

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ СЕТЕЙ И УСЛУГ ОПЕРАТОРОВ СВЯЗИ**

© 2021 М.А. Давлятова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Статья поступила в редакцию 10.06.2021

В статье проведен анализ известного методического обеспечения в области оценки и контроля качества услуг связи. Известные подходы к оценке качества услуг связи, в основном, разработаны применительно к ситуации, характеризующейся тем, что каждая система управления фактически опирается на собственную, выделенную систему связи. При этом большая часть результатов применима к аналоговым системам связи с преимущественным закреплением каналов (трактов) за определенными информационными направлениями, которые в совокупности отражают структуру системы управления. Синтез систем связи осуществляется на базе требований соответствующей системы управления. В результате проведенного анализа выявлены недостатки известного методического обеспечения в области оценки и контроля качества услуг связи. В целях устранения выявленных недостатков известного методического обеспечения в области оценки и контроля качества услуг связи в рамках статьи разработаны: аналитико-имитационная модель инфотелекоммуникационной системы с требуемым уровнем надежности ее элементов; метод определения параметров направлений развития сетей операторов связи; метод оценки вероятностно-временных показателей технического ресурса фрагментов инфотелекоммуникационной системы, генерирующих услуги связи определенного типа.

Ключевые слова: качество услуг связи, инфотелекоммуникационная система, контроль качества, инновационный ресурс, деструктивные факторы, надежность элементов сети.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-3-81-90

ВВЕДЕНИЕ

Качество услуг связи – это производная от качества деятельности предприятия связи, качества его бизнес – процессов, технологической базы и информационных технологий. Относительно деятельности современного предприятия, работающего на базе инфотелекоммуникационной системы (далее – ИТКС), качество продукции является производной от качества системы связи, качества инфотелекоммуникационных услуг, а также качества реализуемых электронных бизнес-процессов. Актуальность темы определяется ускорением темпов развития телекоммуникационной отрасли в направлении повышения доступности услуг связи для абонентов посредством увеличения количества типов услуг связи и объема спроса на них, модернизация инфотелекоммуникационной инфраструктуры.

Цель исследования – разработка методического обеспечения в области оценки и контроля качества услуг связи, позволяющего нивелировать недостатки существующих подходов.

Абсолютное большинство исследователей отмечают большую степень зависимости конкурентоспособности от внутренних факторов производства, например, организационной

*Давлятова Малика Абдимуратовна, соискатель.
E-mail: malika.davliatova@gmail.com*

структуры, качества управленческого аппарата, технологическое оснащение, уровень новаторства, мотивация персонала и т.п.

На первом этапе развития систем связи, в основном, использовались ресурсы естественной среды распространения сигналов, а именно: ионосфера, тропосфера, метеорное распространение, распространение сигналов земной волной. Хотя исторически передача сигналов по физическим цепям была произведена раньше, а на завершающем этапе ограничено использовались ресурсы транспондеров на космических аппаратах [1]. В ходе первого этапа определены и учтены законы и закономерности распространения сигналов в естественной среде.

Усредненные значения основных показателей качества услуг при использовании различных вариантов распространения радиоволн представлены в табл. 1. Безусловно, качество услуг связи при использовании той или иной среды распространения может быть выше, чем значения, приведенные в таблице, но такая ситуация носит эпизодический, временный характер, а достоверное прогнозирование таких ситуаций затруднено.

В конечном счете, с точностью, достаточной для практики, определена роль и место различных механизмов распространения сигналов, при реализации которой достигается максимальное значение показателей качества.

Таблица 1. Усредненные значения основных показателей качества услуг при использовании различных вариантов распространения радиоволн [1]

Механизмы распространения сигналов	Основные показатели качества услуг связи	
	Вероятность ошибки, $P_{ош}$	Скорость передачи, $V_{пер}$
Ионосферный (КВ)	$10^{-2} \div 10^{-3}$	50-1200Бит/с
Тропосферный	10^{-4}	48-2048 КБит/с
Земной волной, (КВ)	10^{-3}	1,2-2,4 КБит/с
Земной волной, (УКВ)	$10^{-3} \div 10^{-4}$	1,2-2,4 КБит/с
PPC (СМ, ДМ)	$10^{-4} \div 10^{-5}$	До 400 МБит./с

Однако, несмотря на значительные экономические затраты, высокий уровень теоретических и практических наработок требования обслуживаемых систем управления всегда превышали реальные возможности системы связи и автоматизации. Следует подчеркнуть, что реализация некоторых сервисов и услуг затруднена или невозможна при использовании естественной среды распространения сигналов.

На втором этапе создана и продолжает развиваться ИТКС, которая в преобладающей мере опирается на искусственную среду распространения сигналов. При этом характеристики искусственной (рукотворной) среды принципиально отличаются и многократно превосходят аналогичные показатели естественной среды. Усредненные значения основных показателей, предопределяющих качество услуг связи, представлены в табл. 2. При этом наблюдается постоянный рост значений показателей, а объективные факторы, блокирующие эту тенденцию, не выявлены.

Основу системы составляют оптоволоконные системы передачи, число которых постоянно увеличивается, стоимость падает, а показатели растут. Кроме того, значительный вклад вносят разнородные системы спутниковой связи, опирающейся на представительную орбитальную группировку. Средства связи «последней мили» особенно для мобильных абонентов представлены множеством радиоинтерфейсов. При этом используется наиболее прогнозируемый, особенно на дистанциях (десятки-сотни метров), механизм распространения земной волной.

