличивается в 7 раз и более;

- асимметричность трафика повышается до 16 раз;

- до 30 % всех сообщений принадлежит к разряду приоритетных, а 25 % — к классу циркулярных;

- чаще наблюдается перегрузка сети и нарушение нормированных показателей качества обслуживания.

Эти данные очень полезны для оценки параметров трафика и их прогнозирования в NGN при возникновении ЧС, но их нельзя механически “переносить” на сеть, построенную на основе современных технологий и обладаю-



Рис. 1. Пирамида потребностей и сети электросвязи

щую иными функциональными возможностями. Дело в том, что сети документальной электросвязи (в первую очередь — телеграфные) не имеют возможности управления ресурсами, присущей NGN. Это позволяет сформулировать совокупность гипотез, которые, по крайней мере, на качественном уровне, пригодны для описания трафика NGN в период действия ЧС и ликвидации ее последствий:

- количество сеансов связи может возрасти во много раз, по сравнению со временем, когда ЧС отсутствует;

- объем передаваемой информации будет увеличиваться, и в нем произойдут изменения соотношений трафика речи, данных и видео, а также доли циркулярных сообщений;

- будут чаще наблюдаться периоды перегрузки сети и нарушения нормативных показателей качества обслуживания.

Определенная статистика была собрана по отказам объектов вследствие “ледяных дождей”. Она касалась работы телефонной сети общего пользования. Объектом в данном случае служит станция местной телефонной связи, расположенная в сельской местности. Отказы телекоммуникационных систем в подавляющем большинстве были вызваны длительными перерывами в электроснабжении, т. е. внешними причинами.

На рис. 2 приведена гистограмма, которая показывает количество отказавших объектов в те дни, когда наблюдались “ледяные дожди”. Очевидно, что характер распределения отличается от типичных законов, которые обычно рассматриваются при исследовании случайных величин.

В частности, на диаграмме можно видеть несколько явно выраженных всплесков. Это свидетельствует о том, что подбор аппроксимации для отказавших объектов с использованием привычного набора функций распределения для случайных величин не позволит провести точный анализ исследуемых характеристик.

За период выпадения “ледяных дождей” в состоянии отказа находилось 524 объекта. Среднее количество отказавших объектов за сутки оценивается как 29,11. Стандартное отклонение этой случайной величины равно примерно 23,70. Разброс количества

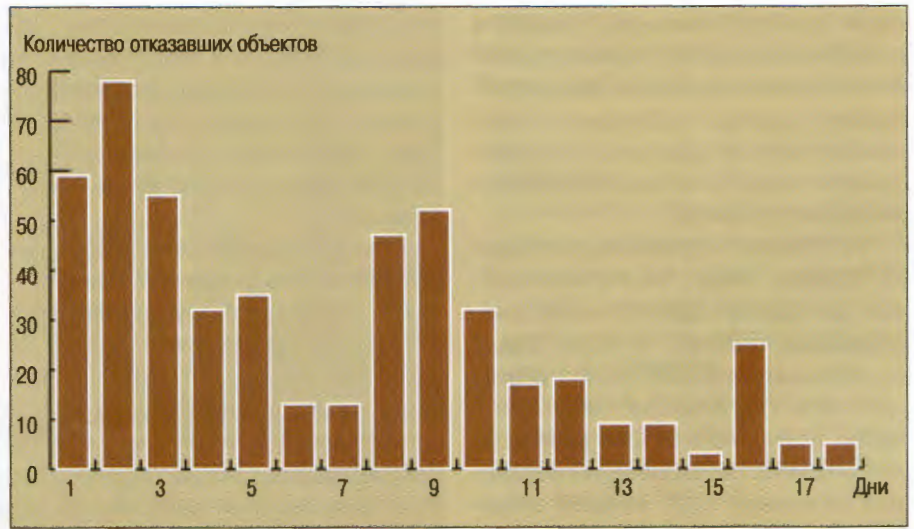


Рис. 2. Количество отказавших объектов из-за “ледяных дождей”

отказавших объектов определяется таким диапазоном: [3, 77]. Минимальная и максимальная численность абонентов, оставшихся без телефонной связи, составляла 260 и 23918 соответственно.

Трафик “Прямой линии”

Характеристики трафика, обслуживаемого при поддержке данной услуги, приведены в [2]. Полученные результаты полезны с двух точек зрения. Во-первых, опыт организации обработки вызовов при помощи специально подготовленного персонала и применения автоответчиков может быть использован для максимизации пропускной способности сети центров обработки вызовов (ЦОВ) экстренных оперативных служб. Во-вторых, характер трафика “Прямой линии” представляется типичным, так как отражает реакцию абонентов на неожиданно возникшее событие.

