

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Журналу «Hi-tech&ESResearch – Научные технологии в космических исследованиях Земли» в этом году исполняется пять лет. Напомню, что наш журнал продолжает многолетнюю историю публикаций «Трудов СКФ МТУСИ» (Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информации) и продолжает развиваться как научное издание. С 2012 года мы увеличили количество наших выпусков до четырех, а с этого года до шести номеров в год.

H&ES – научно-технический журнал для специалистов в области современных инфокоммуникационных технологий и автоматизированных систем управления, средств космических исследований Земли и информационной безопасности, а также для пользователей, использующих средства связи и телекоммуникации в своей повседневной производственной и исследовательской деятельности.

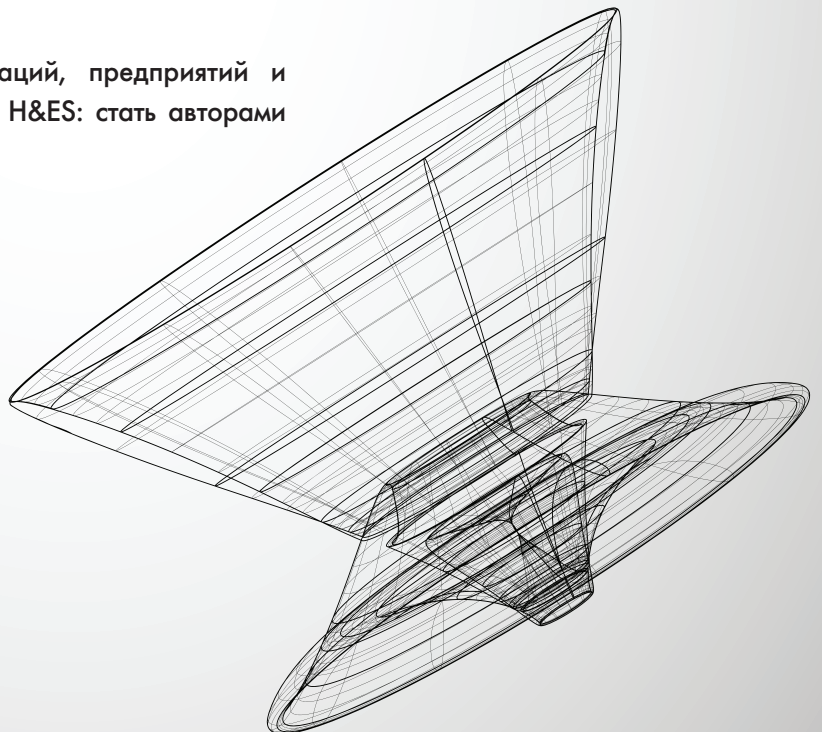
В журнале публикуются новости о событиях в вышеуказанных областях, репортажи и интервью ведущих компаний, мнения специалистов, новые технологии, инновационные разработки, оборудование и решения, аналитические статьи, маркетинговые исследования и др.

Журнал освещает достижения и проблемы российских инфокоммуникаций, внедрение последних достижений отрасли в автоматизированных системах управления, развитие технологий в информационной безопасности, исследования космоса, развитие спутникового телевидения и навигации, исследование Арктики.

Особое место в издании уделено результатам научных исследований молодых ученых в области создания новых средств и технологий космических исследований Земли.

Мы приглашаем всех руководителей организаций, предприятий и учреждений принять участие в развитии журнала H&ES: стать авторами статей и спонсорами нашего издания.

*Константин Легков*  
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР



**Редакционная коллегия:**

**Бобровский В.И.**

(д.т.н., доцент, начальник отдела ОАО «ИНТЕЛТЕХ»)

**Борисов В.В.**

(д.т.н., профессор, член Академии военных наук РФ, профессор кафедры вычислительной техники МЭИ)

**Будко П.А.**

(д.т.н., профессор, профессор кафедры технического обеспечения связи и автоматизации ВАС)

**Будников С.А.**

(д.т.н., доцент, член-корреспондент Академии информатизации образования,

начальник кафедры автоматизированных систем управления ВУНЦ ВВС «ВВА»)

**Верхова Г.В.**

(д.т.н., профессор, заведующая кафедрой автоматизации предприятий связи СПб ГУТ им. профессора М.А.Бонч-Бруевича)

**Гончаревский В.С.**

(д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор кафедры технологий

и средств технического обеспечения и эксплуатации автоматизированных систем управления

ВКА им. А.Ф.Можайского)

**Комашинский В.И.**

(д.т.н., профессор, профессор кафедры обработки и передачи дискретных сообщений

СПб ГУТ им. профессора М.А.Бонч-Бруевича)

**Кирпанев А.В.**

(д.т.н., с.н.с., начальник сектора ОАО «ВНИИРА»)

**Курносков В.И.**

(д.т.н., профессор, академик Арктической академии наук, академик Международной академии информатизации, академик Международной академии обороны, безопасности и правопорядка, член-корреспондент РАЕН, главный научный сотрудник ОАО «НИИ «Рубин»)

**Мануйлов Ю.С.**

(д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизированных систем управления космических комплексов ВКА им. А.Ф.Можайского)

**Морозов А.В.**

(д.т.н., профессор, член Академии военных наук РФ, заместитель начальника кафедры автоматизированных систем боевого управления ВА ВПВО)

**Мошак Н.Н.**

(д.т.н., начальник отдела ОАО «ИНТЕЛТЕХ»)

**Пророк В.Я.**

(д.т.н., доцент, профессор кафедры автоматизированных систем управления ВКА им. А.Ф.Можайского)

**Семенов С.С.**

(д.т.н., доцент, профессор кафедры технического обеспечения связи и автоматизации ВАС)

**Синицын Е.А.**

(д.т.н., профессор, начальник НИО ОАО «ВНИИРА»)

**Тучкин А.В.**

(д.т.н., с.н.с., старший научный сотрудник ОАО «НПО Ангстрем»)

**Шатраков Ю.Г.**

(д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, ученый секретарь ОАО «ВНИИРА»)

# СОДЕРЖАНИЕ

## НОВОСТИ

Новости науки и техники, события, люди

4

## ТЕХНОЛОГИИ

Мировой и российский рынок инфраструктуры 4G

10

**Литвинов А.И.**

Обеспечение устойчивости решения задач идентификации технического состояния электрооборудования по диаграммам состояний

14

**Синюк А.Д., Остроумов О.А.**

Математическая модель нарушителя открытого ключевого согласования сети с минимальным числом корреспондентов

20

**Анисимов О.В., Приветень А.С.**

Эффективность информационной поддержки обслуживающего персонала в цикле восстановления радиоэлектронных средств

26

**Павликов С.Н., Убанкин Е.И., Веселова С.С.**

Метод передачи информации

30

## ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

**Будко П.А., Жолдасов Е.С.,**

**Жуков Г.А., Будко Н.П.**

SDR-технологии и новые принципы приема сообщений в симплексных радиоподлинках

34

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

**Легков К.Е., Скоробогатова О.А.**

Основные направления развития автоматизированных систем управления специального назначения и требования предъявляемые к ним системой управления

40

**Пророк В.Я., Зыков А.М., Карытко А.А.**

Методика расчета требуемой производительности вычислительных элементов в высоконагруженных многопроцессорных вычислительных системах

