

12. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, 1981. – 720 с.
13. Снайдер А., Лав Дж. Теория оптических волноводов: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1987. – 656 с.
14. Унгер Х.-Г. Планарные и волоконные оптические волноводы: Пер. с англ. М.: Мир, 1980. – 656 с.
15. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов: Пер. с англ. М.: Мир, 1984. – 512 с.
16. Градштейн И., Рыжик И. Таблицы интегралов // М.: Физматгиз, 1962. – 1100 с.
17. Абрамовиц М., Стиган И. Справочник по специальным функциям // М.: Наука, 1979. – 830 с.
18. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи М.: ЛЕСАРпт, 2003. – 298 с.
19. Fleming J.W. Material dispersion in lightguide glasses // Electronics Letters. V. 14, №11, 1978. – P. 326-328.
20. Бурдин В.А. Метод учета дисперсионных свойств кварцевого стекла в задачах расчета хроматической дисперсии оптических волокон // ИКТ. Т. 6, № 2, 2008. – С. 37-41.

SIMULATION OF MODAL BIREFRINGENCE OF STEP INDEX OPTICAL FIBER WITH MICROCRACK IN CLADDING

Burdin V.A., Dmitriev E.V.

This work presents model for birefringence components in step index silica single-mode optical fiber occurring due to axial dissymmetry by micro crack in the cladding. The expression for approximate estimation of mentioned component value is derived. We represent some results of estimations for standard step index single-mode fiber SMF28e.

Keywords: *step index optical fiber, optical waveguide, birefringence, micro crack, mirrored area, refractive index, mode.*

Бурдин Владимир Александрович, д.т.н., профессор, проректор на науке и инновациям Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 332 21 61. E-mail: burdin@psati.ru

Дмитриев Евгений Владимирович, начальник научно-исследовательского отдела ПГУТИ. Тел. (8-846) 339 11 09. E-mail: nio@psati.ru

УДК 621.394.74

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫЗОВАМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ИНФОРМИРОВАННОСТИ О СОСТОЯНИИ ЦЕНТРОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ

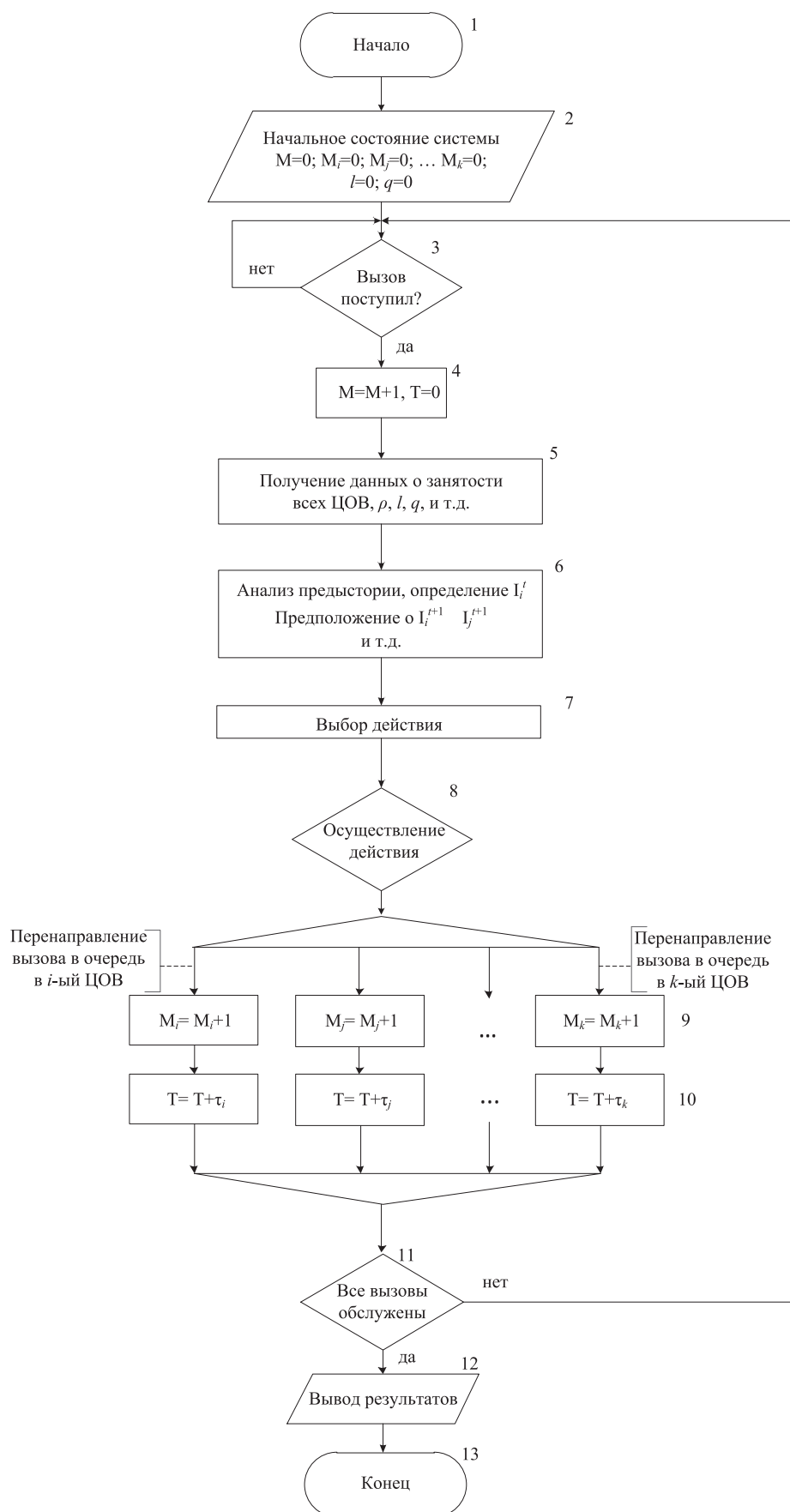
Глушак Е.В.