Известные подходы к оценке качества связи разработаны применительно к ситуации, характеризующейся тем, что каждая система управ-

ления фактически опиралась на собственную, выделенную систему связи. При этом большая часть результатов применима к аналоговым системам связи с преимущественным закреплением каналов (трактов) за определенными информационными направлениями, которые в совокупности отражают структуру системы управления. Синтез систем связи осуществляется на базе требований соответствующей системы управления. В основу оценки систем связи легли характеристики (параметры) каналов (трактов) связи. Качество предоставляемых услуг оценивалось опосредованно, с недостаточным уровнем детализации.

К текущему моменту времени ситуация изменилась кардинальным образом.

Во-первых, сформировалась глобальная, международная ИТКС, представляющая разнородные и все возрастающие в количественном и качественном отношении услуги неограниченному числу отдельных абонентов и различных систем управления, в том числе функционирующих с антагонистическими целями по отношению друг к другу. ИТКС является технологической платформой, обеспечивающей функционирование всех сфер экономики в условиях глобализации. Более того, можно предположить, что наличие такой системы является одним из основных условий для реализации процессов глобализаций.

Массовый переход на цифровые каналы (тракты), современные и разнообразные методы маршрутизации трафика, реализация сетевых способов управления в масштабах времени близких к реальному предопределили возникновение проблемы управления качеством информационных услуг. Ситуация усугубляется недостаточной развитостью

Таблица 2. Усредненные значения основных показателей, предопределяющих качество услуг связи [1]

Механизмы распространения сигналов	Основные показатели качества услуг связи	
	Вероятность ошибки, $P_{ош}$	Скорость передачи, $V_{пер}$
По медным цепям	$10^{-5} \div 10^{-6}$	10 Гбит/с
По волоконно-оптической среде	$10^{-9} \div 10^{-10}$	100 МБит/с до 10 ГБит/с
ПО каналам спутниковых средств связи	$10^{-9} \div 10^{-10}$	Порядка 10 МБит

и противоречивостью классической теории управления качеством, переменностью проблемы защиты информационных ресурсов даже применительно к более простым ситуациям, учетом только качественной взаимосвязи между информационными ресурсами и традиционными активами, отсутствием подходов к оценке влияния инфотелекоммуникационных услуг на качество электронных бизнес-процессов.

Качество сети связи является необходимой основой для обеспечения качества услуг связи и обеспечивается непосредственно операторами связи при планировании, строительстве и эксплуатации сетей связи.

Качество сети связи и услуг связи зависит от:

- характеристик элементов ИТКС и развитости взаимосвязи между ними,
- внешних условий функционирования ИТКС (выделяют техногенные и преднамеренные воздействия). В разряд ограничений вынесены преднамеренные деструктивные воздействия;
- динамики изменения количества абонентов;
- количества запросов по каждому типу услуг связи;
- требований к качеству услуг связи по каждому типу.

Качество сетей связи тесно связано с целостностью, устойчивостью и безопасностью функционирования сети связи общего пользования, являющимися предметом отраслевого технического регулирования, включающего в себя, в том числе, установление требований к оборудованию, применяемому на сети связи общего пользования, построению и взаимодействию сетей связи, использованию радиочастотного спектра [2, 3].

В результате проведенного анализа выявлены следующие недостатки известного методического обеспечения в области оценки и контроля качества услуг связи:

1. качество предоставляемых услуг связи оценивается опосредованно, с недостаточным уровнем детализации;
2. оценка качества услуг связи производится без учета характеристик технологического развития иных технических систем, с которыми осуществляется взаимодействие;
3. проектирование, внедрение, опытно-промышленная эксплуатация ИТКС и оценка качества услуг связи производится без учета данных, содержащихся в биллинговых системах операторов связи;
4. оценка качества услуг связи производится без всестороннего учета надежности оборудования, обеспечивающего заданные условия эксплуатации элементов ИТКС, реализующих основные услуги связи.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование основывается на следующих методах: теория управления, теория связи, метод анализа данных, кластерный анализ, конкурентный анализ, теория распознавания образов, теория телетрафика, теория вероятности, метод анализа сегментации потребителей информационных услуг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В целях устранения выявленных недостатков известного методического обеспечения в области оценки и контроля качества услуг связи разработаны:

1. Аналитико-имитационная модель инфотелекоммуникационной системы с требуемым уровнем надежности ее элементов;
2. Метод определения параметров направлений развития сетей операторов связи;
3. Метод оценки вероятностно-временных показателей технического ресурса фрагментов инфотелекоммуникационной системы, генерирующих услуги связи определенного типа.

Ввиду низкой достоверности оценки моделируемых процессов из-за отсутствия возможности моделирования деструктивных воздействий (R) на каждый элемент ИТКС, при которых элемент ИТКС с заданной вероятностью в соответствии с законом распределения переходит в неработоспособное состояние, была разработана аналитико-имитационная модель инфотелекоммуникационной системы с требуемым уровнем надежности ее элементов.

Аналитико-имитационная модель разработана на базе инновационных способов:

1. Способ моделирования распределенной сети связи вышестоящей системы управления с необходимым уровнем надежности ее элементов (Патент на изобретение РФ №2736528) [4].
2. Способ моделирования системы мониторинга для систем военной связи. (Патент на изобретение РФ №2714610) [5].

Отличительными особенностями процесса моделирования сети связи в рамках разработанной модели являются дополнительные этапы: моделируют деструктивные воздействия (R) на каждый элемент ИТКС, при которых элемент распределенной сети связи с заданной вероятностью в соответствии с обоснованным законом распределения переходит в неработоспособное состояние, моделируют максимальную нагрузку (H) ИТКС, формируют модели оценки надежности ИТКС с использованием обоснованных законов распределения случайных величин (R) и (H), выбирают модель с доминирующим законом распределения случайных величин (R) и (H), сравнивают полученные значения вероят-

ности безотказной работы с требуемым значением с учетом выбранного доминирующего закона распределения.