46

## ИНФОРМАЦИОННАЯ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

**Круз Л.**

Интернет вещей и информационная безопасность

52

## ЭКОНОМИКА

Тарификация в сетях 4G: Россия имитирует опыт

54

Перспективы рынка WiMAX в России и в мире, возможности миграции на LTE

57

# CONTENTS

Vol. V  
No. 1-2013

**H&ES**  
RESEARCH

High technologies  
in Earth space research

## NEWS

News of science and technology, events, people

4

## TECHNOLOGIES

World and Russian market of 4G infrastructure

10

### Litvinov A.

Ensuring stability of the solution of tasks identifications of technical condition electric equipments according to charts of states

14

### Sinyuk A., Ostroumov O.

The mathematical model of the offender of the open key network coordination with the minimum number of the correspondents

20

### Anisimov O., Priveten A.

Information support of scheme request for the personnel in the recovery cycle of radio-electronic devices

26

### Pavlikov S., Ubankin E., Veselova S.

Method of information transfer

30

## TELECOMMUNICATIONS

### Budko P., Zholdasov E., Zhukov G., Budko N.

SDR-technologies and new principles of reception of messages in simplex radio lines

34

## AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

### Legkov K., Skorobogatova O.

The main directions of development of automated control systems of a special purpose and requirements imposed to them management system

40

### Prorok V., Zykov A., Karytko A.

Design procedure of demanded productivity of computing elements in the high-loaded multiprocessing computing systems

46

## INFORMATION AND CYBERSAFETY

### Cruz L.

The Internet of things and information security

52

## ECONOMY

The 4G tariffs: Russia and world experience

54

Market prospects of WiMAX in Russia and in the world, the possibility of migration to LTE

57

**Периодичность выхода — 6 номеров в год**  
**Стоимость одного экземпляра 500 руб.**

### Тематические направления

• Вопросы развития АСУ • Физико-математическое обеспечение разработки новых технологий и средств инфокоммуникаций • Условия формирования основных стандартов подвижной связи • Проектирование, строительство и интерактивные услуги в СПС • Биллинговые и информационные технологии • Электромагнитная совместимость • Антеннофидерное оборудование • Источники электропитания • Волоконно-оптическое оборудование и технологии • Вопросы исследования космоса • Спутниковое телевидение, системы спутниковой навигации, GLONASS, построение навигационных систем GPS • Вопросы развития геодезии и картографии • Программное обеспечение и элементная база для сетей связи • Компьютерная и IP-телефония • Информационная и кибербезопасность • Вопросы исследования Арктики • Метрологическое обеспечение • Правовое регулирование инфокоммуникаций, законодательство в области связи • Экономика связи

Hi-tech Earth Space  
**RESEARCH**

### Редакция

Главный редактор: Константин Легков  
HT-ESResearch@yandex.ru

Издатель: Светлана Дымкова  
ds@media-publisher.ru

Предпечатная подготовка  
ООО "ИД МЕДИА ПАБЛИШЕР"  
www.media-publisher.ru

### Адрес редакции

111024, Россия, Москва,  
ул. Авиамоторная, д. 8, офис 512-514  
Тел.: +7 (495) 957-77-43

194044, Россия, Санкт-Петербург,  
Лесной Проспект, 34-36, корп. 1,  
Тел.: +7 (911) 194-12-42

Журнал "Научные технологии в космических исследованиях Земли" (H&ES) зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Журнал входит в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Мнения авторов не всегда совпадают с точкой зрения редакции. За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет

Материалы, опубликованные в журнале — собственность ООО "ИД Медиа Паблшер". Перепечатка, цитирование, дублирование на сайтах допускаются только с разрешения издателя.

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

© ООО "ИД Медиа Паблшер", 2013



## Volvo и Ericsson представят на рынке автомобиль, полностью подклю- ченный к сети

Концепция «облачного автомобиля» будет реализована в новых моделях Volvo на базе решения Ericsson - Multiservice Delivery Platform-обеспечивающего доставку разнообразного контента: информационно-развлекательных и коммуникационных сервисов и приложений.

Благодаря партнерству Ericsson и Volvo автомобильная индустрия получит новый виток развития. Компании объявили о создании полностью подключенного к сети автомобиля, в котором реализована возможность доступа к разнообразным облачным сервисам. Сенсорный дисплей, установленный в машине, позволит водителю и пассажирам работать с информационными, навигационными и развлекательными приложениями. В планах Volvo — сделать данную платформу частично открытой для других участников автомобильной отрасли. К участию в проекте будут привлечены контент-провайдеры, интернет-радиостанции, дорожные власти, городские органы власти, операторы платных дорог и т.д.

В рамках сотрудничества Ericsson выступит основным системным интегратором решения с IS/IT-средой Volvo и собственно автомобильными системами. Ericsson предоставит услуги по расширенной поддержке облачного решения и обеспечит надежное соединение и взаимодействие автомобиля с системами и сервисами сторонних поставщиков.

Конкретный набор приложений и сервисов, поддерживаемых подключенным к сети автомобилем, будет определен на основе результатов исследований компании Volvo в области поведения и предпочтений водителей, общих требований к безопасности дорожного движения, а также на основе опыта компании Ericsson в сфере развития мобильных коммуникационных сервисов.

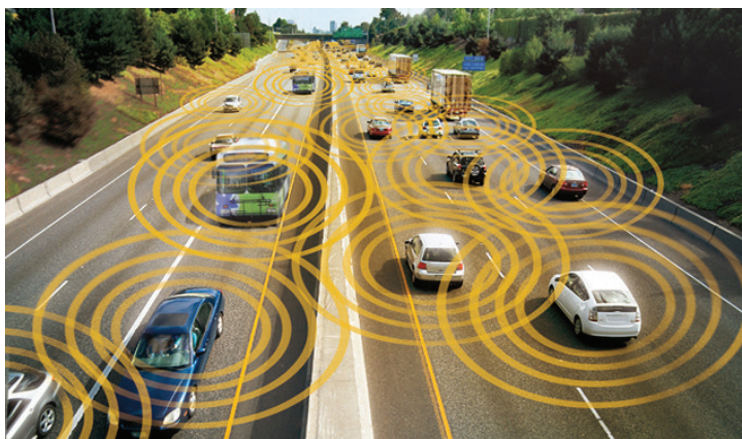
Облачное решение Ericsson для подключенных автомобилей отвечает всем необходимым требованиям масштабируемости, безопасности и гибкости, представляемым к автомобилестроительной отрасли во всем мире.

## В Cisco ведутся работы по созданию первого в мире интеллектуального подключенного автомобиля

Три работающих в Cisco инженера-новатора взяли сделать эту компанию одним из лидеров автомобильного, железнодорожного и воздушного транспорта. Если они добьются успеха, то кажущийся сегодня научной фантастикой принцип интеллектуальной навигации войдет в повседневную жизнь миллионов людей. При этом решение технических проблем, связанных с созданием интеллектуального подключенного автомобиля (Smart Connected Vehicle, SCV), поможет Cisco стать лидером по внедрению Интернета вещей.

На пути создания интеллектуального подключенного автомобиля стоит множество технических препятствий. Не может не поражать и масштаб задачи по подключению к сети сотен миллионов легковых автомобилей и грузовиков. Вместе с тем данный проект сулит человечеству огромные блага и преимущества в виде динамических систем предупреждения столкновений на дорогах, повышения эффективности использования топлива и управления транспортом, более эффективных средств навигации и информационных систем, сокращения вредных выбросов в атмосферу, ликвидации пробок, и т.д.