В статье проводится экспериментальное исследование модели распределенного центра обслуживания вызовов (РЦОВ) на основе имитационного моделирования. Представлены результаты моделирования, которые показывают качество обслуживания вызовов в РЦОВ при различных вариантах информированности о состоянии отдельных центров обслуживания вызовов (ЦОВ), входящих в состав РЦОВ.

Ключевые слова: распределенный центр обслуживания вызовов, информированность центров, время ожидания, время обслуживания, игровые модели, коэффициент загрузки.

Введение

В настоящее время распределенные центры обслуживания вызовов нашли применение во многих социально-экономических отраслях, например, в службах экстренного реагирования, банковских и финансовых сферах, торговых, страховых, туристических компаниях, а также в информационно-справочных службах операторов связи. Благодаря именно РЦОВ обеспечивается связь с клиентами в любое время суток. Необходимость в маршрутизации вызова к операторам другого центра возникает в том случае, когда данный вызов может быть

Рис. 1. Алгоритм реализации принятия решений в i -ом ЦОВ из состава РЦОВ

обслужен операторами других центров за более короткое время или когда необходимо осуществить выбор оператора с требуемыми свойствами, например с необходимым уровнем квалификации. Интеллектуальные алгоритмы маршрутизации в РЦОВ позволяют повысить качество обслуживания клиентов за счет оптимальной переадресации вызовов между отдельными центрами на различных этапах их обработки. Понятно, что аналитические модели могут быть реализованы только для простых детерминированных алгоритмов управления. Сложные модели работы РЦОВ, особенно на основе теории игр, можно исследовать только методом имитационного моделирования [1].

Исследование модели РЦОВ на основе имитационного моделирования показало, что чем больше загрузка центров, тем более эффективно применение алгоритма интеллектуальной перемаршрутизации поступающих вызовов, и чем больше информированность каждого ЦОВ о различных параметрах других центров, тем больше вероятность правильного выбора стратегии перенаправления вызовов в РЦОВ и получение оптимального перераспределения нагрузки между всеми ЦОВ.

Реализация принятия решений о перемаршрутизации

Под «интеллектуальным» управлением понимается процесс распределения входящих вызовов для минимизации ожидания вызовов в очереди и равномерного перераспределения поступающей нагрузки в РЦОВ [1-2].

На рис. 1 представлен алгоритм принятия решений в i -ом ЦОВ, описанный в [3-4], где действия каждого центра из состава РЦОВ интерпретируются как работа в команде.