Исходные данные: набор независимых проектных параметров ИТКС $\bar{X} = \{X_1, \dots, X_n\}$, параметры X_i , $i = 1 \dots n$, обеспечивающие нагрузку – H , математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение деструктивных воздействий – m_R, S_R , математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение максимальной нагрузки – m_H, S_H , требуемое значение вероятности безотказной работы – $ВБР_{\text{треб}}$, постоянная Эйлера – γ .

Блок-схема процесса моделирования ИТКС с требуемым уровнем надежности ее элементов представлена на рис. 1.

В блоке 1 осуществляют ввод исходных данных: набор независимых проектных параметров ИТКС $\bar{X} = \{X_1, \dots, X_n\}$, параметры X_i , $i = 1 \dots n$, обеспечивающие нагрузку – H , математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение деструктивных воздействий – m_R, S_R , математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение максимальной нагрузки – m_H, S_H , требуемое значение вероятности безотказной работы – $ВБР_{\text{треб}}$, постоянная Эйлера – γ .

В блоке 2 моделируют структуру и топологию ИТКС. Структурно-топологическое построение ИТКС предполагает ее представление количественными показателями через соответствующие параметры, а также описание состава, конфигурации и взаимосвязи отдельных элементов. При этом, ИТКС описывается семейством законов распределения случайных величин. Поведение каждого выбираемого элемента ИТКС во времени описывается случайным процессом перехода из работоспособного в неработоспособное состояния и обратно, показатели надежности ИТКС носят вероятностно-временной характер. Каждый выбираемый элемент ИТКС подчиняется своему реальному закону распределения характеристик показателей надежности.

Одним из основных показателей надежности ИТКС является вероятность безотказной работы (далее – ВБР). При моделировании оценивания вероятности безотказной работы используют возможные деструктивные воздействия – R и максимально возможную нагрузку – H . При этом, обеспечивают гарантированную оценку вероятности безотказной работы за счет применения доминирующего из семейства законов распределений максимальных (H) и минимальных (R) случайных величин.

Оценивают функцию работоспособности ИТКС с помощью выражения для ВБР:

$$P = \text{Вер}(R - H > 0) . \quad (1)$$

С учетом семейства законов распределения деструктивных воздействий и действующей на

грузки на ИТКС зависимость (1) преобразовывают к виду:

$$P = \int_0^{\infty} F_H(x) f_R(x) dx . \quad (2)$$

В блоке 3 моделируют деструктивные воздействия (R) на каждый элемент ИТКС, при которых элемент ИТКС с заданной вероятностью в соответствии с законом распределения переходит в неработоспособное состояние. При этом, используют двойной экспоненциальный закон распределения. Для наименьших (R) значений функция распределения двойного экспоненциального закона имеет вид:

$$F_R(x) = 1 - \exp\{-\exp(\alpha_R(x - u_R))\} . \quad (3)$$

Плотность распределения двойного экспоненциального закона имеет вид:

$$f_R(x) = \alpha_R \exp\{\alpha_R(x - u_R)\} \exp\{-\exp(\alpha_R(x - u_R))\} . \quad (4)$$

Вычисляют параметры (масштабный параметр – α_R , параметр сдвига – u_R) распределения минимальных значений (R):

$$\alpha_R = \frac{\pi}{m_R \sqrt{6}} ; u_R = m_R - \frac{\gamma}{\alpha_R} . \quad (5)$$

В блоке 4 моделируют максимальную нагрузку (H) на ИТКС. При этом, используют двойной экспоненциальный закон распределения.

В блоке 5 формируют модели оценки надежности ИТКС с использованием различных законов распределения случайных величин R и H .

Первую модель формируют по правилу: зависимость для наименьших (R) значений плотности распределения величины (4) и наибольших (H) значений функции распределения нагрузки подставляют в формулу (2).

Формируют вторую модель. При этом, в частности, для случайных величин нагрузки (H) используют распределение наибольших значений типа 1, для случайных величин деструктивных воздействий (R)-распределения наименьших значений типа 1.

При этом, определяют плотность распределения минимальных деструктивных воздействий (R):

$$f_R(x) = \exp\left[-\exp\left(\frac{x - m_R}{S_R}\right)\right] . \quad (6)$$

Определяют плотность распределения максимальной нагрузки:

$$f_H(x) = \exp\left[-\exp\left(\frac{x - m_H}{S_H}\right)\right] . \quad (7)$$

Определяют ВБР применительно ко второй модели.

Формируют третью модель. При этом, в частности, для случайных величин нагрузки (H) используют распределение наибольших зна-