Многоуровневая архитектура SCV войдет в состав архитектуры Интернета вещей. Проект SCV получил одобрение руководства компании Cisco, поскольку многомиллиардный автомобильный рынок охватывает целый ряд областей бизнеса, имеющих большое значение для Cisco: этому рынку нужны надежные и безопасные сети, мобильность, сети датчиков, облачные услуги и интеллектуальные сети. В настоящее время Ф. Бономи и Дж. Вассер работают над тем, чтобы распространить вычислительную архитектуру Cisco на периферию интеллектуальной сети в интересах поддержки подключенных автомобилей SCV. По мнению Дж. Вассера, эксперта в области устройств IPv6 и Интерне-



та вещей, система датчиков, управляющих транспортным потоком, которая собирает ценную информацию и напрямую снабжает ею автомобили вместо того, чтобы пересылать ее через «облако», способна радикальнейшим образом изменить транспортную отрасль.

В скором будущем энергоэффективные беспроводные датчики с адресами IPv6 появятся на светофорах, дорожных знаках и других объектах дорожной инфраструктуры. Они обеспечат водителей интеллектуальных автомобилей непрерывным потоком критически важной информации.

Когда все автомобили станут интеллектуальными и подключенными, транспорт сможет одновременно пересекать перекрестки во всех направлениях без светофоров, остановок и столкновений. На смену привычной парадигме, когда транспорт должен останавливаться, чтобы пропустить перпендикулярный транспортный поток, придет принцип безостановочного движения, способный сэкономить немало топлива и времени.

Чтобы сделать SCV реальностью, необходимо полностью пересмотреть методы встраивания информационно-технологических систем в автомобиль. В последние годы уровень интеллектуальности легковых, грузовых и прочих автомобилей повысился, но вместе с тем автомобили стали более тяжелыми, дорогими и сложными.

Консолидация этих систем и процессоров на единой IP-платформе позволит сократить

расходы и повысить производительность. Огромное значение приобретает безопасный удаленный доступ.

Интеллектуальность нужна автомобилям и для принятия правильных решений в чрезвычайных ситуациях. Еще одна проблема — обрывы связи. При возникновении больших пробок в крупных городах сотовые сети часто оказываются перегружены, поэтому автомобили SCV должны уметь мгновенно и незаметно для пользователя переходить из сотовых сетей в сети Wi-Fi.

Другая проблема — информационная безопасность и защита персональных данных.

Cisco активно занимается решением всех перечисленных проблем. Группа Элдера Антунаша в Сан-Хосе разрабатывает клиентское программное обеспечение, работающее под управлением операционной системы IOS и обладающее «автомобильными» модулями расширения. Cisco планирует продавать лицензии на это ПО производителям автомобилей, а также помогать им встраивать такое ПО в свои автомобильные дизайны.

Концепция SCV уже привлекла интерес авто владельцев. В 2013 г. разработчики SCV завершат работу над архитектурой и установят отдельные ее элементы в ряде транспортных компаний. В течение 2014 г. производители начнут встраивать данное решение в легковые и грузовые автомобили, а к 2015 г. первые интеллектуальные подключенные автомобили должны будут найти своих покупателей.



## Форум «CONNECTED TV & VIDEO. Internet TV. Smart TV. Mobile TV»

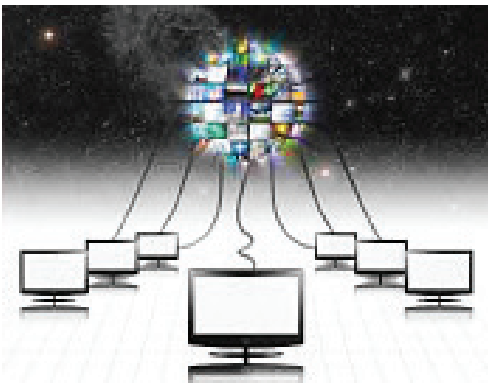
Возрастающий интерес к Форуму, продемонстрировал острую необходимость создания такой кроссиндустриальной площадки в индустрии Телеком и Медиа для обсуждения не столько технологий, сколько концепций и Бизнес-моделей, взаимодействия всех игроков рынка и, конечно же, он был в первую очередь сфокусирован на обмене опытом и практических примерах российских и зарубежных игроков рынка. Форум был отмечен участниками, как масштабное и значимое мероприятие, и единственной дискуссионной площадкой, объединившей более 300 делегатов — про-

фессионалов и бизнес-лидеров отраслей Медиа и Телекома.

Особый интерес со стороны делегатов был отмечен на Круглом столе, посвященном способам увеличения ARPU, который позволил в режиме реального времени активно обсуждать и обмениваться мнениями. В демо-зоне, делегаты форума активно интересовались и тестировали решения, представленные экспонентами выставки, и могли сами попробовать и оценить удобство того или иного приложения.

В рамках форума впервые в России прошел семинар Яна Озера, Вирджиния, США, — ведущего консультанта по цифровому видео и потоковому вещанию в мире. Его опыт оказался неоценимым для профессионалов, организующих вещание видео в интернете, а также для всех интересующихся технологиями производства видео и стримингового вещания.

С приветствием выступил А.Горбатько, заместитель руководителя Департамента Информационных Технологий Москвы. С обзорами идеологии развития ТВ и медиаиндустрии выступили Д.Багдасарян, директор по фиксированному бизнесу и ТВ, МТС и С.Кошляков, исполнительный директор, Цифровое Телевидение (ВГТРК). Новые возможности для развития бизнеса в своем выступлении осветил Д.Кулаковский, директор по маркетингу и развитию бизнеса МГТС. Зарубежным опытом в ходе форума поделились: Лаури Кивинен, генеральный директор Yleisradio Oy; Винсент Роже, генеральный директор Mobibase и Ксавьер Йесхэм, senior marketing manager Nagra Kudelski Group. Российский опыт был освещен в выступлениях А.Холодного, директора по управлению медиаактивами Ростелеком, А.Румянцева, директора по клиентским решениям ВымпелКом и др. В каждой сессии были представлены лучшие доклады экспертов и представителей ведущих игроков телекома и медиа.



## KiteNet запущен в коммерческую эксплуатацию

Универсальный оператор спутниковой связи «РyСaт» в партнерстве с компанией «Радуга-Интернет» сообщает об официальном запуске в коммерческую эксплуатацию услуги двустороннего спутникового Интернета для частных пользователей. Услуга предоставляется под маркой KiteNet. Начиная с 15 марта, все желающие смогут приобрести необходимые комплекты оборудования и после их установки и настройки начать пользоваться спутниковым доступом в Интернет.

Работы по вводу KiteNet в коммерческую эксплуатацию велись быстрыми темпами: меньше, чем за 2 месяца с момента официальной презентации услуги, была смонтирована антенна телепорта, выполнен монтаж оборудования центральной станции и проведена его отладка, осуществлено программное наполнение ком-

плекса, протестирована работа всей системы. Первая абонентских терминалов поступила на склад «РyСaт» в Москве в конце февраля. С 1 марта началась их отгрузка партнерам по предварительным заявкам, а с 15 числа открылась продажа оборудования частным пользователям. Оформить заявку на приобретение оборудования и подключение к услуге KiteNet частные пользователи смогут как интерактивно, через форму обратной связи на официальном сайте нового бренда [www.kitenet.ru](http://www.kitenet.ru), так и позвонив по телефонам горячей линии или связавшись с официальным представителем KiteNet в своем регионе. С новым клиентом будут заключаться договора на приобретение оборудования и на оказание услуг связи, после чего будут решены вопросы по доставке, установке и настройке оборудования (пользователи

могут сделать это самостоятельно или воспользоваться услугами специалистов KiteNet). Весь цикл работ (с привлечением специалистов KiteNet на всех этапах), начиная с размещения клиентом заявки и оплаты услуг, до монтажа и настройки оборудования займет не более 1-2 недель. Напомним, что KiteNet — это уникальный для российского рынка проект спутникового доступа в Интернет для частных пользователей, сочетающий низкую стоимость оборудования (от 8000 руб.) и демократичные тарифы (от 299 руб. в месяц без ограничения трафика) с простотой подключения. Зона действия услуги на начальном этапе совпадает с зоной покрытия спутника «Ямал-402» и включает европейскую, уральскую и сибирскую части России, но пока не распространяется на Дальний Восток.