На каждом шаге работы отдельные ЦОВ принимают решения, используя информацию о занятости других центров, полученную на предыдущем шаге, и субъективные значения параметров принятия решения предыдущего периода времени. Из этого предположения исключается только случай, когда принятие решений осуществляется на основании всей предыстории поступления и обслуживания вызовов.

Обозначим используемые параметры алгоритма: $x_i(r_{in})$ – действия отдельных центров при знании r ; $W_i^t(x_i^t)$ – текущее состояние загруженности i -го ЦОВ с периодом сбора информации о загрузке операторов ЦОВ t ; $j_1, \dots, j_l \in N$ – знание (информированность) i -го ЦОВ о состоянии загрузки других центров в РЦОВ за тот же период t ; $t = 0, 1,$

$2, \dots, i \in N$; I_i^{t+1} – информированность i -го ЦОВ о состоянии других центров в следующий период времени $t+1$; I_i^{t-1} – информированность i -го ЦОВ о состоянии других центров в предыдущий период времени $t-1$; γ_i^t – некоторый коэффициент в границах $[0; 1]$, интерпретируемый как «величина шага» к минимальным затратам на обработку вызова; ρ – общая загруженность операторов каждого центра; $\theta_i, \theta_i \in \Omega$ – представление i -го ЦОВ об общей загруженности всех остальных центров; $\theta_{ij}, \theta_{ij} \in \Omega, j \in N$ – представления i -го ЦОВ о представлениях других ЦОВ о параметре ρ ; $\theta_{ijk}, \theta_{ijk} \in \Omega, j, k \in N$ – представления i -го ЦОВ о представлении j -го ЦОВ о представлении k -го ЦОВ, и т.д.; $\theta_{ij_q \dots j_l} \in \Omega$, где $j_1, \dots, j_l \in N$, а $\theta_{ij_q \dots j_l} \in \Omega$ – структура информированности I_i i -го ЦОВ; Ω – множество возможных значений коэффициента загруженности каждого ЦОВ; I – множество значений информированности для всех ЦОВ.

Наряду с информированностью $I_i, i \in N$ можно рассматривать информированность I_{ij} (информированность j -го ЦОВ в представлении i -го ЦОВ), I_{ijk} и т.д. При поступлении вызова в ЦОВ запускаются счетчики числа входящих вызовов M и времени пребывания вызова в системе T . Также используется счетчик длины очереди q , который в начале моделирования равен 0, параметры τ – длительность обслуживания и l – счетчик, отмечающий число нетерпеливых клиентов.

Выбор определенной стратегии перенаправления вызовов разными ЦОВ (см. блок 7 на рис. 1) можно расписать более подробно (см. рис. 2). Возможны следующие варианты информированности.

1. Полная информированность – каждому ЦОВ известны все параметры о других ЦОВ в предыдущий I_i^{t-1} и последующий I_i^{t+1} периоды времени, включая выбранные действия каждого ЦОВ о перенаправлении вызовов.

2. Отсутствие информированности – у каждого ЦОВ нет никаких знаний о состоянии других центров. Из-за неточности или отсутствия данных о состоянии других ЦОВ каждый центр анализирует только собственные параметры q и $t_{ож}$. При условии $q \gg q_{cp}$ и $t \gg t_{cp}$ ЦОВ перенаправляет вызов в другой центр, не зная состояние его загруженности и его действия по перенаправлению вызовов.

3. Информированность неполная – у ЦОВ есть информация лишь о некоторых параметрах других центров.

