



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА 2017

2-7 октября 2017 г.
г. Алушта
(Республика Крым)

Международный Форум «Микроэлектроника - 2017»

Приглашает Вас и Ваших сотрудников принять участие в Международной научной конференции:
«Микроэлектроника - ЭКБ и электронные модули»

Задачи Форума: комплексно рассмотреть актуальные вопросы разработки, производства и применения отечественной электронной компонентной базы и высокоинтегрированных модулей.

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



Оператор Форума: Компания «ПрофКонференции» • Тел.: +7 (495) 641-57-17 • Факс: +7 (495) 641-57-17 • E-mail: info@microelectronica.pro

ОРГАНИЗАТОРЫ:



Подробная информация и регистрация участников на официальном сайте Форума: microelectronica.pro

Журнал включен в перечень периодических научных изданий, рекомендуемый ВАК Минобрнауки России для публикации научных работ, отражающих основное научное содержание кандидатских и докторских диссертаций.

Учредитель

ООО "Издательский дом Медиа Паблишер"

Главный редактор

Тихвинский Валерий Олегович

Издатель

Дымкова Светлана Сергеевна
ds@media-publisher.ru

Редакционная коллегия

Аджемов Артём Сергеевич
(д.т.н., профессор МТУСИ), Россия

Бугаев Александр Степанович
(академик РАН), Россия

Буслаев Александр Павлович
(д.ф.-м.н., профессор МТУСИ), Россия

Вааль Альберт
(д.т.н., старший научный сотрудник Ганноверского университета им. Лейбница на кафедре коммуникационной техники), Германия

Головачев Юлиус
(управляющий консультант Detecon International GmbH), Германия

Дулкейтс Эрик
(д.т.н., старший исполнительный директор корпорации Detecon), Силиконовая долина, США

Елизаров Андрей Альбертович
(д.т.н., профессор МИЭМ, НИУ ВШЭ), Россия

Зубарев Юрий Борисович
(д.т.н., член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ), Россия

Кирхгесснер Юрий
(д.т.н., Директор IncotelogyLtd.), Великобритания

Корбетт Ровэлл
(д.т.н., директор по исследованиям в научно-исследовательском центре China Mobile Research Institute, профессор университета Назарбаева), Гон-Конг (Китай), США

Кузовкова Татьяна Алексеевна
(д.э.н., декан экономического факультета МТУСИ), Россия

Кюркчан Александр Гаврилович
(д.ф.-м.н., профессор МТУСИ), Россия

Сеилов Шахмаран Журсинбекович
(д.э.н., Президент Казахской академии инфокоммуникаций), Казахстан

Сысоев Николай Николаевич
(д.ф.-м.н., декан физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова), Россия

Шарп Майкл
(д.э.н., вице-президент европейского института стандартизации – ETSI), Великобритания

Яшина Марина Викторовна
(д.т.н., профессор, МТУСИ), Россия

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОНИКА. РАДИОТЕХНИКА

Богачков И.В.

Обнаружение участков оптических волокон с изменёнными характеристиками с помощью бриллюэновского рефлектометра

4

Хлопов Б.В., Чучева Г.В., Нарышкина В.Г., Кухарская Н.Ф., Митягина А.Б.

Мультиферроидные материалы электролизного и химического осаждения

9

СВЯЗЬ

Даренский В.Д., Мишин М.Ю., Капусткин А.Ю.

Большие системы дискретных частотных сигналов: правила построения и основные характеристики

13

МАТЕМАТИКА

Крысанов Д.В., Кюркчан А.Г.

Моделирование усреднённых по углам ориентации характеристик рассеяния волн частицам и сложной геометрии и фракталоподобным и частицами

17

Таташев А.Г., Ахильгова М., Щербуняев С.А.

Дискретная многоканальная система массового обслуживания с отказами и групповым поступлением заявок

23

ИНФОРМАТИКА

Малышев А.С., Буслаев А.П.

Исследование методов тестирования системы банковского клиринга с помощью средств ИКТ

27

Меккель А.М.

Диагностическая модель возможных состояний объекта

31

Дымкова С.С.

Разработка информационной системы для продвижения результатов научных исследований

38

ПУБЛИКАЦИЯ В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ

Овчинников Л.М.

Об особенностях нового варианта реализации подхода Эйнштейна к решению проблемы инерциальных систем

42

ПУБЛИКАЦИИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

СВЯЗЬ

Деарт Ю.В., Деарт И.Д., Цым А.Ю.

Интерполяция и экстраполяция частотных характеристик параметров передачи кабельных цепей при помощи теоретических функций

48

Сергеева Т., Смольская А.

Перевод транзитного трафика сервисной сети в транспортную сеть

53

УПРАВЛЕНИЕ

Кузовкова Т.А., Баврин В.Н.

Формирование показателей и оценка эффективности применения инфокоммуникационных технологий в системе государственного управления

56

Углов И.В.

Пути реализации "закона Яровой" в телекоммуникационной отрасли

62

CONTENT

ELECTRONICS. RADIO ENGINEERING

Bogachkov I.V.
Detecting of optical fibers sections with changed characteristics using brillouin reflectometer 4

Hlopov B.V., Chucheva G.V., Naryshkina V.G., Kukharskaya N.F., Mityagina A.B.
Multiferroic materials electrolytic and chemical deposition 9

COMMUNICATIONS

Darensky V.D., Mishin M.Yu.
Big systems of discrete frequency signals: generation rules and basic characteristics 13

MATHEMATICS

Krysanov D.V., Kyurkchan A.G.
Modeling averaged over the angles of orientation characteristics of the scattering by particles of complex geometry and fractal particles 17

Tatashev A.G., Akhilogova M., Shchebunyaev S.A.
Discrete multi-channel loss system with batch arrival 23

COMPUTER SCIENCE

Malyshev A.S., Buslaev A.P.
Study of the methods of testing the banking clearing system by means of information and communication technologies 27

Mekkel A.M.
Diagnostic model of possible states of an object 31

Dymkova S.S.
Development of information system for promotion of scientific research results 38

PUBLICATION FOR DISCUSSION

Ovchinnikov L.M.
About features of a new variant of realization of the approach of Einstein to the decision of a problem of inertial systems 42

PUBLICATIONS IN ENGLISH

COMMUNICATIONS

Deart Ju.V., Deart I.D., Tsym A.J.
Interpolation and extrapolation of frequency characteristics of transmission parameters of cable circuits by means of theoretical functions 48

Sergeeva T., Smolskaia A.
Service network transit traffic transfer to a transport network 53

MANAGEMENT

Kuzovkova T.A., Bavrin V.N.
Formation of indicators and assessment of the effectiveness of infocommunication technologies in the public administration system 56

Uglov I.V.
Ways of realization of the "Yarovaya law" requirements in telecommunications 62

T•C o m m

Telecommunications and transport

Volum 11. №7-2017

The journal is included in the list of scientific publications, recommended Higher Attestation Commission Russian Ministry of Education for the publication of scientific works, which reflect the basic scientific content of candidate and doctoral theses.

Founder
"Media Publisher", Ltd.

Publisher
Dymkova Svetlana Sergeevna
ds@media-publisher.ru

Editor in Chief
Dr. Valery Tikhvinskiy

Editorial board

Adzhemov Artem S.
Doctor of sciences., Professor MTUCI, Russia

Bugaev Alexander S.
Academician of the RAS, Russia

Buslaev Alexander P.
Doctor of sciences., Professor MTUCI, Russia

Corbett Rowell
Full Professor: Electronic & Electrical Engineering Nazarbayev University, Hong Kong (China), USA

Golovachyov Julius
Managing Consultant Detecon International GmbH, Germany

Dulkeys Eric
Ph.D., chief executive officer of the corporation Detecon, USA

Kirhgessner Yuri
Ph.D., Director IncotologyLtd., United Kingdom

Kuzovkova Tatyana A.
PhD, Dean of the Faculty of Economics MTUCI, Russia

Kyurkchan Alexander G.
Doctor of sciences, Professor MTUCI, Russia

Seilov Shakhmaran Zh.
PhD, President of the Kazakh Academy of Infocomm, Kazakhstan

Sharpe Michael
PhD, vice-president of the European Standards Institute – ETSI, United Kingdom

Sysoev Nikolai N.
Doctor of sciences., Dean of the Faculty of Physics of Moscow State University. Lomonosov, Russia

Waal Albert
Ph.D., Senior Research Fellow University of Hanover. Leibniz at the Department of Communications Technology, Germany

Yashina Marina V.
Doctor of sciences, Professor MTUCI, Russia

Yelizarov Andrey A.
Doctor of sciences., Professor MIEM, HSE, Russia

Zubarev Yuri B.
Ph.D., corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of Russia, Russia

All articles and illustrations are copyright. All rights reserved. No reproduction is permitted in whole or part without the express consent of Media Publisher Joint-Stock Company

© "Media Publisher", 2017

www.media-publisher.ru

ОБНАРУЖЕНИЕ УЧАСТКОВ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН С ИЗМЕНЁННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ С ПОМОЩЬЮ БРИЛЛЮЭНОВСКОГО РЕФЛЕКТОМЕТРА

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности (проект № 8.9334.2017/БЧ)

Богачков Игорь Викторович,
Омский государственный технический университет,
Омск, Россия, bogachkov@mail.ru

Ключевые слова: *оптоволокно, ранняя диагностика, бриллюэновская рефлектометрия, изгиб, микроизгиб, натяжение, несанкционированный доступ.*

Своевременное обнаружение и устранение "проблемных" участков в оптических волокнах (ОВ) является важной задачей мониторинга и ранней диагностики волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Под "проблемными" участками в данной статье понимаются участки ОВ с изменённой температурой, изменённым натяжением, изгибы и микроизгибы ОВ, участки с несанкционированным доступом (НСД) к ОВ. По сравнению с другими линиями связи ВОЛС имеют высокую степень защищённости информации от НСД, но несмотря на большие затраты и сложность, НСД к ОВ возможен, хотя для формирования канала утечки информации требуется непосредственный физический контакт с ОВ. Для обеспечения долговечной надёжной работы ВОЛС необходимо не только осуществлять своевременный контроль за целостностью ОВ ВОЛС, но и обнаруживать "проблемные" участки, имеющие повышенные механические натяжения или температурные отличия. Даже небольшие деформации грунта могут привести к возникновению механических напряжений в ОВ, находящихся внутри проложенных под землей ОК связи. Температурные изменения в ОВ также могут сигнализировать о появлении "проблемного" участка ВОЛС. Своевременное обнаружение подобных участков позволяет принять необходимые меры по устранению проблемы до разрушения ОВ ВОЛС. Системы мониторинга ОВ, построенные с использованием обычных рефлектометров (OTDR), не способны решить эту задачу. Существуют способы съёма информации из ОВ, основанные на охлаждении, растяжении участка ОВ, создании изгиба и т. п. В этом случае желательным является применение бриллюэновских рефлектометров (BOTDR) в системе мониторинга, хотя пока широкое распространение BOTDR ограничено их высокой стоимостью. Приведены рефлектограммы BOTDR ОВ с участками с изменённой температурой, изгибами и микроизгибами, при периодическом механическом воздействии на ОВ. Применение BOTDR в системе мониторинга ОВ ВОЛС позволяет повысить эффективность обнаружения "проблемных" участков (участков с изменённым натяжением, температурой и т. п.), в том числе с НСД. Метод бриллюэновской рефлектометрии позволяет осуществлять раннюю диагностику ОВ, обнаруживать НСД и устранять проблемы в ОВ на ранней стадии.

Информация об авторе:

Богачков Игорь Викторович, к. т. н., доцент; доцент кафедры "Средства связи и информационная безопасность" Омского государственного технического университета, член IEEE, Омск, Россия

Для цитирования:

Богачков И.В. Обнаружение участков оптических волокон с изменёнными характеристиками с помощью бриллюэновского рефлектометра // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 4-8.

For citation:

Bogachkov I.V. (2017). Detecting of optical fibers sections with changed characteristics using brillouin reflectometer. T-Comm, vol. 11, no.7, pp. 4-8. (in Russian)

Своевременное обнаружение и устранение «проблемных» участков в оптических волокнах (ОВ), находящихся в проложенных оптических кабелях (ОК), является важной задачей мониторинга и ранней диагностики волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). «Проблемными» в этой статье считаются участки ОВ с изменённой температурой, с изменённым натяжением, при наличии изгибов и микроизгибов ОВ, участки с несанкционированным доступом (НСД) к ОВ и т. п. [1-4].

Как известно, по сравнению с другими линиями связи ВОЛС имеют высокую степень защищенности информации от НСД. При нормальных условиях работы ВОЛС оптическое излучение выходит за пределы сердечника ОВ на расстоянии не более длины волны, и вне ОВ электромагнитное поле не обнаруживается [3-6].

Защитные оболочки и элементы конструкции ОК существенно ослабляют боковое излучение, поэтому для НСД необходимо нарушить целостность внешней защитной оболочки ОК для непосредственного доступа к ОВ.

Несмотря на большие затраты и сложность, НСД к ОВ возможен, хотя для формирования канала утечки информации требуется непосредственный физический контакт с ОВ.

В местах стыковки ОВ (соединения и разветвления ВОЛС) защиту от НСД можно обеспечить за счёт организационно-технических мероприятий, что не относится к теме работы.

Способы съема сигнала из ВОЛС по виду подсоединения можно разделить на безразрывные и разрывные, а также на локальные и протяженные [3-6].

В безразрывном локальном способе несанкционированного доступа выполняется линзовая фокусировка вытекающих мод на изгибе волокна, аналогично применению в аппаратах для сварки ОВ и юстировки.

Устройства разрывного НСД требуют временного прерывания пути распространения светового сигнала в ВОЛС, что может сигнализировать о наличии самого доступа и обнаруживается системой мониторинга на основе оптических рефлектометров (OTDR – optical time domain reflectometer) [3, 7].

По способам регистрации излучения при НСД разделяют на пассивные, активные и компенсационные [3 – 6].

В пассивных способах НСД для регистрация излучения используются участки с повышенным уровнем бокового излучения. Такие способы обладают более высокой скрытностью, но имеют низкую чувствительность.

При помощи активных способов (вдавливание зондов в оболочку, механическое и термическое деформирование ОВ, шлифование и растворение оболочки ОВ и т. п.) с помощью специальных средств можно вывести излучение через боковую поверхность ОВ. При этом происходит изменение характеристик сигнала в ОВ, что можно обнаружить [3-6].

Компенсационные способы основаны на введении в ОВ дополнительного излучения, компенсирующего потери мощности в ОВ, которое происходит из-за НСД. Несмотря на определённые преимущества, эти способы технически труднореализуемы.

Появление побочных излучений с боковой поверхности ОВ происходит, в основном, из-за преобразования направляемых мод в вытекающие за счет локальных изменений оп-

тических характеристик на нерегулярностях ОВ (микроизгибах и макроизгибах) при распределенных и локальных воздействиях [4, 5].

Протяженный безразрывный съём информации возможно также осуществить на пологом изгибе ОВ под воздействием низких температур, поскольку при этом происходит изменение показателя преломления ОВ, в результате чего повышается уровень рассеяния.

Изменения показателя преломления ОВ также можно достичь при растягивающем воздействии [4, 6].

При механическом или акустическом воздействии можно достичь изгиба ОВ, при котором угол падения волны на границе раздела сред сердцевина-оболочка превысит критический угол, что приведёт к выходу части излучения из ОВ. Появление такого изгиба ОВ приводит к изменению коэффициента затухания, что может быть обнаружено OTDR [4, 5].

При оптическом туннелировании излучение проникает через оболочку ОВ при углах падения больших критического, что позволяет перехватывать часть излучения дополнительным световодом, не внося в ОВ существенных потерь и обратного рассеяния [4, 5].

Таким образом, для предотвращения съема передаваемой информации необходимо обеспечить обнаружение попыток НСД к ВОЛС и фиксацию места НСД.

Рассмотренные методы вносят потери и обладают обратным рассеянием света в местах сформированного канала утечки, что позволяет обнаруживать НСД с помощью метода оптической рефлектометрии [5-7].

Для обнаружения и устранения рассмотренных выше способов НСД в ВОЛС, как и обнаружения неисправностей ОВ, могут использоваться системы удаленного контроля ОВ (RFTS – remote fiber test systems), использующие для работы OTDR. RFTS позволяют обеспечить автоматическое обнаружение, точную локализацию и индикацию возникшей неисправности в ВОЛС на географической карте местности, что позволяет минимизировать потери данных и время устранения нарушений ОК [1, 2].

Кроме того, изменение рефлектограмм относительно эталонных (появление новых «событий», изменение уровня отраженного сигнала и т. п.), позволяет сделать предположение о возможном НСД к ВОЛС.

Для обеспечения долговременной надёжной работы ВОЛС необходимо не только осуществлять своевременный контроль за целостностью ОВ ВОЛС, но и обнаруживать «проблемные» участки ВОЛС, имеющие повышенные механические натяжения или температурные отличия [1, 8, 10].

Наличие продольных механических натяжений ОВ ВОЛС порядка 0,2 % и более может привести к существенному сокращению срока службы ОК [1, 10]. Для ОК связи, проложенных под землей, даже небольшие деформации грунта (из-за просадки канализационных коммуникаций, инженерных сооружений и т. п.), могут привести к возникновению механических напряжений в ОВ, находящихся внутри проложенных ОК [1, 10-14].

Температурные изменения в ОВ также могут сигнализировать о появлении «проблемного» участка ВОЛС. Например, повышение температуры какого-либо участка ВОЛС может наблюдаться при прорыве теплотрассы в месте про-

кладки ОК, а в зимнее время, наоборот, может наблюдаться понижение температуры участка ВОЛС из-за появления трещин в почве или иных разрушений на трассе прокладки ОК [15-17].

Своевременное обнаружение подобных участков позволяет принять необходимые меры по устранению проблемы до разрушения ВОЛС.

Для решения задач обнаружения механических натяжений в ОВ и участков ОВ с измененной температурой в настоящее время можно использовать бреллюэновские рефлектометры (BOTDR – Brillouin optical time-domain reflectometers), принцип работы которых основан на анализе спектра рассеяния Манделъштама – Бриллюэна (РМБ), которое наблюдается при введении в ОВ сигнала повышенной мощности [1].

Системы мониторинга ОВ, построенные с использованием обычных OTDR, не способны решить эту задачу [1, 8-10].

Кроме того, как было отмечено выше, существуют способы съёма информации из ОВ, основанные на охлаждении, растяжении участка ОВ, создании изгиба, акустических воздействиях на ОВ [3-6]. В этом случае желательна применение BOTDR в системе мониторинга, хотя пока широкое распространение BOTDR ограничено в связи с их высокой стоимостью.

Как будет показано ниже, рефлектограммы BOTDR имеют хорошую чувствительность к изгибам и микроизгибам.

РМБ приводит к образованию обратной волны в ОВ, поэтому, зондируя ОВ короткими импульсами и сканируя несущую частоту этих импульсов, можно найти распределение спектра рассеяния Манделъштама – Бриллюэна (СРМБ) вдоль ОВ и частоту максимального сигнала в этом спектре, которая называется бреллюэновским сдвигом частоты (f_B). Анализируя СРМБ в ОВ и определив поведение f_B , можно понять картину распределения натяжений в нем [1, 10].

С целью изучения особенностей поведения СРМБ в ОВ от различных факторов при содействии ЗАО «Москабель-Фуджикура» были проведены экспериментальные исследования с BOTDR «Ando AQ 8603» и с обычным OTDR «EXFO FTB-400» оптических волокон, участки которых подвергались различным воздействиям (нагреву, охлаждению, продольному растяжению и т.д.).

Экспериментальные исследования, результаты которых представлены ниже, проводились с обычным одномодовым ОВ (G.652).

Экспериментальные исследования влияния поперечных смещающих и раздавливающих воздействий были описаны ранее в работах [10, 11], исследования влияния продольных растягивающих сил – в публикациях [12-14].

Обнаружение участков ОВ различных видов с измененной температурой, температурные зависимости СРМБ и натяжения рассмотрены в работах [15-17].

Результаты аналогичных исследований ОВ с различными законами поведения дисперсии приведены в работе [18].

В первом эксперименте были исследованы рефлектограммы OTDR и BOTDR участка ОВ, который подвергался нагреву, охлаждению или продольному растяжению.

Анализ показал, что кроме «всплеска», характерного для конца (обрыва) ОВ, каких-либо «событий» в ОВ на рефлектограммах OTDR мы не наблюдаем [8, 9].

Для сравнения на рис. 1 и 2 показаны 3D-BOTDR-рефлектограммы (картины распределения СРМБ вдоль ОВ) при незначительных нагреве и охлаждении участков.

На рисунке 1 показана BOTDR-рефлектограмма при нагреве участка до +40°C.

Нагретый участок уверенно обнаруживается (в области 1,2 км) уже при нагреве до +35°C, и для более высоких температур отличается только масштабом смещения максимума СРМБ (f_B) в область более высоких частот [8].



Рис. 1. BOTDR-рефлектограмма для участка ОВ, нагретого до +40°C

Для сравнения на рис. 2 приведена BOTDR-рефлектограмма для того же участка ОВ, охлажденной до –10°C [9].

Охлажденный участок уверенно обнаруживается уже при температуре +15°C, и для более низких температур отличается только масштабом смещения максимума СРМБ (f_B) в область более низких частот.

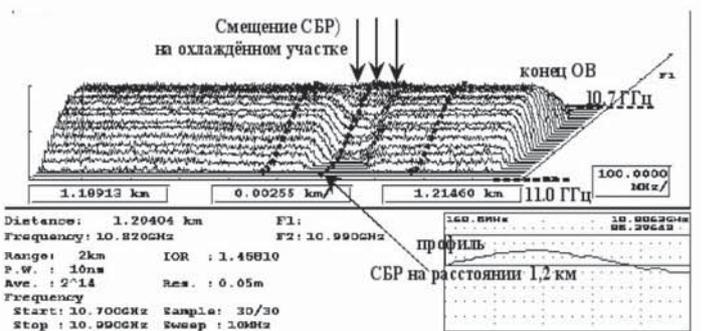


Рис. 2. BOTDR-рефлектограмма для участка ОВ, охлажденной до –10°C

Во втором эксперименте было исследовано влияние изгибов ОВ на СРМБ и характеристики натяжения ОВ при периодическом воздействии (при намотке ОВ на катушку).

На рисунке 3 представлена картина СРМБ ОВ при периодическом механическом воздействии (ОВ находится в процессе намотки на катушку) [10].

Место точечного механического поперечного воздействия на катушку с ОВ хорошо заметно на рис. 3 по периодическим выбросам на графике СРМБ.

Таким образом, в рассмотренных случаях BOTDR смог обнаружить «проблемный» участок (зафиксировать место воздействия).

В третьем эксперименте изучалось влияние диаметра изгиба ОВ на СРМБ.

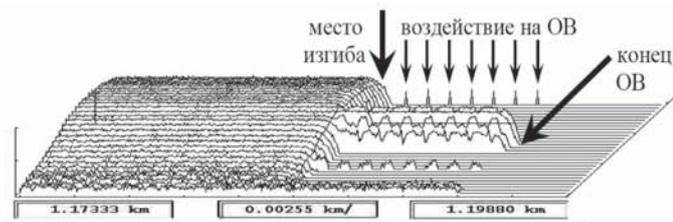


Рис. 3. BOTDR-рефлектограмма при периодическом воздействии на ОВ

На рисунке 4 представлены изменения на BOTDR рефлектограмме в зависимости от диаметра изгиба ОВ. Место изгиба представляло собой полукруг определенного диаметра в 2 м от конца ОВ. Исследования показали, что уменьшение диаметра изгиба менее 25 мм становится заметным на рефлектограмме за счет уменьшения амплитуды и изменения крутизны наклона характеристики в зависимости от диаметра изгиба.

На рисунке 5, кроме изменений BOTDR-рефлектограммы от диаметра изгиба, показаны изменения в случае микроизгиба ОВ. Место микроизгиба (3 м от конца ОВ) представляло собой полукруг диаметром изгиба 1 мм, сформированный на стержне соответствующего диаметра. Микроизгиб также хорошо заметен на рефлектограмме.

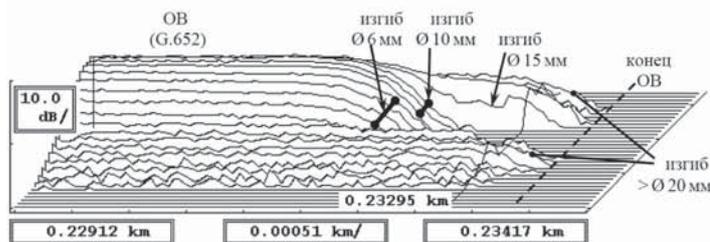


Рис. 4. BOTDR-рефлектограмма в месте изгибов ОВ

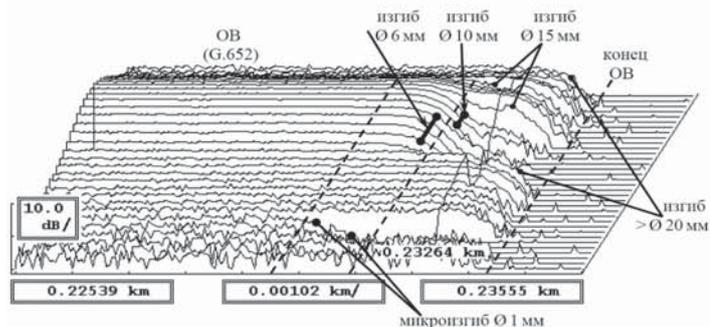


Рис. 5. BOTDR-рефлектограмма при изгибах и микроизгибе ОВ

Как видно из рис. 4 и 5, изгибы и микроизгибы ОВ хорошо заметны на BOTDR-рефлектограммах.

Метод бриллюэновской рефлектометрии позволяет осуществлять раннюю диагностику ОВ ВОЛС, обнаруживать НСД и устранять проблемы в ОВ на ранней стадии.

BOTDR способен обнаружить «проблемный» участок (как с измененной температурой, так и с некритически измененным натяжением) и оценить степень натяжения ОВ, в то время как OTDR таких участков не обнаруживает.

Изгибы и микроизгибы также обнаруживаются BOTDR, но для получения итоговых зависимостей необходимы до-

полнительные исследования. В этом случае особый интерес для дальнейших исследований представляет изучение ОВ с меньшей чувствительностью к изгибам (G.657).

Применение BOTDR в системе мониторинга ОВ ВОЛС позволяет повысить эффективность обнаружения «проблемных» участков (участков с измененным натяжением, температурой и т. п.), в том числе с НСД.

Литература

1. Богачков И.В., Горлов Н.И. Методы и средства мониторинга и ранней диагностики волоконно-оптических линий передачи. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. 192 с.
2. Богачков И.В., Трухина А.И. Проблемы мониторинга современных волоконно-оптических линий связи // Сборник трудов VI Междунар. конф. по фотонике и информационной оптике. М.: НИЯУ МИФИ, 2017. С. 136-137.
3. Богачков И.В., Трухина А.И. Обзор способов формирования каналов утечки информации в оптических волокнах // Современные проблемы телекоммуникаций: Мат. Рос. науч.-техн. конф. Новосибирск: Изд-во СибГУТИ, 2016. С. 291-295.
4. Богачков И.В., Трухина А.И. Повышение эффективности обнаружения каналов утечки в оптических волокнах // Сборник трудов VI Междунар. конф. по фотонике и информационной оптике. М.: НИЯУ МИФИ, 2017. С. 362-363.
5. Богачков И.В., Горлов Н.И., Трухина А.И. Исследование влияния изгибов оптических волокон на спектр бриллюэновского рассеяния // Сб. докладов I-й Всерос. науч.-практ. конф. «Оптическая рефлектометрия – 2016». Пермь: Печатный салон «Гармония», 2016. С. 17-19.
6. Манько А., Каток В., Задорожный М. Защита информации на волоконно-оптических линиях связи от несанкционированного доступа // Правовое, нормативное и метрологическое обеспечение систем защиты информации. Киев, 2001. №2. С. 249-255.
7. Salleh M.F. M., Zakaria Z. Optical fiber bending detection on long distance OPGW using OTDR // TELKOMNIKA, 2015. V. 13, № 3. pp. 889-893.
8. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. Joint testing of optical pulse reflectometers of various types for early diagnostics and detection of "problem" sections in optical fibers // IEEE 2016 13th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings. V. 1, p. 1. pp. 152-156.
9. Богачков И.В., Горлов Н.И. Совместные испытания оптических импульсных рефлектометров различных видов для ранней диагностики и обнаружения «проблемных» участков в оптических волокнах // Вестник СибГУТИ. Новосибирск: Изд-во СибГУТИ, 2017. Вып. 1 (37). С. 75-82.
10. Богачков И.В., Майстренко В.А. Обнаружение «проблемных» участков в волоконно-оптических линиях связи на основе анализа спектра бриллюэновского рассеяния // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2015. Том 9. №11. С. 19-24.
11. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. Experimental Researches of the Transverse Pressures Influences on Optical Fibers, Brillouin Backscattering Spectrum and Strain Characteristics // IEEE 2014 12th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings. V. 1, pp. 228-233.
12. Bogachkov I.V. A Detection of strained sections in optical fibers on basis of the Brillouin relectometry method // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2016. Том 10. № 12. С. 85-91.
13. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. Experimental Examination of the Strain Characteristics of Optical Fibers // IEEE 2014 12th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings. V. 1, pp. 223-227.
14. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. Investigation of effects of longitudinal stretching of optical fibers on Brillouin backscattering spectrum // IEEE 2016 13th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings. V. 1, p. 1. pp. 162-168.
15. Bogachkov I.V. Experimental Researches of Temperature Dependences of Brillouin Backscatter Spectrum in Optical Fibers of Various Types // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines, Dynamics 2016 – Proceedings. pp. 1-7.
16. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. Researches of the influence of temperature changes in optical fibers on the Brillouin backscattering spectrum // IEEE 2016 13th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings. V. 1, p. 1. pp. 157-161.
17. Богачков И.В., Горлов Н.И. Обнаружение участков с измененной температурой волоконно-оптических линий связи методом бриллюэновской рефлектометрии // Вестник СибГУТИ. Новосибирск: Изд-во СибГУТИ, 2015. Вып. 4 (32). С. 74-81.
18. Богачков И.В. Исследования характеристик рассеяния Манделъштама – Бриллюэна в оптических волокнах с различными законами дисперсии // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2016. Том 10. № 11. С. 40-45.

DETECTING OF OPTICAL FIBERS SECTIONS WITH CHANGED CHARACTERISTICS USING BRILLOUIN REFLECTOMETER

Igor V. Bogachkov, Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk, Russia, bogachkov@mail.ru

Abstract

A timely detection and elimination of "problem" sections of optical fibers (OF) is the important problem of monitoring and early diagnostics of fiber optical communication lines (FOCL). Optical fibers sections with changed temperature, changed strain, OF bends and microbends, OF sections with unauthorized access (UA) are understood as "problem" sections in this work. FOCL have a high degree of information protection from UA by comparison with other telecommunication lines. In spite of the high costs and complexity, UA to OF is possible, although interception of information requires direct physical contact with the OF.

It is important to provide long and reliable FOCL service should not only make timely control of the OF integrity but also detect the "problem" OF sections having increased mechanical strain or temperature differences. Even insignificant ground deformation caused by different reasons can lead to mechanical strain in OF located inside the cable.

Temperature changes in OF can signal the occurrence of the "problem" FOCL section. Timely detection of similar sections allows to take the necessary measures to eliminate the accident until the OF destruction. Monitoring systems of OF constructed using a traditional optical time domain reflectometer (OTDR) are not able to solve this problem. There are ways of information interception from OF based on the cooling, the OF stretching, the bending effects in the OF. In this case, the BOTDR application is desirable in the monitoring system, although BOTDR widespread is limited due to their high cost. BOTDR reflectograms of fibers sections with the changed temperature, at periodic mechanical impact on OF, bends and microbends are provided in this work.

Using BOTDR in the fibers monitoring system allows to increase efficiency of the "problem" OF sections detection (sections with the changed tension, temperature, etc.), including sections with UA. Brillouin reflectometry method allows to carry out early FOCL diagnostics, to detect UA and to eliminate problems in the OF at an early stage.

Keywords: optical fiber, early diagnostics, Brillouin reflectometry, bend, microbend, strain, unauthorized access.

The work was performed with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the scope of the base part of a State Assignment within the sphere of scientific activity (Project No. 8.9334.2017).

References

1. Bogachkov I. V., Gorlov N.I. (2013). *Components of fiber optic communication systems and methods of their parameters control*. Omsk: Publishing house OmSTU, 192 p. (In Russian)
2. Bogachkov I.V., Trukhina A.I. (2017). Problems of monitoring of modern fiber-optic communication lines. *VI International Conference on Photonics and Information Optics Proceedings*, pp. 136-137. (In Russian)
3. Bogachkov I.V., Trukhina A.I. (2016). The review of methods of the outflow information channels formation in optical fibers. *Russian Conference on Modern Problems of Telecommunications Proceedings*, pp. 291-295. (In Russian)
4. Bogachkov I.V., Trukhina A.I. (2017). Increase of the detection efficiency of leak channels in optical fibers. *VI International Conference on Photonics and Information Optics Proceedings*, pp. 362-363. (In Russian)
5. Bogachkov I.V., Gorlov N.I., Trukhina A.I. (2016). Researches of the optical fibers bends influence on Brillouin backscatter spectrum. *Russian Conference on Optical Reflectometry Proceedings*, pp. 17-19. (In Russian)
6. Manko A., Katok V., Zadorozhnyy M. (2001). The information security in fiber-optic communication lines. *Journal of Legal, regulatory metrological support of information security system in Ukraine*. Kiev, vol. 2, pp. 249-255. (In Russian)
7. Salleh M. F. M., Zakaria Z. (2015). Optical fiber bending detection on long distance OPGW using OTDR. *TELKOMNIKA*, vol. 13, no 3, pp. 889-893.
8. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. (2016). Joint testing of optical pulse reflectometers of various types for early diagnostics and detection of "problem" sections in optical fibers. *IEEE 2016 13th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings*, vol. 1, p. 1, pp. 152-156.
9. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. (2017). Joint examinations of optical pulse reflectometers of various kinds for early diagnostics and detection of "problem" sections in optical fibers. *Journal of SibSUTI*. Novosibirsk, vol. 1 (37), pp. 75-82. (In Russian)
10. Bogachkov I.V., Maistrenko V.A. (2015). Detection of "problem" sections in fiber optic communication lines on basis of Brillouin backscatter spectrum analysis. *T-Comm*, vol. 9, no. 11, pp. 19-24. (In Russian)
11. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. (2014). Experimental Researches of the Transverse Pressures Influences on Optical Fibers, Brillouin Backscattering Spectrum and Strain Characteristics. *IEEE 2014 12th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings*, vol. 1, pp. 228-233.
12. Bogachkov I.V. (2016). A Detection of strained sections in optical fibers on basis of the Brillouin reflectometry method. *T-Comm*, vol. 10, No 12, pp. 85-91.
13. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. (2014). Experimental Examination of the Strain Characteristics of Optical Fibers. *IEEE 2014 12th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings*, vol. 1, pp. 223-227.
14. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. (2016). Investigation of effects of longitudinal stretching of optical fibers on Brillouin backscattering spectrum. *IEEE 2016 13th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings*, vol. 1, p. 1, pp. 162-168.
15. Bogachkov I.V. (2016). Experimental Researches of Temperature Dependences of Brillouin Backscatter Spectrum in Optical Fibers of Various Types. *Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines*, Dynamics 2016. Proceedings, pp. 1-7.
16. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. (2016). Researches of the influence of temperature changes in optical fibers on the Brillouin backscattering spectrum. *IEEE 2016 13th International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering Proceedings*, vol. 1, p. 1, pp. 157-161.
17. Bogachkov I.V., Gorlov N.I. (2015). Detection of sections of fiber-optical communication lines with changed temperature on the basis of Brillouin reflectometry method. *Journal of SibSUTI*. Novosibirsk, vol. 4 (32), pp. 74-81. (In Russian)
18. Bogachkov I.V. (2016). Researches of Mandelstam – Brillouin backscatter characteristics in optical fibers with different dispersion laws. *T-Comm*, vol. 10, no 11, pp. 40-45. (In Russian)

Information about author:

Igor V. Bogachkov, Docent of "Communication means and information security" department of Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk, Russia

МУЛЬТИФЕРРОИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ

Хлопов Борис Васильевич,
АО "ЦНИРТИ им. академика А.И.Берга", Москва, Россия,
hlopov@yandex.ru

Чучева Галина Викторовна,
Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
им. академика В.А. Котельникова РАН, Фрязино,
Московская обл., Россия, gvc@ms.ire.rssi.ru

Нарышкина Валентина Григорьевна,
Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
им. академика В.А. Котельникова РАН, Фрязино,
Московская обл., Россия, 3d12898@rambler.ru

Кухарская Надежда Флавиановна,
Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
им. академика В.А. Котельникова РАН, Фрязино,
Московская обл., Россия, nad74390@yandex.ru

Митягина Алла Борисовна,
Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
им. академика В.А. Котельникова РАН, Фрязино,
Московская обл., Россия, alla-mityagina@yandex.ru

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-07-00642).