## Кругосветная экспедиция яхты DELTA

Союз журналистов России, Русский крейсерский клуб и компания «Mikstmarine» объявляют об окончании первого этапа кругосветного плавания на парусной яхте DELTA под командованием Андрея Невзорова.

Плавание стартовало в День Независимости России 12 июня 2011 г. от Берсеньевской набережной г. Москвы, на данный момент пройдена половина Земного Шара, и яхта находится на о. Таити в Тихом Океане. Старт второго этапа намечен на 1 апреля 2013 г. с тем, чтобы летом 2014 г. войти в российские воды и, пройдя по Дону и Волге, финишировать в сентябре 2014 г. в Москве.

Экспедиция станет ПЕРВЫМ кругосветным плаванием, в котором для навигации используется российская навигационная спутниковая система ГЛОНАСС.

Экспедиция проходит под патронажем ЮНЕСКО и является частью программы UNESCOYACHTING — серии походов на парусных яхтах, призванной популяризировать плавания под парусом как средство приобщения к культурному наследию человечества.

«Он, Она и Море» — блог в социальных сетях, и рабочее название книги экипажа яхты — семейной четы Андрея и Елены Невзоровых. Книга и блог по материалам кругосветного плавания, с акцентом на психологические аспекты взаимоотношений мужчины и женщины в экстремальных условиях, предназначена широкому кругу читателей.

12 февраля 2013 г. в Центральном Доме журналиста в Москве прошла пресс-конференция, посвященная кругосветному плаванию яхты DELTA. В программе мероприятия: встреча с экипажем яхты, фотовыставка, фильм о плавании, выступление группы поддержки.

Материалы экспедиции можно найти на сайтах [www.theglonass.com](http://www.theglonass.com) и [www.яхтадельта.рф](http://www.яхтадельта.рф).

Приглашаем посетить блоги экспедиции в социальных сетях <http://yachtadelta.livejournal.com> [www.facebook.com/yachtadelta](http://www.facebook.com/yachtadelta)

Штаб проекта: [7240665@mail.ru](mailto:7240665@mail.ru)

## AGCO запускает обновленную систему автоматического вождения Auto-Guide 3000

Корпорация AGCO представляет новый высокотехнологичный продукт из серии решений для точного земледелия.

Система автоматического вождения Auto-Guide 3000, предназначенная для техники Challenger, воплощает в себе автоматизированные решения нового поколения, повышающие производительность при проведении сельскохозяйственных работ, и включает функцию управления с полноценной системой спутниковой навигации.

Auto-Guide 3000 был разработан для удовлетворения растущих требований сельхозпроизводителей к системам автоматического вождения, предлагая высокий уровень точности при проведении работ. Раз-

работчикам удалось добиться сочетания в новом продукте таких характеристик, как простота использования, точность и надежность, подтвержденная комплексными полевыми испытаниями, и, наконец, конкурентоспособные цены.

Система предлагает широкий выбор уровней точности — от субметрового до сантиметрового и может быть легко модифицирована.

Заказать установку Auto-Guide 3000 сразу на заводе можно будет уже в этом году. Это относится к гусеничным тракторам Challenger MT 700D и MT 800C. Система может устанавливаться и на ранее выпущенные модели. В Восточной Европе Auto-Guide 3000 будет

доступен для колесных тракторов Challenger MT 500D и MT 600D, модели на шарнирно-сочлененной раме Challenger MT 900C, самоходных опрыскивателей Challenger RoGator 1100 и 1300, роторных комбайнов и самоходных косилок. Большинство этих машин будет выпускаться с уже предустановленной на заводе системой Auto-Guide.

Новый Auto-Guide 3000 создает комфортные условия для оператора, позволяя повысить качество и скорость выполняемых работ. Система помогает управлять техникой еще более безопасно и умело, способствуя значительному повышению производительности, за счет сокращения перекры-

тий и пропусков при обработке участков.

Простота эксплуатации является немаловажной характеристикой этого навигационного решения нового поколения.

Базовая и легкая в использовании навигация начального уровня требует только установки приемника системы Auto-Guide 3000. Настройка и управление навигацией осуществляется при помощи Центра управления трактором C1000, который входит в базовую комплектацию техники. Дополнительный и расширенный комплекс навигации C3000 предлагает интуитивно понятный пользовательский интерфейс, а также улучшенные возможности просмотра, использования и навигации.

## Vision Solutions: защита и восстановление данных в облачных средах

Vision Solutions, Inc. представила новое решение по защите и восстановлению данных в облачных средах Cloud Protection & Recovery (CP&R), созданное с помощью проверенных временем продуктов для аварийного восстановления данных Double-Take® и MIMIX®. Новое решение позволяет поставщикам облачных сервисов развивать свой бизнес, предлагая клиентам новую услугу — Recovery-as-a-Service (RaaS). Пакет CP&R предоставляет недорогой и безопасный доступ к облачным средам по схеме pay-per-use, то есть размер оплаты прямо пропорционален объему фактического использования. Новый продукт делает Vision Solutions ведущим поставщиком решений по защи-

те и восстановлению информации в облачных средах, а также по обеспечению бесперебойной работы и кроссплатформенному использованию данных. Согласно данным исследовательской компании Gartner, ключевые характеристики — повсеместный сетевой доступ по требованию к общему пулу вычислений, гибкость и оплата по факту — делают облачные решения защиты и восстановления данных привлекательной альтернативой традиционным решениям и даже in-house разработкам с точки зрения удобства использования и оптимизации расходов. Следовательно, услуга RaaS как логическое продолжение облачной инфраструктуры, будет пользоваться все большей попу-

лярностью. По расчетам Gartner, общемировые расходы на это предложение в 2012 г. составили 465,7 млн. долл., а к 2017 г. объем этого рынка вырастет до 1,2 млрд. долл., со среднегодовым совокупным темпом роста 21%.

Пакет решений компании Vision Solutions по защите и восстановлению данных в облачных средах CP&R включает в себя:

- Платформу RaaS на базе технологии репликации данных в реальном времени Double-Take;
- Сервис Metered Usage, который позволяет поставщикам облачных сервисов оплачивать лицензии на решения Vision Solutions по факту использования.
- Комплект разработчика ПО

(SDK) предоставляет поставщикам облачных сервисов возможность использовать интерфейс программирования приложений (API) для настраиваемой интеграции Double-Take в свою облачную экосистему.

Запуская новый пакет предложений для облачных сервисов, компания Vision Solutions реорганизует свое портфолио, разделяя решения на три категории: Cloud Protection & Recovery (защита и восстановление данных в облачных средах), High Availability and Disaster Recovery (обеспечение бесперебойной работы и аварийного восстановления) и Migration and Cross-Platform Data Sharing (миграция и кроссплатформенное совместное использование).