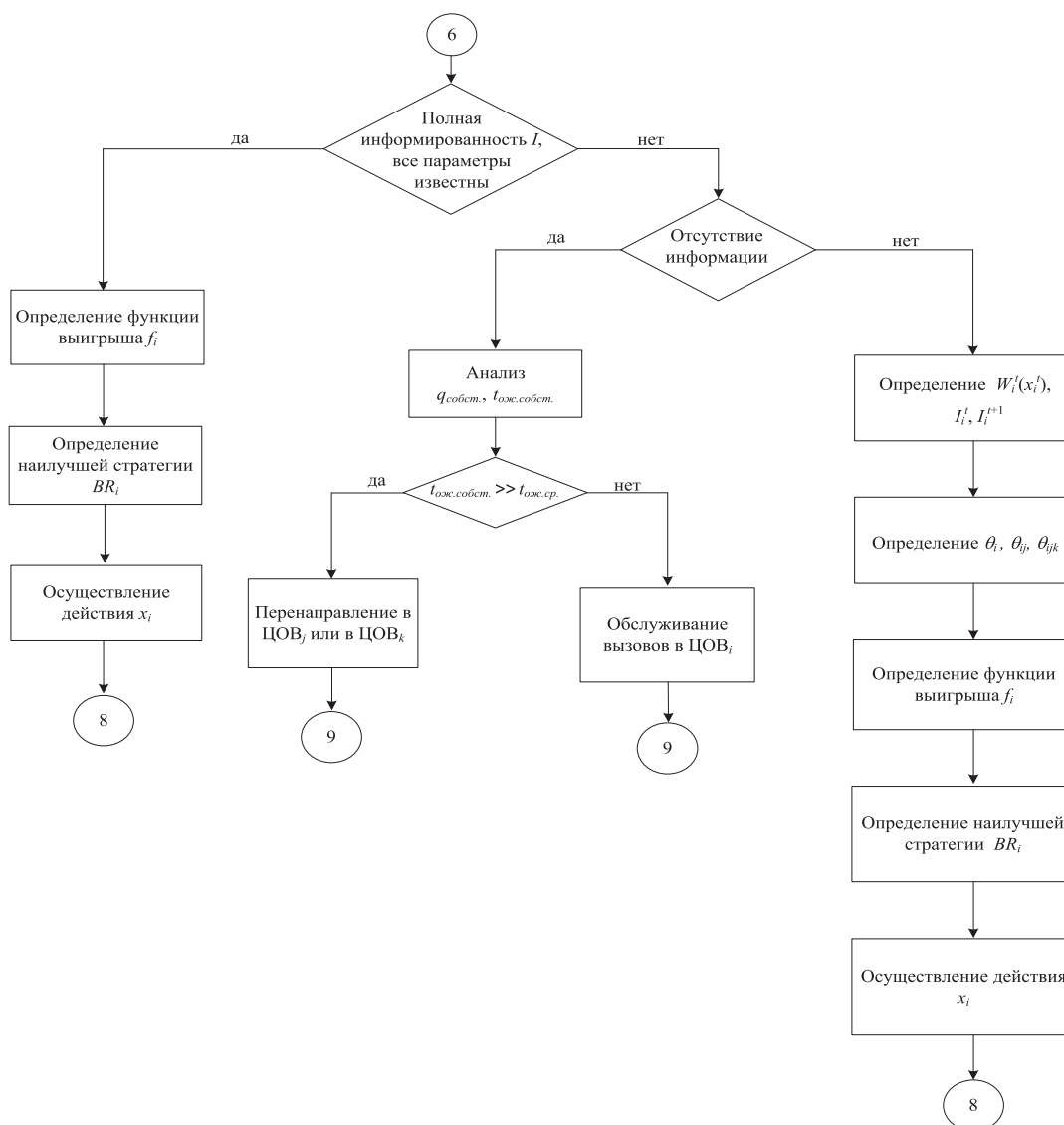
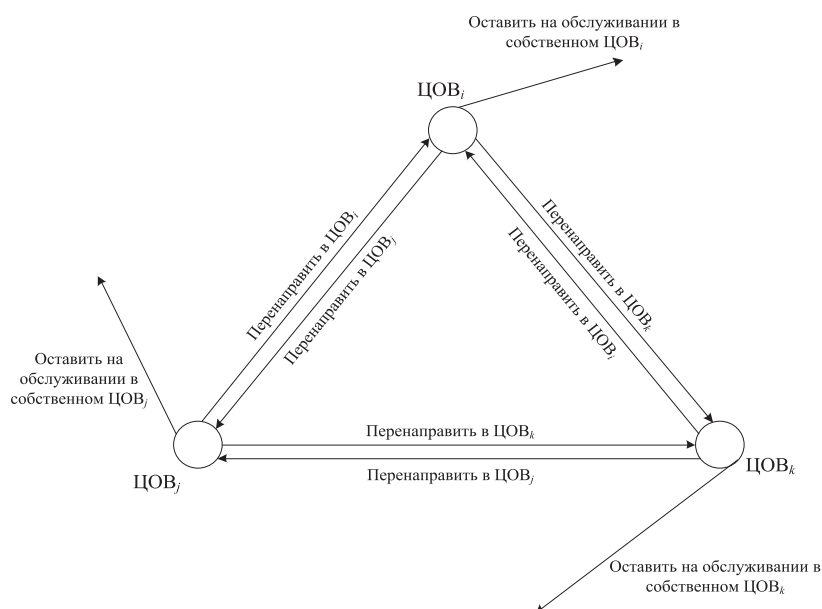
Рис. 2. Алгоритм маршрутизации вызовов в i -ом ЦОВ, основанный на информированности ЦОВ