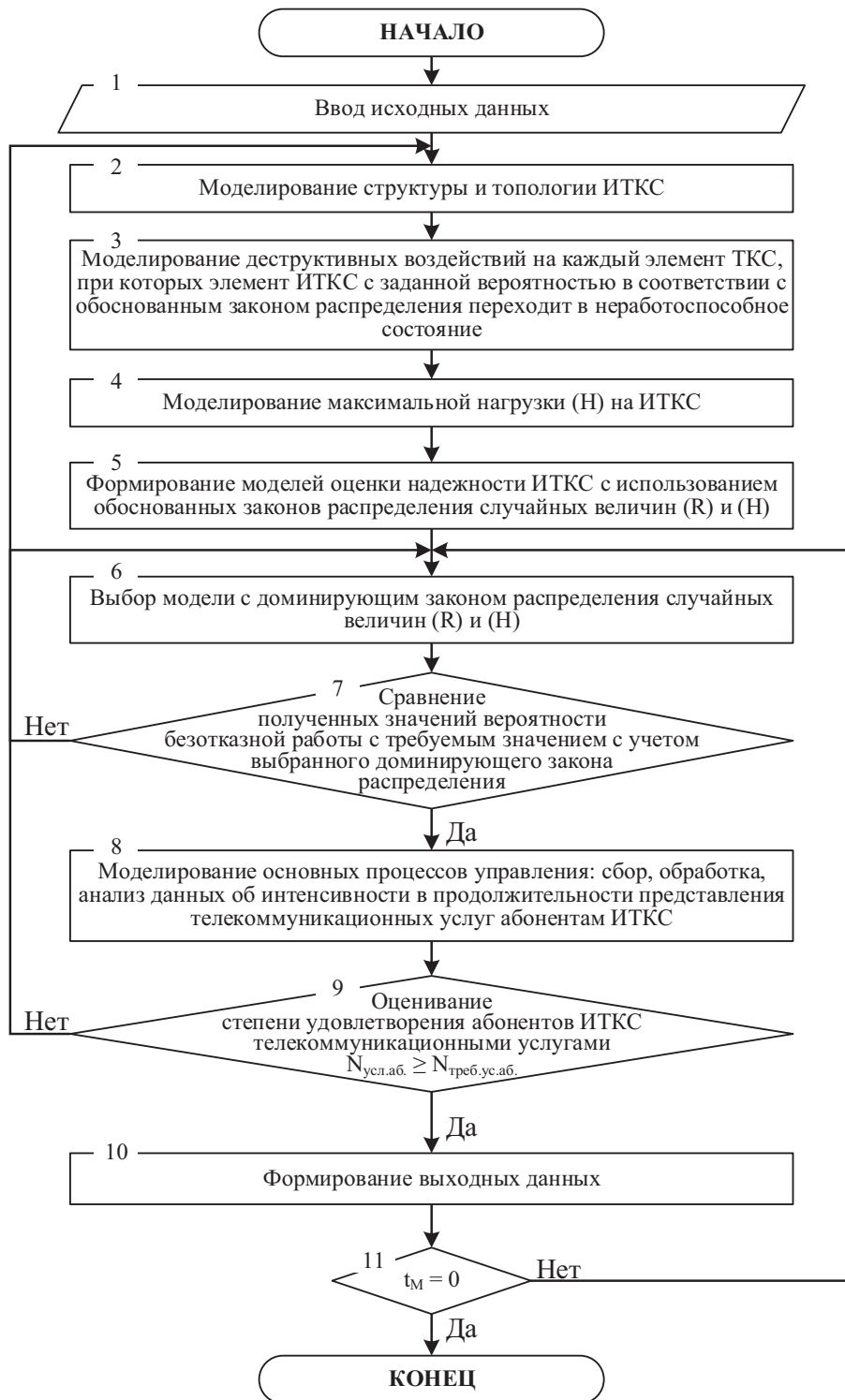


Рис. 1. Блок-схема процесса моделирования сети связи с требуемым уровнем надежности ее элементов

чений значений типа 7 (трехпараметрический закон распределения Вейбулла), для случайных величин деструктивных воздействий – распределения наименьших значений типа 1.

Формируют четвертую модель. При этом, при определении ВБР используют нормальный закон распределения случайных величин (R) и (H).

В блоке 6 выбирают модель с доминирующим законом распределения случайных вели-

чин (R) и (H). Выбор осуществляют способом сравнения с использованием показателя надежности – ВБР [6].

На рис. 2, 3 приведены зависимости относительных величин $\Delta P_i = \frac{P_4 - P_i}{P_4}$, $z = 1...3$ от коэффициента запаса надежности $\eta = \frac{m_R}{m_H}$ при двух значениях коэффициентов вариации