## Международная специализированная выставка по организации дорожного движения «Exprotraffic»

12-14 марта 2013 г. в Москве в ЦВК «Экспоцентр» состоится Международная специализированная выставка по организации дорожного движения «Exprotraffic», которую по праву можно считать масштабной демонстрацией новейших достижений в области безопасности дорожного движения и регулирования транспортных потоков. Выставка пройдет при поддержке Государственной Думы РФ, Министерства транспорта РФ, Правительства Москвы и Международной академии транспорта, под патронажем ТПП РФ. Мероприятие пройдет в целях содействия реализации Государственной программы «Развитие транспортной системы Москвы».

На церемонии официального открытия выставки с приветственным словом выступят: руководитель Департамента строительства города Москвы А.Ю. Бочкарев; первый вице-президент Международной академии транспорта В.А.Досенко; директор Ассоциации «ДОРМОСТ» К.В. Иванов; генеральный директор Дорожной федерации Европейского Союза Кристоф Никодем; председатель правления Тоннельной ассоциации России Г.Я. Штерн; президент Mack Brooks Exhibition Стивен Брукс.

В выставке примут участие более 100 организаций из 14 стран мира (Великобритании, Германии, Италии, Франции, Чехии, Литвы, Болгарии и др.): Департамент строительства Москвы, Центр мониторинга ликвидации последствий ДТП МЧС России, SES Nouvelle (Франция), Solari di Udine SpA (Италия), TDC Systems (Великобритания), ООО «Вайскер», SWARCO, ООО «Технический центр по обеспечению безопасности дорожного движения», ОАО «Московские дороги», ООО «Технологии распознавания» и др. Экспозиция привлечет внимание более 3 тыс. посетителей.

Участники выставки представят мировые и отечественные разработки в сфере интеллектуальных транспортных систем, новейшие решения в сфере безопасности дорожного движения, последние достижения в области инфраструктуры и технического обслуживания авто-

мобильных дорог.

Центр мониторинга ликвидации последствий ДТП МЧС России представит на стенде информационно-аналитическую систему в области ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий. Компания «Симикон» продемонстрирует фоторадарный комплекс «Кордон» и мобильный комплекс распознавания номеров «Искра-видео-2 с ПО «Поиск», мобильный аппаратно-программный комплекс «ПаркРайт» в трех вариантах исполнения был показан на стенде ООО «Технологии распознавания». ОАО «Московские дороги» представил на стенде систему обеспечения противогололедной обстановки СО-ПО®, компактные метеостанции и бесконтактный дорожный датчик состояния дорожного полотна. Адаптивную систему управления дорожным движением Im City продемонстрируют на стенде компании Имтех Траффик&Инфра. На выставке все желающие смогут увидеть автономные импульсные индикаторы «КОМПО» и «Автономный «КОМПО ЗНАК» (ООО «АИР Магистраль»); стационарный многоцелевой комплекс автоматической видеofиксации нарушений ПДД (ЗАО «Ольвия»); аппаратнопрограммный комплекс UTOPIASPOТ, предназначенный для адаптивного управления движением на регулируемых светофорных объектах (SWARCO AG); метеосистемы для определения погоды на дорогах, датчики давления и скользкости (Vaisala); профессиональные приборы для освидетельствования водителей на состояние алкогольного опьянения (ООО «Алкотектор»); дорожные контроллеры «СПЕКТР» (ЗАО «Рипас»); сигнальные прицепы ограждения, комплексные системы световой индикации, делиниаторы и мобильные ограждения (ООО «Горизонт») и др. Особое внимание будет уделено формированию парковочного пространства



в мегаполисах. Новую технологию эвакуации с частичной погрузкой для решения проблем с парковками в Москве и Санкт-Петербурге представят на стенде ООО «ОШ-КОШ РУС». Компания «Зеленпарк» продемонстрируют инновационную транспортную систему для преодоления транспортного коллапса и механизированные парковочные комплексы; автоматизированные парковочные системы будут показаны ООО «СкайлайнРус».

Одновременно с выставкой состоится:

- V Российский международный конгресс по интеллектуальным транспортным системам.
- V Транспортный конгресс-2013, посвященный демонстрации успешного опыта в реализации инфраструктурных проектов в области транспортного строительства, тоннельного хозяйства, повышении инвестиционной привлекательности транспортного и подземного строительства.

На совместном пленарном заседании V Транспортного конгресса и V Российского международного конгресса по интеллектуальным транспортным системам Международная дорожная федерация представит Манифест по интеллектуальным транспортным системам. Манифест был утвержден в Вене и впервые оглашен в РФ. Как гласит документ, интеллектуальные транспортные системы (ИТС) должны стать инструментом интеграции. Особое внимание

уделяется развитию образовательных программ в этой области, сотрудничеству научных и исследовательских центров различных стран. Манифест призывает к дальнейшей и более полной интеграции ИТС в общую транспортную политику. На пленарном заседании выступит генеральный директор Дорожной федерации Европейского Союза Кристоф Никодем, который отметил, что «... для развития интеллектуальной транспортной системы необходимы дополнительные инвестиции, а в современных экономических условиях это возможно только при условии глобального подхода к проблеме и расширения международного сотрудничества. В современном мире для развития транспорта необходимо особое внимание уделить инфраструктуре, которая должна развиваться с учетом всех требований сохранения экологии, использования новейших видов топлива и транспорта с пониженным уровнем шума». На одной площадке с мероприятиями пройдут специализированная выставка по проектированию, строительству и эксплуатации тоннелей «INTERtunnel», выставка по транспортному строительству и инфраструктуре «TransCon: дороги и мосты» и выставка «Благоустройство городских территорий». Организатор: ООО «Рестэк-Брукс». Приглашаем Вас принять участие в выставке «Exprotraffic2014», которая состоится в Москве в мае 2014 г.



## Крупнейший транспортный форум Юга России объединит экспертов из России и стран зарубежья

Международный транспортный форум «ЮгТранс-2013» пройдет в девятый раз 21-22 марта 2013 г. на Черноморском побережье, в Геленджике. В рамках Форума соберутся профессионалы транспортной отрасли, в том числе представители государственных и коммерческих структур, железнодорожных компаний, грузовладельцы, ведущие консультанты отрасли. В форуме примет участие более 100 специалистов из России, Турции, Украины и Германии, а свои доклады представят 25 экспертов. Форум традиционно состоится при поддержке Федерального агентства морского и речного транспорта Министерства транспорта РФ.

Программа Форума включала широкий круг важнейших вопросов отрасли: государственная программа РФ «Развитие транспортной системы» как инструмент государственной транспортной политики в Азово-Черноморском и Каспийском бассейнах, проблемы и решения на стыке «железная дорога — порт», инвестиции, транспортное обеспечение Олимпиады-2014, грузовая база Южного бассейна.

С приветственным словом выступит Виктор Вовк, заместитель руководителя Федерального агентства морского и речного транспорта Министерства транспорта РФ. В своем обращении он передает приветствие от имени Председателя Морской коллегии при Правительстве РФ, Заместителя Председателя Правительства РФ Дмитрия Rogozina, а также от имени Руководителя Росморречфлота Александра Давыденко, в котором особенно выделит важность подобных мероприятий для экономического климата в регионе. Виктор Николаевич откроет первую сессию Форума - «Развитие транспортной системы», выступив с докладом «Создание международного центра морских пассажирских и круизных перевозок в г. Сочи».

С приветственной речью выступит Бесте Пехливан Сун,

генеральный консул Турции в Новороссийске, в которой коснется аспектов профессионального и плодотворного сотрудничества между Россией и Турцией.