Ключевые слова: мультиферроидные материалы, фазовый переход, коэрцитивная сила, тонкопленочный образец, анизотропия, электролизное химическое осаждение.

Проведены исследования свойств мультиферроидных материалов с целью возможного их использования в устройствах экстренного уничтожения информации. Характеристики материалов позволили уточнить их фазовые изменения от внешних воздействий и исследовать магнитные свойства. При рассмотрении магнитных свойств тонких пленок исследовались такие характеристики материалов как коэрцитивная сила и намагниченность насыщения, а также их зависимость от технологических условий электролизного и химического осаждения, толщины пленки, процентного состава составляющих ее элементов и микроструктуры пленки.

Информация об авторах:

Хлопов Борис Васильевич, д.т.н., начальник отдела, АО "ЦНИРТИ им. академика А.И.Берга", Москва, Россия

Чучева Галина Викторовна, д.ф.-м.н., зам. директора, Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. академика В.А. Котельникова РАН, Фрязино, Московская обл., Россия

Нарышкина Валентина Григорьевна, старший научный сотрудник, Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. академика В.А. Котельникова РАН, Фрязино, Московская обл., Россия

Кухарская Надежда Флавиановна, научный сотрудник, Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. академика В.А. Котельникова РАН, Фрязино, Московская обл., Россия

Митягина Алла Борисовна, ведущий инженер, Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. академика В.А. Котельникова РАН, Фрязино, Московская обл., Россия

Для цитирования:

Хлопов Б.В., Чучева Г.В., Нарышкина В.Г., Кухарская Н.Ф., Митягина А.Б. Мультиферроидные материалы электролизного и химического осаждения // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 9-12.

For citation:

Hlopov B.V., Chucheva G.V., Naryshkina V.G., Kukharskaya N.F., Mityagina A.B. (2017). Multiferroic materials electrolytic and chemical deposition. T-Comm, vol. 11, no.7, pp. 9-12. (in Russian)

Введение

Исследование свойств мультиферроидных материалов проведено с целью уточнения электротехнических характеристик и новых физических свойств для дальнейшего их использования при разработках устройств для экстренного стирания информации [1]. Анализ мультиферроидных материалов на основе электролизного и химического осаждения никельсодержащих, кобальтсодержащих и железосодержащих сплавов позволит уточнить магнитную восприимчивость материалов и разработать технологическое оборудование [2] для исследования магнитных свойств образцов под воздействием внешних электромагнитных полей.

Магнитные и анизотропные свойства материалов полученных электролизным

Как нетрудно было убедиться, многие тонкопленочные материалы с перпендикулярной магнитной анизотропией получают преимущественно разными способами напыления. Тем не менее, экспериментальные работы показывают, что при невакуумном формировании тонких пленок, в основном при электролизном осаждении, могут быть достигнуты сравнительно неплохие магнитные и анизотропные свойства рабочего слоя носителя, вполне подходящего для реализации перпендикулярной записи [3, 4]. Например, на магнитном диске с CoNiMnReP – рабочим слоем, полученным электролизным осаждением CoNiMnReP пленок сильно зависят от концентрации NiSO_4 .

Пределы изменения коэрцитивной силы H_c^\perp и намагниченности насыщения в зависимости от концентрации NiSO_4 соответственно равны 35.2-102 и 104-252 кА/м. Максимальное значение энергии анизотропии K_i , сравнимое с K_i для напыленных кобальт-хромовых пленок, равно $1.6 \cdot 10^2$ Дж/см³. Минимальная дисперсия осей анизотропии составляет около 12°. Для сравнения следует отметить, что напыленные пленки с перпендикулярной магнитной анизотропией из разных материалов, в том числе и кобальт-хромовые, имеют гораздо лучшую ориентацию осей анизотропии, которая важна при достижении достаточно высокой плотности записи [5]. Неплохими магнитными свойствами обладает рабочий слой, сформированный электроосаждением никеля, кобальта и железа на MgAl -основу с 4% содержанием Mg . MgAl -основа подвергалась химической обработке, в результате которой в ее поверхностном слое образовывалась пористая структура.

На такую основу и осуществлялось электроосаждение рабочего слоя. На одной из заключительных стадий рабочий слой подвергался полировке. При электроосаждении поры заполнялись магнитным материалом, при этом формировались гексагональные ячейки с центральными магнитными и периферийными немагнитными зонами. С уменьшением диаметра пор коэрцитивная сила монотонно растет. Диаметр пор около 20 нм, что соответствует коэрцитивной силе 160 кА/м при их заполнении железом. Результаты наблюдения микроструктуры CoNiP -пленок с перпендикулярной анизотропией, осажденных электролизным способом, показывают, что размеры и форма кристаллов влияют на коэрцитивную силу в перпендикулярном направлении [5, 6].

Пленки с более высокой коэрцитивной силой содержат кристаллические зерна больших размеров с упорядоченной кристаллографической структурой в виде перпендикулярно

ориентированных столбиков. Однако такая упорядоченная столбчатая структура не наблюдалась для пленок CoNiP с относительно низкой коэрцитивной силой. Анизотропия формы, а также кристаллографическая анизотропия, существенно влияют на магнитные свойства данных пленок. На начальной стадии осаждения образуются обогащенные никелем беспорядочно ориентированные кристаллиты с гранецентрированной кубической структурой. При дальнейшем осаждении формируются столбчатые кристаллиты с гексагональной плотноупакованной структурой, характерной для высококоэрцитивной среды. В то же время в пленках с низкой коэрцитивной силой наблюдаются кристаллиты с гранецентрированной кубической и гексагональной плотноупакованной структурами.

Железо-кобальтовые на алюминиевой основе пленки, полученные в результате электроосаждения, содержат железо-кобальтовые частицы, находящиеся в однофазном состоянии. В данных пленках наблюдаются поры сравнительно небольшого диаметра – около 15 нм. Пленки с 34% содержанием кобальта обладают сравнительно неплохими магнитными параметрами: коэрцитивная сила равна 216 кА/м, коэффициент прямоугловности петли гистерезиса $M_r/M_s = 0.90$. Данные пленки характеризуются сравнительно большой энергией анизотропии. По своим магнитным и анизотропным свойствам они могут служить материалом рабочего слоя носителей с перпендикулярным намагничиванием [7].

Осажденным электролизом CoNiReP -пленкам также присуща перпендикулярная магнитная анизотропия. В таких пленках наблюдаются зоны с разной степенью кристаллизации. Для них характерна серегация микроструктуры: ферромагнитная обогащенная кобальтом фаза находится в центральной части кристаллических столбиков, окруженных немагнитной NiP -фазой. Для улучшения характеристики записи-воспроизведения в процессе электролизного осаждения на гибкой основе вначале формировался эпитаксиальный NiMoP -слой, а затем основной CoNiReP -слой. Поле анизотропии и коэрцитивная сила H_c^\perp эпитаксиального слоя зависят от концентрации NiSO_4 .

Для концентраций 0.10 и 0.06 моль/дм³ H_c^\perp соответственно равна 4 и 6.8 кА/м. Кристаллографическая структура эпитаксиального слоя является гранецентрированной кубической, а основной слой состоит из гексагональной формы с плотной упаковкой, C -оси которой ориентированы в перпендикулярном направлении к плоскости подложки. При исследовании процесса перемагничивания выявлено, что для основного слоя преобладает механизм вращения вектора намагниченности, а для эпитаксиального – механизм движения доменных границ. Меньшая коэрцитивная сила NiMoP -слоя соответствует более высокому уровню сигнала воспроизведения как для низкой, так и для высокой плотности записи вплоть до 8000 Пер/мм.

Магнитные и анизотропные свойства материалов полученных химическим осаждением

В результате выбора оптимальных условий химического осаждения кобальт-никель-фосфорных пленок с перпендикулярной анизотропией достигнута коэрцитивная сила около 120 кА/м без существенного изменения намагниченности насыщения и коэффициента прямоугловности петли гистерезиса [8]. Как показал анализ методов электронной ди-

фракции, данные пленки состоят из областей с перпендикулярно ориентированными кристаллитами и областей с существенно менее выраженной ориентацией кристаллитов. С повышением коэрцитивной силы размер кристаллитов растет. В работе [3, 9] исследовались характеристики записи-воспроизведения на носителе перпендикулярной записи с двухслойным тонкопленочным покрытием. Двухслойное (CoNiReP/NiFeP) покрытие наносилось методом электролиза на поверхность гибкого диска.

Коэрцитивная сила в перпендикулярном направлении основного слоя составляла около 96 кА/м. Изготавливались магнитные диски с разной толщиной покрытия и коэрцитивной силой магнитно-мягкого слоя NiFeP. Для записи-воспроизведения использовались массивная ферритовая головка и магнитная головка с металлическим заполнением рабочего зазора. На двухслойном носителе с большей коэрцитивной силой магнитно-мягкого слоя NiFeP с помощью ферритовой головки получен более высокий уровень сигнала воспроизведения.

Однако на этом же носителе при записи-воспроизведении магнитной головкой с металлическим заполнением рабочего зазора достигнут самый высокий уровень сигнала воспроизведения, что объясняется довольно эффективным взаимодействием магнитного поля рассеяния головки с высокопропускаемым слоем носителя.

Заключение

Исследования и анализ характеристик мультиферроидных материалов позволили раскрыть свойства материалов полученных электролизным химическим осаждением, а также процессы фазовых переходов магнитных материалов, уточнить коэрцитивную силу магнитных материалов, значение намагниченности тонких пленок магнитного материала.

Анализ результатов позволяет сделать вывод о возможности создания оборудования с магнитной системой, обеспечивающей создание магнитных полей, напряженность которых превосходит значения коэрцитивной силы мультиферридных материалов, применяемых в существующих носителях информации.

Уверены, что предложенные исследования найдут широкое применение в случаях разработки технологического оборудования в промышленных целях [10] с магнитными

системами, обеспечивающими создание магнитных полей, напряженность которых превосходит значения коэрцитивной силы материала.

Литература

1. Хлопов Б.В., Митягин А.Ю., Фесенко М.В., Кузьминых А.С. Малогабаритное устройство хранения магнитных носителей информации // Перспективные материалы: сборник трудов 19-й междунар. конф. «Материалы с особыми физическими свойствами и магнитные системы» (Суздаль, Россия, 1-5 октября 2007 г.). М: ООО ЦП «Возрождение», 2007. С. 305-310.
2. Хлопов Б.В., Чучева Г.В., Митягина А.Б. Фазовые изменения мультиферроидных магнитных материалов, применяемых в системах внешней памяти // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. Т.17. №1. С. 33-43.
3. Homma T., Inoue K., Asai H., Ohruki K., Osaka T., Yarnazaki Y., Namikawa T. Magnetic Properties and Microstructure of Electroless-Plated CoNiP Perpendicular Magnetic Recording Media // Journal of the Magnetics Society of Japan. 1991. Vol. 15. No. 2. P. 113-116.
4. Ohnuma S., Kunimoto A., Masumoto T. The influence of deposition conditions on the magnetic properties in PtMnSb films // IEEE Transactions on Magnetics. 1988. Vol. 24. Issue 6. P. 2551-2553.
5. Niimura Y., Naoe M. The dependence of magnetostriction of sputtered Co-Cr thin films on crystal structure // IEEE Transactions on Magnetics 1985. Vol. 21. Issue 5. p. 1447-1449.
6. Maeda J., Takahashi M. Segregated microstructure growth in sputtered Co-Cr films // IEEE Transactions on Magnetics. 1988. Vol. 24. Issue 6. P. 3012-3014.
7. Haines W. VSM profiling of CoCr films: A new analytical technique. IEEE Transactions on Magnetics. 1984. Vol. 20. Issue 5. Pp. 812-814.
8. Хлопов Б.В., Фесенко М.В., Кузьминых А.С. // Труды VII Международной конф. молодых специалистов «Новые материалы и технологии в авиационной и ракетно-космической технике». Федеральное агентство по промышленности, Федеральное космическое агентство «КОММЕТПРОМ», ИПК «Машприбор». Королев. 2008. Ч. 2. С. 61.
9. Rirakosyan A.S., Pokrovsky V.L. "arXiv:cond-mat/0305487v1.2003.
10. Гуляев Ю.В., Лобанов Б.С., Митягин А.Ю., Соколовский А.А., Тимирязева М.П., Фесенко М. В., Хлопов Б.В. Влияние внешних магнитных полей на информационную магнитную структуру современных жестких дисков // Нано- и микросистемная техника. 2010. № 11. С. 10-14.

MULTIFERROIC MATERIALS ELECTROLYTIC AND CHEMICAL DEPOSITION

Boris V. Hlopov, Central Heating Radio Engineering Research Institute, Academician A.I. Berg, Moscow, Russia, hlopovu@yandex.ru

Galina V. Chucheva, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia, 3d12898@rambler.ru

Valentina G. Naryshkina, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia, alla-mityagina@yandex.ru

Nadezhda F. Kukharskaya, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia, nad74390@yandex.ru

Alla B. Mityagina, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia, alla-mityagina@yandex.ru

Abstract

Investigations of the properties of multi-ferroid materials for the purpose of their possible use in devices for emergency information destruction have been carried out. The characteristics of the materials made it possible to refine their phase changes from external influences and to study the magnetic properties. When considering the magnetic properties of thin films, such material characteristics as coercive force and saturation magnetization, as well as their dependence on the technological conditions of electrolytic and chemical deposition, the thickness of the film, the percentage composition of its constituent elements, and the microstructure of the film were studied.

Keywords: multiferroic materials, phase transition, coercive force, thin-film sample, anisotropy, electrolytic chemical deposition.

References

- Hlopov B.V., Mityagin A.Yu., Fesenko M.V., Kuz'minyh A.S. (2007). Compact storage of magnetic media. *International conference "Materials with special physical properties and magnetic systems": proceeding*. Moscow, pp. 305-310. (in Russian)
- Hlopov B.V., Chucheva G.V., Mityagina A.B. (2017). Phase Changes of Multiferroic Magnetic Materials, Used in External Memory Systems. *Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Physics*, vol. 17. Issue. 1. pp. 33-43. (in Russian)
- Homma T., Inoue K., Asai H., Ohruji K., Osaka T., Yarnazaki Y., Namikawa T. (1991). Magnetic Properties and Microstructure of Electroless-Plated CoNiP Perpendicular Magnetic Recording Media. *Journal of the Magnetics Society of Japan*, vol. 15, no, 2, pp. 113-116.
- Ohnuma S., Kunimoto A., Masumoto T. (1988). The influence of deposition conditions on the magnetic properties in PtMnSb films. *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 24. Issue 6, pp. 2551-2553.
- Niimura Y., Naoe M. (1985). The dependence of magnetostriction of sputtered Co-Cr thin films on crystal structure. *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 21. Issue 5, pp. 1447-1449.
- Maeda J., Takahashi M. (1988). Segregated microstructure growth in sputtered Co-Cr films. *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 24. Issue 6, pp. 3012-3014.
- Haines W. VSM profiling of CoCr films: A new analytical technique. (1984). *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 20. Issue 5, pp. 812-814.
- Hlopov B.V., Fesenko M.V., Kuz'minyh A.S. (2008). Proceedings VII International Conf. "New materials and technologies in aviation and rocket and space technology". Federal Agency for Industry, Federal Space Agency "KOMMETPROM", IPC "Mashpribor". Korolev. Part 2. P. 61. (in Russian)
- Rirakosyan A.S., Pokrovsky V.L. "arXiv:cond-mat/0305487v1.2003.
- Guljaev Yu.V., Hlopov B.V., Lobanov B.S., Mityagin A.Yu., Sokolovskij A.A., Timiryazeva M.P., Fesenko M.V. (2010). The Influence of External Magnetic Fields on the Information Structure of Modern Hard Disks. *Nano-mikrosistemnaja tehnika [Nano-microsystem techn]*, no. 11, pp. 10-14. (in Russian).

Information about authors:

Boris V. Hlopov, Doctor of Techn. Sciences, Head of Department, Central Heating Radio Engineering Research Institute, Academician A.I. Berg, Moscow, Russia

Galina V. Chucheva, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Deputy Director, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia

Valentina G. Naryshkina, Senior Researcher, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia

Nadezhda F. Kukharskaya, Researcher, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia

Alla B. Mityagina, Lead Engineer, Fryazino branch of the Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics of Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia

БОЛЬШИЕ СИСТЕМЫ ДИСКРЕТНЫХ ЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ: ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Даренский Владимир Дмитриевич,
ФГУП "18 ЦНИИ", Московская область, Россия

Мишин Михаил Юрьевич,
ФГУП "18 ЦНИИ", Московская область, Россия

Капусткин Андрей Юрьевич,
ФГУП "18 ЦНИИ", Московская область, Россия,
kapustkinau@gmail.com

Ключевые слова: большие системы дискретных частотных сигналов, КВ канал.

В настоящее время сложные сигналы (СС) применяются в информационных радиосистемах различного назначения [1-3] с целью улучшения таких характеристик радиолиний, как помехоустойчивость, скорость передачи, эффективность использования полосы, достоверность связи. Как правило, преимущества СС определяются величиной базы сигнала. В то же время в условиях ограниченной полосы частот увеличение базы сигнала ведет к снижению скорости передачи. Повысить скорость передачи в таких системах без расширения полосы частот позволяет использование систем сигналов значительного объема. Применение системы сигналов объемом V_C позволяет до $\log_2 V_C$ раз повысить информационную емкость символа сообщения и соответственно увеличить скорость передачи, при этом возникают энергетические потери, связанные с ухудшением взаимно и автокорреляционных характеристик сигналов в системе. В связи с этим, особый интерес представляют системы сложных сигналов значительного объема с малым уровнем пиков взаимно корреляционных функций (ВКФ). Среди различных классов СС наиболее мощные системы могут быть построены на базе дискретных частотных сигналов (ДЧС). В работах [1, 2] описаны правила построения нормальных систем ДЧС, объем которых сравним со значением базы V , а также предсказано существование больших систем (БС) сигналов и получены оценки их объемов. Однако правила построения систем сигналов объемом, многократно превышающим значение базы ДЧС, не найдены. На основе известного подхода, основанного на использовании полинома нечетных степеней, предложено регулярное правило построения БС ДЧС объемом $V^{3/2}$. Суть предложенного правила состоит во введении дополнительной связи между коэффициентами полинома, которое задается с помощью образующего вектора. Приведено выражение для расчета сигналов, входящих в БС, а также пример образующего вектора. Кроме того, представлены результаты основных характеристик БС ДЧС, включая информационную емкость и кодовую скорость ДЧС. Показано, что объем БС ДЧС соответствует теоретическим прогнозам Варакина Л.Е. Оценка корреляционных свойств полученных БС ДЧС дается в виде распределения вероятности по числу совпадений. Для сравнения с нормальными системами ДЧС использован показатель приведенного расстояния между сигналами системы. Установлено, что большие системы позволяют увеличить указанный показатель примерно в 1,5 раза.

Информация об авторах:

Даренский Владимир Дмитриевич, д.т.н., ведущий научный сотрудник, ФГУП "18 ЦНИИ" МО РФ, Россия

Мишин Михаил Юрьевич, к.т.н., старший научный сотрудник, ФГУП "18 ЦНИИ" МО РФ, Россия

Капусткин Андрей Юрьевич, старший научный сотрудник, ФГУП "18 ЦНИИ" МО РФ, Россия

Для цитирования:

Даренский В.Д., Мишин М.Ю., Капусткин А.Ю. Большие системы дискретных частотных сигналов: правила построения и основные характеристики // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 13-16.

For citation:

Darensky V.D., Mishin M.Yu. (2017). Big systems of discrete frequency signals: generation rules and basic characteristics. T-Comm, vol. 11, no.7, pp. 13-16. (in Russian)

Для передачи информации по каналам со сложной помеховой обстановкой находят применение сигнально-кодовые конструкции, основанные на использовании ДЧС [1-4]. Основными преимуществами этого класса сигналов являются выполнение высоких требований, предъявляемых к пик-фактору, большая размерность алфавита $2^7 - 2^8$ и более, а также привлекательные авто и взаимно корреляционные свойства. Однако для перспективных программно определяемых радиосистем требуются системы сигналов гораздо большего объема V_C . Например, в работе [5] показано, что объем V_C достигает 2^{24} .

Для достижения такой размерности алфавита требуются большие системы ДЧС (БС ДЧС), в то время как все известные относятся к малым и нормальным.

Принято сравнивать объем систем ДЧС V_C с их базой B . Различают малые системы с $V_C \ll B = N^2$, где N – общее число элементов в ДЧС, нормальные с $V_C \approx B$ и большие с $V_C \gg B$. К малым относят оптимальные системы ДЧС [2].

К нормальным относят известные композиционные системы (КС), объём которых равен $N(N-1)$ и достаточно близок к значению базы. Взаимно корреляционные свойства КС характеризуются тем, что при произвольном сдвиге максимальное число совпадений между двумя последовательностями $n_{совн} \leq 4$.

Известно, что КС с минимальной взаимной корреляцией $n_{совн} = 3$ можно построить при условии $\frac{(N-1)}{3} \notin N$, где N – простое число. В противном случае минимальное количество совпадений $n_{совн} = 4$. Действительно, если рассматривать КС с $N \leq 41$, то $n_{совн} = 3$ достигается при $N = 11, 17, 23, 29, 41$, а с $n_{совн} = 4$ при $N = 7, 13, 19, 31, 37$ [4].

В работе [2] теоретически показана возможность существования БС ДЧС и приведена оценка их среднего объема \bar{L}_0

$$\bar{L}_0 > \frac{0.25(n_{совн} + 1)!NN!}{NN!e^{-1} + (n_{совн} + 1)!e^N}. \quad (1)$$

Однако правила их построения не определены.

Для синтеза БС ДЧС применим полиномиальное правило, которое позволяет получить частотно-временные последовательности с неполным использованием частотных позиций $N_{Fucn} < N$ [2], и сформировать множество последовательностей объемом $N^{(r+1)/2+1} - 1$ с максимальной взаимной корреляцией r / N , где r – степень порождающего полинома.

Заметим, что рассматриваемый класс сигналов имеет квадратную частотно-временную матрицу (число частотных и временных позиций равно N). Поэтому в тех случаях, когда часть частотных позиций в последовательности не используется, другие частотные позиции используются многократно. При этом генерируемый сигнал относится к ДЧС 1-го порядка, так как на одной временной позиции всегда находится только один элементарный сигнал.

Правило формирования указанных последовательностей базируется на использовании полиномов нечетных степеней

$$\alpha_j(\gamma) = \sum_{S=1}^r C_{jS} \gamma^S + C_0 \pmod{N}, \quad (2)$$

где $r \geq 3$ – нечетное; N – простое число;

$$\begin{aligned} \gamma, C_0 &= \overline{0, N-1}; C_{jS} = \overline{1, N-1} \text{ при } S = r; \\ C_{jS} &= \begin{cases} 0, N-1, \text{ при нечетных } S \text{ и } S \neq r \\ 0, \text{ при четных } S. \end{cases} \end{aligned}$$

Детальное изучение свойств полученных по формуле (2) последовательностей показало, что множество сигналов, получаемых при $r = 5$ и различных N , включают в себя несколько подмножеств сигналов, различающихся количеством используемых частотных позиций N_{Fucn} . При этом в ряде случаев удается получить множество сигналов с равномерным спектром, для которых $N_{Fucn} = N$. Именно такие сигналы являются искомыми, поскольку представляют наибольший интерес для практических приложений. Несмотря на их относительно малое число в общем генерируемом множестве (порядка $1/N$ часть от всего объема), они позволяют получить системы гораздо большего объема, чем КС ДЧС.

Проведенные исследования позволили разработать новое регулярное правило построения систем ДЧС, суть которого состоит в следующем.

В образующий полином 5-й степени вводится дополнительная связь между коэффициентами и для построения конкретной последовательности используется формула

$$\alpha_j(\gamma) = (C_5 \gamma^5 + C_3 \gamma^3 + ((G_{обр}(C_5) C_3^2) \pmod{N}) \gamma + C_0) \pmod{N}, \quad (3)$$

где $G_{обр}(C_5)$ – образующий вектор, который заранее рассчитывается для конкретного значения $N, C_0, C_3 = \overline{0, N-1}, C_5 = \overline{1, N-1}$, j – номер сигнала, соответствующий комбинации коэффициентов C_0, C_3 и C_5 .

В таблице 1 в качестве примера приведены значения образующего вектора $G_{обр}(C_5)$ при изменении C_5 от 1 до 22-х для случая $N = 23$.

Таблица 1

C_5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$G_{обр}$	14	7	20	15	12	10	2	19	22	6	18	5	17	1	4	21	13	11	8	3	16	9

В таблице 2 представлены характеристики полученных систем ДЧС при $n_{совн} = 5$ для различных значений N .

Таблица 2

Параметр	Количество составляющих, N					
	13	17	23	37	43	47
База сигнала, B	169	289	529	1369	1849	2209
Объем системы, V_C	2028	4624	11638	49284	77658	101614
Инф. емкость, $E_{ДЧС}$ (бит)	10	12	13	15	16	16
Кодовая скорость, $E_{ДЧС} / N$	0,77	0,71	0,57	0,41	0,37	0,34

Из таблицы 2 видно, что объем полученных с использованием правила (3) систем ДЧС при $n_{совн} = 5$ для $N \geq 13$ более, чем на порядок превышает значение базы. С учетом того, что коэффициент C_5 изменяется в пределах от 1 до $(N-1)$, а C_0 и C_3 от 0 до $(N-1)$, объем системы ДЧС равен $N^2(N-1)$, что в N раз больше объема КС. Поэтому данные системы сигналов могут быть отнесены к классу БС ДЧС.

Необходимо отметить, что БС ДЧС с $n_{совн} = 5$ существуют для простых N , удовлетворяющих условию: $\frac{(N-1)}{5} \notin N$ и $\frac{(N+1)}{5} \notin N$. Этим объясняется невозможность генерации БС ДЧС, например, при $N = 29$ и 31 .

На рисунке 1 представлены зависимости объема V_C и базы сигнала БС от N , а также теоретическая оценка минимального объема БС ДЧС, рассчитанная по формуле (1).

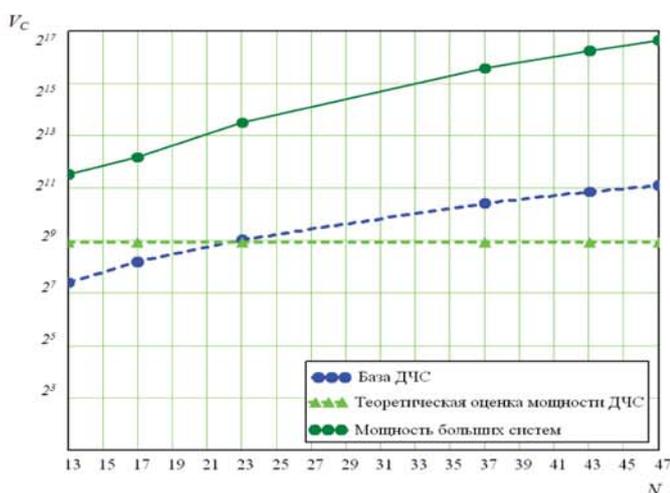


Рис. 1

Анализ зависимостей, представленных на рис. 1, показывает, что БС ДЧС по величине объема не только превосходят базу, но и соответствуют теоретическим оценкам средней мощности БС ДЧС, рассчитанным по формуле (1). Таким образом, задача синтеза регулярного правила построения БС ДЧС, стоящая перед разработчиками в течение длительного времени, успешно решена.

Результаты оценки корреляционных свойств полученных БС ДЧС в виде распределения вероятности совпадений при отсутствии временного сдвига между последовательностями для $N = 13, 17$ приведены в табл. 3.

Таблица 3

N	Распределение числа совпадений, $n_{совн}$							
	0	1	2	3	4	5	6	7
13	0,34	0,43	0,14	0,07	$5,9 \cdot 10^{-3}$	$7,6 \cdot 10^{-4}$	-	-
17	0,34	0,42	0,14	0,08	$6,1 \cdot 10^{-3}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$	-	-

Анализ таблицы 3 показывает, что число совпадений отдельно взятого сигнала с остальными сигналами различно и изменяется от 0 до $n_{совн}$. При этом всего лишь четверть сиг-

налов имеет количество совпадений больше 1, а вероятность 4-х и 5-ти совпадений меньше 1%. Поэтому неортогональность рассматриваемых сигналов не приводит к существенному ухудшению характеристик помехоустойчивости.

В целом, в соответствии с данными, приведенными в работе [2] распределение числа совпадений во взаимно корреляционных функциях БС ДЧС близко к аналогичному распределению полного кода.

Для предварительной оценки перспектив применения предлагаемых БС ДЧС проведем их сравнение с известными композиционными системами сигналов. В качестве показателя эффективности выберем произведение минимального кодового расстояния на кодовую скорость. Данный показатель, названный приведенным расстоянием d_{min}^* , использован в работе [6] для оценки выигрыша от кодирования и может быть рассчитан по следующей формуле

$$d_{min}^* = (N - n_{совн}) \cdot \frac{\lceil \log_2 V_C \rceil}{N}, \quad (4)$$

где $\lceil \cdot \rceil$ – взятие целой части.

Следует отметить, что величина d_{min}^* не учитывает потери в помехоустойчивости из-за возрастания числа конкурентов. В то же время эти потери не могут быть значительными вследствие того, что минимальному расстоянию соответствует лишь относительно небольшая (менее 1%) часть сигналов системы.

Результаты расчетов d_{min}^* БС ДЧС при различных N и $n_{совн} = 5$ приведены в табл. 4. В этой же таблице приведены значения d_{min}^* для случая КС ($n_{совн} = 3$ для $N = 17, 23, 47$ и $n_{совн} = 4$ для $N = 13, 37, 43$).

Таблица 4

Система ДЧС	Величина d_{min}^* при различном числе составляющих					
	13	17	23	37	43	47
БС	6,15	8,47	10,17	12,97	14,14	14,30
КС	4,85	6,59	6,96	8,92	9,07	10,30

Из таблицы 4 видно, что по величине d_{min}^* БС ДЧС заметно превосходят КС. Нетрудно показать, что при неограниченном увеличении N отношение $d_{min}^*_{БС} / d_{min}^*_{КС}$ стремится к 3/2.

Расчеты показывают, что размерность алфавита равная 2^{24} достигается при величине $N = 257$. При необходимости сокращения числа составляющих, например, в целях сужения используемой полосы частот, и отказе от требований высокой автокорреляции (синхронная работа) можно в N раз увеличить объем системы путем введения в полином (3) дополнительного члена 4-й степени. В этом случае указанная размерность алфавита 2^{24} будет достигнута при $N = 67$.

Развивая подход, предложенный в работе [3], БС ДЧС могут применяться вместо КС для построения более эффективных сигнально-кодовых конструкций на базе турбоподобных кодов. Кроме того, данные системы сигналов могут представлять интерес для систем радиосвязи с кодовым разделением абонентов.

Таким образом, проведенные исследования дают возможность синтезировать большие системы дискретных частотных сигналов с заданными корреляционными свойствами на основе регулярного правила. По объему и приведенному расстоянию полученные системы сигналов имеют существенные преимущества перед известными композиционными системами.

Литература

1. Варакин Л.Е., Шинаков Ю.С. CDMA: прошлое, настоящее, будущее. М.: Междунард. акад. связи, 2003. 601 с.

2. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь, 1985. 384 с.

3. Головкин И.В. Сигнально-кодовая конструкция с использованием дискретных частотных сигналов для сложной помеховой обстановки // Труды конференции Радиолокация и связь, 25-27 ноября 2013. С. 269-272.

4. Тузов Г.И., Урядников Ю.Ф., Прытков В.И. Адресные системы управления и связи. Вопросы оптимизации. М.: Радио и связь, 1993. 382 с.

5. Маковий В.А. Построение современных систем радиосвязи КВ диапазона // Теория и техника радиосвязи, №3, 2009. С. 76-86.

6. Кларк Дж. Мл., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. М.: Радио и связь, 1987. 388 с.

BIG SYSTEMS OF DISCRETE FREQUENCY SIGNALS: GENERATION RULES AND BASIC CHARACTERISTICS

Vladimir D. Darensky, Mikhail Yu. Mishin, Andey Yu. Kapustkin, 18th Central Research Institute, Moscow, Russia, kapustkinau@gmail.com

Abstract

presently, aggregate signals (AS) are used in miscellaneous radio data systems [1-3] for improving such characteristics of the radio lines as interference immunity, data rate, bandwidth efficiency, communication credibility. As a rule, the advantage of AS is determined by the process gain. At the same time increasing the process gain leads to the data rate decrease in limited bandwidth conditions. The use of large signals systems gives an opportunity to increase the data rate in such systems without expanding the bandwidth. The application of the signals system of V_C volume makes it possible to increase the message symbol informational capacity $\log_2 V_C$ fold and thus increase the data rate, but energy losses take place due to the deterioration of mutual and self-correlated performances of the signals in the system. In this regard, the systems of large aggregated signals with low levels of the cross-correlation functions' (CCF) peaks are of particular interest. Among the different classes of the AS, the most powerful systems can be generated on the basis of discrete frequency signals (DFS). In works [1, 2], the rules for generation DFS normal systems were described. Their volume might be compared with the B base value, and the existence of large systems (LS) of signals was also predicted and their volumes evaluations were received. However, the rules of generating the systems of signals with a volume greatly exceeding the DFS process gain have not been found yet. In this article, a regular rule for generating the DFS LS of $B^{3/2}$ volume is proposed, on the ground of the well-known approach based on the use of an unven degree pol-ynomial. The essence of the proposed rule is to introduce an additional coherence between the polynomial coefficients specified by a generating vector. The article contains an expression for calculating the signals within the BS, and an example of a generating vector. Furthermore, it includes the results of the main performances of DFS LS, covering the DFS informational capacity and code rate. The DFS LS volume is shown to correspond to L.E. Varakin's theoretical predictions. The evaluation of correlative properties of the received DFS LS is presented in the form of the probability distribution as to the number of coincidences. The index of the given distance between the system signals is used for the comparison with DFS normal systems. Large systems have been found out to provide for the approximately 1.5-fold increase of this performance.