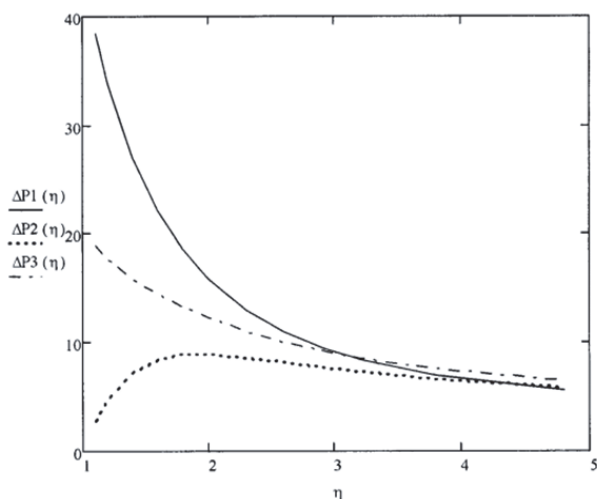


Рис. 2. Зависимость $\Delta P = f(\eta)$ при $v_H = v_R = 0,3$

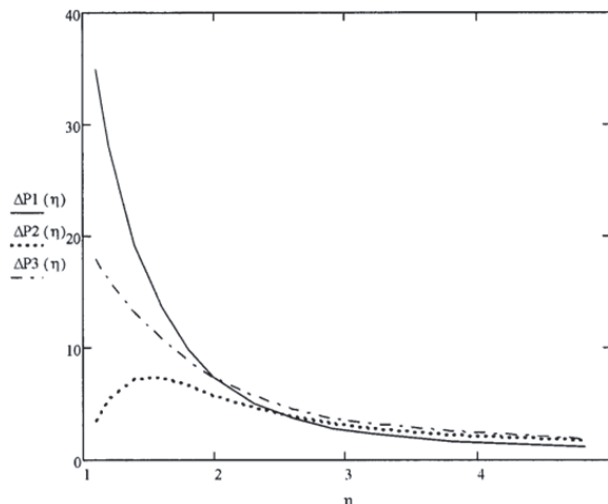


Рис. 3. Зависимость $\Delta P = f(\eta)$ при $v_H = v_R = 0,2$

$$V = V_H = V_R = \frac{S_R}{m_R} = \frac{S_H}{m_H} = 0,2; 0,3.$$

В блоке 7 сравнивают полученные значения ВБР с требуемым значением с учетом обоснованного доминирующего закона распределения случайных величин (R) и (H). Если полученное значение ВБР соответствует требуемому значению ВБР (закон распределения выбран правильно), то осуществляется переход к блоку 8. Если полученное значение ВБР не соответствует требуемому (закон распределения выбран неправильно), то осуществляется переход к блоку 6, где выбирают модель с другим законом распределения случайных величин (R) и (H) с учетом условий функционирования ИТКС.

В блоке 8 моделируют основные процессы управления: сбор, обработка, анализ данных об интенсивности и продолжительности предоставления услуг связи абонентам ИТКС.

В блоке 9 моделируют степень удовлетворения абонентов телекоммуникационными услугами – $N_{\text{услуг}} \geq N_{\text{услуг}}^{\text{треб}}$. В случае, если абоненты не удовлетворены требуемым набором телекоммуникационных услуг, осуществляется возврат к блоку 2, где происходит моделирование новой структуры и топологии ИТКС, исходя их предъявляемых к ней требований. Таким образом, в случае, если абоненты не удовлетворены требуемым набором телекоммуникационных услуг, осуществляется возврат к блоку 2, где происходит моделирование новой структуры и топологии ИТКС, исходя их предъявляемых к ней требований.

В целях повышения качества сетей и услуг операторов связи разработан метод определения параметров направлений развития сетей операторов связи [7].

Блок-схема метода представлена на рис. 4.

Исходные данные: n – количество абонен-

тов; k – количество услуг; α – достоверность оценки; ε – точность оценки; k_{ij}^{cx} – коэффициент сходства i -го объекта с j -м объектом; \bar{t}_c – среднее время, в течение которого сохраняется требуемый или заданный уровень различий; μ – производительность коммутационного оборудования; F – ёмкость коммутационного оборудования; S – пропускная способность линий связи; $\hat{R}(t)$ – технико-эксплуатационная надёжность элементов и узлов в целом; G – условное выделение поколений технологии связи.

Одним из структурных элементов ИТКС является оконечное оборудование. Любое оборудование (средство связи) характеризуется неким уровнем инновационности по отношению к другим средствам. Как правило, высокий уровень инновационности присущ ОПФ, только появившимся на открытом рынке. Ввиду непрерывного научно-технического прогресса, функция, отражающая уровень инновационности того или иного объекта, всегда переменная и характеризуется различной скоростью.

Параметрами направления развития сетей операторов связи являются:

- локация внедрения инновационного решения;
- время, отражающее необходимость проведения модернизации;
- масштаб (объем) инновационных изменений.

Суть разработанного метода обобщенно заключается в реализации следующих этапов:

1) Выделение квазиоднородных фрагментов ИТКС, генерирующих определенное количество типов услуг связи с заданным качеством.

Определение типа сети связи осуществляется посредством применения теории распознавания образов. Для рассматриваемого объекта ω необходимо вычислить его информационный вектор $\alpha(\omega) = (\alpha_1(\omega), \dots, \alpha_m(\omega))$. Процедура, строящая информационный вектор $\alpha(\omega)$ в дан-