В рамках пленарной сессии доклад представит Владимир Кузнецов, руководитель Южного территориального управления Федерального агентства по обустройству государственной границы РФ. Значимой частью его доклада станет вопрос о пропускной способности автомобильных пунктов пропуска в обычное время и во время проведения Чемпионата Европы 2012 по футболу. В.Кузнецов расскажет о реализации и финансировании ФЦП «Государственная граница РФ (2012-2020 гг.): строительство, реконструкцию и техническое перевооружение морских пунктов пропуска выделено более 10 млрд. руб., на воздушные пункты пропуска — 440 млн. руб., на автомобильные пункты пропуска — 1 млрд. руб., на железнодорожные пункты пропуска — 5,5 млрд. руб.

Эдуард Пашковский, первый заместитель начальника Новороссийской таможни, осветит тему развития таможенной инфраструктуры и ускорения осуществления таможенных процедур в морском порту «Новороссийск».

Константин Сащенко, ведущий специалист по развитию яхтенной гавани ОАО «Сочинский морской торговый порт», представил перед участниками доклад на тему «Строительство марин в порту Сочи по инвестиционной Олимпийской программе п.56». Согласно докладу господина Сащенко, ввод марин в эксплуатацию планируется на октябрь 2013 г. Интерес у участников вызовет проект нового внепортового контейнерного терминала в Новороссийске площадью более 5 га, главной целью которого станет увеличение перевалочных мощностей контейнерных грузов портовых терминалов на 180 тыс. TEU в год, представит Екатерина Самохина, руководитель управления

капитального строительства и развития ООО «Сервис Логистик».

Одна из основных секций Форума под названием «Проблемы и решения на стыке «железная дорога — порт» будет открыта Владимиром Александровым, заместителем руководителя Южного территориального управления Федерального агентства железнодорожного транспорта, с докладом «Развитие железнодорожной инфраструктуры и транспортной логистики на подходах к южным портам России». В нем он расскажет о модернизации структуры Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД) и Приволжской железной дороги, развитии Новороссийского транспортного узла, а также развитии транспортного узла на Таманском полуострове.

Валерий Юсупов, зам. начальника Северо-Кавказской железной дороги — филиала ОАО «РЖД» по территориальному управлению, выступит с темой «Развитие транспортной отрасли Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов, поиск механизмов отладки и улучшения взаимодействия всех составляющих процесса грузоперевозок».

Продолжит и расширит ранее представленную информацию Евгений Горлаков, помощник начальника Северо-Кавказской железной дороги — филиала ОАО «РЖД» с докладом «Развитие железнодорожной инфраструктуры на подходах южным портам». За последние четыре года в развитие инфраструктуры на участках Котельниково-Тихорецкая и Тимашевская-Крымская порт Кавказ инвестировано более 20 млрд. руб. Построено и введено в эксплуатацию около 200 км новых путей. Выполнены работы по реконструкции станций. В ближайшие два года в реализацию этих проектов планируется вложить еще около 13 млрд. руб.

Начальник сектора прогнозирования перевозок грузов через морские порты и погра-

ничные станции ОАО «Институт экономики и развития транспорта» Павел Шестаков в своем выступлении даст оценку объему перевозок грузов международной торговли железнодорожным транспортом ОАО «РЖД» в сообщении с морскими портами Азово-Черноморского бассейна, отметив, что к 2020 г. их запланировано увеличить почти в 2 раза по сравнению с 2011 г. (116 млн. тонн и 56,4 млн. тонн соответственно).

О логистике в сфере железнодорожных перевозок расскажет Григорий Ковалев, директор филиала ОАО «РЖД-Логистика» в г. Ростов-на-Дону.

Также в первый день Форума с темой «Повышение конкурентоспособности морских портов Юга России в рамках реализации ФЦП «Стратегии развития транспорта РФ до 2030 г.» выступит Александр Есипенко, директор Южной региональной ассоциации морских агентов и экспедиторов (ЮРАМА), который сделает акцент на том, что избыточность бумажного документооборота для представления в ГКО в морских портах при отсутствии межведомственного взаимодействия является главным препятствием для оперативной и эффективной обработки судов и грузов, что, в целом, существенно влияет на конкурентоспособность портов Юга России.

Второй день «ЮгТранса» нач с круглого стола «Перспективы развития транспортной отрасли Юга России», откроет который Людмила Симонова, к.э.н., главный аналитик Департамента консалтинга «РосБизнесКонсалтинг», с докладом «Грузопотоки на южном направлении: факторы роста». Она отметит основные показатели рынка за 2012 г., среди которых рост импортного грузопотока на 5% и снижение средних цен ввозимых товаров, а также снижение совокупного внешнеторгового грузопотока до 790 млн. т (8,1%), а доли экспорта — до 86%. Из оценок на 2013 г. Л.Симонова выделила следующие: сокращение междуна-

родных грузоперевозок на 4% и ожидаемый прирост в импортном сообщении на 3%.

Вопросы развития транспортной отрасли на Юге России поднимет в своем докладе Алексей Гармаш, зам. директора по коммерции и логистике ООО «Новоморснаб», который осветит тему перспектив внепортовых контейнерных терминалов в Новороссийске. Из основных про-

блем контейнерных терминалов в Новороссийске господин Гармаш выделил недостаточное развитие инфраструктуры, прежде всего железнодорожной, сложные процедуры вывоза грузов в порты и отказ в подтверждении льготы по НДС для экспортных грузов.

С темой «Оптимизация транспортных издержек с использованием профессиональной социальной сети для логистики»

выступит Кирилл Власов, председатель отраслевого отделения по логистике «Деловой России», сопредседатель немецкого логистического сообщества БВЛ.

Александр Мякота, главный редактор журнала «ВЭДконсалтинг» и директор ЧОУ ДПО «ЦПП «Верная линия», расскажет о технологиях измерения и управления компетенциями специалистов в области ВЭД. Замена одного

специалиста по таможенным операциям обойдется компании более чем в 500 тыс. руб.

Во второй день Форума, после конференции, состоится профессиональная экскурсия на Новороссийский мазутный терминал и на внепортовый терминал ООО «СервисЛогистик», проект строительства которого был представлен в рамках программы Форума.

## Весеннее обновление для навигаторов Shturmann®: версия 1.6 с новыми функциями

Компания Контент Мастер (ГК «М2М телематика», производитель навигационного ПО, контент-сервисов, навигаторов, видеорегистраторов и аксессуаров торговой марки Shturmann®) объявили о выходе новой версии 1.6 навигационной программы Shturmann® для навигаторов на OS WinCe.

Новое в версии 1.6 навигации Shturmann®:

- Вызов эвакуатора. Услугой вызова эвакуатора, ранее доступной только в Android-версии навигации Shturmann®, теперь могут пользоваться и владельцы навигаторов Shturmann®. Сервис, реализованный на базе проекта «Все эвакуаторы России» ([www.allevak.ru](http://www.allevak.ru)), поможет справиться с непредвиденной ситуацией на дороге. Всего одно нажатие, и навигация Shturmann® отправит запрос в диспетчерский центр. Достаточно указать номер контактного телефона и оператор свяжется с вами в считанные минуты, чтобы отправить спецтехнику на помощь.

- Более надежная загрузка пробок. Покрывание сервиса в навигации теперь охватывает около 100 городов России. Пробки отображаются и учитываются при построении маршрута на всех, даже самых малых, улицах и съездах. В режиме движения реализована функция отображения пробок даже при прерывании GPRS-соединения.

- Информирование о превышении скорости. Навигация Shturmann® поможет пользователям соблюдать допустимый скоростной режим благодаря своевременным графическим и звуковым оповещениям.

- Больше возможностей для работы с базой POI. Теперь пользователи могут отключать выбранные типы POI прямо в списке, предусмотрена группировка Точек Интереса для более удобного чтения карты.