Keywords: large systems of discrete frequency signals, shortwave channel.

References

1. L.Varakin, U.Shinakov. (2003). *CDMA: Past, Present and Future*. Moscow. 601p. (in Russian)
2. L.Varakin. (1985). *Communication Systems with Noise-Like Signals*. Moscow. 384 p. (in Russian)
3. I. Golovkin. (2013). Signal code structure using discrete frequency signals for Hard Noise Channel. *The conference: radiolocation and communication, 25-27 nov. 2013*, pp. 269-272. (in Russian)
4. G. Tuzov. (1993). *Address Control and Communication Systems. Optimization Issues*. Moscow. 382 p. (in Russian)
5. V. Makovi. (2009). Development of Modern Shortwave Communication Systems. *Radio Communication Theory and Equipment*, no. 3, pp. 78-86. (in Russian)
6. George C. Clark, Jr., J. Bibb Cane. (1987). *Error-Correction Coding for Digital Communications*. 388 p. (in Russian)

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСРЕДНЁННЫХ ПО УГЛАМ ОРИЕНТАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ ВОЛН ЧАСТИЦАМ И СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ФРАКТАЛОПОДОБНЫМ И ЧАСТИЦАМИ

Крысанов Дмитрий Владимирович,
Московский технический университет связи
и информатики, Москва, Россия, dimok1993@mail.ru

Кюркчан Александр Гаврилович,
Московский технический университет связи
и информатики, Москва, Россия;
ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Фрязино Московской обл., Россия;
ФГУП Центральный научно-исследовательский институт связи,
Москва, Россия, agkmtuci@yandex.ru

*Работа выполнена при поддержке РФФИ,
проект № 16-02-00247а.*

Ключевые слова: дифракция и рассеяние волн,
метод Т-матриц, метод продолженных граничных
условий, усредненная диаграмма рассеяния,
фракталоподобные частицы.

Во многих областях современной науки и техники, таких как акустика, оптика, радиофизика, астрофизика, радиоастрономия, поляриметрия, биофизика и других, имеется большая потребность в эффективных инструментах, позволяющих исследовать характеристики рассеяния волн частицами различной, в том числе сложной геометрии, и возникает потребность в их эффективном решении. Один из наиболее широко применяемых методов решения задач дифракции – метод Т-матриц. Его популярность объясняется простотой и удобством вычисления важных в приложениях характеристик рассеяния компактных объектов, таких, как, например, диаграмма рассеяния частицы, усредненная по углам ориентации последней. Однако традиционный метод Т-матриц применим при решении задач дифракции лишь на так называемых рэлеевских рассеивателях. Напомним, что к классу рэлеевских относятся тела, у которых множество особенностей аналитического продолжения дифракционного (рассеянного) поля лежит внутри сферы (в двумерном случае – окружности), целиком содержащейся внутри рассеивателя. К такого рода рассеивателям как правило, не относятся тела сложной геометрии, а тем более – фракталоподобные тела.

В данной работе развито предложенное в [1] обобщение метода Т-матриц на основе метода продолженных граничных условий. Разработанная методика, обладающая всеми преимуществами метода Т-матриц, применима к исследованию задач дифракции на телах, имеющих изломы границы. Рассмотрены примеры моделирования характеристик рассеяния волн призмами с поперечным сечением в виде правильных многоугольников и первых итераций фрактала "снежинка Коха". Рассчитывались такие характеристики, как диаграмма рассеяния и усредненная по углам ориентации диаграмма. Для рассеивателей указанной выше геометрии осуществлена проверка выполнения теоремы Уфимцева о соотношении интегральных поперечников рассеяния идеально отражающего и абсолютно поглощающего ("черного") тела, сформулированная им для тел больших волновых размеров с гладкой границей. Показано, что для призм с поперечным сечением в виде правильных выпуклых шести- и восьмиугольников, теорема Уфимцева выполняется с приемлемой точностью.

Информация об авторах:

Крысанов Дмитрий Владимирович, Московский технический университет связи и информатики, магистрант, Москва, Россия

Кюркчан Александр Гаврилович, Московский технический университет связи и информатики, зав. каф., д.ф.-м.н., Москва, Россия

ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, Фрязино Московской обл., Россия;

ФГУП Центральный научно-исследовательский институт связи, Москва, Россия

Для цитирования:

Крысанов Д.В., Кюркчан А.Г. Моделирование усреднённых по углам ориентации характеристик рассеяния волн частицам и сложной геометрии и фракталоподобным и частицами // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 17-22.

For citation:

Krysanov D.V., Kyurkchan A.G. (2017). Modeling averaged over the angles of orientation characteristics of the scattering by particles of complex geometry and fractal particles. *T-Comm*, vol. 11, no.7, pp. 17-22. (in Russian)

Введение

Метод Т-матриц (МТМ), предложенный Уотерменом более пятидесяти лет назад [2], в настоящее время широко используется при решении задач дифракции волн, возникающих в оптике, радиофизике, радиоастрономии и др. [3, 4]. Популярность этого метода объясняется, в частности, тем, что при решении задачи дифракции при помощи МТМ легко получить связь между коэффициентами разложения падающей и рассеянной волн по сферическому (или цилиндрическому) базису в виде простого соотношения [1, 5]:

$$\bar{c} = T\bar{a} \quad (1)$$

где \bar{a} и \bar{c} – векторы коэффициентов разложения по сферическому базису падающей и рассеянной волн соответственно, T – матрица перехода. Поскольку значения элементов матрицы T определяются лишь геометрией рассеивателя и видом краевых условий, то соотношение (1) позволяет легко выполнять, например, усреднение характеристик рассеяния частицы по углам ее ориентации [5]. Однако традиционный вариант метода Т-матриц применим к решению задач дифракции лишь на рэлеевских рассеивателях [5, 6].

В работе [1] было предложено обобщение метода Т-матриц на основе метода продолженных граничных условий (МПГУ). Идея МПГУ заключается в переносе граничного условия с поверхности рассеивателя на некоторую вспомогательную поверхность S_δ , которая располагается вне рассеивателя на некотором достаточно малом расстоянии δ от его границы S . При этом носитель вспомогательного тока, создающего рассеянное поле, остается на поверхности рассеивателя. В результате вместо точной постановки граничной задачи мы получаем приближенную, закладывая в решение погрешность порядка $k\delta$. В силу того, что любое численное решение краевой задачи (в том числе и базирующееся на строгом алгоритме), является приближенным, использование приближенных граничных условий вместо точных вполне допустимо.

К главным достоинствам МПГУ можно отнести его универсальность и простоту. Универсальность МПГУ проявляется в отсутствии ограничений на геометрию рассеивателя (в том числе он применим и для рассеивателей имеющих изломы границы, и для тонких экранов). Кроме того, МПГУ предлагает единый подход к решению краевых задач, не зависящий от их типа, размерности, геометрии поверхности рассеивателя и природы рассеиваемого поля.

Развитый в этой работе подход позволяет распространить технику Т-матриц на задачи рассеяния волн телами сколь угодно сложной геометрии. В качестве примеров рассмотрены двумерные скалярные задачи дифракции на призмах с поперечным сечением в виде первых двух итераций фрактала «снежинка Коха», правильных треугольника, шестиугольника и восьмиугольника, и краевым условием третьего рода.

Вывод основных соотношений

Рассмотрим решение внешней краевой задачи для уравнения Гельмгольца, т.е. задачу дифракции на компактном рассеивателе, занимающем область пространства \bar{D} . В математической постановке такая задача сводится к нахождению в области $D_e = \mathbb{R}^2 \setminus \bar{D}$ решения U^1 уравнения Гельмгольца

$$\Delta U^1 + k^2 U^1 = 0, \quad (2)$$

где $k = \omega\sqrt{\epsilon\mu}$ – волновое число, $k \in \mathbb{C}$, $k \neq 0$, удовлетворяющего на границе S области \bar{D} импедансному краевому условию

$$\left(U - \frac{W}{k} \frac{\partial U}{\partial n} \right) \Big|_S = 0, \quad (3)$$

где $U = U^0 + U^1$ – полное (падающее U^0 плюс рассеянное U^1) поле, $W = \frac{Z}{i\zeta}$, Z – поверхностный импеданс,

$\frac{\partial}{\partial n}$ – дифференцирование по направлению внешней к S нормали, а также условию на бесконечности.

Воспользуемся следующим представлением для решения уравнения Гельмгольца в области D_e [5]:

$$U^1(\vec{r}) = \int_S \left\{ U(\vec{r}') \cdot \frac{\partial G_0}{\partial n'} - \frac{\partial U(\vec{r}')}{\partial n'} \cdot G_0(\vec{r}, \vec{r}') \right\} ds', \quad (4)$$

в котором $G_0(\vec{r}, \vec{r}') = \frac{1}{4i} H_0^{(2)}(k \cdot |\vec{r} - \vec{r}'|)$ – фундаментальное решение уравнения Гельмгольца в \mathbb{R}^2 .

Для получения интегрального уравнения (ИУ) Фредгольма второго рода, у которого ядро будет иметь для краевого условия 3-го рода более простой вид, чем у ИУ 1 рода, подставим представление (4) в тождество $U = U^1 + U^0$, тогда после выполнения дифференцирования по внешней к S нормали получим:

$$\frac{W}{k} \frac{\partial U(\vec{r})}{\partial n} + \int_S \frac{\partial U(\vec{r}')}{\partial n'} \left(G_0(\vec{r}, \vec{r}') - \frac{W}{k} \frac{\partial G_0}{\partial n'} \right) ds' = U^0(\vec{r}). \quad (5)$$

Потребовав в соответствии с МПГУ выполнения условия (3) на кривой S_δ расположенной в $\mathbb{R}^2 \setminus \bar{D}$ получим следующее интегральное уравнение Фредгольма второго рода с гладким ядром:

$$\frac{W}{k} \frac{\partial U(\vec{r})}{\partial n} \Big|_{S_\delta} = U^0(\vec{r}) \Big|_{S_\delta} + \int_S \frac{\partial U(\vec{r}')}{\partial n'} \left(\frac{W}{k} \frac{\partial G_0}{\partial n'} - G_0(\vec{r}, \vec{r}') \right) ds' \Big|_{S_\delta}. \quad (6)$$

В качестве S_δ выбирается кривая, охватывающая S и отстоящая от нее на некоторое достаточно малое расстояние δ .

В полярных координатах с использованием соотношений

$$\frac{\partial}{\partial n} = \frac{1}{\sqrt{\rho^2(\varphi) + \rho'^2(\varphi)}} \left[\rho(\varphi) \frac{\partial}{\partial r} - \frac{\rho'(\varphi)}{\rho(\varphi)} \frac{\partial}{\partial \varphi} \right],$$

$$ds = \sqrt{\rho^2(\varphi) + \rho'^2(\varphi)} d\varphi,$$

$$\kappa(\varphi) = \sqrt{\rho^2(\varphi) + \rho'^2(\varphi)},$$

$$\left[\rho(\varphi') \frac{\partial U}{\partial r'} - \frac{\rho'(\varphi')}{\rho(\varphi')} \frac{\partial U}{\partial \varphi'} \right]_{r'} \equiv J(\varphi'),$$

$$\left[\frac{W}{k\kappa(\varphi')} \left[\rho(\varphi') \frac{\partial G_0}{\partial r'} - \frac{\rho'(\varphi')}{\rho(\varphi')} \frac{\partial G_0}{\partial \varphi'} \right] - G_0(\vec{r}, \vec{r}') \right] \Big|_{S_\delta} \equiv K(\vec{r}; \vec{r}')$$

($r = \rho(\varphi)$ – уравнение кривой S) уравнение (6) примет следующий вид:

$$\frac{W}{k\kappa_\delta(\varphi)} J(\varphi) = U^0(\vec{r}) \Big|_{S_\delta} + \int_0^{2\pi} K(\vec{r}; \vec{r}') J(\varphi') d\varphi' \Big|_{S_\delta}. \quad (7)$$

В соответствии с методом дискретных источников [5] заменим интеграл в правой части (7) суммой

$$\int_0^{2\pi} J(\varphi') \left\{ H_0^{(2)}(k|\vec{r} - \vec{r}'|) - \frac{W}{k\kappa(\varphi')} \times \left[\rho(\varphi') \frac{\partial H_0^{(2)}(k|\vec{r} - \vec{r}'|)}{\partial r'} - \frac{\rho'(\varphi')}{\rho(\varphi')} \frac{\partial H_0^{(2)}(k|\vec{r} - \vec{r}'|)}{\partial \varphi'} \right] \right\} d\varphi' \equiv \sum_{n=1}^N a_n K(\vec{r}; \vec{r}_n), \quad (8)$$

где $\vec{r}_n = \{r_s(\varphi_n), \varphi_n\} = \{\rho(\varphi_n), \varphi_n\}$, $\varphi_n = \frac{2\pi}{N}(n-1)$, $n = \overline{1, N}$ – дискретные источники, a_n – их амплитуды, N – количество источников.

Далее, приравняв левую и правую части (7) в точках локализации, выбранных на кривой S_δ и используя (8), получим следующую систему алгебраических уравнений относительно величин a_n :

$$\frac{W}{k\kappa_\delta(\varphi)} a_n = U^0(\vec{r}_n) + \sum_{m=1}^N a_m K(\vec{r}_n; \vec{r}_m), \quad n = \overline{1, N}, \quad (9)$$

$\vec{r}_m = \{r_s(\varphi_m), \varphi_m\} = \{\rho_\delta(\varphi_m), \varphi_m\}$, где $r = \rho_\delta(\varphi)$ – уравнение кривой S_δ .

Представление для рассеянного поля имеет вид:

$$U^1(\vec{r}) \equiv \sum_{n=1}^N a_n K(\vec{r}; \vec{r}_n). \quad (10)$$

Всюду вне окружности, описанной вокруг S , в соответствии с теоремой сложения имеем:

$$H_0^{(2)}(k|\vec{r} - \vec{r}'|) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} J_p(k\rho(\varphi')) H_p^{(2)}(kr) e^{ip(\varphi - \varphi')},$$

$$\rho(\varphi') \frac{\partial G_0}{\partial r'} - \frac{\rho'(\varphi')}{\rho(\varphi')} \frac{\partial G_0}{\partial \varphi'} = \sum_{p=-\infty}^{\infty} H_p^{(2)}(kr) e^{ip\varphi} \times$$

$$\times \left[k\rho(\varphi') J_p'(k\rho(\varphi')) + ip \frac{\rho'(\varphi')}{\rho(\varphi')} J_p(k\rho(\varphi')) \right] e^{-ip\varphi'}$$

откуда

$$K(\vec{r}; \vec{r}') = \sum_{p=-\infty}^{\infty} H_p^{(2)}(kr) e^{ip(\varphi - \varphi')} \times$$

$$\times \left(\frac{W}{k\kappa(\varphi')} \left[k\rho(\varphi') J_p'(k\rho(\varphi')) + ip \frac{\rho'(\varphi')}{\rho(\varphi')} J_p(k\rho(\varphi')) \right] - J_p(k\rho(\varphi')) \right).$$

Теперь объединяя (11) и (10) получим

$$U^1(\vec{r}) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} H_p^{(2)}(kr) e^{ip\varphi} \times$$

$$\times \sum_{n=1}^N a_n \left(\frac{W}{k\kappa(\varphi_n)} \left[k\rho(\varphi_n) J_p'(k\rho(\varphi_n)) + ip \frac{\rho'(\varphi_n)}{\rho(\varphi_n)} J_p(k\rho(\varphi_n)) \right] - J_p(k\rho(\varphi_n)) \right) e^{-ip\varphi_n}. \quad (12)$$

Перепишем соотношение (12) в стандартном для МТМ виде

$$U^1(\vec{r}) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} c_p H_p^{(2)}(kr) e^{ip\varphi}, \quad (13)$$

где $c_p = \sum_{n=1}^N a_n J_{pn}$,

$$J_{pn} = \left\{ \frac{W}{k\kappa(\varphi_n)} \left[k r_n J_p'(k r_n) + ip \frac{\rho'(\varphi_n)}{r_n} J_p(k r_n) \right] - J_p(k r_n) \right\} e^{-ip\varphi_n}. \quad (14)$$

В матричных обозначениях:

$$\vec{c} = J \cdot \vec{a} = (J \cdot K^{-1}) \cdot \vec{b} = T \cdot \vec{b}, \quad (15)$$

где $T = J \cdot K^{-1}$ – Т-матрица, а $b_m = -U^0(\vec{r}_m)$.

Для диаграммы рассеяния из (13) будем иметь

$$g(\varphi) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n i^n e^{in\varphi}. \quad (16)$$

Полученные соотношения, как и в традиционном методе Т-матрицы, позволяют легко осуществлять усреднение характеристик рассеяния частиц по углам ориентации. Так, например, для усредненной по углам ориентации диаграммы рассеяния из (16) получим:

$$\langle g(\varphi) \rangle = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \langle c_n \rangle i^n e^{in\varphi}, \quad (17)$$

причём (см. (15)): $\langle \vec{c} \rangle = T \cdot \langle \vec{b} \rangle$.

Если, например U^0 – плоская волна, а ориентация частицы по отношению к углам облучения φ_0 – равновероятна, т.е. $w(\varphi_0) = 1/2\pi$, то

$$\langle b_n \rangle = -\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \exp(-ikr_s(\alpha_n) \cos(\alpha_n - \varphi_0)) d\varphi_0 = -J_0(kr_s(\alpha_n)). \quad (18)$$

Численные результаты

Рассмотрим примеры применения изложенной выше техники. При этом будем иметь дело с задачами дифракции на рассеивателях, к решению которых в принципе не применим традиционный метод Т-матриц. В качестве такого примера рассмотрим задачу дифракции на первых двух итерациях фрактала “снежинка Коха”. Геометрия рассеивателей приведена на рис. 1.

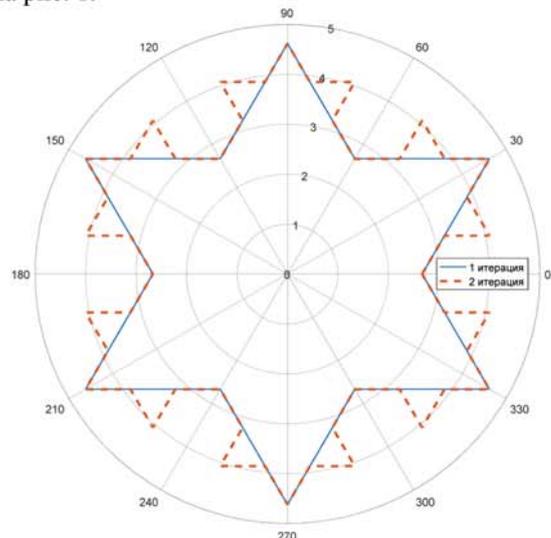


Рис. 1. Геометрия рассеивателей; цифры 1-5 над окружностями равны величине полярной координаты kr

На рисунке 2 приведены диаграммы рассеяния для указанных рассеивателей, полученные при

$$P = 20, \varphi_0 = \pi/2, ka = 4, k\delta = 10^{-4}, Z = \zeta,$$

где ka – волновая длина стороны равностороннего треугольника (исходной фигуры при построении фрактала), P – предел суммирования в разложении (11).

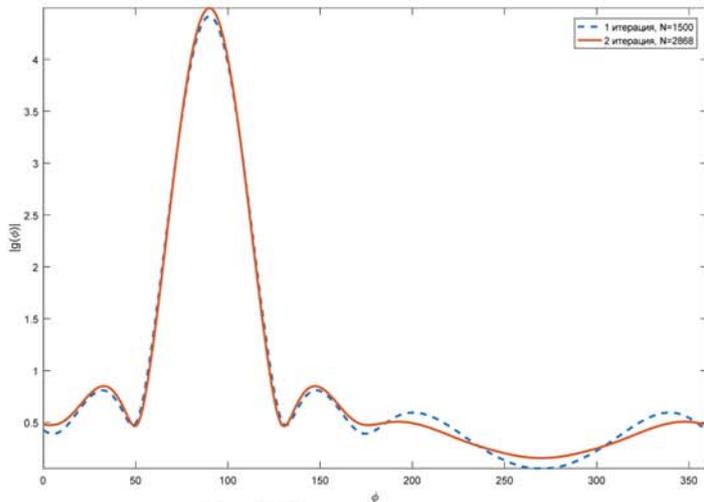


Рис. 2. Диаграммы рассеяния

На рисунке 3 приведены усредненные по углам ориентации диаграммы рассеяния для рассматриваемых выше тел.

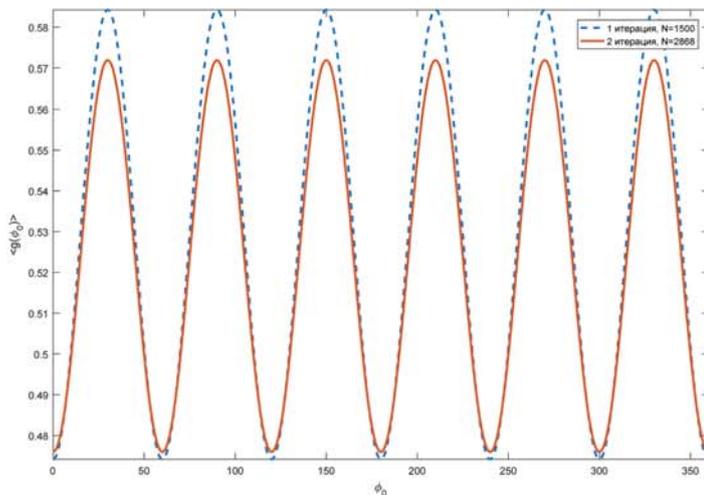


Рис. 3. Усредненные по углам ориентации диаграммы рассеяния

На рисунке 4 приведены невязки краевого условия для “снежинки Коха” в точках кривой S_δ , расположенных посередине между точками коллокации. Видно, что в обоих случаях локальные выбросы невязки имеют место в окрестностях угловых точек рассматриваемых кривых.

Для черных тел ($Z = \zeta$) имеет место теорема П.Я. Уфимцева [7], согласно которой интегральный поперечник рассеяния черного тела ровно в два раза меньше интегрального поперечника рассеяния идеально проводящего тела ($Z = 0$), имеющего тот же теневой контур (т.е. границу между освещенной и теневой частями поверхности тела).

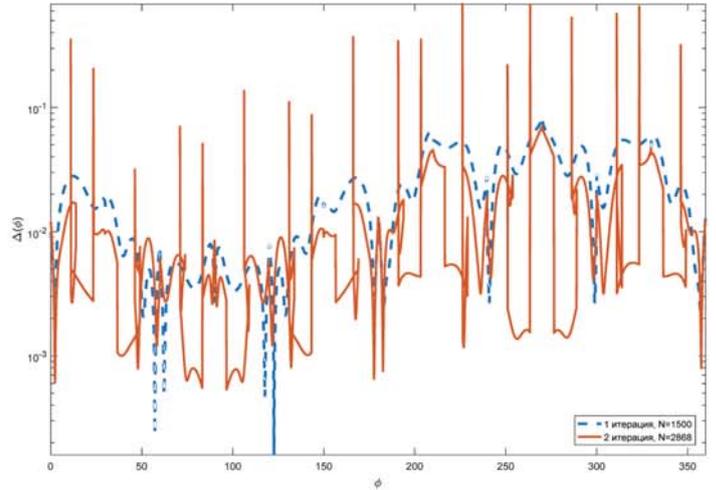


Рис. 4. Невязка краевого условия

Это утверждение справедливо для всех выпуклых тел, линейные размеры и минимальный радиус кривизны которых много больше длины волны. Представляет большой интерес рассмотреть выполнение этой теоремы для тел с сильными изломами границы – для введенных выше итераций “снежинки Коха”, а также, дополнительно, для правильных многоугольников схожих размеров – треугольник, шестиугольник, восьмиугольник. Геометрия таких рассеивателей приведена на рис. 5.

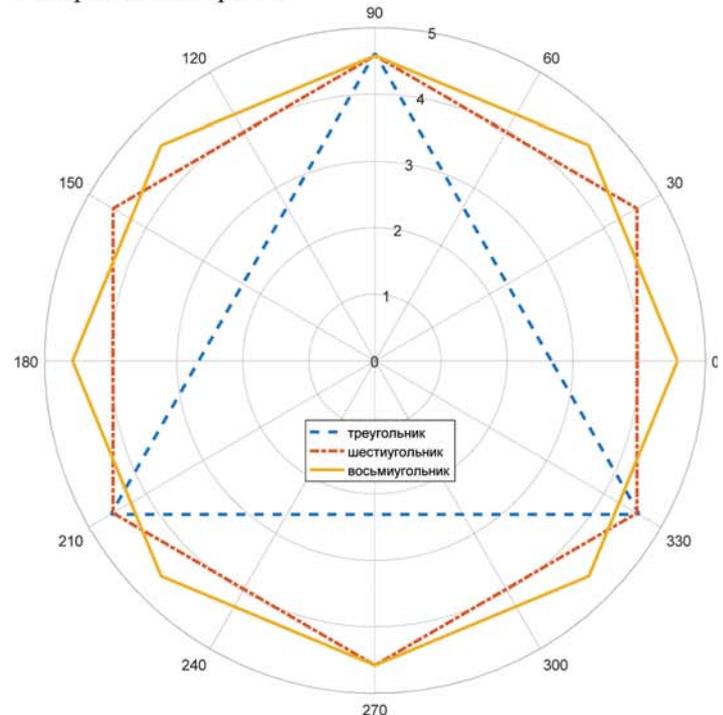


Рис. 5. Геометрия рассматриваемых выпуклых рассеивателей

Все результаты, полученные при решении задачи дифракции на рассматриваемых телах при $P = 20, \varphi_0 = \pi/2, ka = 4, k\delta = 10^{-4}, Z = \zeta$, представлены в табл. 1-5. Из них видно, что невязка уменьшается с ростом N , что свидетельствует о сходимости вычислительного алгоритма.

Таблица 1

Результаты расчетов для первой итерации снежинки

N	Значение невязки			Результат проверки теоремы Уфимцева
	Среднее	Минимальное	Максимальное	
600	0.058239	0.00083063	0.22284	2.1408
900	0.038793	0.00034962	0.17451	2.1565
1200	0.029089	0.00023091	0.17427	2.1642
1500	0.02327	0.00015943	0.17417	2.1687

Таблица 2

Результаты расчетов для второй итерации снежинки

N	Значение невязки			Результат проверки теоремы Уфимцева
	Среднее	Минимальное	Максимальное	
564	0.069393	0.0021486	0.83842	2.2601
852	0.041328	0.00093325	0.76171	2.2564
1716	0.020206	0.00073258	0.69465	2.2454
2868	0.012301	0.00053493	0.67944	2.2388

Таблица 3

Результаты расчетов для правильного треугольника

N	Значение невязки			Результат проверки теоремы Уфимцева
	Среднее	Минимальное	Максимальное	
300	0.086108	0.0011554	0.0011554	2,3501
600	0.040658	0.00040959	0.00040959	2,3668
900	0.026968	0.000269	0.000269	2,3767
1200	0.020197	0.00015699	0.00015699	2,3823

Таблица 4

Результаты расчетов для правильного шестиугольника

N	Значение невязки			Результат проверки теоремы Уфимцева
	Среднее	Минимальное	Максимальное	
300	0.042902	0.00072449	0.48827	2.0980
600	0.021525	9.8853e-05	0.4925	2.1110
900	0.014363	0.00010432	0.49328	2.1160
1200	0.010777	9.5914e-05	0.49355	2.1186

Таблица 5

Результаты расчетов для правильного восьмиугольника

N	Значение невязки			Результат проверки теоремы Уфимцева
	Среднее	Минимальное	Максимальное	
300	0.035035	0.00054994	0.52621	2.1026
600	0.017518	0.00029969	0.52391	2.1121
900	0.011694	0.00016785	0.52493	2.1162
1200	0.0087696	0.00016536	0.52408	2.1187

Как следует из таблиц, отношение интегрального поперечника рассеяния идеально проводящего тела к поперечнику поглощающего тела для рассмотренных тел лишь приближенно соответствует теореме Уфимцева.

Представляет интерес более подробно проследить зависимость указанного отношения от размеров рассеивателей.

На рисунке 6 отображены величины отношения интегрального поперечника рассеяния идеально проводящего тела к интегральному поперечнику рассеяния черного тела для рассматриваемых геометрий рассеивателей при различных размерах.

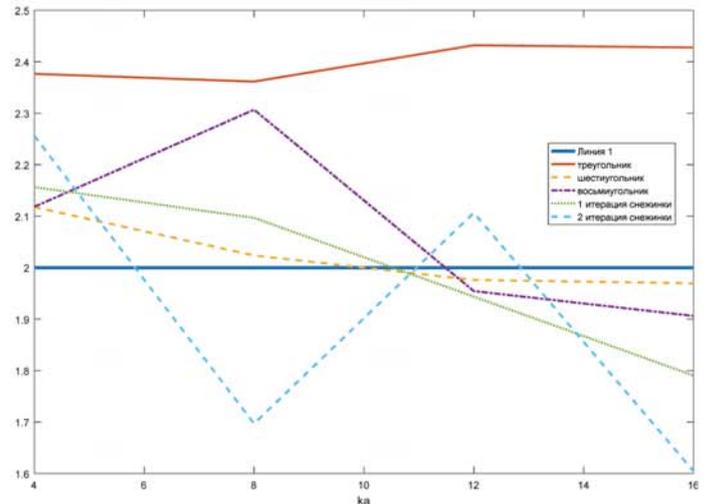


Рис. 6. Проверка теоремы Уфимцева при изменении размеров рассеивателей; Линия 1-отношение интегральных поперечников рассеяния согласно теореме

Видно, что для рассеивателей с поперечным сечением в виде правильного шести- и восьмиугольника теорема Уфимцева выполняется с довольно неплохой точностью, что позволяет использовать ее при тестировании правильности получаемых результатов даже при решении задач дифракции на телах, имеющих изломы границы.

Литература

1. Кюркчан А.Г., Смирнова Н.И. Метод Т-матриц на основе метода продолженных граничных условий // Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. 2016. Т. 10. №1. С. 34-38.
2. Waterman P.C. Matrix formulation of electromagnetic scattering // Proc. IEEE. 1965, v.53, pp. 805-812.
3. Mishchenko M. I., Videen G., Babenko V.A., Khlebtsov N.G., Wriedt T. T-matrix theory of electromagnetic scattering by particles and its applications: a comprehensive reference database. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, vol. 88, 2004, pp. 357-406.
4. Mishchenko M.I., Zakharova N.T., Khlebtsov N.G., Videen G., Wriedt T. Comprehensive T-matrix reference database: A 2014-2015 update // JQSRT, v. 178 (2016), pp. 276-283.
5. Кюркчан А.Г., Смирнова Н.И. Математическое моделирование в теории дифракции с использованием априорной информации об аналитических свойствах решения. М.: ООО «ИД Медиа Паблшер», 2014.
6. Кюркчан А.Г., Смирнова Н.И. Чиркова А.П. Метод Т-матриц на основе модифицированных методов вспомогательных токов и нулевого поля // Радиотехника и электроника. 2015. Т. 60. №3. С. 247-253.
7. Уфимцев П.Я. Теория дифракционных краевых волн в электродинамике. М.: Бинном, 2007.

MODELING AVERAGED OVER THE ANGLES OF ORIENTATION CHARACTERISTICS OF THE SCATTERING BY PARTICLES OF COMPLEX GEOMETRY AND FRACTAL PARTICLES

Dmitry V. Krysanov, Moscow Technical University of Communications and Informatics
Russian Federation, Moscow, dimok1993@mail.ru

Alexander G. Kyurkchan, Moscow Technical University of Communications and Informatics
Russian Federation, Moscow, agkmtuci@yandex.ru

Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics, Fryazino Branch, Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia;
Central Research Institute of Communication, Moscow, Russia

Abstract

In many areas of modern science and technology, such as acoustics, optics, radiophysics, astrophysics, radio astronomy, polarimetry, biophysics and others, there is a big need for the effective tools allowing researching characteristics of wave scattering by particles of different, including complex geometry and there is need for their effective solution.

One of the most widely applicable methods for solving diffraction problems is the T-matrix method. Its popularity is explained by simplicity and convenience of calculation of important characteristics of scattering of compact objects in appendices, such, as, for example, scatter diagram of a particle, averaged on orientation angles of the last. However, the traditional T-matrix method is applicable at the solution of problems of diffraction only on so-called Rayleigh scatterers. We recall that the Rayleigh class includes bodies in which the set of singularities of the analytic continuation of the diffraction (scattered) field lies inside the sphere (in the two-dimensional case, the circle) entirely contained within the scatterer. To such scatterers usually, bodies of complex geometry, and furthermore – fractal bodies do not belong.

In this work generalization of the T-matrix method based on method of the continued boundary conditions proposed in work [1] is developed. The developed technique, which has all the advantages of the T-matrix method, is applicable to the study of diffraction problems on bodies with boundary breaks. Examples of modeling the characteristics of wave scattering by prisms with a cross section in the form of regular polygons and the first iterations of the fractal "Koch snowflake" are considered. Such characteristics as the scattering diagram and the scattering diagram averaged over the orientation angles were calculated. In addition, for the scatterers of the above geometry, the verification of the fulfillment of Ufimtsev's theorem on the relation between the integral cross-section of ideally conducting and absolutely absorbing ("black") body, which he formulated for bodies of large wave dimensions with a smooth boundary, is carried. It show that for prisms with a cross section in the form of regular convex hexagons and octagonals, Ufimtsev's theorem holds with an acceptable accuracy.

Keywords: diffraction and scattering of waves, method of T-matrixes, method of the continued boundary conditions, average scatter pattern, fractal particles.

References

1. Kyurkchan A.G., Smirnova N.I. (2016). T-matrixes method on the basis of the continued boundary conditions method. *T-Comm*, vol. 10, no.1, pp. 34-38.
2. Waterman P.C. (1965). Matrix formulation of electromagnetic scattering. *Proc. IEEE*, vol. 53, pp. 805-812.
3. Mishchenko M. I., Videen G., Babenko V.A., Khlebtsov N.G., Wriedt T. (2004). T-matrix theory of electromagnetic scattering by particles and its applications: a comprehensive reference database. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, vol. 88, pp. 357-406.
4. Mishchenko M.I., Zakharova N.T., Khlebtsov N.G., Videen G., Wriedt T. (2016). Comprehensive T-matrix reference database: A 2014-2015 update. *JQSRT*, vol. 178, pp. 276-283.
5. Kyurkchan A.G., Smirnova N.I. (2016). *Mathematical modeling in the theory of diffraction using a priori information about the analytic properties of the solution*. Amsterdam: Elsevier. 280 p.
6. Kyurkchan A.G., Smirnova N.I., Chirkova A.P. (2015). The T-matrix method based on the modified auxiliary current and null-field methods. *Journal of Communications Technology and Electronics*, vol. 60, no. 3, pp. 232-238.
7. Ufimtsev P.Ya. (2007). *The Theory of the Edge Diffraction Waves in Electrodynamics*. Moscow: Binom. (in Russian)

Information about authors:

Dmitry V. Krysanov, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Master's Degree student, Moscow, Russia;

Alexander G. Kyurkchan, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Head of the PT and AM Department, Moscow, Russia;
Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics, Fryazino Branch, Russian Academy of Sciences, Fryazino, Russia;
Central Research Institute of Communication, Moscow, Russia

ДИСКРЕТНАЯ МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОТКАЗАМИ И ГРУППОВЫМ ПОСТУПЛЕНИЕМ ЗАЯВОК

Таташев Александр Геннадьевич,
МТУСИ, Москва, Россия, a-tatashev@yandex.ru

Ахильгова Мария,
МТУСИ, Москва, Россия, kotova.marie@yandex.ru

Щебуняев Сергей Александрович,
МТУСИ, Москва, Россия, sergey.alexandr.24@gmail.com

Ключевые слова: многоканальные системы обслуживания, дискретное время, Марковские процессы, стационарные вероятности, вероятность потери.