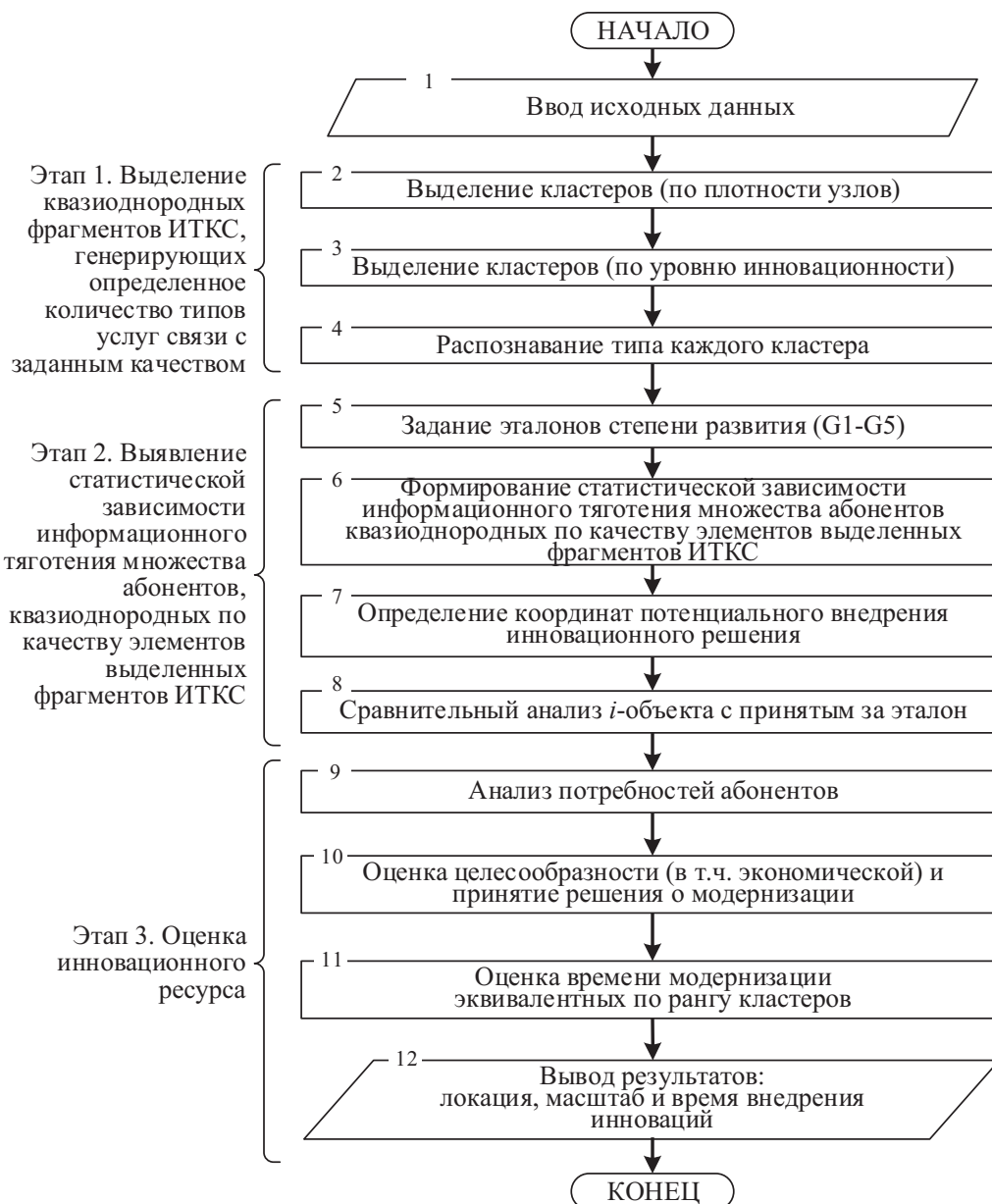


Рис. 4. Блок-схема метода определения параметров направления развития сетей операторов связи

ном случае выражает алгоритм принятия решения об отнесении объекта ω к тому или иному классу и представляет собой решающую функцию. Сравнительная оценка i -объекта с окружающим фоном по уровню инновационности проводится посредством применения методов кластеризации данных. В частности, автором разработано Программное средство выделения квазиоднородных фрагментов ИТКС (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU №2018660168 [8]), в основу которого положен метод кластеризации данных ФОРЭЛ.

2) Выявление статистической зависимости информационного тяготения множества абонентов квазиоднородных по качеству элементов выделенных фрагментов ИТКС.

Источником необходимой информации является биллинговая система, которая хранит

не только нормативы, тарифы и информацию об услугах связи (сведения о соединениях и их продолжительности), но и данные о клиентах, заключенных контрактах с абонентами и сторонними поставщиками услуг связи (если сеть данного оператора связана с другими).

3) Оценка инновационного ресурса (временной интервал, в течение которого с заданной вероятностью i -й объект обладает отличительными особенностями по отношению к множеству аналогичных по функциям объектов, которые обеспечивают иную производительность и качество услуг связи).

Количественно величина инновационного ресурса зависит как от детерминированных, так и от случайных факторов, а следовательно, может в общем случае оцениваться вероятностно-временной парой показателей $\langle P, \bar{t} \rangle$ с соот-

ветствующими индексами P_{ij} , \bar{T}_{ij} , где i – заданный квазиоднородный объект и/или фрагмент системы связи, а j – другие отдельные квазиоднородные объекты и/или фрагменты системы связи.

Периодичность оценки зависит темпов научно-технического развития в области связи и количества абонентов в заданном фрагменте ИТКС, а также степени изменения технологических характеристик взаимодействующих фрагментов ИТКС.

Применительно к аппаратной части ИТКС технический износ сохраняет свое значение, но применительно к программной части – требует коррекции, поскольку она не подвержена техническому износу. Процесс физического износа рассматривается как процесс постепенного истощения технического ресурса. Подход к установлению сроков службы аппаратной части ИТКС должен исходить из теории надежности, поскольку современные технические средства состоят из множества взаимодействующих компонентов [9]. Ввиду вышеизложенного был разработан Метод оценки вероятностно-временных показателей технического ресурса фрагментов ИТКС, генерирующих услуги связи определенного типа.

Периодичность оценки зависит от характеристик надежности элементов ИТКС и структурно-логической схемы соединения элементов.

Основной справочной характеристикой безотказности элементов, приводимой в технических условиях или других технических документах, является интенсивность отказов λ . Значение λ принимается постоянным в течение определённой наработки, также указываемой в технической документации, и соответствует номинальному электрическому режиму и нормальным (лабораторным) условиям эксплуатации, если явно не указано иное. В результате анализа справочников надежности радиоэлектронных изделий выявлена обратная зависимость степени интеграции от надежности изделия [10, 11].

Для неподвижных объектов расчет эксплуатационной интенсивности отказов интегральных микросхем, находящихся в режиме ожидания, проводится по модели вида:

$$\lambda_{э.х} = \lambda_{х.с.э.} \times K_{с.т.} \times K_{усл} \times K_{нр}. \quad (8)$$

Надежность средств связи зависит от: степени интеграции, температуры окружающей среды, типа корпуса, напряжения питания, жесткости условий эксплуатации и т.п. [12]. Например, значения коэффициента режима в зависимости от степени интеграции и температуры окружающей среды $K_{с.т.}$ рассчитываются по модели:

$$K_{с.т.} = A \times e^{B \times (t+273)}. \quad (9)$$

где A и B – постоянные коэффициенты модели; t – температура окружающей среды, $^{\circ}C$.