- Цены на топливо. Существенно расширен список АЗС для поиска определенных автозаправок по фильтру. Навигация Shturmann® обеспечивает доступ к самой

актуальной информации: стоимость бензина более чем на 5 000 автомобильных заправок в режиме онлайн.

- Более быстрая прорисовка карты в режиме движения и изменение визуального оформления ночного режима работы.

- Повышена общая стабильность работы программы и оптимизировано потребление памяти устройства.

Многочисленные дополнительные сервисы дают возможность получить необходимую и интересную для автомобилистов информацию, не выходя из машины.

- Камеры на дорогах: актуальная база SpeedCam. Shturmann® предупредит водителя об опасных участках дороги, радаров, превышении скоростного режима и многом другом.

- Карта парковок: платные и бесплатные, муниципальные и частные парковки и автостоянки для водителей.

- Друзья на карте: регистрируйтесь на странице [my.shturmann.com](http://my.shturmann.com).

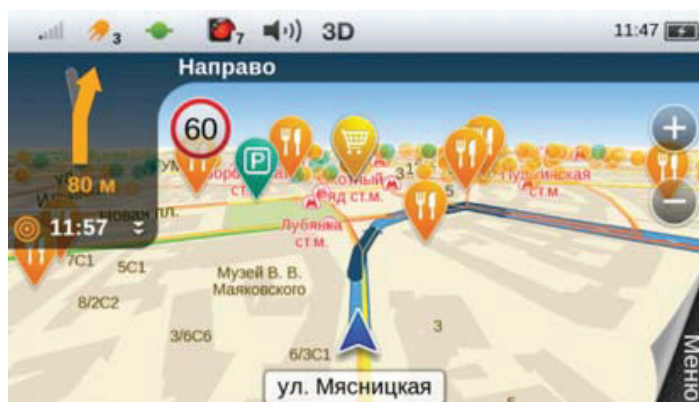
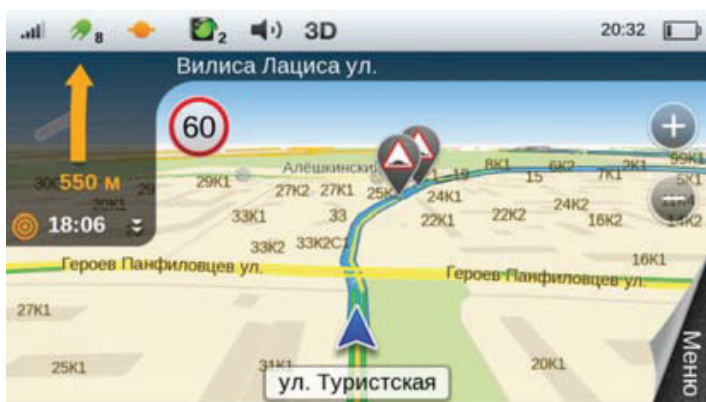
или авторизуйтесь, используя свой аккаунт в одной из социальных сетей, и смотрите, где находятся ваши друзья на навигационной карте в онлайн-режиме. Полное описание всех возможностей сервиса: <http://my.shturmann.com/help/friends>.

- Ямы от РосЯмы: ямы, выбоины, повреждения дорожного покрытия, люки, лежащие полицейские от популярного социального проекта РосЯма в вашем навигаторе.

- Движение по полосам: выбор оптимальной траектории движения в городских условиях.

- Промежуточные точки: возможность установить до 3-х промежуточных точек на маршруте, не считая точек «Старт» и «Финиш». Вся информация о текущем маршруте доступна в маршрутном компьютере.

- Гид по Москве: интересная и познавательная информация о культурных, исторических, природных, архитектурных памятниках Москвы прямо в навигации Shturmann®.



# МИРОВОЙ И РОССИЙСКИЙ РЫНОК ИНФРАСТРУКТУРЫ 4G

Компания J'son & Partners Consulting представляет основные результаты аналитического отчета «Мировой и российский рынки инфраструктуры 4G», в котором проанализированы основные тренды и прогнозы на рынке LTE-оборудования.

## Объем рынка

Бум строительства сетей LTE во всем мире (по данным GSA, на начало ноября 2012 г. в мире насчитывалось 113 сетей LTE в 51 стране) стал основным фактором роста рынка 4G-инфраструктуры. Продажи LTE-оборудования операторского класса в 3 кв. 2012 г., по оценке Infonetics Research, выросли в мире на 131% в годовом исчислении. По прогнозам Gartner, мировой рынок LTE-инфраструктуры радиодоступа (RAN) и опорных сетей (EPC) вырастет с \$4,1 млрд. в 2012 г. до \$21,1 млрд. в 2016 г. В течение этого периода рынок LTE-оборудования будет расти со среднегодовым темпом роста (CAGR) 58,5%, т.е. станет самым быстрорастущим сегментом мобильной сетевой инфраструктуры (Рис. 1). В 2015 г., по прогнозам Infonetics Research, рынок LTE-оборудования достигнет \$17,5 млрд. и составит более одной трети от рынка сетевой инфраструктуры 2G/3G/4G (около \$50 млрд.).

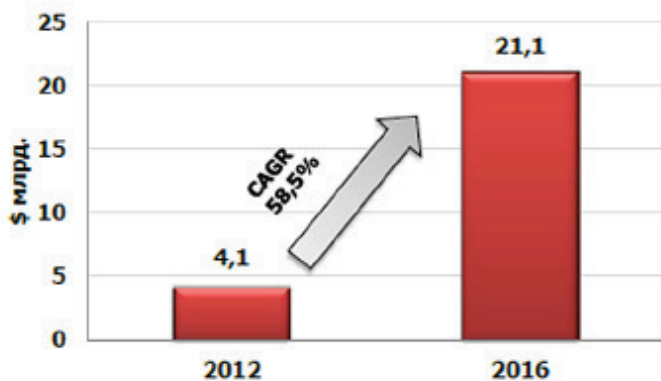


Рис. 1. Объем мирового рынка LTE-оборудования, 2012-2016  
Источник: Gartner, июль 2012

В 2012 г. рынок инфраструктуры 2G/3G/4G (LTE и WiMAX) сократился на 4% к предыдущему году, несмотря на десятки процентов роста в сегменте поставок LTE-оборудования. В целом по миру капитальные затраты на LTE-инфраструктуру составили примерно треть всех затрат на оборудование мобильной связи всех поколений. При сохранении существующей динамики общий объем капитальных затрат операторов на оборудование мобильной связи к 2016 г. составит \$345 млрд (Рис. 2).

Азиатско-Тихоокеанский регион лидирует по темпам роста капитальных затрат на развертывание LTE-сетей. Один из крупнейших операторов этого региона – NTT DoCoMo (Япония) – потратил около \$2 млрд на развертывание национальной LTE-сети, состоящей из более 21 тыс. базовых станций. Южнокорейская компания LG U+ развернула LTE-сеть с общим объемом

инвестиций более \$1 млрд. Однако самым масштабным проектом обещает стать сеть China Mobile, которая, как планируется, будет развернута в 2013 г. и будет состоять из 200 тыс. базовых станций.

В июле 2012 г. состоялся конкурс по распределению частот для развертывания сетей LTE на территории России. Согласно усло-

виям лицензии выигравшие участники («Ростелеком», «МегаФон», МТС и «ВымпелКом») обязаны до 2019 г. (предполагаемый срок завершения строительства национальной сети LTE в России) инвестировать по 15 млрд руб. ежегодно или в совокупности 420 млрд. руб. (около \$14 млрд. по текущему курсу) без учета затрат на конверсию радиочастотного спектра.