Рис. 3. Возможные направления перемаршрутизации вызовов в РЦОВ

Изменяя во входных параметрах имитационной модели данные об информированности, исследовалось перераспределение нагрузки между всеми ЦОВ на разных этапах и при различных известных параметрах загрузки центров.

В разработанном алгоритме интеллектуальной перемаршрутизации вызовов на этапе анализа предыстории и получения данных о других ЦОВ в предыдущий I_i^{t-1} и последующий I_i^{t+1} периоды времени определяется структура информированности:

- полная информированность;
- неполная информированность;
- отсутствие каких-либо данных об остальных ЦОВ.

На рис. 3 представлен пример перемаршрутизации вызовов в РЦОВ. Как показано на рисунке, у каждого ЦОВ есть несколько возможных вариантов перемаршрутизации поступивших вызовов, которые зависят не только от информированности о загруженности центров, но и от их действий по перемаршрутизации своих вызовов.

Результаты экспериментов

Эксперимент проводился для трех ЦОВ в составе РЦОВ с применением интеллектуального алгоритма перемаршрутизации вызовов. При проведении эксперимента оценивалось влияние информированности ЦОВ друг о друге на качество обслуживания вызовов, на среднее время ожидания в очереди и среднюю длину очереди при малых и больших нагрузках, также оценивалось влияние информированности на количество потерянных и обслуженных вызовов при различной нагрузке.

Эксперимент проводился с разной интенсивностью входящей нагрузки при фиксированной интенсивности обслуживания вызовов $\mu = 1$ и максимальным временем ожидания в очереди $w = 180$ с. Исходные данные эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные для эксперимента

Номер ЦОВ	1	2	3
Число операторов, N	18	24	32
Загрузка, ρ	0,723 ... 0,812	0,803 ... 0,954	0,904 ... 0,987

Исследовалось пять вариантов информированности:

1. Отсутствие каких-либо данных об остальных ЦОВ, $I = 0$.
2. Неполная информированность:

а) $I(1)$ – известны текущее состояние загрузки каждого ЦОВ $W_i^t(x_i^t)$, q – средние длины очереди во всех ЦОВ, l – количество нетерпеливых клиентов в предыдущий период времени, время ожидания в очереди которых превысило 180 с;

б) $I(2)$ – известны параметры, аналогично варианту (а), а также известно состояние ЦОВ в предыдущий период времени I_i^{t-1} ;

в) $I(3)$ – известны параметры, аналогично варианту (б), а также известно состояние ЦОВ в следующий период времени I_i^{t+1} .

3. Полная информированность – каждому ЦОВ известны все параметры других ЦОВ в предыдущий I_i^{t-1} и последующий I_i^{t+1} периоды времени, включая выбранные действия каждого центра о перенаправлении вызовов, и имеющего представления о представлениях других ЦОВ $\theta_{ij} \in \Omega, j \in N$ о загрузке ρ .

При изменении загрузки, которая в данном случае численно равна интенсивности обслуживания λ , сравнивалось среднее время ожидания вызовов в очереди при различных вариантах информированности ЦОВ.

Результаты эксперимента показаны на рис. 4. Видно, что время ожидания вызовов в очереди при нагрузках ρ до 0,65 не превышает минуты, а значит, влияние информированности ЦОВ друг о друге практически незначительно. Наиболее заметно влияние информированности ЦОВ на интервале больших нагрузок. При отсутствии какой-либо информации ЦОВ друг о друге время ожидания в очереди может составить более 180 с, что превышает максимальное время ожидания, и, соответственно, вызов становится потерянным. Очевидно, что чем больше информированность ЦОВ друг о друге, тем наиболее верным становится выбор оптимального действия $x_i(r_{ijn})$ по перенаправлению вызовов и тем меньше время ожидания в очереди. Поэтому даже при больших нагрузках ρ в случае полной информированности среднее время ожидания вызовов в очереди составит не более 10 с.