Зависимость характеристик надежности и степени интеграции при $t=25^{\circ}$ и значения коэффициента режима $K_{с.т.}$ в зависимости от сложности интегральной микросхемы и температуры окружающей среды представлены на рис. 5 и 6 соответственно.

Таким образом, выявлено, что изменение температуры корпуса в 4 раза практически эквивалентно снижению надежности при увеличении степени интеграции на 1 порядок, то есть надежность аппаратных средств напрямую зависит от условий эксплуатации.

Время и вероятность выхода из строя того или иного элемента ИТКС необходимо рассчитывать исходя из расчета времени и вероятности выхода из строя устройств, обеспечивающих заданные условия функционирования, для которых нормированы показатели надежности. В этой связи, структурно-логическую схему рекомендуется составлять не только для основных, но и для обеспечивающих устройств.

В рамках метода разработаны две эквивалентные схемы:

1) для последовательно соединенных элементов, необходимых для выполнения основных функций;

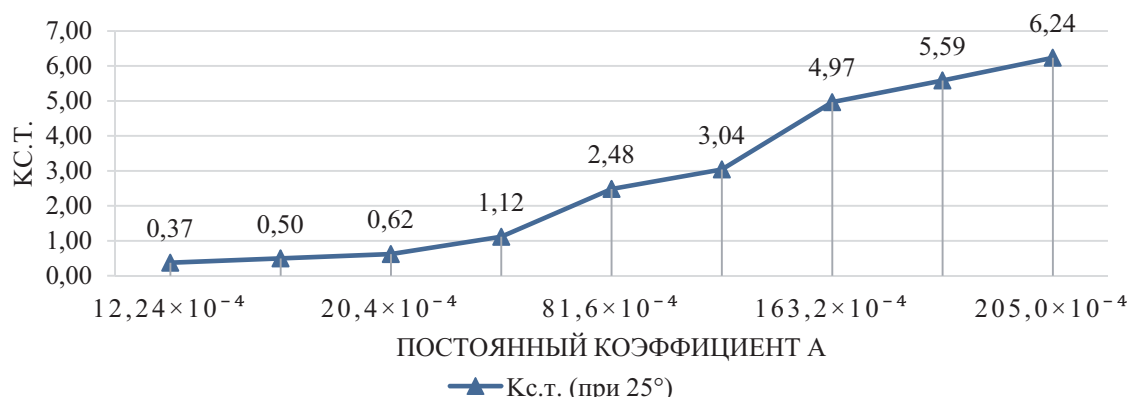


Рис. 5. Зависимость характеристик надежности от степени интеграции

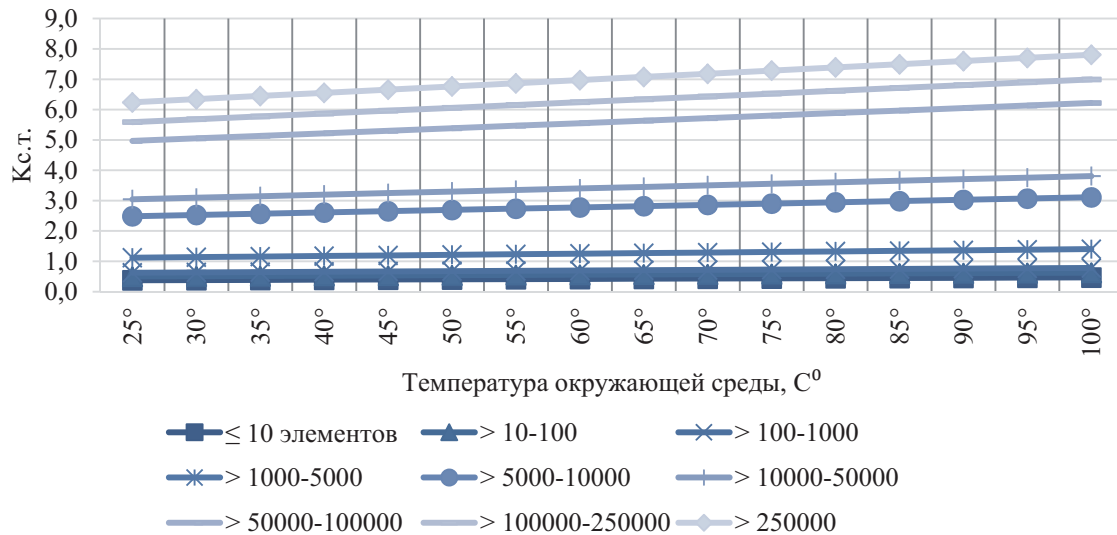


Рис. 6. Значения коэффициента режима $K_{с.т.}$ в зависимости от сложности интегральной микросхемы и температуры окружающей среды

2) для параллельного соединения ветвей, одна из которых включает элементы, обеспечивающие заданные условия эксплуатации.