Рассматриваются многоканальные системы массового обслуживания в дискретном времени. Число заявок в поступающих группах распределено по закону Пуассона.

Первая исследуемая система – многоканальная система без ожидания и геометрическим распределением времени обслуживания заявки. В отличие от классической системы $M|M|n|0$ для которой вероятность одновременного поступления заявки равна нулю, группа заявок, число которых распределено по закону Пуассона, поступает в рассматриваемую систему в каждый дискретный момент времени. Исследование такой системы массового обслуживания полезно с практической точки зрения, так как результаты могут использоваться при анализе функционирования инфокоммуникационных систем, в частности, систем, в которых доступ к ресурсам осуществляется в режиме разделения времени. Для этой системы обслуживания получена система уравнений для стационарных вероятностей состояний, что позволяет вычислить значение основной характеристики эффективности работы системы – стационарной вероятности потери заявки.

Второй исследуемой в настоящей работе системой массового обслуживания является система, являющаяся дискретным аналогом системы $M|G|∞$. Доказано, что в исследуемой системе стационарное распределение числа заявок, как и в системе $M|G|∞$ имеет распределение Пуассона со средним значением, равным поступающей нагрузке, и, таким образом, это распределение инвариантно относительно распределения времени обслуживания при фиксированном времени.

Аналогичная инвариантность доказана также для системы $M|G|n|0$ в которой при отсутствии свободных приборов теряются заявки с наименьшим остаточным временем обслуживания. Для этой системы также получены формулы для стационарных вероятностей состояний и вероятности потери, причем формулы для стационарных вероятностей получены в результате сравнения процессов функционирования данной системы и второй из рассматриваемых в настоящей работе систем. С практической точки зрения полученная формула для вероятности потери заявки в этой системе интересна тем, что она дает верхнюю оценку вероятности потери заявки с произвольным правилом выбора заявок, которые получают отказ в обслуживании, при отсутствии возможности принять на обслуживание все заявки из-за недостаточного количества свободных приборов.

Информация об авторах:

Таташев Александр Геннадьевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры Математической кибернетики и информационных технологий (МКиИТ) Московского Технического Университета Связи и Информатики (МТУСИ), Москва, Россия

Ахильгова Мария, студентка магистратуры Московского Технического Университета Связи и Информатики (МТУСИ), Москва, Россия

Щебуняев Сергей Александрович, студент магистратуры Московского Технического Университета Связи и Информатики (МТУСИ), Москва, Россия

Для цитирования:

Таташев А.Г., Ахильгова М., Щебуняев С.А. Дискретная многоканальная система массового обслуживания с отказами и групповым поступлением заявок // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 23-26.

For citation:

Tatashev A.G., Akhilgova M., Shchebunyaev S.A. (2017). Discrete multi-channel loss system with batch arrival. *T-Comm*, vol. 11, no.7, pp. 23-26. (in Russian)

Введение

В настоящей работе рассматривается многоканальная система массового обслуживания без мест ожидания. В каждый дискретный момент времени в систему поступает число заявок, имеющее распределение Пуассона. Краткий обзор известных результатов по теории систем и сетей массового обслуживания и сведения о практических приложениях этой теории при разработке и анализе инфокоммуникационных систем приводятся в [1]. Одной из областей этих приложений являются системы коллективного пользования, работающие в режиме разделения времени.

Для случая, когда распределение времени имеет геометрическое распределение, получены уравнения для стационарного распределения числа заявок в системе и формула, выражающая вероятность потери заявки через стационарные вероятности состояний системы.

Для случая произвольного распределения времени обслуживания заявки найдена верхняя оценка для вероятности потери заявки. Эта оценка была получена следующим образом. Доказано, что стационарное распределение в соответствующей системе с бесконечным числом приборов распределено по закону Пуассона с параметром равным нагрузке. Заметим, что аналогичный факт имеет место для системы $M|G|\infty$ [2]. Формулу для вероятности потери в соответствующей многоканальной системе обслуживания с потерей заявок с наименьшей остаточной длиной, получаем, сравнивая поведение этой системы и системы с бесконечным числом приборов. Аналогичным образом в [3] получена формула для вероятности потери заявки в системе $M|G|n$ с потерей заявки с наименьшей остаточной длиной. Ясно, что вероятность потери в исходной системе со случайным выбором теряющихся заявок не превышает вероятность потери в соответствующей системе с потерей заявок с наименьшей остаточной длиной, что и дает искомую верхнюю оценку для вероятности потери.

Некоторые дискретные системы массового обслуживания с различными дисциплинами рассматривались в [4-7].

1. Многоканальная система с геометрическим распределением времени обслуживания

Пусть в n -канальную систему массового обслуживания в каждый дискретный момент $t = 0, 1, 2, \dots$ поступают заявки, число которых имеет распределение Пуассона с параметром λ , а именно, вероятность того, что в фиксированный момент поступает ровно i заявок, равна

$$\frac{\lambda^i e^{-\lambda}}{i!}, i = 0, 1, 2, \dots$$

Обслуживание заявки длится в течение l единиц времени с вероятностью

$$(1 - \mu)\mu^{l-1}, l = 1, 2, \dots$$

Это равносильно тому, что в текущий момент обслуживание заявки заканчивается с вероятностью μ . Уход заявок происходит перед поступлением заявок, т.е. заявки уходят в момент $t - \theta$, а поступают в момент $t + \theta$. Если число поступивших заявок не превышает числа поступивших заявок, то принимаются все заявки. Если число поступивших заявок превышает число свободных приборов, то принимается на обслуживание число заявок, равное числу приборов, а остальные теряются.

Пусть $X(t)$ – случайный процесс, представляющий собой число приборов, занятых в момент времени T . Этот случайный процесс является цепью Маркова. Имеется $n+1$ состояние $0, 1, \dots, n$ цепи, образующие единственный неперiodический класс сообщающихся существенных состояний. В соответствии с этим существуют стационарные вероятности состояний рассматриваемой цепи Маркова. Обозначим через p_i стационарную вероятность состояния $i, i = 0, 1, \dots, n$. Состояние системы регистрируется после поступления заявки.

Стационарные вероятности состояний цепи удовлетворяют системе уравнений

$$p_i = \sum_{j=0}^i p_j \sum_{k=0}^j C_j^k \mu^k (1 - \mu)^{j-k} \frac{\lambda^{i-j+k} e^{-\lambda}}{(i-j+k)!} +$$

$$+ \sum_{j=i+1}^n p_j \sum_{k=j-i}^j C_j^k \mu^k (1 - \mu)^{j-k} \frac{\lambda^{i-j+k} e^{-\lambda}}{(i-j+k)!}, i = 0, 1, \dots, n,$$

$$p_n = \sum_{j=0}^n p_j \sum_{k=0}^j C_j^k \mu^k (1 - \mu)^{j-k} \left(1 - \sum_{s=0}^{n-j+k-1} \frac{\lambda^s e^{-\lambda}}{s!} \right),$$

$$\sum_{i=0}^n p_i = 1.$$

Обозначим через h среднее число заявок, принимаемое на обслуживание в единицу времени. В соответствии с формулой полной вероятности имеем

$$h = \sum_{i=0}^n p_i \sum_{k=0}^i C_i^k \mu^k (1 - \mu)^{i-k} \times$$

$$\times \left(\sum_{s=0}^{n-i+k} \frac{\lambda^s e^{-\lambda}}{(s-1)!} + \left(1 - \sum_{s=0}^{n-i+k} \frac{\lambda^s e^{-\lambda}}{s!} \right) (n-i+k) \right).$$

Так как среднее число заявок, поступающих в единицу времени, равно λ , то для стационарной вероятности потери c имеем

$$c = \frac{\lambda - h}{\lambda}.$$

2. Система с бесконечным числом приборов

Назовем систему массового обслуживания, рассматривавшейся в разделе 2, системой S_1 .

В разделах 3 и 4 рассмотрим системы массового обслуживания, исследование которых, помимо самостоятельного интереса дает верхнюю оценку для вероятности потери в системе S_1 , а также в аналогичных системах с произвольным распределением времени обслуживания и с произвольным правилом выбора принимаемых на обслуживания заявок.

Назовем системой S_2 систему массового, отличающуюся от системы S_1 тем, что число приборов бесконечно, а длина (время, требующееся для обслуживания) заявки имеет произвольное распределение, причем с вероятностью b_i длина заявки равна $i, i = 1, 2, \dots$

Обозначим через q_i стационарную вероятность того, что в момент сразу после ухода заявок перед поступлением новой группы в системе остается i заявок. Число таких заявок в момент t представляет сумму $\sum_{j=1}^{\infty} X_j$, где X_j – число заявок,

поступивших в момент $t-j, j = 1, 2, \dots$, и остающихся в системе в момент t . Случайная величина X_j распределена по закону Пуассона с параметром

$$\Lambda_j = \lambda \sum_{k=j+1}^{\infty} b_k.$$

Таким образом, случайная величина имеет распределение Пуассона с параметром

$$\Lambda = \sum_{j=1}^{\infty} \Lambda_j = \lambda \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{k=j+1}^{\infty} b_k = \lambda \sum_{j=1}^{\infty} b_j(j-1) = \lambda(b-1) = \rho - \lambda.$$

где $b = \sum_{j=1}^{\infty} b_j j$ представляет собой среднее значение длины

заявки, а $\rho = \lambda b$ – поступающая нагрузка. Таким образом,

$$q_i = \frac{\Lambda^i e^{-\Lambda}}{i!}, i = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Заметим, что, как видно из (1), вероятность q_i не зависит от распределения длины заявки при фиксированном среднем значении этого распределения.

Пусть p_i – стационарная вероятность того, что после поступления заявок число заявок в системе равно i , $i=0, 1, \dots, n$. Так как стационарное распределение числа заявок перед поступлением заявок, как выше было доказано, является распределением Пуассона с параметром $\Lambda = \rho - \lambda$, а число поступающих заявок распределено по закону Пуассона с параметром λ , то

$$p_i = \frac{\rho^i e^{-\rho}}{i!}, i = 0, 1, 2, \dots$$

3. Система с потерей кратчайших заявок

Назовем системой S_3 систему массового обслуживания, отличающуюся от системы S_2 тем, что в ней, как и в системе S_1 число приборов равно n , но в отличие от системы S_1 теряются не случайно выбранные заявки группы, а те заявки, которые имеют наименьшие остаточные длины (аналогичная система с непрерывным временем рассмотрена в [3]).

Пусть q'_i имеет для системы S_3 тот же смысл, что и q_i для системы S_2 .

$$q'_i = q_i, i = 0, 1, \dots, n-1,$$

$$q'_n = 1 - \sum_{i=1}^{n-1} q_i, i = 0, 1, \dots, n-1,$$

где q_i вычисляется по формуле (1).

Для среднего числа h заявок, принимаемых на обслуживание в фиксированный момент времени, имеем

$$h = \sum_{i=0}^{n-1} q_i(n-i),$$

$$h = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Lambda^i e^{-\Lambda}}{i!} (n-i), \quad (2)$$

$$\Lambda = \rho - \lambda.$$

Для вероятности потери заявки имеем

$$c = \frac{\lambda - h}{\lambda}.$$

где h вычисляется по формуле (2).

Вероятность потери в системе S_1 меньше, чем в системе S_1 .

Таким образом, для вероятности потери заявки в системе S_1 получена верхняя оценка вероятности потери заявки.

Заключение

Рассмотрены системы массового обслуживания с входящим потоком следующего вида. В каждый дискретный момент поступает число заявок, имеющее распределение Пуассона. Для системы с бесконечным числом приборов установлено, что стационарное распределение числа заявок в системе имеет распределение Пуассона с параметром, равным нагрузке. Для n -канальной системы с потерей заявок с наименьшей остаточной длиной вероятность потери заявки равна вероятности того, что в системе с бесконечным числом приборов находится не менее n заявок. Этот результат дает верхнюю оценку вероятности потери для системы с произвольным правилом выбора заявок, которые должны потеряться, в том числе для системы, в которой все заявки поступившей группы теряются равновероятно. Для последней системы получены также уравнения для стационарного распределения числа заявок в системе и для вероятности потери заявки.

Литература

1. *Daduna H.* Queuing networks with discrete time scale: explicit expression for the steady state behavior of discrete time stochastic networks. Springer-Verlag – Berlin, Heidelberg, 2001. 143 p.
2. *Kelly F.P.* Reversibility and Stochastic Networks. Jhon Wiley and Sons, Chichester – New York – Brisbane – Toronto, 1979. 238 p.
3. *Таташев А.Г.* Многоканальная система массового обслуживания с потерями кратчайших требований // Автомат. и телемех., № 7, 1991. С. 187-189.
4. *Печинкин А.В., Шоргин С.Я.* Система Geo|G|1|∞ с одной нестандартной дисциплиной обслуживания. Информатика и её применения, 2008, т. 2, вып. 1. С. 55-62.
5. *Касконе А., Манзо Р., Печинкин А.В., Шоргин С.Я.* Система Geo_m|Geo|1|n с дисциплиной LIFO. Автоматика и телемеханика, 2011, №1. С. 107-120.
6. *Печинкин А.В., Соколов И.А., Шоргин С.Я.* Ограничение на суммарный объем заявок в дискретной системе Geo|G|1|∞. Информатика и её применения, 2012, т.6, вып. 3. С. 107-113.
7. *Печинкин А.В., Разумник Р.В.* Система Geo|Geo|1|R с гистерезисной политикой.

DISCRETE MULTI-CHANNEL LOSS SYSTEM WITH BATCH ARRIVAL

Alexander G. Tatashev, Moscow technical university of telecommunications and informatics, Moscow, Russia,
a-tatashev@yandex.ru

Maria Akhilgova, Moscow technical university of telecommunications and informatics, Moscow, Russia,
kotova.marie@yandex.ru

Sergey A. Shchebunyaev, Moscow technical university of telecommunications and informatics, Moscow, Russia,
sergey.alexandr.24@gmail.com

Abstract

The following paper reviews multi-channel queuing systems with discrete time scale. The bathes are distributed in accordance with the Poisson law. The system in the research is a multichannel loss system with geometric services. In contrast to the $M|M|n|0$ system, the probability of batch arrival is not equal to 0 but a Poisson distributed batch comes to the system at any discrete moment. The study of the system is interesting for applications. Results can be useful for analysis of computer and communications systems. In particular, the results can be useful in analysis of time sharing systems. The system of equations for state probabilities has been obtained. This allows to calculate the loss probability, which is the main characteristic of the system efficacy.

The second system is a discrete counterpart of the system $M|G|\infty$. We have proved that number of demands in the system is distributed in accordance with the Poisson law with the expectation equal to the load. Therefore the distribution does not depend on service distribution if the expectation of the distribution is fixed.

The similar invariability has been proved for the system $M|G|n|0$, such that the shortest demands lose in the absence of vacant servers. Formulas have been found for state probabilities and the loss probability. We obtain these formulas by comparing the behavior of this system and the behavior of the second system. The obtained formula is useful, because it provides the upper estimation of the loss probability in the system with an arbitrary choice of demands such that these demands if the number of vacant servers is not sufficient.

Keywords: multi-channel queuing systems, discrete time, Markov processes, stationary distribution, loss probability.

References

1. Daduna H. (2001). *Queuing networks with discrete time scale: explicit expression for the steady state behavior of discrete time stochastic networks*. Helderberg: Springer-Verlag.
2. Kelly F.P. (1979). *Reversibility and Stochastic Networks*, Chichester - New York - Brisbane - Toronto: Jhon Wiley and Sons.
3. Tatashev A.G. (1991). Multichannel queuing system with loss of the shortest requirements. *Avtomat. i Telemekh.*, vol. 7, pp. 187-189.
4. Pechinkin, A.V. & Shorgin, S.Ya. (2008). Geo/G/1/infinity – queue with one "nonstandard" discipline of service. *Inform. Primen.*, vol. 2, no. 1, pp. 55-62.
5. Cascone, A., Manzo, R., Pechinkin, A. V. & Shorgin, S. Ya. (2011). Geo_m/G/1/n system with LIFO discipline without interrupts and constrained total amount of customers. *Avtomat. i Telemekh.*, vol. 1, pp. 107-120.
6. Pechinkin, A.V., Sokolov, I.A. & Shorgin S.Ya. (2012). A restriction on the total volume of demands in the discrete-time system Geo/G/1/infinity. *Inform. Primen.*, vol. 6, no. 3, pp. 107-113.
7. Pechinkin, A.V. & Razumchik, R.V. (2014). Performance characteristics of Geo/Geo/1/R queue with hysteretic load control. *Inform. Primen.*, vol. 8, no. 2, pp. 15-27.

Information about authors:

Alexander G. Tatashev, professor, Moscow technical university of telecommunications and informatics, Moscow, Russia

Maria Akhilgova, student, Moscow technical university of telecommunications and informatics, Moscow, Russia

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ БАНКОВСКОГО КЛИРИНГА С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ИКТ

Малышев Александр Сергеевич,
Московский технический университет связи
и информатики, Москва, Россия, san-100@bk.ru

Буслаев Александр Павлович,
Московский технический университет связи
и информатики, Москва, Россия, apal2006@yandex.ru

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, тестирование, методы тестирования, банковский клиринг, программное обеспечение.

Рассмотрены процессы создания и тестирования программного обеспечения национальной системы банковского клиринга, описаны цели и методы тестирования, представлено исследование методов тестирования на примере тестирования модели национальной системы банковского клиринга с помощью современных средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), предложены способы совершенствования методов тестирования системы банковского клиринга. Создание национальной системы банковского клиринга связано с поправками в Федеральный закон № 161-ФЗ "О национальной платёжной системе". Цель данных поправок – информационно и инфраструктурно замкнуть процесс переводов денежных средств на территории России. В связи с данными поправками устанавливается, что при осуществлении операторами на территории России перевода денежных средств должны привлекаться операционные центры и платёжные клиринговые центры, соответствующие не только требованиям российского законодательства, но и обязательно находящиеся в России. По этой причине Банком России было принято решение о создании "Национальной системы платёжных карт" (НСПК), а также операционного и платёжного клирингового центра НСПК (ОПКЦ НСПК). Так как программный код в программном обеспечении клирингового центра является полностью новой разработкой, то данное ПО прошло полный жизненный цикл, начиная от системного анализа и анализа требований, заканчивая тестированием, внедрением и сопровождением. Тестирование соответствующего программного обеспечения клирингового центра необходимо для подтверждения корректности обработки переводов и выполнения взаимного расчёта платежей в процессе банковского клиринга. Исследованы основные методы тестирования – "белого" и "чёрного" ящиков, а также соответствующие им критерии покрытия программного кода и приемы тестирования. Рассмотрены также методы ручного и автоматизированного тестирования ПО. Предложены способы совершенствования методов тестирования системы банковского клиринга. Исследование и сравнение методов тестирования произведено на примере тестирования модели национальной системы банковского клиринга, созданной с помощью современных средств ИКТ. Модель создана с помощью среды Simulink, интегрированной в MATLAB и содержит примеры тестирования различными методами. Ее также можно использовать для изучения методов тестирования.

Информация об авторах:

Малышев Александр Сергеевич, Магистр 2-ого года обучения, кафедра МКиИТ, МТУСИ, Москва, Россия

Буслаев Александр Павлович, профессор, д.ф.-м.н., МТУСИ, Москва, Россия

Для цитирования:

Малышев А.С., Буслаев А.П. Исследование методов тестирования системы банковского клиринга с помощью средств ИКТ // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 27-30.

For citation:

Malyshev A.S., Buslaev A.P. (2017). Study of the methods of testing the banking clearing system by means of information and communication technologies. *T-Comm*, vol. 11, no.7, pp. 27-30. (in Russian)

Актуальность создания национальной системы банковского клиринга (НСБК).

Подготовка поправок в Федеральный закон № 161-ФЗ «О национальной платёжной системе» была начата в 2014 году. Цель данных поправок – информационно и инфраструктурно – замкнуть процесс переводов денежных средств на территории России. В связи с данными поправками устанавливается, что для осуществления операторами переводов денежных средств на территории России должны привлекаться операционные и платёжные клиринговые центры, соответствующие не только требованиям российского законодательства, но и обязательно находящиеся на территории России [1]. Для выполнения данных требований Банком России было принято решение о создании «Национальной системы платёжных карт».

Задачами НСПК являются – обеспечение бесперебойности платёжных операций по картам международных платёжных систем на территории России; разработка, построение и развитие российской системы платёжных карт «Мир»; а также одной из основных задач НСПК является банковский клиринг – система межбанковских безналичных расчётов, осуществляемых через клиринговые центры и основанных на взаимном расчёте платежей между банками. Использование клиринга обеспечивает стороны, участвующие в платёжных операциях, следующими преимуществами: уменьшение объёмов использования наличных денежных средств и возможность ускоренного проведения платежей, а также уменьшение рисков невыполнения обязательств со стороны других участников операций.

Разработка ПО национальной системы банковского клиринга.

Для данных целей был создан операционный и платёжный клиринговый центр НСПК (ОПКЦ НСПК). Так как программный код в программном обеспечении клирингового центра является полностью новой разработкой, то данное ПО прошло полный жизненный цикл, начиная от системного анализа и анализа требований, заканчивая тестированием, внедрением и сопровождением программного продукта. Такая модель жизненного цикла представляет структуру, которая содержит процессы, действия и задачи, осуществляемые в процессе разработки, функционирования и сопровождения программного обеспечения в течение всей его жизни, начиная от определения требований до прекращения использования системы.

В настоящее время наибольшее распространение получила инкрементная (итерационная) модель жизненного цикла ПО [2]. Данная модель используется при разработке «больших» систем, в том числе программного обеспечения клирингового центра. Инкрементная (итерационная) модель подразумевает разработку информационной системы с использованием линейной последовательности стадий в несколько инкрементов (итераций). Подготовительными стадиями к разработке инкрементов являются системный анализ и анализ требований. Основными стадиями разработки инкремента являются проектирование, кодирование, тестирование, внедрение и сопровождение (см. рисунок 1). Инкрементный процесс в большой степени является итеративным (заключает в себе последовательность повторяющихся действий) и обеспечивает на каждом инкременте работающий продукт.



Рис. 1. Инкрементная модель жизненного цикла ПО

Применение современных средств ИКТ для тестирования ПО НСБК

Тестирование программного обеспечения клирингового центра необходимо для подтверждения корректности обработки переводов и выполнения взаимного расчёта платежей в процессе банковского клиринга.

Одной из основных метрик тестирования (численное выражение качества тестирования) является тестовое покрытие, представляющее из себя плотность покрытия требований либо покрытия исполняемого кода [3]. Сложность современного ПО сделало невозможной задачу проведения тестирования разрабатываемых систем со 100% тестовым покрытием всех входных значений. Поэтому используют следующие подходы к оценке и измерению тестового покрытия программного обеспечения: покрытие требований, покрытие кода и тестовое покрытие на основе анализа потока управления [4]. В зависимости от типа покрытия и от доступа к исходному коду тестируемого программного обеспечения, различают тестирование методами «белого ящика» и «чёрного ящика».

Тестирование методом белого ящика является тестированием программного кода на предмет логики работы программы и корректности её работы с точки зрения компилятора того языка программирования, на котором она написана. Техника «Белого ящика» включает в себя следующие критерии покрытия программного кода: покрытие решений, покрытие условий, покрытие решений и условий, а также комбинаторное покрытие условий [5].

Тестирование методом чёрного ящика основано на тестировании по требованиям и функциональной спецификации, при этом не оперирующий внутренней структурой кода. Техника «Чёрного ящика» включает в себя следующие приемы тестирования: эквивалентное разбиение, анализ граничных значений, анализ причинно-следственных связей, а также предположение об ошибке [6].

Различают также методы ручного и автоматизированного тестирования ПО. Ручное тестирование ПО – тестирование ПО без использования вспомогательных программных средств. В данном методе тестирования специалист по тестированию программного обеспечения выполняет тест-кейсы взаимодействуя напрямую с системой. Автоматизированное тестирование программного обеспечения – это процесс верификации ПО, при котором основные шаги и функции, такие как запуск, инициализация, выполнение тест-кейса, а также анализ и выдача результата тестирования, выполняются автоматически при помощи инструментов автоматизированного тестирования [7].

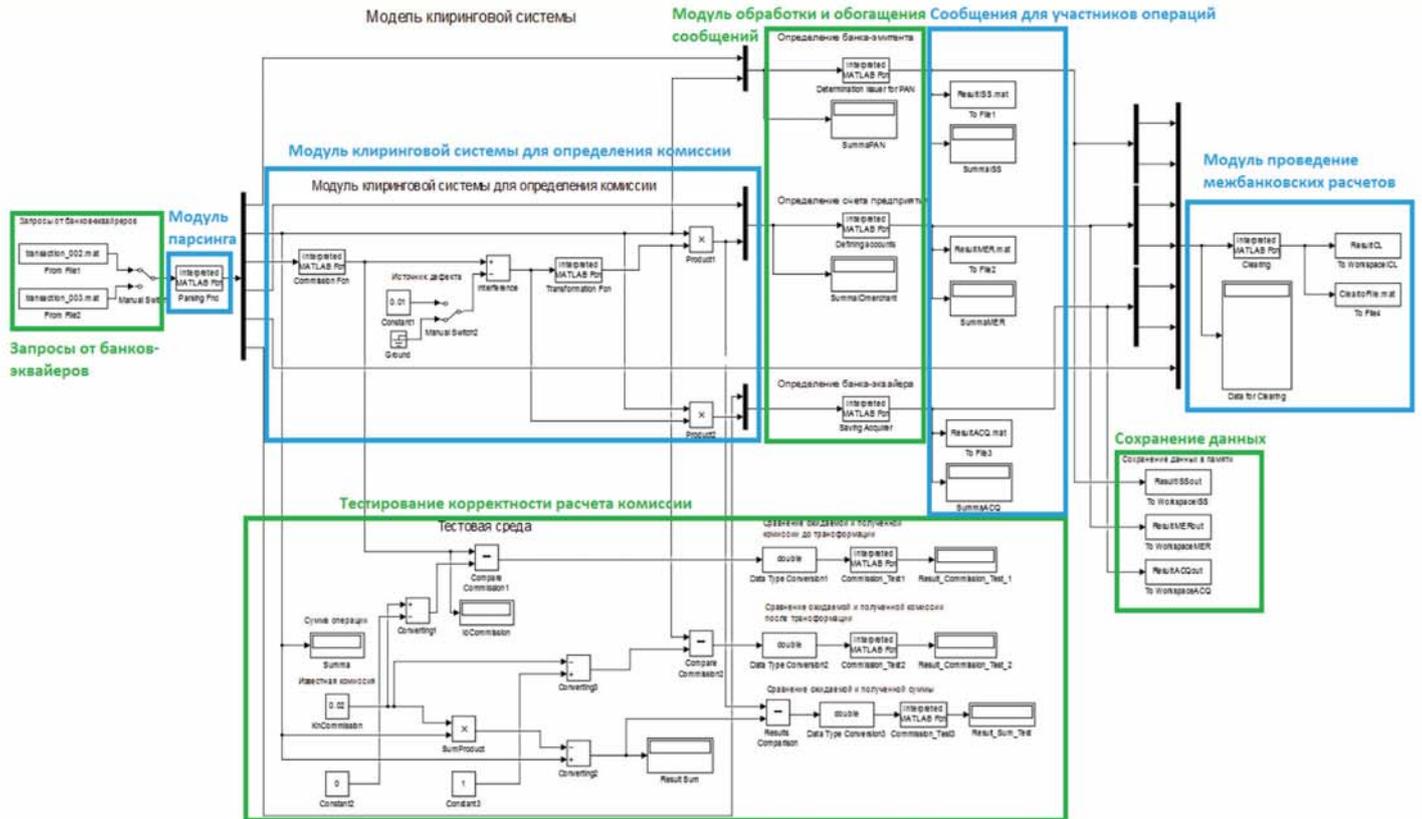


Рис.2. Модель клиринговой системы

При автоматизированном тестировании специалист по тестированию ПО реализует выполнение тест-кейсов в системе автоматизированного тестирования, которая уже взаимодействует с разрабатываемой системой.

Информационно-коммуникационные технологии охватывают все ресурсы, которые необходимы для управления информацией, такие как компьютеры, сети, программное обеспечение, используемые для хранения, создания, управления, поиска и передачи информации. При использовании современных ИКТ можно моделировать сложные системы и визуализировать происходящие в них процессы.

С помощью расчетных, имитационных, демонстрационных и моделирующих средств ИКТ можно провести исследование и сравнение методов тестирования на примере тестирования модели национальной системы банковского клиринга и, если это возможно, предложить методы их совершенствования.

Для реализации описанных целей исследования и сравнения методов тестирования создана модель клирингового центра. Модель состоит из взаимодействующих модулей и содержит примеры тестирования различными методами. Модель создана с помощью среды Simulink, интегрированной в MATLAB (рис. 2).

Систему можно использовать для сравнения методов тестирования, а также для изучения методов тестирования. Тестирование на основе модели является развивающимся во всем мире подходом к тестированию, призванным повысить эффективность тестового процесса.

Подобных моделей клирингового центра в открытом доступе не присутствует.

В результате исследований методов тестирования выявлено, что, так как система имеет последовательную структуру расположения модулей то проверка решений и условий и приемы эквивалентного разбиения являются приоритетными при тестировании системы банковского клиринга и имеют наибольшую эффективность по сравнению с другими методами.

Перспективами развития тестирования системы банковского клиринга является применение промышленных способов проверки качества программного обеспечения. Наиболее важным направлением здесь является переход от ручного тестирования к различным системам автоматизированного тестирования и локализации найденных дефектов.

Совершенствованием методов тестирования ПО клирингового центра является создание программных расширений для процесса автоматизированного тестирования методом белого ящика для проверки возвращаемого значения функций и локализации функций (модулей), содержащих дефекты.

Заключение

Таким образом, использование информационно-коммуникационных технологий при исследовании и сравнении методов тестирования позволяет не только специалистам по тестированию ПО сравнивать эффективность методов тестирования для различных систем, в том числе для системы банковского клиринга, но и позволяет организовать процесс обучения методам тестирования программного обеспечения на примере тестирования модели системы банковского клиринга и подготавливать новых специалистов для тестирования ПО клирингового центра.

Литература

1. Указание Центрального банка РФ от 16 декабря 2014 г. N 3493-У «Об организации взаимодействия и получении операционных услуг и услуг платежного клиринга по переводам денежных средств с использованием международных платежных карт» (16 декабря 2014 г.).
2. Орлов С.А. Технологии разработки программного обеспечения: учеб. СПб.: Питер, 2002. 464 с.
3. Майерс Г. Искусство тестирования программ. М.: Финансы и статистика, 1982. 176 с.
4. Myers G.J., Badgett T., Sandler C., Thomas T.M. The Art of Software Testing. John Wiley and Sons, 2004. 224 с. ISBN 047167835X.
5. Канер Кем, Фолк Джек, Нгуен Енг Кек. Тестирование программного обеспечения. Фундаментальные концепции менеджмента бизнес-приложений. Киев: ДиаСофт, 2001. 544 с. ISBN 9667393879.
6. Бейзер Б. Тестирование черного ящика. Технологии функционального тестирования программного обеспечения и систем. СПб.: Питер, 2004. 320 с. ISBN 5-94723-698-2.
7. Кулямин В.В. Методы верификации программного обеспечения. Методы автоматизации тестирования. М.: Институт Системного Программирования РАН, 2008. 111 с.

STUDY OF THE METHODS OF TESTING THE BANKING CLEARING SYSTEM BY MEANS OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Alexander S. Malyshev, MTUCI, Moscow, Russia, san-100@bk.ru
 Alexander P. Buslaev, MTUCI, Moscow, Russia, apal2006@yandex.ru

Abstract

The article examines the processes of creating and testing software for the national banking clearing system, describes the purposes and methods of testing, presents a study of testing methods by examining the model of the national system of bank clearing with the help of modern information and communication technologies (ICT), proposed ways to improve methods of testing the system Bank clearing. The creation of a national system of bank clearing is associated with amendments to Federal Law No. 161-FZ "On the National Payment System". The purpose of these amendments is to inform and infrastructural the process of money transfers in the territory of Russia. In connection with these amendments, it is established that when operators carry out the transfer of funds in the territory of Russia, operational centers and payment clearing centers that correspond not only to the requirements of Russian legislation, but also are necessarily located in Russia, must be involved. For this reason, the Bank of Russia decided to establish a "National Payment Card System" (NPCS), as well as an operational and payment clearing center of the NPCS (OPCC NPCS). Since the software code in the software of the clearing center is a completely new development, this software has passed a complete life cycle, from system analysis and analysis of requirements, to testing, implementation and maintenance. Testing of the corresponding software of the clearing center is necessary to confirm the correctness of the processing of transfers and perform the mutual calculation of payments in the process of bank clearing. The article examines the main testing methods – "white" and "black" boxes, as well as the corresponding coverage criteria for program code and testing techniques. The methods of manual and automated testing of software are also considered. Methods for improving the methods for testing the banking clearing system are suggested. Research and comparison of testing methods was carried out on the example of testing the model of the national system of bank clearing, created with the help of modern ICT tools. The model is created using the Simulink environment, integrated into MATLAB and contains examples of testing by various methods. It can also be used to study testing methods.

Keywords: information and communication technologies, testing, testing methods, banking clearing, software.

References

1. Instruction of the Central Bank of the Russian Federation of December 16, 2014 No. 3493-U "On the organization of interaction and receipt of operational services and payment clearing services for transfers of funds using international payment cards" (December 16, 2014).
2. Orlov S.A. (2002). *Software Development Technologies*. St. Petersburg: Peter.
3. Myers G. (1982). *The Art of Testing Programs*. Moscow: Finance and Statistics.
4. Myers G.J., Badgett T., Sandler C. and Thomas T.M. (2004). *The Art of Software Testing*, John Wiley and Sons, ISBN 047167835X.
5. Kaner Who, Folk Jack and Nguyen Yong Keck (2001). *Software testing. Fundamental concepts of management of business applications*, Kiev: DiSoft, ISBN 9667393879.
6. Beizer B. (2004). *Testing the black box. Technologies for functional testing of software and systems*. SPb.: Peter, ISBN 5-94723-698-2.
7. V.V. Kulyamin (2008). *Methods of software verification. Methods of Test Automation*. Moscow: Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences.

Information about authors:

Alexander S. Malyshev, Master of the second year of study, chair of the MCIT, MTUCI, Moscow, Russia
 Alexander P. Buslaev, Professor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, MTUCI, Moscow, Russia

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЗМОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТА

Меккель Андрей Максович,
Центральная станция связи – филиал ОАО "РЖД",
Москва, Россия, mekkelam@css.rzd.ru

Ключевые слова: техническая диагностика, техническое диагностирование, диагностируемый объект, техническое состояние объекта, диагностическая модель, абстрактное моделирование, исправное состояние, неисправное состояние, неработоспособное состояние, работоспособность, отказ.