Обработка статистических данных, результаты которой изложены в [2], показала, что поток вызовов лучше всего может быть представлен с помощью распределения Лапласа. Также вполне приемлемы модели, основанные на распределениях Коши и Симпсона [2]. Распределению Симпсона свойственны две особенности, полезные с практической точки зрения:

- ограниченный интервал времени, на котором оно задано;
- возможность использования различной асимметричности.

Плотность распределения Симпсона $f(t)$ с параметрами a , b и m показана

на рис. 3. При необходимости аппроксимации функции $f(t)$ можно использовать, например, распределение Эрланга k -го порядка [8]. Величина m определяет моду распределения. В качестве точки m для аналога следует выбрать время начала “прямого эфира”.

При возникновении ЧС начинает расти трафик, направляемый в ЦОВ экстренных оперативных служб. В ближайшие годы такими ЦОВ станут созданные аппаратно-программные комплексы, доступ к которым осуществляется по номеру “112”, единому для европейских стран [9]. Очевидно, что отрезок $[a, m]$ будет сравнительно коротким, так как многие абоненты сразу же после наступления ЧС начнут обращаться в ЦОВ. Иными словами рост трафика будет весьма существенным. Отрезок $[m, b]$ будет длиннее. Скорость снижения трафика предполагается линейной функцией времени. Основная задача, которую приходится решать в ЦОВ, заключается в максими-

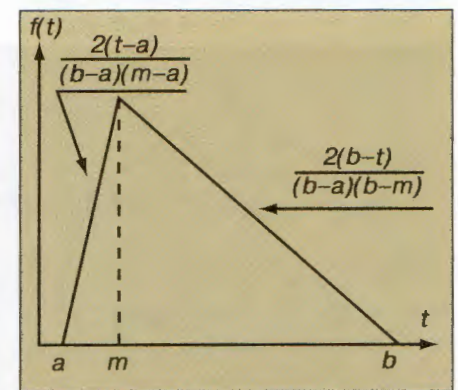


Рис. 3. Модель, описывающая количество вызовов для трафика в ЧС

зации доли обслуженного трафика в окрестности точки m . Решение данной задачи основывается на междисциплинарном подходе, необходимо учесть психологические факторы, способные заметно повлиять на параметры обслуживаемого трафика.

Результаты, полученные для трафика "Прямой линии", можно использовать для оценки параметров и прогнозирования трафика, который будет обрабатываться в ЦОВ рассматриваемого типа. Они позволяют обосновать выбор адекватного закона распределения количества вызовов, направляемых по номеру "112", который в противном случае обычно базируется на эвристических соображениях.

Разрушающие воздействия

При некоторых ЧС в состоянии "отказ" может перейти часть ресурсов телекоммуникационной системы [6]. В зависимости от типа разрушающего воздействия неработоспособной будет некая часть ресурсов ρ , которая может варьироваться от нуля до единицы. Кроме того, разрушающее воздействие может затрагивать компактную территорию или породить несколько анклавов. Если рассматривать модель сети в виде графа, то события такого рода приводят к появлению изолированных вершин. Иными словами, в сети возможно нарушение целостности. Пример изменений такого рода показан на рис. 4 для модели сети в виде графа, включающего семь вершин a_i и одиннадцать ребер b_{ij} . Эта структура показана в левой части модели.

После наступления ЧС, в результате которой образуются три анклава с площадями S_1, S_2 и S_3 , вершины a_2 и a_5 становятся изолированными, а количе-

ство ребер снижается до четырех. Очевидно, что даже при неизменном трафике сеть, структура которой показана в правой части модели, как правило, не будет обеспечивать нормированные значения показателей качества обслуживания.

Следует также учесть, что время восстановления ресурсов в зависимости от характера разрушающего воздействия может измеряться как секундами, так и днями. По этой причине необходимо разработать комплекс организационно-технических мер по максимизации доли обслуженного трафика. Для решения такой задачи, как отмечено в [6], следует использовать имитационную модель NGN.

Методологический подход к оценке параметров трафика

Изложенные выше соображения свидетельствуют, что параметры трафика в NGN при возникновении ЧС могут меняться в широких пределах. Данное обстоятельство обусловлено, как минимум, тремя видами неопределенности:

- параметры трафика NGN меняются со временем весьма существенно и зависят от большого количества факторов;

- масштабы разрушающих воздействий, вызванных последствиями ЧС, плохо предсказуемы и могут в разной степени менять как структуру сети, так и пропускную способность ее компонентов;

- поведение потенциальных абонентов NGN в период ликвидации последствий ЧС плохо прогнозируемо, а механизмы управления трафиком на основе законов психологии только начинают разрабатываться.