Вероятность безотказной работы ИТКС на интервале нормальной работы выражается через экспоненциальное распределение:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

В общем случае при последовательном соединении n элементов (блоков) вероятность безотказной работы объекта будет определяться выражением:

$$P(t) = e^{-\sum_i^n \lambda_i \times t} \quad (10)$$

Исходя из вышеприведенного выражения параметр потока отказов объекта из последовательно соединенных элементов (блоков) будет определяться выражением:

$$\Lambda(t) = \sum_i^n \lambda_i \quad (11)$$

следовательно, средняя наработка на отказ объекта рассчитывается исходя из выражения:

$$T = \frac{1}{\Lambda} = \frac{1}{\sum_i^n \lambda_i} \quad (12)$$

Для параллельного соединения элементов в структурной схеме надежности ИТКС вероятность безотказной работы объекта, например, из двух элементов будет определяться выражением

$$\begin{aligned} P(t) &= 1 - [1 - P_1(t)] \times [1 - P_2(t)] = \\ &= 1 - [1 - e^{-\lambda_1 t}] \times [1 - e^{-\lambda_2 t}] = e^{-\Lambda t} \end{aligned}$$

откуда средняя наработка на отказ объекта рассчитывается исходя из выражения:

$$T = \frac{1}{\Lambda} = -\frac{t}{\ln[1 - (1 - e^{-\lambda_1 t}) \times (1 - e^{-\lambda_2 t})]}$$

Осуществив расчет средней наработки на отказ для основных и вспомогательных систем, выбираем меньшее значение для последующей оценки.

Разработанный метод позволяет определить технический ресурс фрагмента ИТКС, генерирующего услуги связи определенного типа.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа выявлены недостатки известного методического обеспечения в области контроля качества услуг связи.

Разработана аналитико-имитационная модель ИТКС с требуемым уровнем надежности ее элементов на основе инновационного способа моделирования, учитывающего деструктивные воздействия на каждый элемент ИТКС, при которых элемент ИТКС с заданной вероятностью в соответствии с обоснованным законом распределения переходит в неработоспособное состояние.

Разработан метод определения параметров направлений развития сетей операторов связи, учитывающий обработку статистических данных о количестве, типе, качестве услуг связи, содержащихся в биллинговых системах операторов связи, и позволяющий определить степень технической инновационности фрагмента ИТКС по сравнению с уровнем обеспечиваемого качества услуг связи иных фрагментов ИТКС, с которыми осуществляется взаимодействие.

Разработан метод оценки вероятностно-временных показателей технического ресурса

фрагментов ИТКС, учитывающий надежность оборудования, обеспечивающего заданные условия эксплуатации элементов ИТКС, реализующих основные услуги связи с требуемым качеством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И., Бегаев А.Н. Управление качеством информационных услуг / под общ. ред. Ю. И. Стародубцева. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 454 с.
2. ГОСТ Р 53732-2009 Качество услуг сотовой связи. Показатели качества. 2009.
3. Боровиков С. М. Расчёт показателей надёжности радиоэлектронных средств: учеб.-метод. пособие / С. М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Ф. Д. Троян ; под ред. С. М. Боровикова. – Минск: БГУИР, 2010. 68 с.
4. Давлятова М.А., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. и др. Способ моделирования распределенной сети связи вышестоящей системы управления с необходимым уровнем надежности ее элементов. Пат. 2736528 (РФ). 2020.
5. Давлятова М.А., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. и др. Способ моделирования системы мониторинга для систем военной связи. Пат. 2714610 (РФ). 2020.
6. ГОСТ 27.002- 2015. Надежность в технике. Термины и определения - М.: Стандартиформ, 2015.
7. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И. Алгоритм определения параметров инновационного развития предприятий связи // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2018. Т. 11. № 4. С. 251-262.
8. Давлятова М.А. Программное средство выделения квазиоднородных фрагментов инфотелекоммуникационной системы // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018660168, 17.08.2018. Заявка № 2018616816.
9. Давлятова М.А., Стародубцев Ю.И. Методика оценки вероятностно-временных показателей технического ресурса элементов систем связи и АСУ // В сборнике: Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях Труды III Межвузовской научно-практической конференции. 2018. С. 316-321.
10. Справочник «Надежность ЭРИ». – М.: МО РФ. 2006.
11. Справочник «Надежность ЭРИ ИП». – М.: МО РФ. 2006.
12. Зиганшин Р.Г. Основы надежности средств связи и автоматизации / Н. Н. Африкантов, А. А. Ануфриев, М. А. Баринов, Н. В. Барышников, Р. Г. Зиганшин, П. Н. Журавель, А. А. Захаров, А. В. Морозов, А. В. Москальонов, А. В. Чихачев: Под. ред. Р. Г. Зиганшина. – 2-е изд. исправ. и доп. – СПб.: ВАС, 2009. 356 с.

METHODOLOGICAL SUPPORT FOR COMMUNICATION NETWORKS AND SERVICES QUALITY MANAGEMENT

© 2021 M.A. Davliatova

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

The paper is devoted to the analysis of the known methodological support for quality assessment and control of communication services. The known approaches to quality assessment of communication services have mainly been developed in relation to the situation, characterized by the fact that each management system actually relied on its own, dedicated communication system. In this case, most of the results apply to analogue communication systems with predominantly assigned channels (paths) to certain information directions, which together reflect the structure of the control system. The synthesis of communication systems is based on the requirements of the respective control system. As a result of the analysis, the limitations of the known methodological support in the field of assessment and control of the communication services quality were revealed. In order to eliminate the identified limitations of the known methodological support in the field of assessment and control of the quality of communication services, the author has developed: analytical and simulation model of an information and telecommunication system with the required level of reliability of its elements; method for determining the parameters of the development directions of telecom operators' networks; method for assessing the probabilistic-temporal indicators of the technical resource of the fragments of the information and telecommunication system, generating communication services of a certain type. *Key words:* quality of communication services, information and telecommunication system, quality control, innovative resource, destructive factors, reliability of network elements.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-3-81-90