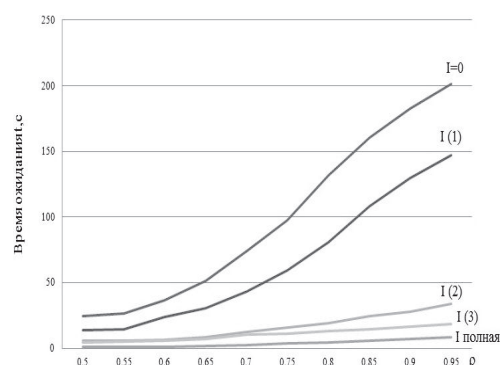


Рис. 4. Зависимость среднего времени ожидания вызовов в очереди от коэффициента загрузки при различных вариантах информированности

Видно, что чем больше нагрузка ρ , тем больше эффект от применения алгоритма интеллектуальной перемаршрутизации. Так, даже при больших нагрузках при полной информированности о состоянии других ЦОВ, длина очереди составит не более двух вызовов. В то же время при отсутствии информированности о параметрах других ЦОВ длина очереди при большой нагрузке составляет более 12 вызовов.

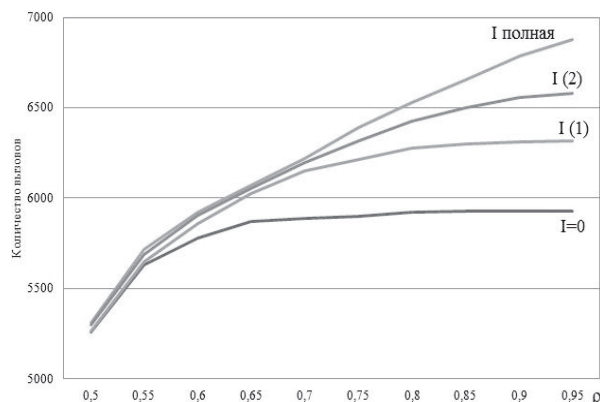


Рис. 5. Зависимость числа обслуженных вызовов при различной нагрузке и различных вариантах информированности

На рис. 5 представлены зависимости количества обслуженных вызовов от нагрузки при различных вариантах информированности. Из графиков видно, что при небольшой нагрузке $\rho \leq 0,5$ отличия между количеством обслуженных вызовов при различных вариантах информированности практически нет. Однако при большой нагрузке операторов в ЦОВ при полной информированности будет обслужено более 6800 вызовов, тогда как при отсутствии какой-либо информации о состоянии других ЦОВ количество обслуженных вызовов не превысит 5800.

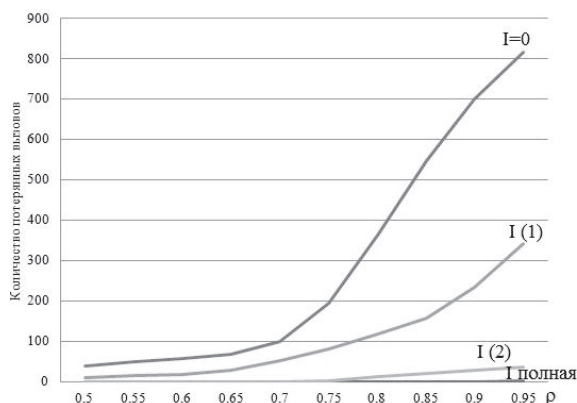


Рис. 6. Зависимость числа потерянных вызовов от загрузки центров при различных вариантах информированности

На рис. 6 показана зависимость числа потерянных вызовов от загрузки центров при различных вариантах информированности. Здесь при отсутствии данных о других ЦОВ при большой нагрузке будет большое количество потерянных вызовов, время ожидания которых в очереди превысит граничное значение 180 с. Однако при увеличении информированности о состоянии других ЦОВ их количество сокращается практически до нуля.

Заключение

Исследование модели РЦОВ на основе имитационного моделирования показало, что применение алгоритма интеллектуального управления нагрузкой ЦОВ позволяет повысить качество обслуживания вызовов, уменьшить количество потерянных вызовов, снизить нагрузку каждого центра, причем этот эффект повышается с увеличением информированности центров о состоянии друг друга.