Статья посвящена формализации процесса диагностирования состояния технического объекта. Результатом диагностирования является определение состояния диагностируемой системы (объекта) в реальном масштабе времени с целью своевременного выявления отклонений от нормального состояния, а также прогнозирования таких отклонений. Для того чтобы формализовать процесс распознавания, в диагностируемом объекте выделяют дискретные категории его состояния. Это позволяет свести процесс распознавания к отнесению состояния объекта к одной из этих категорий. Возможные состояния некоторого абстрактного объекта можно интерпретировать в форме диагностической модели. Диагностическая модель представляет собой формализованное описание объекта, например, в аналитической, графической, табличной, векторной или другой форме.

Показаны примеры построения различных диагностических моделей в табличной и графической форме. Формальное представление возможных состояний диагностируемых объектов в виде диагностических моделей позволяет автоматизировать процесс диагностики.

Это даёт возможность непрерывно контролировать состояние объекта любой сложности в реальном масштабе времени, выявлять и прогнозировать тенденции изменения состояния.

Представляется также возможным управлять действиями эксплуатационного персонала по устранению повреждений, а, в некоторых случаях, и автоматизировать этот процесс.

Информация об авторах:

Меккель Андрей Максович, Центральная станция связи - филиал ОАО "РЖД", Ведущий технолог Инженерно-технической службы, к.т.н., Москва, Россия

Для цитирования:

Меккель А.М. Диагностическая модель возможных состояний объекта // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 31-37.

For citation:

Mekkel A.M. (2017). Diagnostic model of possible states of an object. *T-Comm*, vol. 11, no.7, pp. 31-37. (in Russian)

Общие положения

В процессе диагностики устанавливается своего рода диагноз, т. е. определяется состояние диагностируемого объекта. Под технической диагностикой подразумевается наука о распознавании состояния технической системы (технического объекта) [1]. Сам процесс определения состояния системы называется диагностированием.

Результатом технического диагностирования является определение состояния диагностируемого объекта в реальном масштабе времени с целью своевременного выявления отклонений от нормального состояния, а также прогнозирования таких отклонений.

Отклонения от норм могут быть различными и вызывать негативный эффект различной степени. Именно поэтому речь идёт о множестве состояний диагностируемого объекта.

Для формализации процесса распознавания в диагностируемом объекте выделяют дискретные категории его состояния. Это позволяет свести процесс распознавания к отнесению состояния объекта к одной из этих категорий. Количество категорий принципиально конечно.

Для конкретного объекта диагностирования устанавливается:

- количество категорий и их сущность;
- номенклатура нормируемых (контролируемых) параметров.

Количество категорий и их сущность, отражённая в наименовании категорий, определяется особенностями объекта диагностирования и спецификой его эксплуатации. Совокупность величин контролируемых параметров определяет отнесение состояния объекта к той или иной категории. Этот процесс схематически представлен на рис. 1.



Рис. 1. Определение текущей категории состояния объекта

Текущие значения контролируемых параметров определяют категорию состояния объекта в данный момент времени. Если значения всех параметров находятся в пределах установленных норм, то состояние объекта является исправным. То есть категория исправного состояния является единственной, а неисправное состояние может иметь какое-то количество градаций и соответственно категорий.

Каждой градации (категории) неисправного состояния должна соответствовать установленная система последствий, направленная на восстановление исправного состояния объекта.

Количество категорий состояний объекта (исправное + несколько неисправных) зависит от количества установленных параметров и количества установленных степеней деградации каждого параметра. Как уже указывалось, состояние объекта определяется комбинацией значений его пара-

метров. Если количество параметров принято равным n , а количество установленных степеней деградации (включая отсутствие деградации) для i -го параметра – m_i , где $1 \leq i \leq n$, то общее число возможных состояний будет равным:

$$N = m_1 \times m_2 \times \dots \times m_i \times \dots \times m_n$$

При одинаковом количестве установленных степеней деградации для каждого параметра:

$$N = m^n$$

Возможные состояния некоторого абстрактного объекта можно интерпретировать в форме диагностической модели. Согласно [2] диагностическая модель определяется как формализованное описание объекта, необходимое для решения задач диагностирования. Итак, диагностическая модель представляет собой формализованное описание объекта, например, в аналитической, графической, табличной, векторной или другой форме.

Основные принципы диагностического моделирования подытожены в виде следующего перечня:

1. Возможные состояния некоторого абстрактного объекта можно интерпретировать в форме диагностической модели.
2. Диагностическая модель определяется как формализованное описание объекта, необходимое для решения задач диагностирования.
3. В общем случае состояние объекта может определяться n параметрами, чему будет соответствовать n -мерная модель.
4. Для каждого из n параметров может быть установлено m степеней деградации.
5. Комбинация значений параметров определяет категорию состояния диагностируемого объекта.

Построение абстрактных диагностических моделей

Сначала будет рассмотрена наиболее простая **двумерная модель**, для которой состояние объекта определяется всего двумя параметрами – X и Y .

В общем случае состояние диагностируемого объекта может определяться n параметрами, чему будет соответствовать n -мерная модель.

В качестве примера примем, что оба параметра X и Y имеют три степени деградации, пронумерованные от 1 до 3 в сторону ухудшения. Нулём обозначено отсутствие деградации. Данный случай ($n = 2; m = 4$) иллюстрируется табл. 1.

Общее число состояний ($N = m^n = 4^2$) шестнадцать. В рассматриваемом условном примере 16 состояний распределены по четырём категориям: А, Б, В и Г (от Б к Г происходит увеличение деградации объекта).

Для отнесения комбинации параметров X и Y к той или иной категории должен быть выбран специальный критерий. В реальных условиях он определяется заранее, исходя из особенностей объекта.

В качестве возможного примера в табл. 1 в качестве определяющего критерия выбрано наихудшее значение в комбинации из двух параметров (т.е. наибольшая деградация одного из параметров в данной комбинации). То есть, если хотя бы один из параметров (X или Y) имеет степень деградации 3, то объект находится в состоянии, соответствующем категории "Г". Если 2, то в "В" и т.д.

Исправному состоянию объекта соответствует область модели, в которой оба параметра имеют значения не хуже нормы (обозначено зелёным цветом и значком А).

Таблица 1

Табличная интерпретация диагностической модели.
Возможные состояния объекта при $n = 2$ и $m = 4$

№	X	Y	Категория	X+Y	Подкатег.
1	3	3	Г	6	Г-4
2	3	2		5	Г-3
3	2	3		5	Г-3
4	3	1		4	Г-2
5	1	3		4	Г-2
6	3	0		3	Г-1
7	0	3		3	Г-1
8	2	2	В	4	В-3
9	2	1		3	В-2
10	1	2		3	В-2
11	2	0		2	В-1
12	0	2	2	В-1	
13	1	1	Б	2	Б-2
14	1	0		1	Б-1
15	0	1		1	Б-1
16	0	0	А	0	А

В таблице 1, кроме категорий состояния, введены ещё и "оттенки", или подкатегории. В рассматриваемом условном случае подкатегории состояния объекта определяются внутри категории по условной сумме номеров степеней деградации параметров. Такое определение подкатегорий выбрано исключительно в качестве примера, на практике может быть выбран другой критерий или подкатегории могут вообще не вводиться.

Следует отметить, что в общем случае применительно к абстрактной модели делается качественная оценка параметров типа "хуже-лучше" (а не "больше-меньше"), поскольку, например, возрастание отношения сигнал/шум является улучшением, а возрастание коэффициента искажений – ухудшением. Именно поэтому вводится универсальное понятие "деградация", отражающее ухудшение состояния диагностируемого объекта.

Все градации категорий состояния объекта заключены между нормальным (исправным) состоянием и состоянием отказа.

Нормальное (исправное) состояние диагностируемого объекта определяется значениями его параметров, установленными требованиями технической документацией на объект (в частности, техническим паспортом).

Отказ диагностируемого объекта – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта, т.е. переход объекта в неработоспособное состояние.

Как уже указывалось, количество категорий состояния между исправным состоянием и отказом определяется особенностями объекта диагностирования и спецификой его эксплуатации. Ниже приведены определения некоторых состояний, взятые из нормативных документов [2-4], а также из [1]:

– **нормальное (исправное) состояние**, при котором объект способен выполнять все установленные для него функции. Критерий нормального состояния – полное соответствие параметров всем установленным требованиям.

– **работоспособное состояние**, при котором объект способен выполнить требуемую функцию при условии, что предоставлены необходимые внешние ресурсы. Объект в одно и то же время может находиться в работоспособном состоянии для выполнения некоторых функций и в нерабо-

тоспособном состоянии для выполнения других функций. Критерий – выполнение функций.

– **неработоспособное состояние** (состояние отказа), при котором объект не способен выполнить требуемую функцию по любой причине. Критерий – невыполнение функций.

– **неисправное состояние**, при котором объект может находиться как работоспособном, так и не в работоспособном состоянии. Критерий неисправного состояния – несоответствие хотя бы одного из параметров установленным требованиям.

– **предотказное состояние**, при котором влияющие на работоспособность параметры объекта стремятся к верхним или нижним границам норм, выход за пределы которых приводит к отказу объекта. Предотказное состояние является одним из видов неисправного состояния.

– **состояние повреждения** – приемлемая для пользователя разновидность неисправного состояния, при котором объект не полностью способен выполнить требуемую функцию.

Практическим примером неисправного, но работоспособного состояния может служить устройство с "горячим" резервом или с дублированными блоками (например, первичный эталонный генератор тактовой частоты – ПЭГ, имеющий несколько первичных эталонных источников – ПЭИ). Отказ резервного или дублирующего блока приводит устройство в неисправное состояние (снижается надёжность), но оно остаётся при этом полностью работоспособным.

Графическая интерпретация рассматриваемой двумерной модели имеет вид плоскостной диаграммы (рис. 2).



Рис. 2. Пример двумерной модели состояния объекта

Обозначения, принятые на рис. 2, соответствуют принятым в табл. 1. Значками 0, 1, 2, и 3 показаны условные области на осях X и Y, соответствующие степеням деградации параметров.

Следует также отметить, что для обозначения условных областей на осях параметров не требуется соблюдать какой-либо реальный масштаб, соответствующий числовым значе-

ниям параметров. Для удобства в данном примере выбран равномерный шаг значений деградации параметров, вследствие чего области 16 возможных состояний (области подкатегорий) имеют форму квадратов.

Значения параметров в данный момент времени определяют координаты точки, отражающей актуальное состояние объекта. Актуальное состояние (категория состояния) определяется областью, в которой в данный момент времени находится вышеуказанная точка (на рис. 2 это область исправного состояния А и области категорий деградации от Б до Г). Непрерывный или периодический контроль параметров позволяют построить траекторию движения точки состояния во времени и тем самым выявить тенденцию и прогнозировать состояние объекта.

В качестве другого примера двумерной модели рассмотрим случай, когда параметры X и Y имеют разное количество степеней деградации:

- параметр X – три степени 1, 2 и 3 ($m_x = 4$);
- параметр Y – одну степень 3 ($m_y = 2$).

Соответствующая модель в табличной и графической форме представлена в виде табл. 2 и рис. 3.

Таблица 2

Табличная интерпретация диагностической модели. Возможные состояния объекта при $n = 2$; $m_x = 4$; $m_y = 2$

№	X	Y	Категория	X+Y	Подкатегория
1	3	3	Г	6	Г-4
2	2	3		5	Г-3
3	1	3		4	Г-2
4	0	3		3	Г-1
5	3	0	В	3	Г-1
6	2	0	В	2	В
7	1	0	Б	1	Б
8	0	0	А	0	А

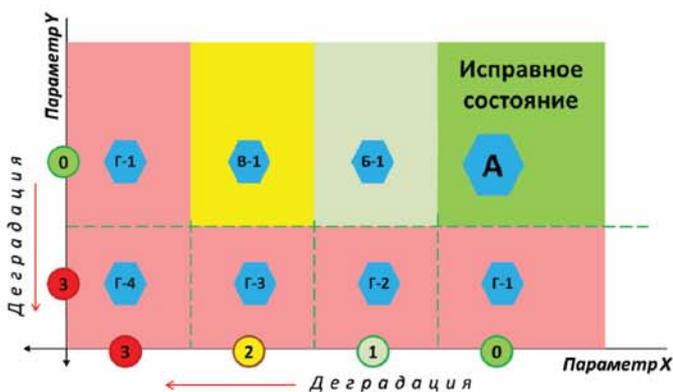


Рис. 3. Двумерная модель состояния объекта при $n = 2$; $m_x = 4$; $m_y = 2$

Как правило, нецелесообразно вводить большое количество условных областей, соответствующих той или иной степени деградации параметров. В большинстве случаев представляется вполне достаточным введение трёх областей

(зон) деградации каждого из параметров как это сделано в табл. 1 и на рис. 2:

- зона 0 – отсутствие деградации, нормальное значение;
- зона 1 – первая степень деградации параметра;
- зона 2 – вторая степень деградации параметра;
- зона 3 – третья степень деградации параметра.

Если количество зон деградации на практике ограничивается двумя-тремя, то количество диагностических параметров сильно зависит от специфики объекта, и может быть большим.

При переходе от абстрактной модели к модели состояний конкретного объекта целесообразно количество степеней деградации объекта увязать с количеством и видами последствий, направленных на восстановление исправного состояния объекта.

Представляет интерес графическая интерпретация **трёхмерной модели** состояний объекта, когда его состояния определяются тремя параметрами – X, Y и Z. Итак, $n=3$; $m=4$ (три степени деградации для всех трёх параметров). В этом случае число возможных состояний объекта $N = m^n = 4^3 = 64$.

Возможные состояния объекта, соответствующие комбинациям значений параметров X, Y и Z, представлены в табл. 3.

В таблице 3 с целью экономии места исключён ряд строк, что практически не снижает информативность таблицы, так как алгоритм формирования строк очевиден.

В данном рассматриваемом случае возможные 64 состояния распределены по четырём условным категориям.

В качестве критерия принадлежности к той или иной категории задано (как и в предыдущих примерах двумерной модели) наихудшее значение параметра в комбинации из трёх параметров.

В соответствии с этим условием в таблице 3 указаны категории, обозначенные цветом и буквами А, Б, В и Г. От Б к Г происходит увеличение деградации состояния объекта:

- категория А – исправное состояние;
- категория Б – неисправное состояние первой степени;
- категория В – неисправное состояние второй степени;
- категория Г – неисправное состояние третьей степени.

Принадлежность состояния объекта к той или иной категории определяется значениями параметров X, Y, Z:

Категория А – все три параметра лежат в зоне 0 (имеют значения, равные норме или лучше).

Категория Б – самый худший параметр лежи в зоне 1 (по крайней мере, один параметр не в норме, имея первую степень деградации).

Категория В – самый худший параметр лежи в зоне 2 (по крайней мере, один параметр не в норме, имея вторую степень деградации).

Категория Г – самый худший параметр лежи в зоне 3 (по крайней мере, один параметр не в норме, имея третью степень деградации).

Количество категорий равно количеству зон. В таблице 3, так же как и в табл. 1 и 2, кроме категорий состояния введены ещё и "оттенки", или подкатегории. Наличие подкатегорий облегчает визуализацию трёхмерной модели.

Табличная интерпретация диагностической модели.
Возможные состояния объекта при $n = 3$ и $m = 4$

№	X	Y	Z	Категория	X+Y+Z	Подкатег.	
1	3	3	3	Г	9	Г7	
2	3	3	2		8	Г6	
3	3	2	3		8	Г6	
4	2	3	3		8	Г6	
5	3	3	1		7	Г5	
6	3	1	3		7	Г5	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
9	2	3	2	Г	7	Г5	
10	2	2	3		7	Г5	
11	3	3	0		6	Г4	
12	3	0	3		6	Г4	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
18	1	2	3	Г	6	Г4	
19	1	3	2		6	Г4	
20	3	2	0		5	Г3	
21	3	0	2		5	Г3	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
27	1	3	1	Г	5	Г3	
28	1	1	3		5	Г3	
29	3	1	0		4	Г2	
30	3	0	1		4	Г2	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
33	0	3	1	Г	4	Г2	
34	0	1	3		4	Г2	
35	3	0	0		3	Г1	
36	0	3	0		3	Г1	
37	0	0	3		3	Г1	
38	2	2	2		6	В5	
39	2	2	1		5	В4	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
40	2	1	2	В	5	В4	
41	1	2	2		5	В4	
42	2	2	0		4	В3	
43	2	0	2		4	В3	
↓	↓	↓	↓		↓	↓	↓
46	1	2	1		В	4	В3
47	1	1	2			4	В3
48	2	1	0	3		В2	
49	2	0	1	3		В2	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
52	0	1	2	В	3	В2	
53	0	2	1		3	В2	
54	2	0	0		2	В1	
55	0	2	0		2	В1	
56	0	0	2		2	В1	
57	1	1	1		3	Б3	
58	1	1	0		2	Б2	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
59	1	0	1	Б	2	Б2	
60	0	1	1		2	Б2	
61	1	0	0		1	Б1	
62	0	1	0		1	Б1	
63	0	0	1		1	Б1	
64	0	0	0		А	0	А

Подкатегории состояния объекта определяются внутри категории по условной сумме номеров зон, в которых находятся значения параметров (как уже указывалось, может быть выбран и другой критерий). Подкатегория 1 соответствует минимальной сумме в рамках данной категории. Увеличение номера подкатегории соответствует большей деградации объекта:

- категория А (исправное состояние) не имеет подкатегорий (сумма номеров зон равна нулю);
- категория Б содержит подкатегории Б1-Б3;
- категория В содержит подкатегории В1-В5;
- категория Г содержит подкатегории Г1-Г7.

В системе координат X, Y, Z совокупность возможных состояний объекта интерпретируется как куб – куб состояний. Система координат, на основе которой строится куб состояний, представлена на рис. 4.

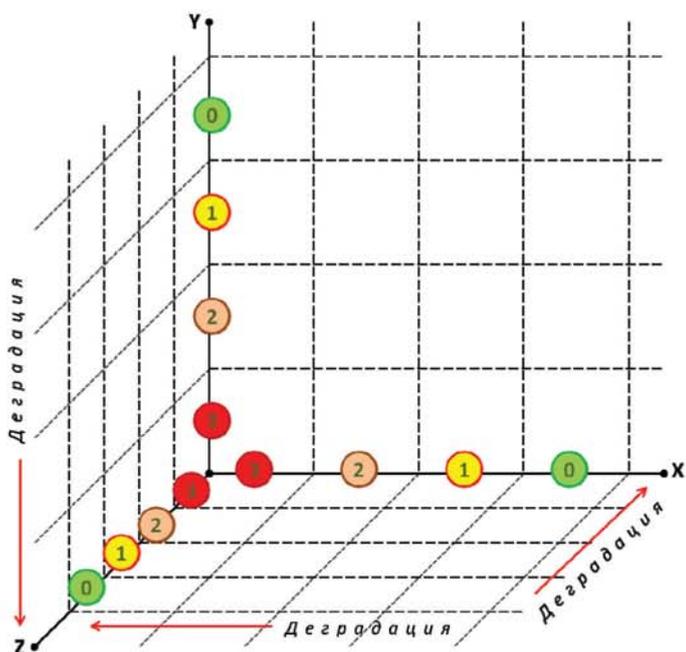


Рис. 4. Система координат трёхмерной модели

Из рисунка 4 видно, что любая комбинация X, Y, Z из таблицы 3 соответствует в системе координат определённой кубической области.

Куб состояний состоит из 64 таких элементарных кубиков, каждый из которых отображает определённую подкатегорию состояний (правый столбец табл. 3).

Процесс построения куба состояний представлен на следующих рис. 5-7.

На рисунке 5 показаны все разновидности элементарных кубиков, из которых строится куб состояний.

Количество кубиков каждой разновидности в кубе состояний можно определить из табл. 3. Результат приведён в табл. 4.

Куб состояний изображён на рис. 7. Для того чтобы представить "начинку" куба, на рис. 6 показаны условные этапы его формирования.

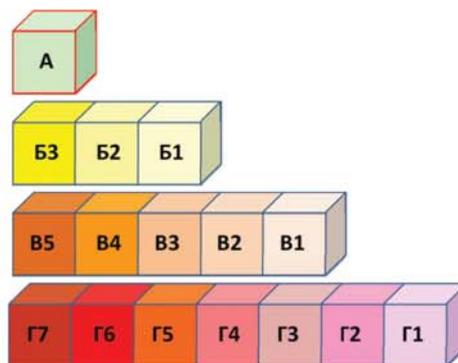


Рис. 5. Компоненты трёхмерной модели

Таблица 4

Компоненты куба состояний

Компонент	Количество	Категория	Состояние
А	1	А	Исправное
Б1	3	Б	Неисправное 1-й степени
Б2	3		
Б3	1		
В1	3	В	Неисправное 2-й степени
В2	6		
В3	6		
В4	3		
В5	1		
Г1	3	Г	Неисправное 3-й степени
Г2	6		
Г3	9		
Г4	9		
Г5	6		
Г6	3		
Г7	1		
Σ	64	4	

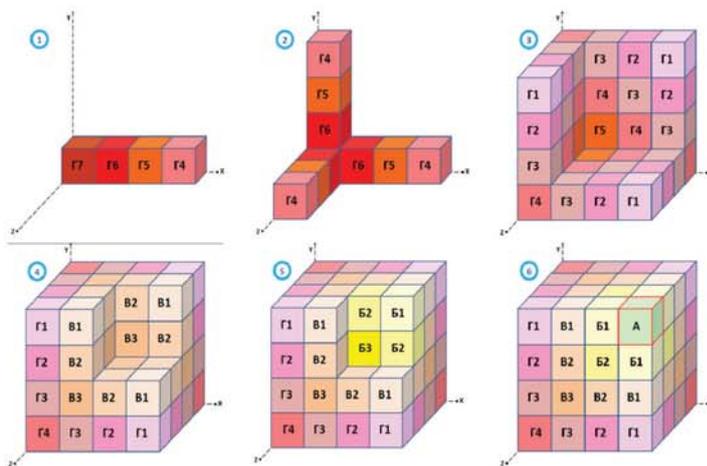


Рис. 6. Этапы построения куба состояний

Графическое изображение модели при n, равном двум или трём, позволяет наглядно представить совокупность возможных состояний объекта.

При n>3 графическое изображение в принципе тоже возможно [5]. Однако многомерные изображения настолько сложные, что всякая наглядность теряется. В таких случаях целесообразно пользоваться таблицей состояний.

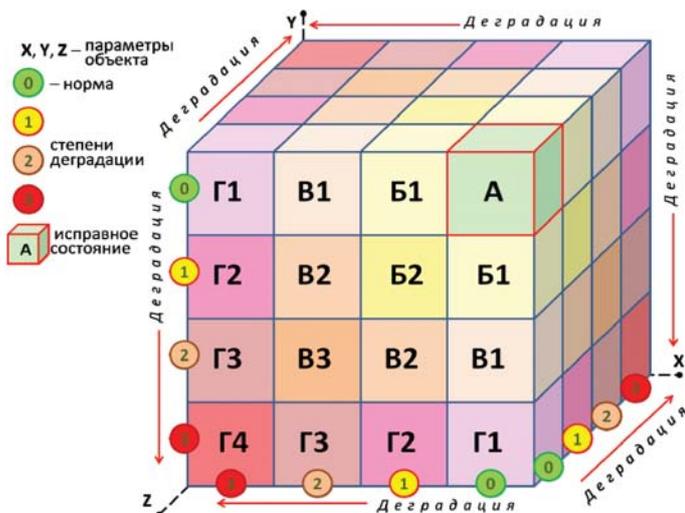


Рис. 7. Трёхмерная модель состояния объекта – куб состояний

Если принять такой же критерий определения категорий состояния объекта, как и в предыдущих примерах, то количество категорий в общем случае будет равно m .

Заключение

Так как система диагностики позволяет прогнозировать, обнаруживать и локализовать неисправности, её эффект должен заключаться в профилактике повреждений, в

уменьшении времени ликвидации повреждений, что приводит в результате к повышению коэффициента готовности диагностируемого объекта.

В статье показаны примеры построения различных диагностических моделей в табличной и графической форме. Формальное представление возможных состояний диагностируемых объектов в виде диагностических моделей позволяет автоматизировать процесс диагностики. Это даёт возможность непрерывно контролировать состояние объекта любой сложности в реальном масштабе времени, выявлять и прогнозировать тенденции изменения состояния. Представляется также возможным управлять действиями эксплуатационного персонала по устранению повреждений, а, в некоторых случаях, и автоматизировать этот процесс.

Литература

1. Основы технической диагностики. Лекция. <http://refleader.ru/poljgeyfsyfs.html>
2. ГОСТ 20911-89 "Техническая диагностика. Термины и определения". Переиздание ноябрь 2009.
3. ГОСТ 32192-2013. "Надёжность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения".
4. ГОСТ Р 53953-2010 "Электросвязь железнодорожная. Термины и определения".
5. "Визуализация многомерных дихотомий". StatSoft Russia. http://www.statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches/detail.php?ELEMENT_ID=666.

DIAGNOSTIC MODEL OF POSSIBLE STATES OF AN OBJECT

Andrey M. Mekkel, Central Telecommunication Station – affiliated branch of Russian Railways Company, Leading technologist of engineering department, mekkelam@css.rzd.ru

Abstract

The article is devoted to formalize the process of possible statuses diagnosing of a technical object. The result of the diagnosis is to determine the condition diagnosed object in real-time with a view to the timely identification of deviations from the normal state, as well as the prediction of such deviations. In order to formalize the recognition process, it is necessary to determine several discrete status categories in a diagnosed object. The target of the diagnosis process of is to map the current values of parameters of an object with one of these categories. The possible statuses of a certain abstract object can be interpreted in the form of a diagnostic model. Diagnostic model is a formal description of the object, for example, analytical, graphical, tabular, vector or other form. The article shows examples of different diagnostic models in tabular and graphical forms. Formal presentation of possible States diagnosed objects as diagnostic models allows you to automate the process of diagnosis. This makes it possible to continuously monitor the State of the object of any complexity in real-time to identify and predict trends in the State. It is also possible to manage the operational personnel to address damage and, in some cases, and automate this process.

Keywords: technical diagnostics, technical diagnosis, technical state of an object, diagnostic model, abstract modeling, good state, faulty state, disabled state, operability, failure.

References

1. Fundamentals of technical diagnostics. Lecture. <http://refleader.ru/poljgeyfsyfs.html>
2. GOST 20911-89 Technical diagnostics. Terms and definitions. Reissue November 2009.
3. GOST 32192-2013. Reliability in railway vehicles. Basic concepts. Terms and def-initions.
4. GOST R 53953-2010 Telecommunications railway. Terms and definitions.
5. The visualization of multidimensional dichotomies. StatSoft Russia. http://www.statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches/detail.php?ELEMENT_ID=666.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дымкова Светлана Сергеевна,
МТУСИ, Москва, Россия, ds@media-publisher.ru

Ключевые слова: информационная система,
продвижение научных публикаций,
научные исследования.

Успешно выполненные научные исследования и опубликованные по их результатам тексты включаются в процесс научных коммуникаций. Научные коммуникации – система продвижения сформулированных научных идей, подтвержденных теоретическими и экспериментальными исследованиями внутри научного сообщества, включения их в процесс распространения научных знаний посредством различных каналов, средств и форм коммуникации. Это совокупность видов профессионального общения в научном сообществе, один из главных механизмов развития науки, способа осуществления взаимодействия исследователей и экспертизы полученных результатов.

Структурированные информационные системы, разработанные и поддерживаемые специалистами различных отраслей науки, являются прекрасной базой для продвижения научных публикаций. Отраслевая информационная система, предложенная в данной работе, предлагает авторам научных публикаций воспользоваться структурированным ресурсом для продвижения результатов своих исследований.

На ресурсе размещены все основные варианты продвижения научных работ (участие в конференциях, публикация статей в сборниках трудов, издание книг и учебных пособий, публикация статей в научной периодике, информация по наиболее популярным онлайн-научным платформам). Каждый вариант рассчитан на различные уровни научной работы – от исследований молодых ученых (работы, студентов, аспирантов и магистрантов), до публикации работ научно-педагогических работников, имеющих ученые степени.

Научные данные, которые находятся на платформе единой отраслевой информационной системы могут быть использованы:

- в образовательном процессе для поэтапного обучения начинающих исследователей методологии написания научных статей международного уровня;
- для продвижения различных видов научных работ в рамках единого информационного ресурса (статьи в сборниках трудов конференций и в научных журналах, научные издания, инициативы открытого доступа);
- для продвижения исследований сотрудников организации в международном научном сообществе и закрепления приоритета на научные открытия.

Информация об авторе:

Дымкова Светлана Сергеевна, Московский технический университет связи и информатики (МТУСИ), Отдел организации научной работы и публикационной активности, начальник сектора информационных ресурсов, Москва, Россия

Для цитирования:

Дымкова С.С. Разработка информационной системы для продвижения результатов научных исследований // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 38-41 .

For citation:

Dymkova S.S. (2017). Development of information system for promotion of scientific research results. *T-Comm*, vol. 11, no.7, pp. 38-41. (in Russian)

Эффективное развитие современной науки и техники требует более совершенных возможностей доступа ученых и всех заинтересованных лиц к источникам информации, производимой научным сообществом. В настоящее время существует множество научных информационных систем, предназначенных для обеспечения информационной работы по науке для институтов и научных коллективов. Например, во многих странах мира фактически каждый университет имеет информационную систему, в которой хранятся данные о ведущихся научных проектах их коллективов. Однако такие частные системы для науки недостаточны, так как они не удовлетворяют требованиям широкого доступа к информации ученых и инвесторов. Системы реферирующих библиотечных организаций позволяют хранить информацию о статьях, произведенных научным сообществом в какой-то области в целом, персонах, тематические каталоги. Но организации, как правило, не имеют достаточных человеческих ресурсов для сбора и анализа информации со всех журналов и интернет-ресурсов. Поэтому необходима интеграция данных информационных систем о проведенных научных исследованиях.

Значительный рост использования научных информационных систем показывает потребность ученого сообщества в таких проектах. Появился устойчивый термин в англоязычной среде для обозначения таких систем – CRIS (Current Research Information System), который обозначает информационную систему для доступа к научной и академической информации. Создана EuroCRIS – профессиональная организация исследователей, руководителей научных групп и институтов стран Европейского Союза по научным информационным системам.

Среди пользователей CRIS можно выделить следующие категории:

- ученые (наука);
- преподаватели, учителя, студенты (образование);
- директора институтов, аналитики, консультанты (управление наукой);
- эксперты, финансисты, финансирующие организации (финансирование науки);
- ученые и руководители проектов (координация научных исследований).

Научные информационные системы необходимы не только для исследователей, но и в аналитической, управленческой и организаторской деятельности в науке. Необходимо иметь видение всего процесса исследования.

Планирование требует работы со структурированной информацией об эффективности прошлых и настоящих исследований. Традиционно выделяют три критерия эффективности научных информационных систем для работы в области инноваций: достоверность и точность данных, а также легкость в их поиске и использовании.

Научные данные, которые находятся на платформе единой отраслевой информационной системы, могут быть использованы в образовательном процессе для поэтапного обучения начинающих исследователей методологии написания научных статей международного уровня, и продвижения различных видов их научных работ (статьи в сборниках трудов конференций и в научных журналах, научные издания, инициативы открытого доступа) в рамках единого информационного ресурса. А также для продвижения исследований

сотрудников организации в международном научном сообществе и закрепления приоритета на научные открытия.

Необходимым условием для полноты, аутентичности и актуальности информации является поддержка не централизованных архитектур информационных систем. Опыт эксплуатации научных информационных систем показал, что трудно реализуемо, во многих случаях даже невозможно, создание централизованных научных систем, которые широко охватывают информацию в одной научной области. Опыт создания таких систем завершился удачно лишь в Дании и Исландии. Примером неудачи может служить опыт создания центрального регистра в Финляндии в 1989 г. Этот регистр должен был хранить информацию об исследованиях в 20 университетах Финляндии. Вскоре стало ясно, что создание такого регистра невыполнимая задача и в 1992 г. в Министерстве Образования была создана группа для оказания помощи университетам при создании самостоятельных информационных систем. В 1994 г. этот опыт позволил не рекомендовать создание централизованных регистров научной информации. Был сделан вывод, что каждый университет должен создавать собственную научную информационную систему.

Пользователь должен иметь выбор вида предоставляемой информации. Так как большая часть научной информации быстро устаревает, то ресурс должен содержать архивные данные всех видов изданий, хранящихся на нем (архивы издаваемых научных журналов, тексты сборников трудов прошедших конференций, отраженных на данном ресурсе, а также архивы изданных монографий и учебных пособий). Данные материалы могут иметь огромную историческую ценность, которая со временем только растет. Поэтому система должна поддерживать возможность длительного хранения информационных ресурсов с возможностью их восстановления.

С точки зрения частоты использования информационной системы для науки, а также по методу доступа к данным и по требованиям к системе пользователей можно условно разделить на три типа:

Общественность – пользователи, которые посещают данный ресурс не регулярно. Например, журналисты, желающие узнать, что-то о последних достижениях. Кроме того СМИ, и широкая публика могут интересоваться статистическими данными о развитии науки, расходах на нее, и поэтому данная система может быть привлекательной для этих пользователей при условии наличия в ней таких документов.

Исследователи. Для ученых и экспертов необходимы, в первую очередь, данные для поиска информации об уже полученных научных результатах и для поиска партнеров по созданию новых научных результатов или технологий, а также по внедрению разработанных технологий в промышленность. Для того, чтобы система была привлекательной для этих пользователей необходимо, чтобы она обладала полными коллекциями информации.

Аналитики, эксперты, инвесторы. Пользователи, постоянно работающие с научной или технологической информацией. Работа этих пользователей заключается либо в поиске информации по заказу (см. например, Innovation Relay Center, <http://www.cordis.lu/irc>, Департамент Инновационных Разработок РФФИ), либо в статистической и другой обра-

ботке информации, и принятии решений на ее основе. Эти пользователи нуждаются в развитых средствах поиска и классификации информации, поддержки коллекций, персональных профилей.

Исходя из вышеизложенного, сегодня необходимо создание отраслевой информационной системы для продвижения научных результатов, целью которой будет в первую очередь поэтапное обучение начинающих исследователей методологии написания научных статей международного уровня, продвижение исследований сотрудников организации в международном научном сообществе и закрепление приоритета на научные открытия.

Предлагаемая система должна прежде всего опираться на четко структурированную научную организацию в рамках ВУЗа или научно-исследовательского института. То есть представлять собой не виртуальный информационный ресурс, собирающий и систематизирующий информацию в рамках какого-либо научного направления, а научный отдел, поддерживающий данный информационный ресурс и ведущий работу индивидуально по каждому направлению.

Один из вариантов структуры данного отдела представлен на рис. 1.

ОТДЕЛ ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНОЙ РАБОТЫ
Сектор по организации научных конференций
Организация научных конференций. Мониторинг отраслевых событий. Совместная работа с ведущими выставочными компаниями отрасли.
Издательский сектор
Издание монографий и учебных пособий. Совместная работа с профильными издающими организациями.
Сектор научной периодики
Издание и продвижение профильных научных журналов, входящих в перечень ВАК и в базы данных: РИНЦ, WoS, SCOPUS и др. Работа с редакциями отраслевых журналов.
Сектор по работе с платформами открытого доступа
Использование глобальных инструментов открытого доступа и онлайн-научных платформ, сетей и поисковых научных систем для продвижения результатов научных исследований в информационном пространстве.
Центр академического письма
Методология написания научных текстов, созданных в результате исследований или теоретических обобщений на основе научного метода. Обучение написанию научных статей в формате IMRAD (Introduction, Methods, Results and Discussion).