По этим причинам для оценки параметров трафика следует использовать сценарный подход [10]. Предлагается применить квантильный анализ, выделяя пять градаций отказавшей части ресурсов NGN ρ : 0, 25, 50, 75 и 100 %. Крайние точки не представляют практического интереса. Они заменяются близкими значениями, имеющими смысл для последующего анализа (например, величинами 5 и 95 %).

Для оценки параметров трафика необходимо выбрать меру производительности и/или пропускной способности компонентов NGN. В [11] для решения ряда задач методами теории телетрафика предложена единица канального ресурса. Применительно к рассматриваемым вопросам можно ввести схожую меру, которая далее называется единицей ресурса NGN. В обычных (штатных) условиях эксплуатации она равна средней нагрузке ρ_i узла коммутации NGN или тракта обмена IP-пакетами, принятой при разработке проектных решений. При возникновении ЧС объем трафика для i -го компонента NGN оценивается как $k_i \times \rho_i$. Коэффициент k_i учитывает увеличение трафика после возникновения ЧС. Очевидно, что $k_i \geq 1$, а $\rho_i < 100\%$.

На рис. 5 изображены эллипсы, иллюстрирующие вероятные изменения объема трафика на единицу ресурса NGN для пяти предложенных градаций отказов. Если объем трафика на единицу ресурса NGN превышает уровень в 100 %, то сеть или ее фрагмент находится в состоянии перегрузки.

Для сценария IV пунктирной линией показана стрелка к эллипсу, который отображает ожидаемый эффект от мероприятий по управлению потоками IP-пакетов в NGN при возникновении ЧС. Этот эффект заключается в снижении объема трафика на единицу ресурса NGN с максимума $v_i(IV)$ до уровня $\rho_i(IV)$. Следовательно, одна из основных задач по оценке параметров трафика сводится к поиску величин $v_i(j)$ для значений j от II до V. Задача может быть решена с помощью анализа структуры NGN, которая формируется после наступления ЧС, и прогнозов трафика.

Вторая задача — тщательная оценка характера трафика $v_i(j)$ с точки зрения всех видов передаваемой информации и их важности в период ликви-