Литература

1. Росляков А.В., Глушак Е.В. Анализ гомогенной модели распределенного центра обслуживания вызовов как единой команды // Т-Com. Телекоммуникации и транспорт. №7, 2013. – С. 102-105.
2. Глушак Е.В. Анализ моделей и методов управления командами с учетом особенностей распределенных центров обслуживания вызовов // Материалы XIII МНТК «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций». Уфа, 2012. – С. 110-111.
3. Глушак Е.В. Исследование рефлексивной модели функционирования распределенных центров обслуживания вызовов // Международная молодежная НПК СКФ МТУ-СИ «ИНФОКОМ-2013», Ростов-на-Дону, 2013. – С. 381-384.
4. Росляков А.В., Глушак Е.В. Рефлексивные игры применительно к функционированию распределенных центров обслуживания // XX РНК ПГУТИ. Самара, 2013. – С. 62-63.

EVALUATION OF EFFICIENCY OF APPLICATION OF THE ALGORITHM INTELLIGENT CALL MANAGEMENT AT DIFFERENT VARIANTS OF AWARENESS ABOUT THE STATE OF THE CALL CENTERS

Глушак Е.В.

The article is devoted to an experimental research of models of distributed call centre on the basis of simulation modeling. Simulation results are presented that show the quality of service calls in distributed call centers in different variants of awareness about the state of individual call centers, members of the distributed call centers.

Keywords: *distribution of call centers, information centers, waiting time, time for maintenance, game models, the load factor.*

Глушак Елена Владимировна, аспирант Кафедры автоматической электросвязи Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. (8-846) 339-11-39; 309-13-03; 8-917-118-65-66. E-mail: ck-63@elena.by

УДК 621.315.235

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРОКЛАДКИ

Андреев В.А., Бурдин В.А., Гаврюшин С.А., Попов Б.В.

Приводится анализ надежности подземных оптических кабелей при прокладке их непосредственно в грунт и в защитном полимерном трубопроводе. На основе расчета срока службы оптического кабеля можно ожидать, что срок службы введенных в эксплуатацию бронированных оптических кабелей, проложенных непосредственно в грунт, будет меньше по сравнению с кабелем, проложенным в защитном полимерном трубопроводе.

Ключевые слова: надежность подземных оптических кабелей, срок службы кабеля, оптическое волокно, разрушение.

Общие положения

На современном этапе развития транспортных сетей на основе волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП) основным показателем является их пропускная способность. Сегодня системы передачи со скоростью 100 Гбит/с – это уже рыночный продукт. При этом на транспортных сетях России успешно работают системы спектрального уплотнения DWDM, позволяющие значительно повысить пропускную способность. При столь большом объеме передаваемой информации требования к надежности работы ВОЛП значительно возрастают. В этой связи представляет интерес анализ надежности работы оптических кабелей (ОК), прокладываемых в грунт по двум наиболее часто применяемых в России технологиям: прокладка бронированного кабеля непосредственно в грунт и пневмопрокладка ка-

беля облегченной конструкции в предварительно проложенную защитную полиэтиленовую трубу (ЗПТ).

В работе [1] рассматриваются два подхода к определению надежности ОК. Один подход, заложенный в комплексе стандартов «Климат-7» и основанный на учете изменения характеристик изделия в заданных пределах, базируется на статистических оценках повреждаемости кабельных линий, вероятностей отказов элементов конструкции ОК и на положении о том, что существует определенная вероятность отказов кабельных изделий (гамма-процентный ресурс). Другой подход, регламентированный отраслевым стандартом ОСТ 16 0.800.305–84 «Кабели, провода и шнуры. Общие требования по надежности. Методы оценки соответствия требованиям по надежности» [2], опирается на критерии потери работоспособности изделия и однозначно устанавливает требования по минимальной наработке и минимальному сроку работоспособности в пределах установленного минимального срока службы.

Известны работы, посвященные прогнозу надежности волоконно-оптических кабельных линий связи как на основе первого или второго подходов, так и на основе их совместного применения [3–8]. В работе [8] дано сравнение этих двух подходов к прогнозу надежности ОК.

В настоящей статье проводится сравнение прогнозируемых значений срока службы ОК в процессе эксплуатации волоконно-оптических