Рис. 1. Структура отдела организации научной работы

Созданная в рамках организации структура, показанная на рис. 1, позволяет поддерживать и развивать полноценную научную информационную систему предприятия, оказывая полный спектр услуг по продвижению научных исследований (рис. 2).

Данный ресурс может использоваться для выбора первоначального варианта продвижения публикации. В дальнейшем автор может регулярно обращаться к этому ресурсу для выбора иных форм продвижения своего научного исследования. Получается «эффект одного окна», который позволяет автору, особенно молодому ученому, сориентироваться на

данном этапе и сконцентрироваться на основных направлениях его работы.



Рис. 2. Структура научной информационной системы предприятия

Результатом деятельности такой структуры будет качественное повышение уровня публикационной активности научной организации и как следствие «видимости» публикаций научных работников (рис. 3-5).

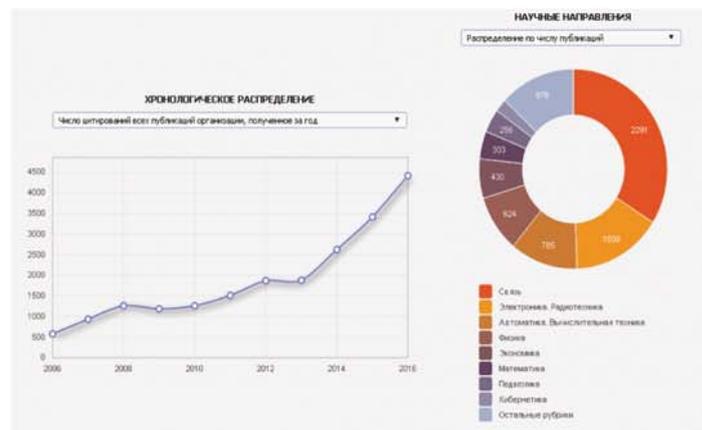


Рис. 3. Хронологическое распределение числа публикаций и цитирований организации



Рис. 4. Индикаторы публикационной активности научной организации



Рис. 5. Динамика развития научных направлений

Еще одним важным приоритетом при работе с данной системой является гарантированная защита от недобросовестных практик, существующих в современной научно-

публикационной среде. Так как отраслевая информационная система расположена на базе ВУЗа или научно-исследовательского института, то обратившись к данному ресурсу, автор защищает себя от многочисленных проблем, которые могут возникнуть при случайном обращении в «хищническое», недобросовестное издательство или организацию. Обладая этими знаниями, ученый впоследствии уже самостоятельно сможет расширить спектр управления своими публикациями.

Предложенная информационная система объединяет основные варианты продвижения результатов научных исследований (участие в отраслевых конференциях и семинарах, публикация научных статей, книг и учебных пособий, обучение академическому письму, работа с открытыми репозиториями и базами данных) и их применение для различных категорий авторов научных исследований.

Литература

1. Лопатенко А.С. Современные Научные Информационные Системы. Перспективы использования. URL: http://e-science.narod.ru/CRIS_DOC.htm. Дата обращения: 11.06.2017 г.
2. Научная электронная библиотека. URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>. Дата обращения: 11.06.2017 г.
3. Дымкова С.С. Научные технологии для продвижения результатов научных исследований // Научные технологии в космических исследованиях Земли. Спецвыпуск, 2016. С. 8-12.
4. Дымкова С.С. Новые принципы организации функционирования систем по продвижению результатов научных исследований // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2017. №1. С. 34-38.
5. Дымкова С.С. Повышение эффективности функционирования информационных систем и процессов в высшей школе // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. 2017. №2. С. 45-48.

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR PROMOTION OF SCIENTIFIC RESEARCH RESULTS

Svetlana S. Dymkova, Moscow technical university of telecommunications and informatics, Moscow, Russia, ds@media-publisher.ru

Abstract

Structured information systems, developed and supported by specialists of various branches of science, are an excellent base for the promotion of scientific publications. The sectoral information system proposed in this paper suggests that authors of scientific publications use a structured resource to promote the results of their research. The resource contains all the main options for the promotion of scientific papers (participation in conferences, publication of articles in proceedings, publication of books and manuals, publication of articles in scientific periodicals, information on the most popular online scientific platforms). Each version is designed for various levels of scientific work – from the research of young scientists (work, students, graduate students and undergraduates), to the publication of works of scientific and pedagogical workers with academic degrees. Scientific data that are on the platform of a single industry information system can be used: in the educational process for the step-by-step training of beginning researchers in the methodology of writing scientific articles at the international level; to promote various types of scientific work within the framework of a single information resource (articles in proceedings of conferences and scientific journals, scientific publications, open access initiatives); to promote the research of the organization's employees in the international scientific community and to prioritize scientific discoveries.

Keywords: information system, promotion of scientific publications, scientific research.

References

1. Lopatenko A.S. Modern Scientific Information Systems. Prospects of use. URL: http://e-science.narod.ru/CRIS_DOC.htm. (in Russian)
2. Scientific electronic library. URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>. (in Russian)
3. Dymkova S.S. (2016). High technology to promote the results of scientific research. H-ES Research. Special Issue, pp. 8-12. (in Russian)
4. Dymkova S.S. (2017). New principles of the organization of the functioning of systems to promote the results of scientific research. SINKHROINFO. Systems of signal synchronization, generating and processing, no. 1, pp. 34-38. (in Russian)
5. Dymkova S.S. (2017). Increase of efficiency of functioning of information systems and processes in higher education. Tiching methods of infocommunications in higher school, no. 2, pp. 45-48. (in Russian)

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ НОВОГО ВАРИАНТА РЕАЛИЗАЦИИ ПОДХОДА ЭЙНШТЕЙНА К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Овчинников Леон Михайлович,
ФГУП "18 ЦНИИ" МО, Россия,
leonmo2015@gmail.com

Ключевые слова: Электромагнитные явления, эфир, инерциальные системы, преобразования Лоренца, специальная теория относительности Эйнштейна.

Рассмотрены особенности предпринятой попытки создания нового варианта реализации изобретённого Эйнштейном подхода к решению проблемы инерциальных систем, в котором, в отличие от варианта реализации Эйнштейна, удалось осуществить возврат к эфиру, устранить парадокс Близнецов и установить суть самого изобретённого Эйнштейном подхода. При этом новый вариант, как и вариант Эйнштейна, основан на использовании системы постулатов, но с тем отличием, что в новом варианте за основу принимается не выполнение принципа равноправия инерциальных систем, а выполнение принципа неравноправия или принципа наличия выделенной системы отсчёта. То есть наличие системы отсчёта, в отношении которой на самом деле выполняется принцип относительности Галилея-Пуанкаре, позволяющей считать выделенную систему неподвижной, несмотря на её инерциальное движение.

Основная цель статьи – обратить внимание широкого круга специалистов (радиоинженеров, физиков и занимающихся вопросами естествознания философов) на две работы [1, 2], посвящённые решению проблемы, относящейся к электродинамике инерциально движущихся систем (тел), т.е. к специальной теории относительности (СТО) Эйнштейна [3, 4], и кратко ознакомить с их содержанием. В указанных работах изложен новый вариант реализации подхода Эйнштейна к решению проблемы инерциальных систем, в рамках которого установлена суть изобретённого Эйнштейном подхода к решению проблемы, выявлены причины возникновения собственных проблем СТО Эйнштейна и найдены способы их решения.

В компактной форме приводятся побудительные мотивы обращения к поиску нового варианта решения проблемы инерциальных систем, ключевые моменты нового варианта реализации подхода Эйнштейна и основные особенности полученных результатов. При этом отметим, что в силу особенностей самой решаемой проблемы мы не можем категорически утверждать, что все используемые в работах рассуждения и полученные результаты выражают собой истину в последней инстанции. В то же время мы не можем не отметить, что знакомство с содержанием приведенных работ не будет пустой тратой времени. Читатели узнают много любопытных вещей, которые имеют право на существование и от которых нельзя просто так отмахнуться. Вполне определённо можно сказать, что новый вариант реализации подхода Эйнштейна к решению проблемы инерциальных систем является более содержательным и более правдоподобным, чем вариант реализации, изложенный в самой СТО Эйнштейна.

Информация об авторе:

Овчинников Леон Михайлович, главный научный сотрудник ФГУП "18 ЦНИИ" МО РФ. д.т.н., Москва, Россия

Для цитирования:

Овчинников Л.М. Об особенностях нового варианта реализации подхода Эйнштейна к решению проблемы инерциальных систем // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 42-27.

For citation:

Ovchinnikov L.M. (2017). About features of a new variant of realisation of the approach of Einstein to the decision of a problem of inertial systems. T-Comm, vol. 11, no.7, pp. 42-47. (in Russian)

I. ПОБУДИТЕЛЬНЫЕ МОТИВЫ

1. Основным побудительным мотивом к тому, чтобы заняться тематикой, относящейся к области фундаментальных исследований, было желание вернуть радиоинженерам законное право использовать в своих рассуждениях представления о существовании эфира, в котором возникают, пребывают и распространяются электромагнитные явления. Т.е. вернуть право, отнятое у них Большой наукой в связи с созданием специальной теории относительности. Иначе говоря, вернуть право, которое для радиоинженеров является настолько естественным и необходимым, что многие даже не подозревают, что они, используя в своих рассуждениях эфир, нарушают фундаментальные законы. К этому надо добавить, что и сам Эйнштейн в своей общей теории относительности (ОТО) пришёл к выводу о необходимости включения в её состав представлений об эфире. Что же касается СТО, которая является основанием для ОТО, то она по-прежнему отвергает его наличие. Всё это указывает на то, что СТО Эйнштейна должна быть скорректирована таким образом, чтобы представления о существовании эфира входили в её состав без всяких сомнений и были её исходным основанием.

Однако основная установка при построении нового варианта теории, **названного теорией инерциальных систем**, состоит не только в том, чтобы вернуть в физику эфир, но и в том, чтобы одновременно сохранить изобретённый Эйнштейном подход к решению проблемы инерциальных систем, основанный на использовании, как и при построении чисто математических теорий, соответствующей системы постулатов. То есть системы постулатов, заменяющей собой недоступные непосредственному восприятию глубинные механизмы взаимоотношений между образующими системы физическими явлениями и средой их возникновения и пребывания. Другими словами, сохранить подход, в котором создание физической теории производится по образу и подобию создания чисто математической теории.

При этом в основу построения новой теории положена не гипотеза отсутствия эфира, как в теории Эйнштейна, и не гипотеза абсолютно неподвижного мирового эфира, как в теории Лоренца-Пуанкаре, а гипотеза увлекаемого массивными телами эфира. В этой гипотезе выражено наличие взаимодействия эфира и существующих в его недрах организованностей (систем), в результате которого одни движущиеся системы могут увлекать за собой эфир и тем самым оставаться неподвижными относительно друг друга, а другие не могут его увлекать собой и в силу этого испытывать не себе их относительное движение.

2. Ко второй причине, побудившей поиск нового варианта реализации подхода Эйнштейна, необходимо отнести установленное в процессе анализа теории обстоятельство, которое даёт основания утверждать, что проблема времени в СТО Эйнштейна в общем случае решена неверно. Так, если делается вывод, что в движущейся системе пространственные размеры сокращаются, то время в такой системе должно не замедлять свой темп, как обычно считается, а, напротив, ускорять. В общем случае в движущейся системе пространственные и временные масштабы (пространственные и временные линейки) должны одновременно либо сокращаться, либо расширяться, либо оставаться неизменными.

Это можно обосновать несколькими способами. Наиболее простым могут быть следующие рассуждения. Из законов Максвелла следует, что если мы хотим от генератора на объемном резонаторе получить более высокую частоту, то мы должны уменьшить размеры этого резонатора. Если выход такого генератора подключить к счётчику, то получим часы, тикающие более часто, чем раньше. Это одно из свойств законов Максвелла. Другим свойством законов Максвелла является их **ковариантность** (а не **инвариантность**, как часто пишут) в отношении преобразований Лоренца. Если мы при попытке установить физический смысл этого факта приходим на основании каких-то соображений (правил трактовки) к выводу, что в преобразованиях Лоренца содержатся сведения, указывающие на сокращение пространственных размеров инерциально движущихся систем (тел), то мы должны на основании этих же соображений также признать, что в преобразованиях Лоренца содержатся сведения, указывающие на увеличение темпа времени в движущихся системах. Иная трактовка преобразований Лоренца в отношении времени должна рассматриваться как ошибочная. Так, в частности, принимая, что время в движущейся системе всё-таки замедляет свой темп, мы никогда не обеспечим равенство по абсолютной величине значений скорости относительного движения, измеренных из разных систем. А это означает нарушение логики рассуждений, связанных с прямыми и обратными преобразованиями Лоренца, в которых принимает участие только одно её значение, независимое от системы, в которой получено это значение. **Иначе говоря, существующее решение проблемы времени фактически противоречит исходным основаниям теории.**

3. Третий побудительный мотив связан с проблемой, решением которой является утверждение о неизменности поперечных размеров системы (тела) при преобразовании инерциальных движений. Т.е. утверждение, что при преобразовании инерциальных движений сфера при скоростях, близких к скорости света, переходит в плоский диск. В новой теории показывается, что это утверждение является ошибочным. На самом деле сфера при преобразовании инерциальных движений может переходить в сферу, которая может быть либо меньшего размера, либо большего, либо оставаться неизменной. То есть сфера может переходить либо в точку, либо в сферу бесконечного радиуса. В преобразованиях Лоренца математические равенства $u = u'$ и $z = z'$ вводят в заблуждение. На самом деле они говорят не об **инвариантности** (не об **неизменности** как таковой), а о **ковариантности** (о **согласованных изменениях**). Величины u , u' , z , z' являют собой количественное описание протяжённостей. В формировании этих описаний участвуют два вида качественных описаний. Один из них представляет саму описываемую протяжённость как таковую, которую предстоит количественно оценить (измерить). Другой вид качественного описания представляет собой меру протяжённости, выделенную (назначенную) волевым решением из имеющегося множества протяжённостей и используемую в измерительных операциях как эталон (меру). Ясно, что как бы не менялись протяжённости как качества, их количественные оценки будут оставаться неизменными. Это плата за те удобства, которые предоставляются количественным описанием происходящего. Количественное описание происходящего может скрывать фактическое положение дел и тем

самым вводить в заблуждение. Это означает, что методология научного познания Галилея, ориентированная на количественное описание, может давать сбои. Можно сказать, что СТО Эйнштейна – это результаты познавательной деятельности, в которых нашли своё отражение проблемы, связанные с выходом на границы применимости чисто математического (количественного) подхода к познанию происходящего в физическом мире. Ощущается явная необходимость участия в познавательной деятельности не только чисто качественных (чисто физических) представлений, но и метафизических, выходящих за пределы физики как таковой. В связи с этим не является случайным привлечение для решения собственных проблем СТО Эйнштейна общесистемных представлений на основе концепции триединства, которые в работах были важным организующим, направляющим и нацеливающим средством познания.

II. КЛЮЧЕВЫЕ МОМЕНТЫ

К ключевым моментам нового варианта реализации подхода Эйнштейна могут быть отнесены следующие основные положения.

1. Преобразования Лоренца – это одна из математических форм представления (описания) закона изменения закона, которому подчиняются электромагнитные явления в системе, при переходе системы из состояния покоя в состояние инерциального движения (при преобразовании инерциальных движений). То есть в новой реализации различаются три вида математических форм представления (описания) происходящего в физическом мире:

- математическая форма представления самих (электромагнитных) явлений как таковых;
- математическая форма представления закона, которому подчиняется множество (электромагнитных) явлений;
- математическая форма представления закона изменения закона, которому подчиняется множество (электромагнитных) явлений, при преобразовании инерциальных движений.

2. Законы классической электродинамики Максвелла не инвариантны в отношении преобразований Лоренца, а ковариантны. А это означает, что законы, которым подчиняются электромагнитные явления, при преобразованиях Лоренца всё-таки меняются. Согласованно, но меняются. Иначе будет утрачен всякий смысл как в самом построении теории, получившей по разным причинам некорректное **название «теория относительности»**, предполагающее отсутствие каких-либо изменений, так и в поиске решений рассматриваемых в теории задач. Другими словами, законы классической электродинамики Максвелла при переходе системы из состояния покоя в состояние инерциального движения меняются и при определённых условиях с помощью электромагнитных явлений этой системы можно установить факт её инерциального движения.

3. СТО Эйнштейна – это кинематическая теория. Новая же теория – динамическая. Такое превращение статуса теории стало возможным благодаря коррекции и уточнения состава используемой системы постулатов и введения особой трактовки её содержания. Главным в этой трактовке явилось использование в ней общесистемных представлений на основе концепции триединства и включение в связи с

этим в её состав представлений о 3-х степенях соответствия истинному положению дел провозглашаемых в постулатах принципов, число которых также равно трём.

Так, полагается, что в реальном (проявленном) мире нет всеобщего равноправия! Если оно и есть, то только в идеальном мире. Поэтому, формируя систему постулатов, мы должны включить в её состав постулат, провозглашающий наличие выделенной системы, обеспечивая тем самым соответствие с истинным положением дел. Этим постулатом представляется то, что есть на самом деле.

В качестве другого постулата принимается постулат, содержание которого в отношении соответствия с истинным положением дел занимает противоположное положение. Т.е. в нём провозглашается выполнение того, что на самом деле не выполняется. Полагается, что в теории таким постулатом должен стать постулат, в котором в отношении **подвижной системы** провозглашается соблюдение принципа относительности. Но это соблюдение должно рассматриваться не как свершившийся факт, а как стремление к его свершению или как требование того, чтобы это свершение состоялось. Этим постулатом выражается **цель** всего происходящего в движущейся системе. Другими словами, созидательная сила этого постулата содержится в его несоответствии с истинным положением дел, т.е. в его несвершённости. И эта сила утрачивается, если цель будет достигнута (принцип относительности на самом деле будет выполнен). Такая трактовка постулата будет иметь смысл только в том случае, если инерциальное движение подвижной системы происходит в недрах выделенной системы, в отношении которой **на самом деле** выполняется принцип относительности Галилея-Пуанкаре. Ибо это не только даёт право считать выделенную систему неподвижной, несмотря на её фактическое движение, но и даёт основание для **реального стремления происходящего в подвижной системе** к тому, чтобы в отношении законов, которым подчиняется это происходящее, выполнялся принцип относительности.

Между этими двумя противоположными по отношению к истинному положению дел постулатами должен быть постулат, который является между ними посредником, несущим собой не противостояние, а согласие. Для выполнения посреднической миссии этот постулат должен обладать двойственной природой в отношении соответствия истинному положению дел. Так в нём должен провозглашаться такой принцип, выполнение которого одновременно и соответствует истинному положению дел и в то же время рассматривается как стремление к тому, чтобы это было так. Таким является постулат, в котором провозглашается выполнение принципа постоянства скорости света. Однако на самом деле его выполнение гарантировано только по отношению к выделенной системе отсчёта. По отношению к подвижной системе отсчёта его выполнение должно рассматриваться только как стремление быть выполненным. То есть если в отношении выделенной системы выполнение этого принципа является свершившимся фактом (истинным положением дел), то в отношении подвижной системы его выполнение должно быть не реальным фактом, а только целью, к которой должно стремиться всё происходящее в подвижной системе. При такой системе постулатов поиск решения проблемы строится на следующих трёх равноправных, равноценных и равновеликих «китах».

1) На указании направления, в котором необходимо двигаться (постулат о соблюдении принципа относительности) и которое не является надуманным, а как бы диктуется самой природой (всё в **движущейся** системе «хочет», чтобы при её переходе из состояния покоя в состояние инерциального движения в ней, **как и в выделенной системе**, ничего не менялось).

2) На указании того, как это движение должно осуществляться (постулат о соблюдении принципа постоянства скорости света).

3) На указании того, что должно стать реальной основой движения в указанном направлении указанным способом (постулат о соблюдении принципа выделенной системы).

4. Таким образом, сопоставляя чисто математические и чисто физические теории, можно сказать, что постулаты в математической теории являют собой кинематику. Постулаты же в физической теории, создаваемой по образу и подобию создания чисто математических теорий, должны являть собой не кинематику, а динамику (представлять собой какую-то «механику» - «механику» для законов). В связи с этим постулаты в чисто математической теории и постулаты в физической теории должны иметь разное смысловое содержание в отношении степени их соответствия истинному положению дел. Если в математической теории используются постулаты, в которых представлено то, что есть на самом деле, то в физической теории используемые постулаты не обязаны соответствовать тому, что есть на самом деле. В её состав должны входить постулаты, которые представляют не то, что есть, а то, что хотелось бы иметь. В таких постулатах должно быть выражено требование, запускающее соответствующие механизмы, приводящие к изменению законов, которым подчиняются электромагнитные явления в системе. Постулаты-требования – это своего рода законодвигущие силы.

5. Специальная теория относительности (СТО) Эйнштейна – эта теория, в которой её создатели, по всей видимости, впервые столкнулись с проявлением границы применимости методологии научного познания Галилея. Методологии, которая делает ставку не на выявление качественной картины происходящего (не на выявление того, что и как), а на количественное описание, связанное с ответом на вопрос «сколько». Методологии, которая успешно применялась при описании явлений и установлении законов, которым подчиняется множество явлений. Методологии, которая стала давать сбои при познании законов, в соответствии с которыми меняются законы в системе при смене её состояния движения.

6. Необходимо чётко и ясно различать математическую форму закона законов и её содержание и иметь в виду, что одна и та же математическая форма в зависимости от условий, ситуаций и обстоятельств может иметь разные трактовки (интерпретации, расшифровки). Одинаковость форм прямых и обратных преобразований Лоренца ещё не означает, что они имеют одинаковое содержание (одинаковую трактовку). Кроме того, линейные по форме законы законов могут быть нелинейными по содержанию. Ибо только нелинейность закона законов может привнести что-то новое в законы, которым подчиняются электромагнитные явления. Поскольку все формы связаны между собой теми или иными математическими преобразованиями, то приведенные особенности могут быть выражены утверждением, что преобра-

зования математической формы закона законов могут сопровождаться изменением смысла используемых в них символов!

7. При решении проблемы инерциальных систем в заблуждение может вводить не только использование наглядных геометрических построений, но и самой математики как таковой. При этом если от использования наглядных геометрических построений можно как-то уклониться, то без математики мы не можем обойтись. Единственным выходом может стать только правильное понимание статуса математики и характера её связи с фактическим положением дел. В основе этого понимания должна лежать какая-то метафизика, какое-то общее представление об устройстве мироздания в целом вместе с познающим субъектом и всеми его атрибутами, обеспечивающими саму возможность познания.

8. На всём протяжении создания новой теории инерциальных систем в качестве организующего, направляющего и нацеливающего средства познания использовались общесистемные представления на основе концепции триединства. Это дало возможность автору по-новому взглянуть на суть изобретённого Эйнштейном подхода к решению проблемы инерциальных систем, установить причины возникновения собственных проблем специальной теории относительности и найти способы их решения. Общесистемные представления на основе концепции триединства – это то, что позволило автору делать смелые предположения и не бояться угодить в известный дом.

III. ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Новая теория выражает собой реальность, т.е. то, что происходит в самой системе при переходе её из состояния покоя относительно эфира в состояние инерциального движения. Теория Эйнштейна может рассматриваться в лучшем случае только как теория видимости. То есть, как теория, которая выражает собой особенности того, что позволяет вести наблюдение за происходящим в движущихся системах при условии, что само происходящее в системах при их переходе из состояния покоя в состояние инерциального движения не меняется (выполняется принцип относительности). Если мы будем считать, что СТО Эйнштейна выражает характер изменений в самих системах, то мы будем иметь дело с парадоксом Близнецов, так как не сможем ответить на вопрос, в какой же системе на самом деле произошли изменения. Уйти от парадокса можно только предположив, что теория описывает указанное выше явление видимости. Явление видимости, которое можно сопоставить с тем явлением видимости, с которым мы реально сталкиваемся при рассмотрении удалённых объектов (уменьшение размеров объектов при их удалении). Однако и такая трактовка СТО Эйнштейна не может считаться удовлетворительной, так как она не может рассматриваться как решение поставленной проблемы по следующей причине. Теория видимости имеет дело с особенностями реальных внешних взаимодействий между движущимися относительно друг друга системами, одна из которых только условно считается неподвижной. Что касается решаемой в СТО проблемы, то она состоит в поиске характера изменения законов, которым подчиняются системообразующие (в данном случае электромагнитные)

явления при переходе изолированных от внешних воздействий систем из состояния покоя в состояние инерциального движения. В исходной постановке проблемы нет внешних взаимодействий между системами в силу исходного предположения об их изолированности. Из этого следует, что если нет внешних взаимодействий, то и не может быть реальных явлений видимости. То есть явление видимости как таковое не имеет физического смысла. На самом деле в СТО Эйнштейна внешние взаимодействия – это искусственно созданная реальность, призванная на время решения проблемы наглядно представлять характер (закон) влияния субстанции (эфира) на законы, которым подчиняются электромагнитные явления в системе. То есть наглядно представить то, что невозможно увидеть. Здесь нет реальных (физических) наблюдений как в случае наблюдения за отдалёнными объектами. Есть только воображаемые (математические) наблюдения. Это видимость, связанная с особенностями самого используемого способа умственного познания как такового, а не с особенностями результатов реальных физических наблюдений (измерений). При этом в рамках новых представлений необходимо отметить, что в СТО Эйнштейна в качестве искусственно созданных внешних взаимодействий используются также электромагнитные явления, но наделённые необычными дополнительными свойствами, позволяющими им адекватно представлять влияние субстанции (эфира) на законы, которым подчиняются электромагнитные явления в самих инерциально движущихся относительно эфира системах.

Таким образом, в общем случае необходимо различать следующие три вида электромагнитных явлений (взаимодействий).

1). Электромагнитные явления в самих инерциально движущихся системах, которые являются системообразующими (собственными) явлениями, законы которых могут меняться при переходе системы из состояния покоя в состояние инерциального движения.

2). Внешние искусственные (виртуальные) электромагнитные явления, наделённые особыми свойствами, выраженными в соответствующих постулатах и обеспечивающими необходимый характер (закон) изменения законов, которым подчиняются собственные электромагнитные явления системы. Можно сказать, что эти явления представляют собой отношения движущейся системы с самой субстанцией (эфиром), т.е. субстанциональные или внутренние взаимодействия.

3). Внешние реальные электромагнитные взаимодействия систем, которых по условиям решаемой проблемы на самом деле нет. Они исключены из рассмотрения с тем, чтобы иметь дело только с взаимодействиями систем с субстанцией (эфиром), представленными в том или ином виде.

2. Здесь следует отметить, что одной из причин возникновения ошибочных представлений является отсутствие разграничений между внешними искусственными (виртуальными) и внешними реальными электромагнитными взаимодействиями. При реальном наличии внешних электромагнитных взаимодействий между системами проблемы, связанные с реальными внешними электромагнитными явлениями (взаимодействиями), должны решаться после решения проблем, связанных с установлением характера изменения законов, которым подчиняются электромагнитные яв-

ления в системе. Так, например, при определении эффекта Доплера первоначально должна быть решена проблема времени в движущихся системах (релятивистский эффект Доплера), а затем уже переходить к решению проблемы, связанной с определением классического эффекта Доплера, которое должно осуществляться с учётом новых временных свойств происходящего в системах. Совмещённое их решение недопустимо, так как это приведёт к неконтролируемому слиянию искусственных внешних взаимодействий, необходимых для решения проблемы времени, и реальных внешних взаимодействий, необходимых для определения классического эффекта Доплера. Это является одной из причин наличия в литературе разных формул для общего эффекта Доплера при одинаковых условиях. При раздельном же их решении завершение решения проблемы времени сопровождается удалением искусственно введённых внешних (технологических) взаимодействий путём соответствующей трактовкой преобразований Лоренца, которую можно сопоставить с выделением и удалением катализатора в химическом производстве от конечного результата соответствующей химической реакции.

3. Пытаясь установить из преобразований Лоренца смысл происходящего в подвижной системе при переходе её из состояния покоя в состояние инерциального движения относительно выделенной системы, были вынуждены сделать заключение, что преобразования Лоренца только по математической форме являются линейными. По содержанию они таковыми не являются. По этой же причине прямые и обратные преобразования только по математической форме являются совпадающими. По своему содержанию они разные – используемые в них символы, обозначающие пространственные и временные координаты, несут собой разное смысловое содержание, позволяющее преобразованиям быть противоположными, а не совпадающими. Иначе говоря, при изменении формы математического представления (описания) преобразований пространственно-временных координат, выражающих собой характер изменения законов электромагнитных явлений подвижной системы при переводе её из состояния покоя в состояние инерциального движения, изменяется смысл символов, используемых для представления пространственно-временных свойств происходящего в системе. Эти изменения смысла связаны с переходами от символов, являющих собой качество, к символам, являющих собой количество.

4. Рассматривая отношения двух систем, одна из которых является выделенной системой в силу того, что относительно неё эфир неподвижен, в работе найден новый вывод преобразований Лоренца, основанный на использовании в явном виде нелинейной операции, обеспечивающей формирование сферической поверхности, наблюдаемой из системы, движущейся относительно выделенной системы. Особенностью нового вывода является использование в нём таких приёмов, которые как бы позволяют посмотреть на содержание происходящего в системе в моменты её перехода из состояния покоя в состояние инерциального движения, когда сброшена старая форма одежды, а новая ещё не одета, и увидеть то, что есть на самом деле. При этом было установлено, что увиденное подтверждает правомерность приведённых выше утверждений.

5. Пересмотрен вывод преобразований Лоренца, сделанный самим Эйнштейном. При этом показано, что приведен-

ное доказательство того, что возникающая в процессе вывода неизвестная функция φ равна 1, на самом деле не является доказательством. Более того, в рамках используемого вывода равенство $\varphi = 1$ недоказуемо. Фактически равенство $\varphi = 1$ Эйнштейн назначил волевым решением. И сделал это при условии, что выполняется принцип равноправия всех инерциально движущихся систем, позволяющий произвольно принимать любую из них в качестве неподвижной. Это позволило Эйнштейну получить известные преобразования Лоренца, но с довеском в виде условия о соблюдении принципа равноправия, который стал причиной возникновения в теории неустраняемого парадокса Близнецов. Выходом из сложившейся ситуации в рамках изобретённого Эйнштейном правила вывода преобразований Лоренца может стать только принятие в теории условия о необходимом участии в межсистемных отношениях выделенных систем, обеспечивающих однозначное решение проблемы. Далее необходимо, как и ранее, назначить волевым решением выполнение равенства $\varphi = 1$, перенося тем самым неопределённость формы преобразований в неопределённость её содержания, которая должна устраняться соответствующими трактовками преобразований Лоренца.

6. Пересмотрен вывод соотношений, определяющих характер изменения пространственных и временных масштабов происходящего в инерциальных системах, основанный на использовании радиолокационного метода измерения скоростей. При этом показано, что и при данном подходе к решению проблемы инерциальных систем с необходимостью следует вывод о согласованном изменении пространственных и временных масштабов при переходе системы из состояния покоя в состояние инерциального движения. Установлено, что известное из СТО Эйнштейна релятивист-

ское правило сложения скоростей можно получить и на основании классических представлений, связанных с законами Максвелла и существованием неподвижного эфира. Показано, что необходимо различать три вида одинаковых по математической форме правил сложения скоростей, но разных по своему содержанию, делающему их независимыми, хотя и связанными с электромагнитными явлениями. Это дало основание утверждать, что правило сложения скоростей, вытекающее из опытов Физо, не является экспериментальным подтверждением правила сложения, полученного в СТО Эйнштейна. Не является подтверждением и правило сложения скоростей, полученное на основании свойств радиолокационного метода измерения скоростей. Правила сложения скоростей, получившие название «релятивистское правило сложения скоростей», возникшие при построении СТО Эйнштейна, при рассмотрении свойств радиолокационного метода измерений скоростей и при описании опытов Физо по своему происхождению имеют все основания быть названными как «математическое», «физико-математическое» и «физическое» правило сложения скоростей соответственно.

Литература

1. Овчинников Л.М. Общесистемные представления на основе концепции триединства и альтернативная специальная теория относительности. Москва, 2004. 242 с.: Деп. В ВИНТИ РАН 28.12.2004, № 2068 – В 2004.
2. Овчинников Л.М. Основы физико-математической теории инерциальных систем (проблемы СТО Эйнштейна и их решение). Москва, 2015. 665 с.: Деп. В ВИНТИ РАН 14.07.2015, № 114-В 2015.
3. Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел (1905 г.). Сборник Научных Трудов. Т.1. М.: Наука, 1965.
4. Эйнштейн А. О принципе относительности и его следствиях (1907 г.). Сборник Научных Трудов. Т.1. М.: Наука, 1965.

ABOUT FEATURES OF A NEW VARIANT OF REALISATION OF THE APPROACH OF EINSTEIN TO THE DECISION OF A PROBLEM OF INERTIAL SYSTEMS

Leon M. Ovchinnikov, Moscow, Russia, leonmo2015@gmail.com

Abstract

Features of the undertaken attempt of creation of a new variant of realisation of the approach invented by Einstein to the decision of a problem of inertial systems in which, unlike a variant of realisation of Einstein, it was possible to carry out return to an aether are considered, to eliminate paradox of Twins and to establish an essence of the approach most invented by Einstein. Thus the new variant, as well as Einstein's variant, is based on use of system of postulates, but with that difference, that in a new variant for a basis performance of a principle of equality of inertial systems, and performance of a principle of inequality or a principle of presence of the allocated system of readout is accepted not. I.e. presence of system of readout in which relation the principle of a relativity Galilee-Poincare actually is carried out, allowing to consider the allocated system motionless, despite its inertial movement.

Keywords: the electromagnetic phenomena, aether, inertial systems, Lorentz's transformations, the special theory of a relativity of Einstein.

References

1. Ovchinnikov L.M. (2004). *Obshchiesistemnye of representation on the basis of the concept triedinstva and the alternative special theory relativities*. Moscow. 242 p.
2. Ovchinnikov L.M. (2015). *Bases of the physical and mathematical theory of inertial systems (a problem STR of Einsteins and their decision)*. Moscow. 665 p.
3. Einstein A. (1965). *To electrodynamics of moving bodies (1905)*. The collection of Proceedings. Vol. 1. Moscow: Science.
4. Einstein A. (1965). *About a principle of a relativity and its consequences (1907)*. The collection of Proceedings. Vol. 1. Moscow: Science.

INTERPOLATION AND EXTRAPOLATION OF FREQUENCY CHARACTERISTICS OF TRANSMISSION PARAMETERS OF CABLE CIRCUITS BY MEANS OF THEORETICAL FUNCTIONS

Julia V. Deart,
"Crossbeam", Moscow, Russia, jdeart@yandex.ru

Irina D. Deart,
FSUE ZNIIS, Moscow, Russia, ideart@zniis.ru

Alexander J. Tsym,
FSUE ZNIIS, Moscow, Russia, atsym@zniis.ru

Keywords: least squares method, approximation, extrapolation, approximating function, transmission parameters, accuracy.

The method of least squares (LSM) is considered - a common way of choosing the best smoothing function. The goal is to significantly improve the accuracy of approximation and extrapolation of the experimental frequency characteristics of transmission parameters of cable circuits. It is shown that this goal can be achieved if functions of limited variation, obtained as a quotient of dividing the measured values by the corresponding theoretical values, are used as smoothing dependencies. This results were used in the construction of communication systems that meet the condition of undistorted signal transmission. The analysis showed that the results obtained can be applied to a wide class of problems, when high accuracy is required for determining analog functions from discrete measured values.