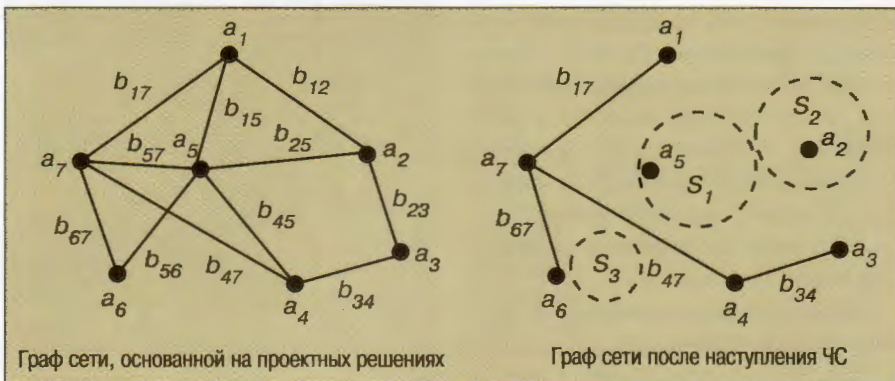


Рис. 4. Структуры сети связи до ЧС и после ее наступления

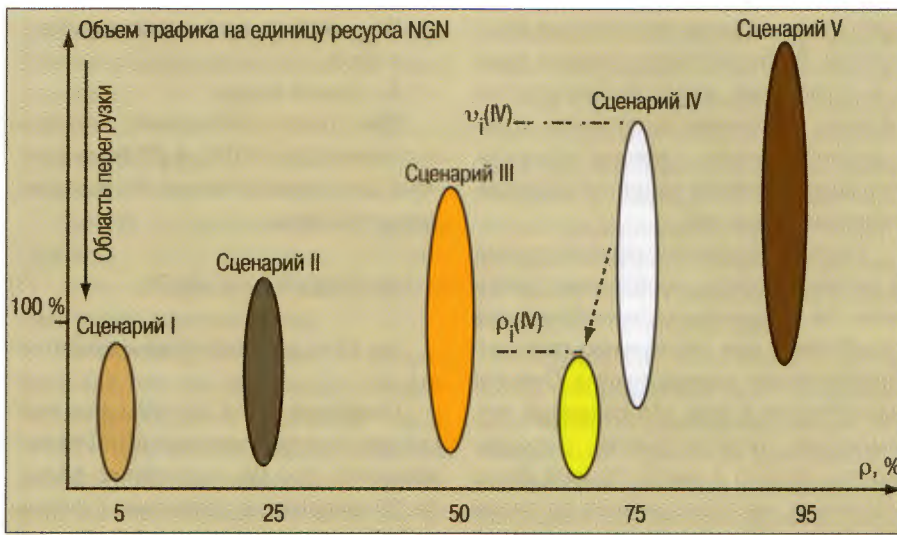


Рис. 5. Наиболее вероятные области изменения трафика NGN при ЧС

дании последствий ЧС. В результате трафик должен быть ранжирован по приоритетам для периода ликвидации последствий ЧС. Тогда каждая величина $v_i(j)$ будет представлена как сумма $V_1(j)+V_2(j)+\dots+V_r(j)$, в которой значение r равно количеству введенных рангов.

Третья задача заключается в выборе приемлемых ограничений трафика вида $V_k(j)$ с учетом важности передаваемой информации в период ликвидации последствий ЧС. Эти ограничения могут касаться количества сеансов связи и их длительности для всех или некоторой части абонентов NGN. В общем случае можно выделить последовательность $L_1(j), L_2(j), \dots, L_r(j)$, которая содержит все вводимые ограничения.

Предлагаемый подход может быть реализован с использованием современных методов теории телетрафика [11]. Представляет интерес и применение когнитивных технологий [12], позволяющих "обучать" телекоммуникационную систему с целью выбора оптимальной реакции на изменение трафика при возникновении ЧС.

Заключение: направления дальнейших работ

Оценку параметров трафика, который должна обслуживать сеть следующего поколения в чрезвычайных ситуациях, можно рассматривать как одну из самых важных и сложных задач эксплуатации телекоммуникационной системы. Ее решение основано на совместном анализе проблем, возникающих вследствие изменения структуры сети и возрастания трафика. Причем рост трафика происходит по двум причинам: необходимость обмена дополнительной информацией и отказ ряда компонентов сети.

В качестве важных направлений дальнейших работ следует выделить три темы. Во-первых, надо проанализировать типовые структуры NGN с точки зрения топологий, формирующихся в результате ЧС различного характера. Во-вторых, необходимо получить прогностические оценки роста трафика разного рода в период ликвидаций последствий ЧС. В-третьих, целесообразно сформули-

ровать систему ограничений с учетом особенностей проведения восстановительных работ после возникновения ЧС.

Литература

1. Леваков А.К. Исследование и разработка структур региональных сетей документальной электросвязи для условий чрезвычайных ситуаций. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — М.: МТУСИ, 2005.
2. Леваков А.К. Особенности трафика, обслуживаемого сетями связи в ходе "Прямой линии" с руководителями государства//Вестник связи. 2012. № 5. С. 35.
3. Соколов Н.А. Задачи планирования сетей электросвязи. — СПб.: Техника связи, 2012.
4. Гребенщикова Е.Г. Трансдисциплинарная парадигма: наука – инновации – общество. — М.: Либроком, 2011.
5. Пригожин И. Человек перед лицом неопределенности. — М.: Институт компьютерных исследований, 2003.
6. Блукке В.П., Попков В.К. Исследование имитационной модели живучести интегральной информационной сети//Электросвязь. 2010. № 11.
7. Соколов Н.А. Тарифы на услуги связи и пирамида потребностей//Инфоком. Труды МАС. 2004. № 2.
8. Вадзинский Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям. — СПб.: Наука, 2001.
9. Гольдштейн Б.С., Леваков А.К., Соколов Н.А. Доступ к центру обработки вызовов номера "112"//Вестник связи. 2012. № 1. С. 5 – 8.
10. Линдгрэн М., Бандхольд Х. Сценарное планирование. Связь между будущим и стратегией. — М.: Олимп-Бизнес, 2009.
11. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. — М.: Эко-Трендз, 2010.
12. Thomas R.W., Friend D.H., DaSilva L.A., MacKenzie A.B. Cognitive Networks: Adaptation and Learning to Achieve End-to-end Performance Objectives//IEEE Communications Magazine. 2006. Vol. 44. № 12.

Расчет энергобюджета АОЛС

Е.Р. МИЛЮТИН, профессор СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, доктор технических наук

Прогресс техники атмосферных оптических линий связи (АОЛС), называемых за рубежом FSO (Free Space Optics), и те возможности, которые они открывают, привели к

определенной спецификации этих систем. Если перечислять основные направления применения АОЛС, то можно указать, в первую очередь, на системы наземной связи, которые

подразделяются на работающие в пределах прямой видимости и загоризонтные, а также действующие внутри помещений. Отдельные группы составляют оптические системы космической