LSM defines the best function of the type that is specified by the researcher. LSM is a purely formal mechanism that does not give any indication as to the choice of the kind of smoothing function. There are problems in the solution of which the question of choice is of fundamental importance. Such tasks include determining the nominal frequency characteristic of the attenuation coefficient, the exact knowledge of which is necessary to ensure the condition of undistorted signal transmission [1].

Information about authors:

Deart Julia V., "Crossbeam", Director, Ph.D., Moscow, Russia

Deart Irina D., FSUE ZNIIS, Senior Researcher, Ph.D., Moscow, Russia

Tsym Alexander J. FSUE ZNIIS, Head of Scientific Laboratory, Doctor of Science, Moscow, Russia

Для цитирования:

Деарт Ю.В., Деарт И.Д., Цым А.Ю. Интерполяция и экстраполяция частотных характеристик параметров передачи кабельных цепей при помощи теоретических функций // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 48-52.

For citation:

Deart Ju.V., Deart I.D., Tsym A.J. (2017). Interpolation and extrapolation of frequency characteristics of transmission parameters of cable circuits by means of theoretical functions. *T-Comm*, vol. 11, no.7, pp. 48-52.

The following method for determining the nominal frequency characteristics of transmission parameters of cable circuits is proposed.

A) Measure the total open-circuit and short-circuit resistance at optimum frequencies, minimizing both methodological and instrumental errors.

B) Calculate the measured values of the secondary parameters at the optimum frequencies.

C) Calculate the measured values of the primary parameters ($R_{uzm}(f_{opt}), L_{uzm}(f_{opt}), C_{uzm}(f_{opt}), G_{uzm}(f_{opt})$) at the optimum frequencies.

D) Calculate the theoretical frequency characteristics of the primary parameters $R_{meop}(f), L_{meop}(f), C_{meop}(f), G_{meop}(f)$ by known formulas.

E) Calculate the auxiliary discrete functions by dividing the measured values of the primary parameters ($R_{uzm}(f_{opt}), L_{uzm}(f_{opt}), C_{uzm}(f_{opt}), G_{uzm}(f_{opt})$) at optimal frequencies by the theoretical values of the primary parameters ($R_{meop}(f_{opt}), L_{meop}(f_{opt}), C_{meop}(f_{opt}), G_{meop}(f_{opt})$) on the same frequencies:

$$K_R(f_{opt}) = R_{uzm}(f_{opt})/R_{meop}(f_{opt}), K_L(f_{opt}) = L_{uzm}(f_{opt})/L_{meop}(f_{opt}), K_C(f_{opt}) = C_{uzm}(f_{opt})/C_{meop}(f_{opt}), K_G(f_{opt}) = G_{uzm}(f_{opt})/G_{meop}(f_{opt});$$

F) Calculate the frequency characteristics of the auxiliary functions $K_R(f), K_L(f), K_C(f), K_G(f)$ by the method of least squares, taking linear functions as approximating functions:

$$K_R(f) = a_R + b_R f; K_L(f) = a_L + b_L f; K_C(f) = a_C; K_G(f) = a_G + b_G f;$$

G) Calculate the actual frequency characteristics of the primary parameters of the circuit ($R(f), L(f), C(f), G(f)$) by multiplying the auxiliary and theoretical functions:

$$R(f) = K_R(f) \times R_{meop}(f); L(f) = K_L(f) \times L_{meop}(f); C(f) = K_C(f) \times C_{meop}(f); G(f) = K_G(f) \times G_{meop}(f);$$

H) Calculate the actual frequency characteristics of the secondary parameters of the circuit $\alpha(f) = F_\alpha\{R(f), L(f), C, G(f)\}, \beta(f) = F_\beta\{R(f), L(f), C, G(f)\}, Z_B(f) = F_Z\{R(f), L(f), C, G(f)\}, \varphi_Z(f) = F_\varphi\{R(f), L(f), C, G(f)\}$ by the known relations:

$$\gamma(f) = \alpha(f) + j\beta(f) = [(R(f) + j\omega L(f))(G(f) + j\omega C)]^{0.5}, \\ \alpha(f) = Re\{[(R(f) + j\omega L(f))(G(f) + j\omega C)]^{0.5}\}, \\ \beta(f) = Im\{[(R(f) + j\omega L(f))(G(f) + j\omega C)]^{0.5}\}, \\ Z_B(f)e^{j\varphi_Z} = \{[(R(f) + j\omega L(f))/(G(f) + j\omega C)]^{0.5}\}, \\ Z_B(f) = \{|[(R(f) + j\omega L(f))/(G(f) + j\omega C)]^{0.5}\}, \\ \varphi_Z(f) = arg\{[(R(f) + j\omega L(f))/(G(f) + j\omega C)]^{0.5}\}.$$

The statistical background of the mathematical model used makes it possible to propose a natural criterion for its validity. We pay attention to the distribution of the differences between the value of the approximating function and the real observed values of the predicted value $z = y12(i) - r_i$. There is every reason to believe that for an adequate approximating function, the random variable will obey the normal distribution (Gauss) with a mathematical expectation of 0 and dispersion σ^2 :

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z e^{-\frac{1}{2\sigma^2}x^2} dx.$$

It is known that the characteristic function of a normal distribution has the form: $\chi_z(q) = \exp(-\frac{\sigma^2}{2}q^2)$, but entropy -

$H(z) = \log_2 \sqrt{2\pi e \sigma^2}$. The form of the characteristic function relates the normal distribution to the class of infinitely divisible, and, consequently, limiting for a wide range of initial distributions of summable random variables; and the form of entropy determines its largest value for a given root-mean-square deviation. Thus, the normal Gaussian distribution describes the behavior of the "most" random variable itself, and it is natural to choose it as a criterion for the truth of the adopted smoothing function. The hypothesis of the normal distribution of differences is verified by the Pearson's consent criterion χ^2 .

Consider the second, no less important case, - long-term forecasting of optimal rates of development of the telecommunications market. Here we enter the regression analysis area [2], applied to the solution of the problem of a well-founded forecast, i.e. the specification of limits in which the quantity of interest to us will be contained with a predetermined probability if the other quantity associated with it is given a certain value.

If two random variables X and Y are considered, then there are two regression lines:

$$M(Y/X) = x = \bar{y}(x) - \text{regression of } Y \text{ in } X \\ \text{and } M(Y/X) = y = \bar{x}(y) - \text{regression of } X \text{ in } Y.$$

These lines represent the geometric locus of the centers of conditional distributions corresponding to the given values of one of the variables. Thus, the regression line is an approximation curve constructed from selective interval estimates of mathematical expectations of a single value for given values at the centers of the corresponding intervals of variation of another value. In general, for each given value of one random variable $X = x$, a more or less significant scattering of another random variable Y relative to the interval center is observed $\bar{y}(x)$.

The measure of this dispersion can be the conditional variance of Y for a given x , i.e. dispersion of the conditional distribution $p(Y/x): \sigma_{Y/x}^2 = \sum_y [y - \bar{y}(x)]^2 p(Y/x)$. The quantity $\sigma_{Y/x}$

can be considered as the mean square error of the forecast of the value of Y from the observed value x of the value of X , if we use the regression line $\bar{y}(x)$ found for forecasting.

The most important for forecasting is that the regression line is optimal, minimizing the forecast error. This property follows from the properties of the minimum scattering, measured by the mean square deviation near the center of the scattering $\bar{y}(x)$ for each x (i.e., the value $\sigma_{Y/x}^2$). In the already cited work of N.V. Smirnova and I.V. Dunin-Barkovskii showed that with a displaced scattering center $(\bar{x} - a)$, the dispersion increases:

$$\sigma_a^2 = \sum_{i=1}^n [x_i - (\bar{x} - a)]^2 p_i = \sigma^2 + a^2, \text{ где } \sigma^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 p_i.$$

Therefore, only the least squares fit curve is the regression line that provides the maximum forecast accuracy.

An essential disadvantage of LSM is the constraints imposed on the form of the approximating function. Typical mathematical software packages for the implementation of LSM use an analytical algorithm with linear or easily linearizable functions [3].

Let's consider features of application of LSM for construction of the long-term forecast of development of telecommunications (cellular communication). To ensure the accuracy of the forecast, an arbitrary smoothing function should be used here, which is

revealed in the construction of the complete model of the phenomenon under consideration, consisting of verbal, physical and mathematical models, as well as the criterion of the truth of the latter.

The verbal model. Modern science considers the process of introducing new technologies, products and services as diffusion of innovations [4]. A vivid example of diffusion of expansion is the introduction of telephone communications. Alexander Gray Bell appealed to the US Patent Office (Patent Office) with a request to grant him the privilege of the invented phone on February 14, 1876. Currently, more than two billion people use telephone communications around the world. It is noteworthy that the telephone density in New York (the epicenter of innovation) in the 30s of the last century was 35%; that is, it had the level that has been achieved by Russia only at the present time.

The foundations of the theory of diffusion of innovations were laid in the work of the Swedish geographer T. Hagerstrand "Spatial diffusion as a process of introducing innovations", published in 1953. The fruitful hypothesis of T. Hagerstrand consists in the division of all consumers according to the normal distribution law into a small group of "innovators" immediately perceiving innovation (2.5%), early adopters (13.5%), the early majority (34%), the late majority (34%) and the group longer than all persistent "conservatives" (laggards, 16%).

Concluding our examination of the verbal model for the introduction of new technologies, products and services, we emphasize that the dynamics of the diffusion of innovation is determined between consumers who have already embraced innovation and the remaining part of potential consumers.

Physical model. In accordance with the verbal model, we are dealing with the environment (the set of potential consumers), whose elements are distributed according to the normal law. This environment is affected by energy (innovation), extending from the epicenter to the periphery. Thus, the physical picture of the phenomenon is analogous to the processes of heat transfer, diffusion, and evaporation. The adequacy of the model is evident in the process of introducing innovations, where the distribution of consumer susceptibility to innovation is similar to the distribution of molecular velocities, and the energy of the useful properties of new technologies, products and services "warms up" consumers as the ambient temperature.

Mathematical model. The considered physical model gives grounds for constructing a rigorous mathematical model of diffusion of innovations. The process of expanding the space of innovation generates contacts between consumers P , who perceive it, and other potential consumers $(I - P)$. The rate of expansion will be proportional to the product of these subsets:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = rP(1 - P). \text{ The exact solution of this equation is the}$$

logistic function: $P(t) = \frac{1}{1 + e^{-a-bt}}$, where a – is the shear coefficient, and b – is the slope coefficient of the S-curve curve. It is not difficult to verify this by substituting the function in the original expression:

$$\frac{-be^{-bt}}{(1 + e^{-a-bt})^2} \equiv \frac{r}{1 + e^{-a-bt}} \times \left(1 - \frac{1}{1 + e^{-a-bt}}\right) = \frac{re^{-a-bt}}{(1 + e^{-a-bt})^2}.$$

Substitution shows, r in the initial expression is numerically – b . The graph of the logistic function is shown in Figure 1. We note the characteristic features of the logistic function: the pres-

ence of asymptotes $P(t) = 0$ and $P(t) = 1$, as well as the clearly distinguishable three sections—the elevation, the vigorous growth area and the smooth growth retardation region, as the upper asymptote approaches.

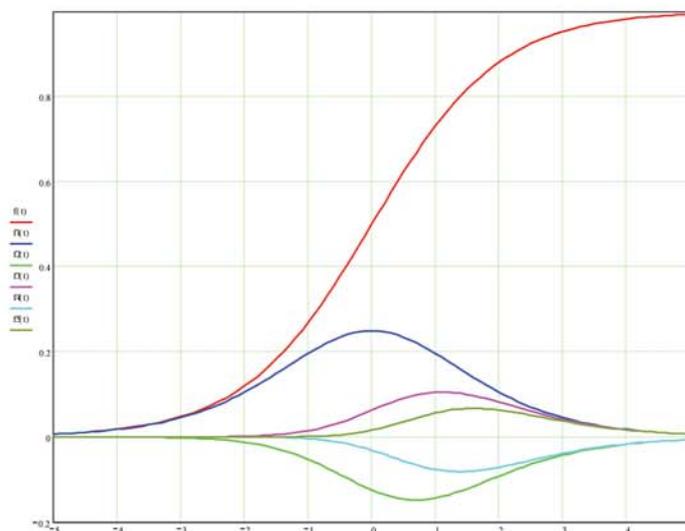


Fig. 1. Graph of the logistic function and its derivatives

The logistic curve is two-parameter. To find its parameters it is sufficient to have the values of the function at two different times. The presence of more observations makes it possible not only to calculate the nominal predicted trend with greater accuracy, but also to find the prediction error in the initial data by determining the boundary curves reflecting the "optimistic" and "pessimistic" variants of the development of events. In this case, the algorithm of our actions for implementing the mathematical model is as follows.

1. For each pair of observed values of the predicted value, calculate the logistic coefficients a_i and b_i . (The total number of computations is equal to the number of combinations $C_n^2 = n(n-1)$, where n – is the observed number of values of the predicted value in the sample). Formulas for computing the logistic coefficients (for combining the first two observed values) are given below:

$$a_i = \ln \left(\frac{100 - y_1}{y_1} \cdot \left(\frac{(100 - y_1) \cdot y_2}{y_1 \cdot (100 - y_2)} \right)^{\frac{t_1}{t_2 - t_1}} \right),$$

$$b_i = \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \cdot \ln \left(\frac{(100 - y_1) \cdot y_2}{y_1 \cdot (100 - y_2)} \right).$$

2. For each of the logistic functions obtained, calculate the sum of squares of the ratio of the difference between the value of the approximating function for this time and the real observed value of the predicted value r_i to the value of the approximating

function: $d12 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y12(i) - r_i}{y12(i)} \right)^2$.

3. Select the logistician with the minimum value of the sum of the squares of the relative deviations. By its coefficients, calculate the values of the predicted value by the given depth of

the forecast. Accept the calculated function as a weighted forecast.

4. Select two logisticians with the following values of the sum of the squares of the relative deviations, but larger and smaller values of the coefficient b . Take these functions as an optimistic and pessimistic forecast, respectively.

The transition from a numerical algorithm to an analytical method for determining a smoothing function can be performed by processing the least-squares auxiliary function of bounded variation. The latter is constructed in the form of a difference between the experimental values and the values of the best smoothing function determined numerically.

As an example, consider the forecast for the development of a cellular network in one of the regions of Russia [5]. The prehistory of the forecast contained 6 values of cellular density. Thus, we have $C_6^2 = 15$ possible forecasts of the development of events. In this case, the logist of the weighted forecast will have a minimum sum of squares; Logistic optimistic forecast it is natural to consider a curve with the first large value of the sum of squares and a large value of the slope b , and a logistic pessimistic forecast is a curve with the first large value of the sum of squares and a smaller value of the slope b .

Table 1

Logistic coefficients and sums of least squares

$a_{12}=6.995$ $b_{12}=1.145$ $d_{12}=0.584$	$a_{13}=6.821$ $b_{13}=0.971$ $d_{13}=0.654$	$a_{14}=0.672$ $b_{14}=0.868$ $d_{14}=2.618$	$a_{15}=6.987$ $b_{15}=1.136$ $d_{15}=0.551$	$a_{16}=6.808$ $b_{16}=0.958$ $d_{16}=0.760$
$a_{23}=6.298$ $b_{23}=0.796$ $d_{23}=2.186$	$a_{24}=6.166$ $b_{24}=0.730$ $d_{24}=4.171$	$a_{25}=6.973$ $b_{25}=1.133$ $d_{25}=0.553$	$a_{26}=6.528$ $b_{26}=0.911$ $d_{26}=0.696$	
$a_{34}=5.902$ $b_{34}=0.667$ $d_{34}=5.134$	$a_{35}=7.815$ $b_{35}=1.302$ $d_{35}=1.744$	$a_{36}=6.757$ $b_{36}=0.949$ $d_{36}=0.737$		
$a_{45}=11.00$ $b_{45}=1.940$ $d_{45}=675.6$	$a_{46}=7.613$ $b_{46}=1.092$ $d_{46}=2.823$			
$a_{56}=2.525$ $b_{56}=0.244$ $d_{56}=3.151$				
$a_{15}=6.987$ $b_{15}=1.136$ $d_{15}=0.551$	- логиста взвешенного прогноза /z15(i)/			
$a_{12}=6.995$ $b_{12}=1.145$ $d_{12}=0.584$	- логиста оптимистического прогноза /z12(i)/			
$a_{25}=6.973$ $b_{25}=1.133$ $d_{25}=0.553$	- логиста пессимистического прогноза /z25(i)/			

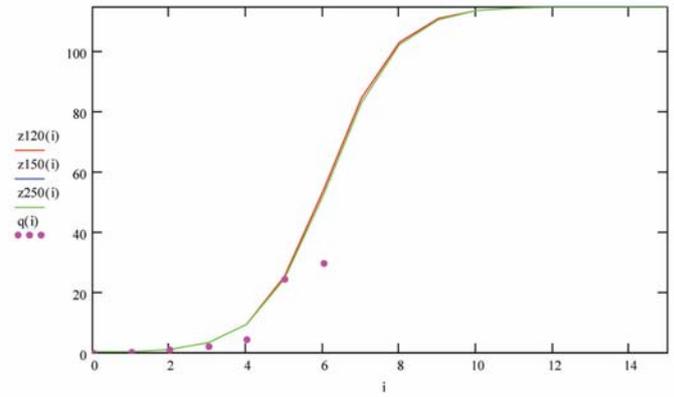


Fig. 2. Forecast of cellular density in the region (0 = 2000 year)

The forecast error with a six-year horizon did not exceed 0.7%.

Conclusion. The proposed method of approximation and extrapolation can be applied to a wide class of problems, when high accuracy is required for determining analog functions from discrete measured values.

The method of least squares can be extended to the case of an arbitrary smoothing function. It should be identified on the basis of a rigorous model of the phenomenon under consideration, determined by a numerical algorithm and an auxiliary function of bounded variation.

References

1. Deart, I.D. (1991). Development of the method and study of transmission parameters of asymmetrical circuits of symmetrical cable communication lines in a wide frequency range. Ph.D. Thesis, 05.12.14 – “Networks, communication nodes and information distribution”, ZNIIS, Moscow, Russia.
2. Smirnov N.V., Dunin-Barkovskiy I.V. (1959). *A short course of mathematical statistics for technical applications*, Fismatgis, Moscow, Russia.
3. Borovikov V. (2003). *STATISTICA. The Art of Data Analysis on a Computer: For Professionals*. 2nd ed., Piter, Sankt-Peterburg, Russia.
4. Lipets J.G., Puliarkin V.A., Shlihter S.B., (1999). “*Geography of the world economy*” Gumanit. Isd/ center VLADOS, Moscow, Russia.
5. Deart J.V., Tsym A.J., Burtsev I.V. (2005). “Forecast of the number of Internet users in Russia”, *Electrosviaz*, vol. 6. pp. 16-18.

ИНТЕРПОЛЯЦИЯ И ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕДАЧИ КАБЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ ПОМОЩИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Деарт Ю.В., "Crossbeam", Россия, jdeart@yandex.ru

Деарт И.Д., ФГУП ЦНИИС, Москва, Россия, ideart@zniis.ru

Цым А.Ю., ФГУП ЦНИИС, Москва, Россия, atsym@zniis.ru

Аннотация

Рассматривается метод наименьших квадратов (МНК) – как способ выбора наилучшей функции сглаживания. Целью является значительное повышение точности аппроксимации и экстраполяции экспериментальных частотных характеристик параметров передачи кабельных цепей. Показано, что эта цель может быть достигнута, если в качестве сглаживающих зависимостей используются функции ограниченной вариации, полученные как частное от деления измеренных значений на соответствующие теоретические значения. Эти результаты были использованы при построении систем связи, которые удовлетворяют условию неискаженной передачи сигнала. Анализ показал, что полученные результаты могут быть применены для широкого класса задач, когда требуется высокая точность определения аналоговых функций по дискретным измеренным значениям.

Ключевые слова: метод наименьших квадратов, аппроксимация, экстраполяция, аппроксимирующая функция, параметры передачи, точность.

Литература

1. Деарт И.Д. Разработка метода и исследование параметров передачи асимметричных схем симметричных кабельных линий связи в широком диапазоне частот », кандидатская диссертация, 05.12.14 «Сети, узлы связи и распространение информации». М., 1991.
2. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Краткий курс математической статистики для технических приложений. М.: Физматгиз, 1959.
3. Боровиков В. СТАТИСТИКА. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов», 2-е изд. Санкт-Петербург: Питер, 2003.
4. Липец Ж.Г., Пуляркин В.А., Шлихтер С.Б. География мировой экономики. М.: Изд. центр ВЛАДОС, 1999.
5. Деарт Ю.В., Цым А.Ю., Бурцев И.В. Прогноз количества пользователей Интернета в России // Электросвязь, 2005. Том. 6. С. 16-18.

Информация об авторах:

Деарт Ю.В., "Crossbeam", директор по развитию бизнеса, к.э.н., Москва, Россия

Деарт И.Д., ФГУП ЦНИИС, старший научный сотрудник, к.т.н., Москва, Россия

Цым А.Ю., ФГУП ЦНИИС, начальник научной лаборатории, д.т.н., Москва, Россия

SERVICE NETWORK TRANSIT TRAFFIC TRANSFER TO A TRANSPORT NETWORK

Tatyana Sergeeva,
FSUE ZNIIS, Moscow, Russia,
tsergeeva@zniis.ru

Anastasia Smolskaia,
FSUE ZNIIS, Moscow, Russia,
pavlenko@zniis.ru

Keywords: service networks, optical transport network, tunnel, DWDM, OTH/OTN, ODU, linear programming, multicommodity flow.

In transport networks in contrast to service networks (SN) the link choice is made not for individual messages but for their aggregates or groups, which are usually forwarded through a predetermined route. At service networks such groups which may be SN tunnels can be formed out of the total packet stream, selecting packets with totally or partially coinciding routes. In networks of large capacity and length, which is specific for Russia's backbone networks, traffic tunnels are huge and transit a large number of intermediate network nodes without any treatment and changes in the composition of the flows within the tunnel. So eliminating transit traffic from the tunnel intermediate service network routers proposed in this article will lead to a significant load reduction in channels between the routers and will improve the quality of service due to the transparent traffic forwarding and absence of queues in an optical network. It also will increase security of information transmission in the network. The latter is especially important for special customers' data as the packet service network is more vulnerable to unauthorized access than a synchronous optical network.

Such opportunities arose when OTH/OTN (Optical Transport Hierarchy/ Optical Transport Network) optical networking technologies were used with ITU-T G.709 standard [1]. The article discusses the issues of tunnels design optimization in service network with MPLS-TE technology and with subsequent transfer of transit traffic tunnels into OTH/OTN optical transport network.

Information about authors:

Tatiana Sergeeva, FSUE ZNIIS, Chief Researcher, Ph.D., Moscow, Russia

Anastasia Smolskaia, FSUE ZNIIS, Postgraduate student, Moscow, Russia

Для цитирования:

Сергеева Т., Смольская А. Перевод транзитного трафика сервисной сети в транспортную сеть // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 53-55.

For citation:

Sergeeva T., Smolskaia A. (2017). Service network transit traffic transfer to a transport network. *T-Comm*, vol. 11, no.7, pp. 53-55.

New opportunities in optical networks

The functional interaction of optical transport networks with service networks has significantly changed currently. For example, earlier fiber-optic technology on the basis of DWDM optical multiplexers OADM was used only to obtain high bandwidth between the SN nodes. With the advent of configurable optical multiplexer ROADM with both electric and optical (photonic) switching in several links of fiber optic network the optical network functionality has expanded considerably.

Controllable optical network ASON [2] supporting GMPLS protocol [3] is currently introduced which is an extension of MPLS technology to the optical level. GMPLS provides automatic selection and switching not only of λ -channels, but also of the boot blocks of lower hierarchy level used to build optical transport modules (OTM) loading optical channels in accordance with the ITU-T G.709 Recommendation [1]. The structure of the optical transport module OTM consists of synchronous blocks of three levels [4]. The lower level module OTM consists of blocks ODU_k , where $k=1,2,3$. Currently, ROADM has the ability of the input-output units ODU_k extraction out of OTM spectrum in optical nodes, where ODU_1 is the smallest unit corresponding to the STM-16 path with transfer rate of 2.5 Gbit/s. In latest versions of the OTM structure a minimal boot module is even smaller in capacity/speed unit 1.25 Gbit/s. It matches two STM-4 SDH paths. Each of these ODU_1 blocks can be extracted out of the OTM spectrum by transforming OTM into electric form and by using electronic switch to be switched to I/O interfaces associated with SN routers ports. One of such problems considered in this paper is tunnels organization in a service network with further transfer of their traffic into selected modules of the transport network optical channels.

The optimal organization of tunnels problem solution

As mentioned a modern backbone network consists of a packet service network SN providing users with telecommunications services and an optical transport network with DWDM technology (Fig. 1).

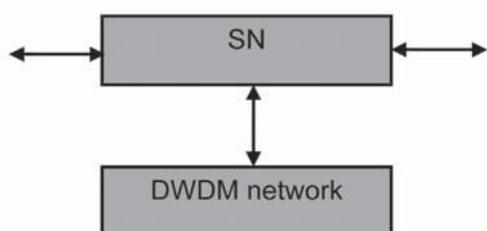


Fig. 1. Functional components of the communication network

Let's consider tunnels formation in SN network subject to further tunnels traffic transmission in DWDM transport network.

It is known the MPLS-TE technology uses two types of tunnels – fixed (or rigid) tunnel and free tunnel [5]. We point out that in following methodology the SN network determines fixed tunnel, and a DWDM network operates free tunnel. It is known that in MPLS-TE networks, the creation of fixed tunnels is done on basis of pre-calculated schemes [4]. In this paper the optimization algorithm to produce fixed tunnel uses LSP paths for all kinds of traffic, except the Video traffic. Let's illustrate the methods with an example. Fig. 2 presents the graph of an MPLS

network fragment where PE are boundary nodes and P – nodes with label switching.

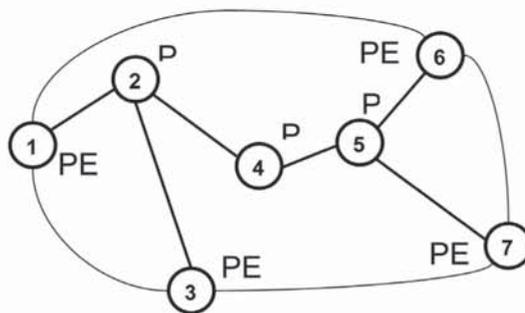


Fig. 2. An example of IP/MPLS network fragment

Let all LSP paths between RE nodes with a list of intermediate nodes to be known. We present all possible tunnels as additional edges in the graph of the initial network (dotted lines in Fig. 3).

Note that the designer can on the basis of his experience add direct edges or specify the most preferred tunnels. Using the following methods among the added edges those that carry the maximum traffic are selected. The problem of optimal organization of the tunnels is formulated in the form of known Multi-commodity Flow Problem with minimum cost in path form [6]. The communication network is represented as undirected graph of the original network $G(V,M)$ that is specified with a set V of nodes, a set M of links connecting the nodes, and a set D of demands (LSP paths in the SN network). We introduce a network graph $G^*(V,M^*)$ with added edges and set R – a set of paths in the graph G^* . Added edges describe options for a tunnel formation including possible ways for the passage of transit LSP path between the end nodes of the tunnel.

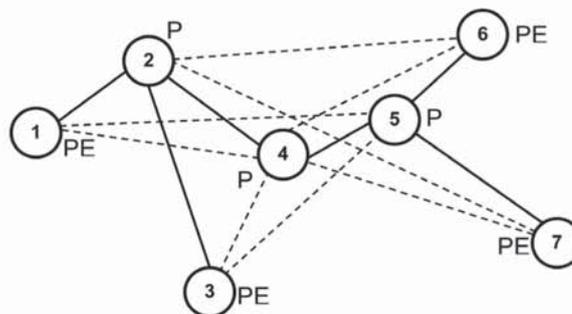


Fig. 3. Example network graph with arcs added

Let d_{uv} be a demand between nodes u and v belonging to the set D , and R_{uv} is a set of paths for this demand, which pass through the links of the network $G(V,M)$ or added edges $*$. Let x_{uv}^r to be a share of demand d_{uv} passing through the r -th path of the set R_{uv} . The minimum value of traffic at the tunnel arranging we'll assign equal to $0.8 \cdot B$, where B is the ODU_1 capacity.

LP Task is formulated as follows:

$$\sum_{m \in M^*} Z_m \rightarrow \min,$$

Provided that

$$0,8 \cdot B \leq \sum_{uv \in D} \sum_{r \in R_{uv}} t_m^r x_{uv}^r \leq kZ_m, \quad m \in \mu^*,$$

$$\sum_{uv \in D} \sum_{r \in R_{uv}} t_m^r x_{uv}^r - kZ_m \leq 0, \quad m \in M,$$

$$\sum_{r \in R_{uv}} x_{uv}^r = d_{uv}, \quad d_{uv} \in D,$$

$$t_m^r = \begin{cases} 1, & \text{if } m \in r, \\ 0, & \text{else,} \end{cases}$$

$$x_{uv}^r \geq 0, \quad Z_m \geq 0 \quad (\text{integer}).$$

The solution of the problem above can be obtained by means of standard LP packages, such as LPSOLVE package operating in a UNIX environment for example. In the problem that can be solved by using this package the number of integer variables does not exceed a few dozen, but the solution of the continuous problem, the dimension of which can be several tens of thousands of variables can be of significant value hinting paths with maximum transit traffic

A consecutive method of problem solving can be used when the results of the previous solution is applied as source data for subsequent attempt. However though the task of grouping can be solved using the above LP method for a limited part of the network, the solution for the backbone network of actual size forces

to use the developed heuristic algorithm which is not presented here due to limited size of the paper.

Conclusion. Thus, improving the efficiency of the network can be obtained through the optimal organization of the tunnels in networks with the subsequent transfer of transit traffic tunnels into optical transport network, which currently has the technical ability to organize such transfer.

References

- 1 ITU-T G.709/Y-1331 Recommendation. Interfaces for the optical transport network. 2003.
- 2 ITU-T G.8080/Y/1304 Recommendation Architecture for the automatically switched optical network. 2012.
- 3 RFC 3471. Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Functional Description, January 2003.
- 4 Fokin, V. (2003). *Optical systems and transport networks*. Moscow: Ecotrendz.
- 5 Olifer, V., Olifer, N. (2006). *Computers networks // 3-nd ed.*, Sankt-Peterburg: Piter.
- 6 Sergeeva, T.P., Tetekin, N.N. (2000). Design of Reliable Transport SDH Networks, *Proc. of DRCN-2000* (Design of Reliable Communication Networks workshop), Munich, Germany, April 2000.

ПЕРЕВОД ТРАНЗИТНОГО ТРАФИКА СЕРВИСНОЙ СЕТИ В ТРАНСПОРТНУЮ СЕТЬ

Сергеева Татьяна, ФГУП ЦНИИС, Москва, Россия, tsergeeva@zniis.ru
Смольская Анастасия, ФГУП ЦНИИС, Москва, Россия, pavlenko@zniis.ru

Аннотация

В транспортных сетях, в отличие от сервисных сетей (СС), выбор направления передачи производится не для отдельных сообщений, а для их совокупностей или групп, которые обычно направляются по заранее определенному маршруту. Формирование таких групп, которые могут являться туннелями СС, производится из общего потока пакетов, маршруты которых совпадают полностью или частично. В сетях большой емкости и протяженности, которыми отличаются магистральные сети России, трафик туннелей имеет большие размеры и проходит значительное количество промежуточных узлов сети транзитом, без обработки и изменения состава потоков, входящих в туннель. Поэтому исключение транзитного трафика туннелей из промежуточных маршрутизаторов сервисной сети приведет к значительному снижению загрузки каналов между этими маршрутизаторами и позволит повысить качество обслуживания за счет прозрачной передачи трафика и отсутствия очередей в оптической сети, а также повысить безопасность передачи информации в сети. Последнее особенно важно для данных спецпотребителей, так как пакетная сервисная сеть больше подвержена угрозам несанкционированного доступа, чем синхронная оптическая сеть. Такие возможности появились при использовании в оптических сетях технологии ОТН/ОТН (Optical Transport Hierarchy/ Optical Transport Network) со стандартом G.709 МСЭ-Т [1]. В статье рассматриваются вопросы оптимизации построения туннелей в сервисной сети с технологией MPLS-TE с последующей передачей транзитного трафика туннелей в оптическую транспортную сеть.

Ключевые слова: сервисная сеть, оптическая транспортная сеть, туннель, DWDM, ОТН/ОТН, ODU, линейное программирование, многопродуктовый поток.

Литература

1. ITU-T G.709/Y-1331 Recommendation. Interfaces for the optical transport network. 2003.
2. ITU-T G.8080/Y/1304 Recommendation Architecture for the automatically switched optical network. 2012.
3. RFC 3471. Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Signaling Functional Description, January 2003.
4. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети. М.: ЭкоТрендз, 2003.
5. Олифер В., Олифер Н., Компьютерные сети. С.-Петербург: Питер, 2006.
6. Сергеева Т.П., Тетекин Н.Н. Проектирование надежных транспортных сетей SDH. Тез. докл. DRCN-2000, Мюнхен, Германия, апрель 2000.

Информация об авторах:

Сергеева Татьяна, ФГУП ЦНИИС, главный научный сотрудник, к.т.н., Москва, Россия
Смольская Анастасия, ФГУП ЦНИИС, аспирант, Москва, Россия

FORMATION OF INDICATORS AND ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE PUBLIC ADMINISTRATION SYSTEM

Tatyana A. Kuzovkova,
Moscow Technical University of Communications and Informatics,
Moscow, Russia, tkuzovkova@me.com

Viktor N. Bavrín,
Moscow Technical University of Communications and Informatics,
Moscow, Russia, viktorbavrin@yandex.ru

Keywords: information and communication technology; Public administration, social and economic efficiency; Integral method, expert survey.

The article reveals a new approach and justifies the system of indicators for a comprehensive assessment of the socio-economic efficiency of the use of infocommunication technologies in public administration organizations, taking into account the many manifestations of the effect and consequences based on the application of the integrated expert method. Application and further development of ICT in public administration is creating new opportunities for solving national and regional problems. At the same time, the share of electronic control processes entails not only positive but also negative effects for both government workers and the population, which is to solve their problems takes a direct interaction with the public through ICT system. Integral-expert method consists in obtaining quantitative assessments of efficiency through expert evaluation of its parameters for a set of private indicators of economic and social efficiency, reflecting the positive and negative consequences of the application of ICT. To solve the problem of integrated measurement of the effectiveness of the use of ICT in the public administration of the authors, private indicators were analyzed and systematized, on the basis of which a questionnaire of an expert survey of users of ICT in public administration was developed. The integral-expert method served as a basis for constructing a model for assessing the current and possible state, taking into account many factors, effects and consequences in connection with the formation of an information society based on the results of an expert survey. Approbation of the proposed methodology for assessing the effectiveness of the use of ICT in the public administration system was carried out on the basis of a survey of specialists from government bodies (Ministry of Communications of Russia, RCC) and production organizations (PJSC MGTS, PJSC Baltic Leasing). The obtained results made it possible not only to evaluate in quantitative terms the effectiveness of the use of ICT in public administration in the current and prospective periods, but also to identify the reasons for the insufficient level of efficiency in the use of ICT in the public administration system.

Information about authors:

Tatyana A. Kuzovkova, Doctor of Economics, Professor of the Department of Communication Economics of the Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Viktor N. Bavrín, Master of Economics, Department of Communication Economics, Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Для цитирования:

Кузовкова Т.А., Баврин В.Н. Формирование показателей и оценка эффективности применения инфокоммуникационных технологий в системе государственного управления // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 56-61.

For citation:

Kuzovkova T.A., Bavrín V.N. (2017). Formation of indicators and assessment of the effectiveness of infocommunication technologies in the public administration system. *T-Comm*, vol. 11, no.7, pp. 56-61.

The sector of information and communication technologies (ICT) occupies a central position today in the innovative development of key areas of the society's life, such as state and municipal management, business in the production of goods and services, education, medicine, etc. In modern conditions for the person the degree of distribution of ICT and quality of granting of services in an electronic kind which with arrival of "an information age" associate with the most valuable for it - time economy have special value. Various forms of commercial and state institutional structures are also an integral and priority part of their strategic development, which also place public and commercial services in electronic form. Thus, the introduction and application of ICT in the public administration of the Russian Federation requires a systematic analysis and methodological justification of its parameters [2].

To assess the development of the infocommunication sector around the world and its impact on the formation of the information society, international organizations collect and analyze statistical data on the following multi-component indices: the development of the e-Government Development Index (EGDI); Readiness for the network society (Networked Readiness Index, NRI); Development of ICT (ICT Development Index, IDI) [3, 4]. The Partnership for Measuring ICT Indicators, which includes 10 international and regional organizations (OECD, Eurostat, ITU, UNCTAD, UNESCO, ECLAC, ESCAP, ESCWA, ECA and the World Bank) is key to the development of statistical standards in this field. The list of key indicators of ICT consists of 53 indicators in six areas of the information society formation.

State Russian statistics for the development of infocommunication infrastructure, the use of ICT and the movement towards the information society are built on the international system of indicators and the principles of international cooperation and the exchange of statistical data with international organizations [3, 4]. The system of indicators of the information society statistics in the Russian Federation includes six groups of indicators covering the ICT sector, ICT infrastructure, content and media sectors, the use of ICT in national economy organizations, households and the population, as well as international comparisons around the world [3].

The application and further development of ICT in the public administration system creates new opportunities for solving national and regional problems. At the same time, the electrification of management processes entails not only positive but also negative effects for both state employees and the population, which, in order to resolve its issues, interacts directly with the state system with the help of ICT.

In this regard, the task of a comprehensive measurement of the effectiveness of ICT application in the public administration system involves the use of methods and methods that most fully reflect all the positive and negative aspects of electronic governance and would allow assessing the current and possible state in view of the multitude of factors, effects and Consequences in connection with the formation of the information society. This approach is the method of expert interview, integral resultant and cost effectiveness indicators, which are based on a system of generalized and particular indicators of economic, social and political effectiveness.

The conducted researches in the field of ICT application showed that the solution of this problem is at the intersection of such sciences as qualimetry, expert technologies and methods of constructing complex indicators [1, 5, 8]. The methodical apparatus of the integral evaluation of the socio-economic efficiency of ICT application and the development of infocommunications developed in accordance with [7, 8] in connection with the formation of the information society is based on the application of an integrated expert method.

When developing an integrated system of integrated expert assessment of the effectiveness of ICT application in the public administration system, it is important to study the influencing factors and select key particular performance indicators (Figure 1).

On the one hand, ICTs initiate structural transformations in the public administration system that can lead to a synergistic effect of additional innovations; on the other hand, it is necessary to take into account the increasing risks of cyber attacks on the information state system and the problems of ensuring the sustainable operation and security of the public system.

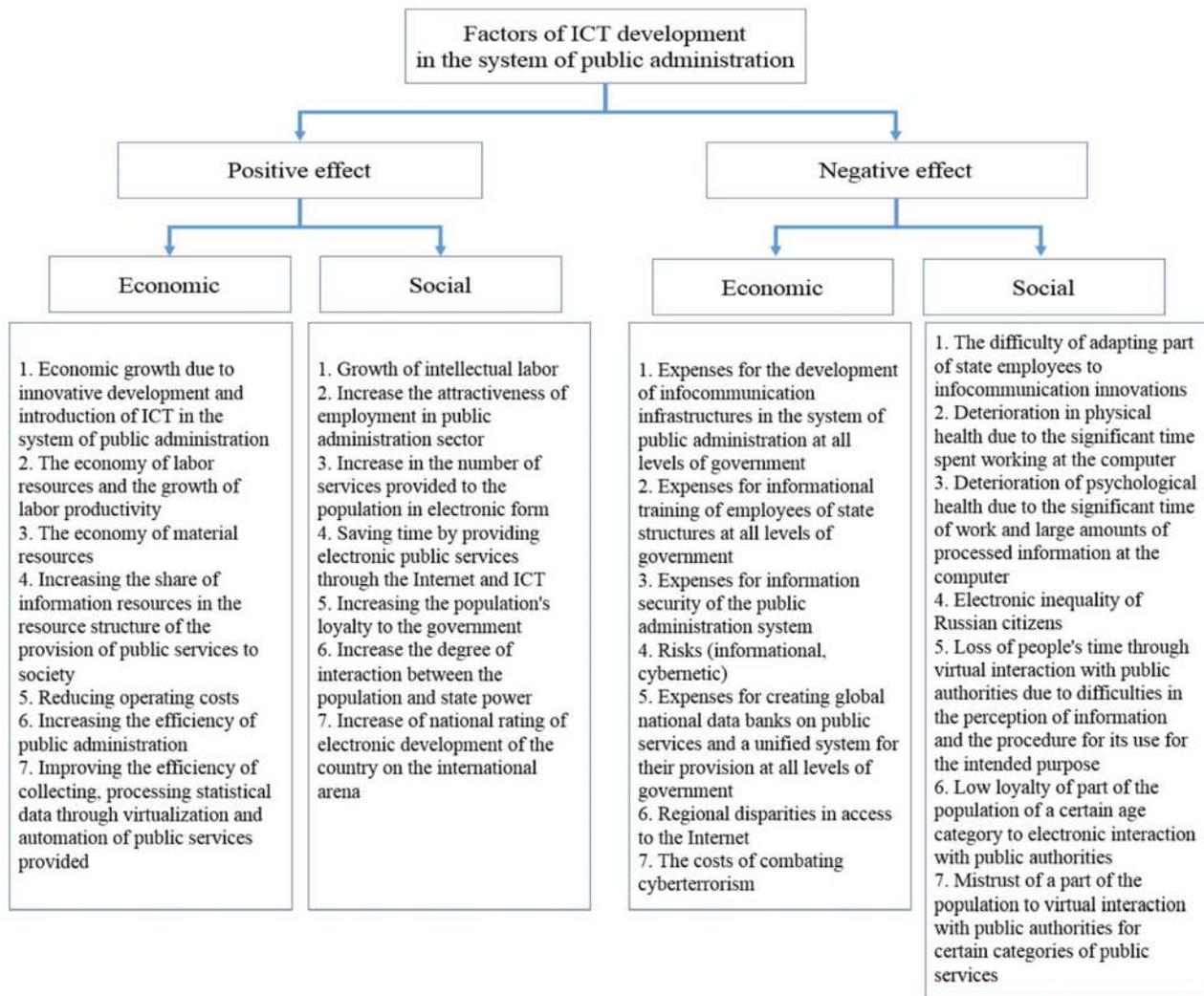
Therefore, in order to create a secure, harmonious and effective electronic interaction between public authorities and the public, systematic monitoring of the results of implemented ICTs in the public system is required, making decisions on how to further effectively interact, and preventing virtual and real threats, protecting against unauthorized access to public Resources and information [2].

The integral-expert method consists in obtaining quantitative assessments of efficiency by means of expert evaluation of its parameters on a set of partial indicators of economic and social efficiency that reflect the positive and negative consequences of ICT use and serves as the basis for constructing a system of indicators of the effectiveness of ICT application in the public administration system [2, 6, 7] (Figure 2).

The application of expert survey methods includes four major procedures:

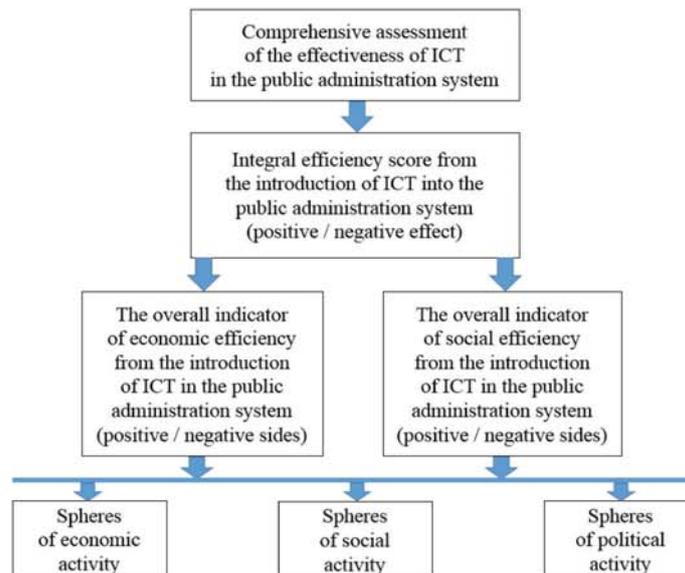
- substantiation of private performance indicators reflecting the most significant economic and social indicators of the positive and negative effects of ICT in the public administration system;
 - establishing the importance (weight) of private economic and social indicators that reflect the positive and negative effects of ICT in the public administration system;
 - the construction of the integrated indicator model on the basis of generalizing indicators that reflect the positive and negative effects of ICT application in the public administration system, in quantitative terms;
- assessment of the state and potential of the effectiveness of ICT application in the public administration system for the long term.

To determine the practical acceptability of the proposed methodology for assessing the effectiveness of ICT application in the public administration, we conducted a survey of specialists from government bodies (Ministry of Communications of Russia, RCC) and production organizations (PJSC MGTS, PJSC Baltic Leasing).



Compiled by the authors

Fig. 1. Factors of ICT development in the public administration system



** Developed by the authors*

Fig. 2. Integrated system for assessing the effectiveness of ICT applications in the public administration system

Summary results of the expert opinion on the appropriateness of including private indicators in the model of an integrated assessment of the effectiveness of ICT application in the public administration system (points) and their significance (weight) in the context of generalizing indicators (in%) are given in Table 1.

Table 1

Summary of expert opinion

№	A partial measure of a generalized estimate	Feasibility of the indicator (from 1 to 3 points) *	The significance of the indicator in%
1	A generalizing effective indicator of economic efficiency (positive effect)		Amount = 100%
1.1	Economic growth through innovative development and implementation of ICT in public administration	2,7	16
1.2	The economy of labor resources and the growth of labor productivity	2,3	14
1.3	Saving of material resources	2,0	12
1.4	Increasing the share of information resources in the structure of resources for the provision of government services to the public	2,2	13
1.5	Reducing operating costs	2,2	13
1.6	Increasing the efficiency of public administration	2,7	16
1.7	Increase in efficiency in the collection, processing of statistical data through automation and virtualization of public services provided	2,5	15
2	A generalizing effective indicator of social effectiveness (positive effect)		Amount = 100%
2.1	Growth of intellectual labor	2,5	15
2.2	Increasing the attractiveness of work of public administration employees	2,3	14
2.3	Increasing the number of services offered to the public in electronic form	2,8	17
2.4	Saving time by providing electronic public services through the Internet and ICT	3,0	18
2.5	Increasing the population's loyalty to the government	1,8	11
2.6	Increase the degree of interaction between the population and state power	1,8	11
2.7	Increase of national rating of electronic development of the country in the international arena	2,0	12
3	A generalizing cost-based measure of economic efficiency (negative effect)		Amount = 100%
3.1	Costs for the development of info-communications infrastructure in public administration at all levels	2,3	14
3.2	Costs of information training of employees of state agencies at all levels of government	1,8	11

3.3	The costs of information security governance	2,8	17
3.4	Risks (information, cybernetic)	2,0	12
3.5	The cost of creating global national data banks on public services and a unified system for their provision at all levels of government	2,5	15
3.6	Regional disparities in access to the "Internet"	2,0	12
3.7	The costs of the fight against cyber terrorism	2,5	15
4	A generalizing cost indicator of social effectiveness (negative effect)		Amount = 100%
4.1	The difficulty of adapting part of state employees to information innovations	2,0	15
4.2	Deterioration of physical health due to the considerable time working at a computer	2,0	15
4.3	Deterioration of psychological health due to the significance of the work time and large amounts of information to be processed at the computer	2,0	15
4.4	Electronic inequality of Russian citizens	1,7	12
4.5	Loss of time of the population in virtual interaction with public authorities due to difficulties in the perception of information and the procedure for its use by purpose	1,8	14
4.6	Low loyalty of part of the population of a certain age category to electronic interaction with public authorities	2,0	15
4.7	Mistrust of a part of the population to virtual interaction with public authorities for certain categories of public services	2,0	15

* Developed by the authors

On the advisability of including private indicators in the model of an integrated assessment of the effectiveness of ICT application in the public administration (points) and their importance (weight) in the context of generalizing indicators (in%).

The consolidated results of the integrated assessment of the effectiveness of ICT application in the public administration system are given in Table 2.

Integral gain efficiency ICTs calculated as the quotient of the effective integral index ICT to the cost effectiveness of the integral indicator: $K_{eff} = \text{Pint.rez} / \text{Pint.zatr} = 2.35 / 2.1 = 1.12 \text{ rel. u.}$

The results indicate a fairly high level of efficiency of the use of ICT in public administration in 2016 – 1.12 and its potential growth in 2020. First of all, the positive economic effects will be caused by innovative development and deepening of ICT implementation in the control system (2.8 to 4.2 points), the growth state management efficiency (from 3.2 to 4.0 points), improve performance monitoring statistics (from 3.2 to 4.0 points) and simultaneous saving of material resources (with 3.0 to 2.8 points). In the aspect of social efficiency will be observed a positive trend in the reduction of time for the delivery of public ser-

ances to the population (from 4.3 to 3.5 points), as well as the growth of the intellectualization of labor (from 3.2 to 4.0 points).

Table 2

Summary results of the integrated assessment of the effectiveness of ICT application in the public administration system (In points from 1 to 5)

№	A partial indicator of a generalized effectiveness evaluation	The effectiveness of the use of ICT in public administration	
		2016 г.	2020 г.
1	A generalizing effective indicator of economic efficiency (positive effect)	2,4	3,6
1.1	Economic growth through innovative development and implementation of ICT in public administration	2,8	4,2
1.2	The economy of labor resources and the growth of labor productivity	2,7	3,2
1.3	Saving of material resources	3,0	2,8
1.4	Increasing the share of information resources in the structure of resources for the provision of government services to the public	3,2	3,8
1.5	Reducing operating costs	2,7	3,5
1.6	Increasing the efficiency of public administration	3,2	4,0
1.7	Increase in efficiency in the collection, processing of statistical data through automation and virtualization of public services provided	3,2	4,0
2	A generalizing effective indicator of social effectiveness (positive effect)	2,3	3,7
2.1	Growth of intellectual labor	3,2	4,0
2.2	Increasing the attractiveness of work of public administration employees	2,8	3,5
2.3	Increasing the number of services offered to the public in electronic form	3,7	4,2
2.4	Saving time by providing electronic public services through the Internet and ICT	4,3	3,5
2.5	Increasing the population's loyalty to the government	2,8	3,2
2.6	Increase the degree of interaction between the population and state power	2,8	3,2
2.7	Increase of national rating of electronic development of the country in the international arena	3,2	3,8
3	A generalizing cost-based measure of economic efficiency (negative effect)	2,3	3,5
3.1	Costs for the development of info-communications infrastructure in public administration at all levels	3,7	3,5
3.2	Costs of information training of employees of state agencies at all levels of government	2,8	3,2
3.3	The costs of information security governance	3,2	4,2
3.4	Risks (information, cybernetic)	3,2	3,3
3.5	The cost of creating global national data banks on public services and a unified system for their provision at all levels of government	3,0	3,3
3.6	Regional disparities in access to the "Internet"	2,8	3,0
3.7	The costs of the fight against cyber terrorism	3,0	3,8
4	A generalizing cost indicator of social effectiveness (negative effect)	1,9	2,7
4.1	The difficulty of adapting part of state employees to infocommunication innovations	3,0	2,7

4.2	Deterioration of physical health due to the considerable time working at a computer	2,5	2,5
4.3	Deterioration of psychological health due to the significance of the work time and large amounts of information to be processed at the computer	2,5	2,5
4.4	Electronic inequality of Russian citizens	2,5	2,5
4.5	Loss of time of the population in virtual interaction with public authorities due to difficulties in the perception of information and the procedure for its use by purpose	2,5	3,0
4.6	Low loyalty of part of the population of a certain age category to electronic interaction with public authorities	3,0	2,8
4.7	Mistrust of a part of the population to virtual interaction with public authorities for certain categories of public services	3,0	2,7
Efficient integral index		2,35	3,65
Effective use of ICTs		2,1	3,1
Cost effectiveness integral index ICTs		1,12	1,17
Integral gain efficiency of ICT in public administration		1,12	1,17

* Developed by the authors

At the same time it requires an increase in the costs of information security governance (from 3.2 to 4.2 points) on the fight against cyber terrorism (from 3.0 to 3.8 points), to create a national data bank on public services and a unified system of their provision at all levels (from 3.0 to 3.3 points), as well as addressing regional disparities in access of the population to the "Internet" (from 2.8 to 3.0 points).

Thus, the proposed method of socio-economic efficiency of the use of ICT in public administration not only provides a reasonable description of the process of public administration electrification in the current and perspective period but also opens and specifies the ways of increasing the efficiency of the use of ICT in public administration.

References

1. Azgaldov G.G., Kostin A.V., Sadovov V.V. (2011). *Qualimetry: initial information*. Handbook with a model for the ANO "Agency of strategic initiatives on promoting new projects": Proc. Benefit. Moscow: Higher. wk. 143 p.
2. Ivanov V.V., Korobov A.N. (2010). *State and municipal management with the use of information technology*. Moscow: INFRA-M. 383 p.
3. *Indicators of the Information Society: 2013: statistical yearbook*. Moscow: Research Institute "Higher School of Economics", 2013. 328 p.
4. Karyshev M.Yu. (2011). Specifics of the application of international statistical methodology for measuring the information society in Russia. *Economics, Statistics and Informatics*, no. 4, pp 89-92.
5. Kuzovkov D.V. (2009). The use of expert-kvalimetricheskogo approach to evaluating the effectiveness of innovation and the choice of supplier of equipment in the field of info-communications. *Age of quality*, no. 1, pp. 30-33.
6. Kuzovkova T.A., Dusen A.S. (2014). Application of the monitoring instrument to control the development of Kazakhstan infocommunication. *Century quality*, no. 3. pp. 68-72.
7. Kuzovkova T.A., Kuzovkov D.M., Kuzovkov A.D. (2016). Expertise-integral method qualimetric efficiency evaluation of projects and the use of new technologies. *Control systems, communication and security*, no. 3, pp. 1-54.
8. Salyutina T.Y., Kuzovkov A.D. (2016). Analysis of methods and approaches to measure the processes of information and movement towards the information society. *T-Comm*, vol. 10, no. 6, pp 52-57.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Кузовкова Татьяна Алексеевна, Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия
tkuzovkova@me.com

Баврин Виктор Николаевич, Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия,
viktorbavrin@yandex.ru

Аннотация

Раскрывается новый подход и обосновывается система показателей комплексной оценки социально-экономической эффективности применения инфокоммуникационных технологий в организациях государственного управления с учетом множества проявлений эффекта и последствий на основе применения интегрально-экспертного метода. Применение и дальнейшее развитие ИКТ в системе государственного управления создает новые возможности для решения национальных и региональных задач. При этом, электронизация процессов управления влечет за собой не только положительные, но и отрицательные эффекты как для государственных работников, так и населения, которое для решения своих вопросов вступает во прямое взаимодействие с государственной системой с помощью ИКТ. Интегрально-экспертный метод состоит в получении количественных оценок эффективности посредством экспертного оценивания ее параметров по совокупности частных показателей экономической и социальной эффективности, отражающих положительные и отрицательные последствия применения ИКТ. Для решения задачи комплексного измерения эффективности применения ИКТ в системе государственного управления авторами были проанализированы и систематизированы частные показатели, на основе которых была разработана анкета экспертного обследования пользователей ИКТ в сфере государственного управления. Интегрально-экспертный метод послужил основой построения модели оценки текущего и возможного состояния с учетом множества факторов, эффектов и последствий во взаимосвязи с формированием информационного общества на основе результатов экспертного опроса. Апробация предлагаемой методики оценки эффективности применения ИКТ в системе государственного управления была осуществлена на основе опроса специалистов органов государственной власти (Минкомсвязи России, РСС) и производственных организаций (ПАО "МГТС", ПАО "Балтийский лизинг"). Полученные результаты дали возможность не только оценить в количественном выражении эффективность применения ИКТ в государственном управлении в текущем и перспективном периодах, но и выявить причины недостаточного уровня эффективности применения ИКТ в системе государственного управления.

Ключевые слова: инфокоммуникационные технологии, государственное управление, социально-экономическая эффективность, интегральный метод, экспертный опрос.

Литература

1. Азгальдов Г. Г., Костин А. В., Садовов В. В. Квалиметрия: первоначальные сведения. Справочное пособие с примером для АНО "Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов": Учеб. Пособие. М.: Высш. шк., 2011. 143 с.
2. Иванов В.В., Коробова А.Н. Государственное и муниципальное управление с использованием информационных технологий. М.: ИНФРА-М, 2010. 383 с.
3. Индикаторы информационного общества: 2013: статистический сборник. М.: НИИ "ВШЭ", 2013. 328 с.
4. Карышев М.Ю. Специфика применения международной статистической методологии измерения информационного общества в России // Экономика, Статистика и Информатика. 2011. №4. С. 89-92.
5. Кузовков Д.В. Применение экспертно-квалиметрического подхода к оценке эффективности инноваций и выбору поставщика оборудования в сфере инфокоммуникаций // Век качества, 2009. № 1. С. 30-33.
6. Кузовкова Т.А., Дюсенов А.С. Применение мониторингового инструмента для управления инфокоммуникационным развитием Казахстана // Век качества, 2014. № 3. С. 68-72.
7. Кузовкова Т. А., Кузовков Д.М., Кузовков А.Д. Экспертно-квалиметрический метод интегральной оценки эффективности инновационных проектов и применения новых технологий // Системы управления, связи и безопасности, 2016. № 3. С. 1-54
8. Салютин Т.Ю., Кузовков А.Д. Анализ методов и подходов к измерению процессов информатизации и движения к информационному обществу // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2016. Том 10. № 6. С. 52-57.

Информация об авторах:

Кузовкова Татьяна Алексеевна, Доктор экономических наук, профессор кафедры "Экономика связи" Московского технического университета связи и информатики, Москва, Россия

Баврин Виктор Николаевич, Магистрант кафедры "Экономика связи" Московского технического университета связи и информатики, Москва, Россия

WAYS OF REALIZATION OF THE "YAROVAYA LAW" REQUIREMENTS IN TELECOMMUNICATIONS

Ivan V. Uglov,
Public Joint Stock Company "Mobile TeleSystems,
Moscow, Russia, uglov_ivan@mail.ru

Keywords: Yarovaya Law, telecommunications, store data, Federal Laws No. 374, legacy intercept.

In July 2016, two Federal Laws (FZ) were adopted for anti-terrorist purposes (No. 374-FZ and No. 375-FZ), which in public discussions were called "Yarovaya Law" – by the name of one of the initiators of the review process and subsequent approval of the Federal Law. Federal Law No. 374-FZ, among other things, puts forward stringent requirements for telecom operators regarding the storage of information, both official and user, transmitted over a the network, within 6 months from the date of transmission.

According to telecom operators and independent sources, the implementation of the requirements set forth in Federal Law No. 374-FZ will require enormous investments and formidable costs.

The article analyzes the main requirements of the law for telecom operators and ways to implement them. The author analyzes the impact of the implementation of this law on the development of the industry, including a significant increase in tariffs for services, the downfall of small and medium-sized operators, and the formation of monopolies.

Information about authors:

Ivan V. Uglov, Ph. D, expert of Public Joint Stock Company "Mobile TeleSystems", Moscow, Russia

Для цитирования:

Углов И.В. Пути реализации "закона Яровой" в телекоммуникационной отрасли // Т-Комм: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №7. С. 62-64.

For citation:

Uglov I.V. (2017). Ways of realization of the "Yarovaya law" requirements in telecommunications. *T-Comm*, vol. 11, no.7, pp. 62-64.

Introduction

In April 2016, the State Duma of the Russian Federation passed bills that toughen persecution for terroristic and extremist activities. Already in June 2016, after adjustments to the clauses relating to telecom operators, these bills were adopted by the State Duma and on July 7 a package of laws was signed by the President of the Russian Federation V.V. Putin [1]. As a result of the improvements, documents were sent to the Federation Council, the storage time for the data transmitted via the networks of the telecom operators was limited from three years to six months.

The amendments, which give the government the authority to make telecom operators to keep records of telephone conversations, sms and Internet traffic of users for a period of 6 months, will come into force on July 1, 2018. At the same time, as it follows from the amendments, this information will have to be stored exclusively in the territory of Russia.

This laws approved requirements that give the government the opportunity to demand [2, 3]:

1. Store calls, messages and other information transmitted by subscribers over the network of the telecommunications operator for a period determined by the Government of the Russian Federation (but no more than 6 months) in accordance with Article 64 of the Federal Law "On Communications";

2. Information on the facts of receiving, transmitting, delivering and processing messages and calls must be stored at 3 years.

The main requirements of the «Yarovaya Law» (in part of Federal Law No. 374-FZ) with respect to control of telecom operators

Of the two laws included in the "Yarovaya Law," only the requirements set forth No. 374-FZ are related to the providers' activity. The main point affecting the activities of telecom operators is clause №64 of the Federal Law No. 126-FZ "On Communications" is revised by the Federal Law No. 374-FZ. In accordance with this clause, communication operators must:

– store text messages, voice information, images, sounds, video, other messages of users of communication services – up to 6 months from the end of their reception, transfer, delivery and (or) processing. The procedure, terms and volume of storage of information specified in this subparagraph shall be established by the Government of the Russian Federation.

– to provide the authorized state bodies carrying out operational search activity or ensuring the security of the Russian Federation with the specified information, information about users of communication services and about the communication services rendered to them, and other information necessary for the performance of tasks assigned to these bodies, in cases established by federal laws .

To specify the requirements to telecom operators in clause 64 of the Federal Law No. 126-FZ "On Communications" as revised by Federal Law No. 374-FZ, the Ministry of Communications has prepared a draft resolution "On the order, timing and amount of storage of text messages, voice information, images, sounds, video and other communications by communication service users" (hereinafter referred to as the Draft Rules). [4].

The in-depth analysis of the Federal Law No. 374-FZ and the Draft Rules shows:

1. Absence of clearly defined criteria with reference to information transfer technologies, the description of such requirements will allow to determine the types of equipment for re-

coding information, unification of requirements for all regions of the Russian Federation;

2. The presence in clause 4 of the requirements for operators of local, zonal, long-distance and international telephone communication, obliging to store voice information, text and other types of messages within 6 months, from which it follows that these operators must store all voice information and all kinds of messages.

3. Clause 5 describes the requirements for operators providing communication services other than those specified in clause 4:

- from 01.06.18 the amount of stored data is defined as 1 petabyte for each Gbit/s of capacity (throughput) of the communication node put into operation

- from 01.06.18 2 petabytes for every Gbit/s. It is worth noting the absence of well-defined services with a list of licenses to which this requirement applies.

Base that, it can be concluded that the requirement can be applied to all organizations that provide communication services, without exception.

As noted in the report on the assessment of the regulatory impact of the draft act prepared by the Ministry of Economic Development of the Russian Federation [5] (hereinafter referred to as the Conclusion), there are some of services where information storage is not advisable. Also, it was noted that the current requirements for the volumes of stored data should not be calculated on the basis of the throughput of the nodes, since this leads to an unjustified increase in the costs of implementing the requirements.

Issues related to implementation of requirements in the current version of the Federal Law No. 374-FZ and the Draft Rules

Now the regulatory framework, which describes the requirements of Federal Law No. 374-FZ, contains many contradictions and blurred concepts that do not allow us to clearly define the requirements for stored information, its type, information search systems and analysis. In the case that the requirements are not detailed and Federal Law No. 374-FZ will be interpreted in the current, maximally broad sense, it will be cause huge operator's cost. Based on Conclusion we can note [5]:

1. According to PJSC "Megafon" estimates, the volume of data storage will be 2.6 Ebytes in 2018, 6.6 Ebytes in 2019 (That based on the capacity of the operator's network at 2600 Gb/s and its planned expansion to 3300 Gb/s).The cost of implementing such a data center for PJSC "Megafon" will amount to more than 938 billion rubles, which exceeds the annual revenue of the company for three years.

2. According to the data of PJSC "MTS", construction costs of the data center will amount to 574.4 billion rubles, or 62% of the company's revenue (based on income reports for 2015 and 2016).

3. According to the estimations of PJSC "MGTS", the construction costs of the data center will amount to 144 billion rubles, which is 3.5 times higher than the company's annual revenue.

4. According to the estimates of PRESTIGE-INTERNET LLC (provider of Enforta), the construction costs of the data center will amount to 795 million rubles, which will exceed the total costs of this operator for the development of the network over the past 10 years.

These forecasts do not take into account OPEX costs for maintaining the infrastructure created, replacing equipment, creating filtering systems and searching for information.

In clear, that a financial load on telecom operators can negatively affect the cost of communication services and business development in the industry as a whole [6].

The analysis of the conclusions noted in the Conclusion

On March 23, 2017, the Ministry of Economic Development concluded its Opinion on the Impact of the Draft Regulation on the Industry [5]. It contains a long list of comments on the draft act. The absence of specification of requirements to information storage, their inconsistency and redundancy was noted. The possible occurrence of unreasonable expenses on the part of operators was underlined. The Draft Rules are recommended to adjust and detail the requirements.

Global experience

Foreign experience in implementation of such projects also shows the excessiveness of the currently approved requirements under the 'Yarovaya Law'. For example, in the European Union from 2006 to 2014 a directive was in force which required storing metadata (i.e. only data about the fact of the information transmission, rather than all transmitted data) within six months. This directive was abolished in 2014. In the Great Britain, such requirements were approved by the parliament in 2014, but challenged in the court of the European Union and never came into effect. In Germany, after long discussions, in 2016 a law prescribing that metadata is stored within 10 weeks was passed. Therefore, the Russian Federation is the only country on the Eurasian continent which has a law that obliges communications service providers to store not only metadata, but also all transmitted information during a six-month period.

Conclusions

For introduction in the Russian Federation of the data collection and analysis system, the general requirements for which are

described in the Federal Law No. 374-FZ, currently there are no detailed rules and regulations, as well as resources for construction of such systems. The requirements set forth in the current versions of the Federal Law No. 374-FZ and the draft Rules are excessive, and presently cannot be implemented by the communications service providers alone without financial support from the government. The implementation of requirements in the current redaction Draft Rules of the "Yarovaya Law" can lead to a serious increase in tariffs for services, the disappearance of all small and medium-sized telecom operators. To implement the project, it is necessary to thoroughly study the requirements to the stored information and exclude the data which is not valuable for arrangement of counter-terrorism activities (for instance, TV streaming data, encoded data for which there is no possibility to negotiate acquisition of decoding keys).

References

1. Putin signed the 'Yarovaya Law' // Interfax – 07.07.2016 // [Electronic resource]. URL: <http://www.interfax.ru/russia/517359>.
2. By 1 July 2018 the shelf life proposed to gradually increase to six months // The newspaper "Kommersant", №10, page 3 – 01.20.2017 [Electronic resource]. URL: <http://kommersant.ru/doc/3196388>.
3. Federal Law of July 6, 2016 № 374-FZ "On Amendments to the Federal Law "On Resistance Terrorism" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation to establish additional measures to counter terrorism and ensure public safety".
4. On the order, timing and amount of storage operators to text messaging, voice, data, images, sounds, video, and other users of communication services messages [Electronic resource]. URL: <http://regulation.gov.ru/projects#npa=60566>.
5. Conclusion of the Ministry of Economic Development "On the assessment of the regulatory impact on the draft resolution of the Government of the Russian Federation "On the order, timing and amount of storage of text messages, voice information, images, sounds, video and other communications by communication service users by telecoms operators" [Electronic resource]. URL: <http://regulation.gov.ru/p/60566>.
6. Russian telecommunications companies are kicking off the new anti-terrorism law // The newspaper «InoPressa» – 12.06.2016 [Electronic resource]. URL: <http://www.inopressa.ru/article/12jul2016/ft/telekom.html>.

ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ "ЗАКОНА ЯРОВОЙ" В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ

Углов Иван Валерьевич, к.т.н., эксперт ПАО "МТС", Москва, Россия, uglov_ivan@mail.ru

Аннотация

В июле 2016 года были приняты два Федеральных закона (ФЗ) антитеррористической направленности (№ 374-ФЗ и № 375-ФЗ), которые в публичных обсуждениях получили название "закон Яровой" – по фамилии одного из инициаторов процесса рассмотрения и последующего утверждения данных ФЗ. Федеральный закон № 374-ФЗ, в числе прочего, выдвигает жесткие требования к операторам связи в части хранения информации, как служебной, так и пользовательской, транслируемой по сети в течении 6 месяцев с момента передачи. По оценкам операторов связи и независимых источников, реализация требований, изложенных в Федеральном законе № 374-ФЗ, потребует колоссальных инвестиций и трудозатрат. Проведен анализ основных требований закона к операторам связи и пути их реализации. Приведен анализ возможного влияния реализации данного закона на развитие отрасли, среди которых многократное увеличение тарифов на услуги, исчезновение мелких и средних операторов, формирование монополии.

Ключевые слова: закон Яровой, телекоммуникации, хранение данных, Федеральный Закон №374-ФЗ, СОРМ.

Литература

1. Путин подписал "закон Яровой" // Интерфакс - 7.07.2016, [Электронный ресурс] // URL: <http://www.interfax.ru/russia/517359>
2. К 1 июля 2018 года срок хранения предложено постепенно увеличить до шести месяцев // Газета "Коммерсантъ", №10, стр. 3. 20.01.2017, [Электронный ресурс] // URL: <http://kommersant.ru/doc/3196388>.
3. Федеральный закон от 6 июля 2016 г. № 374-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "О противодействии терроризму" и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части установления дополнительных мер противодействия терроризму и обеспечения общественной безопасности".
4. О порядке, сроках и объеме хранения операторами связи текстовых сообщений, голосовой информации, изображений, звуков, видео- и иных сообщений пользователей услугами связи. [Электронный ресурс] // URL: <http://regulation.gov.ru/p/60566>.
5. Заключение Мизэкономразвития "Об оценке регулирующего воздействия на проект постановления Правительства Российской Федерации "О порядке, сроках и объеме хранения операторами связи текстовых сообщений, голосовой информации, изображений, звуков, видео- и иных сообщений пользователей услугами связи". [Электронный ресурс] // URL: <http://regulation.gov.ru/p/60566>.
6. Российские телекоммуникационные компании отбиваются от нового антитеррористического закона // Газета "InoPressa" 12.06.2016. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.inopressa.ru/article/12jul2016/ft/telekom.html>.

Информация об авторе: Иван Валерьевич Углов, к.т.н., эксперт ПАО "МТС", Россия, Москва, Россия