**По мнению J'son & Partners Consulting, совокупная сумма инвестиций в размере \$14 млрд в российские сети LTE в течение 2013-2019 гг. является верхней границей затрат на данную технологию в России. Существенного снижения CAPEX можно достичь за счет применения различных схем и бизнес-моделей: совместного использования инфраструктуры операторами, более активного применения модели MVNO, «малых сот» и др.**

По оценке Росинвест, больше всего инвестиций в LTE предстоит сделать «Ростелекому» – треть всех затрат на 4G в России, менее всего – «МегаФону» (15%), который имеет самую развитую в стране инфраструктуру 3G/4G (с учетом компании «Скартел») (Рис. 3).

## Ключевые вендоры

По данным Infonetics Research, благодаря более чем двукратному росту выручки от продаж LTE-оборудования компания Nokia Siemens Networks (NSN) в 3 кв. 2012 г. существенно упрочила свои рыночные позиции. Вендор переместился сразу с четвертого на второе место, существенно сократив разрыв от лидера – компании



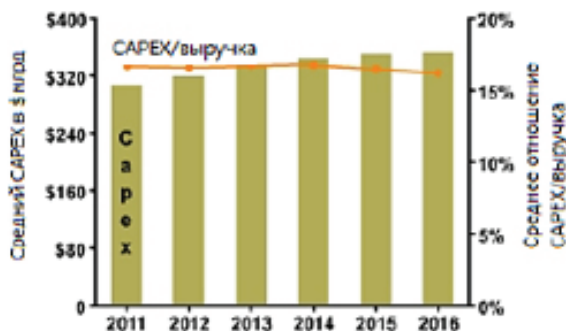


Рис. 2. Динамика CAPEX операторов связи в мире  
Источник: Infonetics Research, 2012

Ericsson и увеличив разрыв от ближайших конкурентов – Alcatel-Lucent и Huawei (Рис. 4). По оценке Dell'Oro Group, доля NSN на инфраструктурном рынке выросла с 18% до 20%, а рыночная доля Ericsson, напротив, сократилась с 35,5% до 34%. Huawei, по версии Dell'Oro Group, занимает второе место с долей 22% (по мнению Infonetics Research – четвертое).

В 2012 г.ду компания NSN заключила более 30 LTE-контрактов и довела их общее количество до 75. Особенно удачным для NSN стал 3 кв. 2012 г. – в основном за счет контрактов с японскими операторами KDDI и Softbank, а также благодаря участию в масштабной модернизации сети T-Mobile в США. В целом в Юго-Восточной Азии доходы вендора выросли на 29% в годовом исчислении, в то время как продажи в Европе, переживающей финансовый кризис, напротив, упали на 15%.

В 2011 г. России NSN совместно с НПФ «Микран» и ОАО «РОСНАНО»

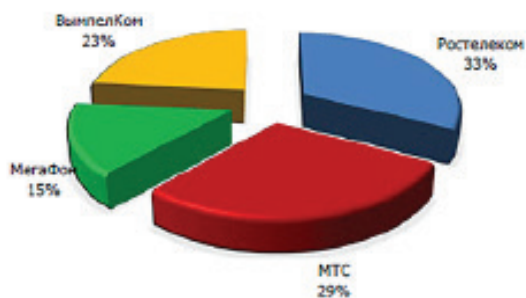


Рис. 3. Капитальные затраты операторов мобильной связи на LTE в России, 2013-2019  
Источник: Росинвест, ноябрь 2012 г.

приятие по производству базовых станций LTE. С момента выпуска в начале декабря 2011 г. первой базовой станции до начала мая 2012 г. было произведено около 2 тыс. базовых станций Flexi Multiradio, из которых больше половины станций было отгружено на склады в Европе для дальнейшего распространения по всему миру.

Тем не менее, Ericsson удалось удержать лидирующее положение на рынке LTE-оборудования. К концу 2012 г. на базе оборудования Ericsson работало 67 коммерческих сетей LTE, в то время как, например, инфраструктурные решения китайской Huawei в конце 2012 г. использовались в 56 сетях. Последняя (по состоянию на декабрь 2012 г.) заключила 130 контрактов на поставку LTE/EPC-оборудования. Продукция Huawei используется и в 4G-сети российской компании «Скартел» (торговая марка Yota), что автоматически делает эту компанию лидером LTE-оборудования в России.

### Технологические тренды

В условиях нестабильности мировой экономики у операторов растет спрос на оборудование, которое позволяет обеспечить эффективное внедрение технологии LTE с минимальными инвестициями в модернизацию существующей инфраструктуры и последующим минимальными операционными затратами на ее обслуживание. Практически все ключевые вендоры учитывают этот тренд в своих решениях, в частности выпускают мультистандартное радиооборудование, которое позволяет сократить число систем на базовых станциях для поддержки технологий различных поколений; уменьшают физические размеры и энергопотребление своих систем.

Например, Ericsson предлагает интегрированное антенное

решение (AIR), которое в отличие от традиционных антенн более компактно, что позволяет сократить рабочее время и расходы на установку оборудования и энергопотребление. При этом, по утверждению вендора, оно обеспечивает лучшие характеристики, увеличенную емкость и покрытие.

Кроме того, все более актуальной становится разработка решений для совместного использования сетей операторами (Network Sharing), виртуализация сетевых ресурсов с использованием облачных технологий, расширение емкости сетей за счет внедрения нового программного функционала, повышающего спектральную эффективность радиоподсистемы, а также переход к новой топологии сетей с использованием сот малого радиуса действия и поддержкой Wi-Fi операторского класса (использование малых сот и гетерогенных сетей). Также получает популярность концепция CEM (Customer Experience Management), обеспечивающая дифференциальное обслуживание пользователей.

В целом, основными технологическими тенденциями на рынке оборудования 4G являются:

- применение малых сот – покрытие небольших территорий (помещений) с использованием станций малого радиуса действия;
- использование самоорганизующихся (Self-Organizing Networks, SON) сетей, основными особенностями которых являются: автоматическая интеграция в существующие сети;
- самооптимизация под разными уровнями нагрузки;
- самозаживление – переброска обрабатываемых сигналов на действующие компоненты в случае выхода из строя участка сети;
- построение гетерогенных сетей – технически такая концепция может быть реализована при помощи единой сети из макро-, микро- и пикобазовых станций, а также путем внедрения в существующую структуру сети Wi-Fi-решений.

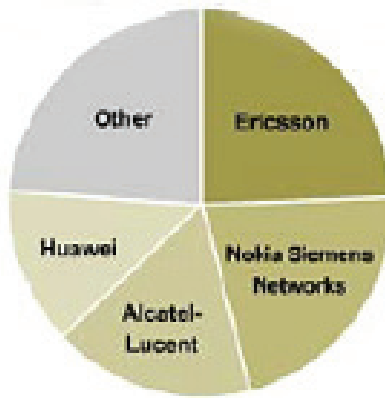
### Выводы

Ближайшие несколько лет (2013-2016 гг.) станут периодом масштабных инвестиций в развертывание LTE-сетей

по всему миру. По прогнозам Infonetics Research, к 2015 г. непосредственно на развертывание 4G-сетей будет направлено \$17,5 млрд. По прогнозам Gartner, мировой рынок LTE-инфраструктуры радиодоступа (RAN) и опорных сетей (EPC) вырастет с \$4,1 млрд. в 2012 г. до \$21,1 млрд. в 2016 г. В течение этого периода рынок LTE-оборудования будет расти со среднегодовым темпом роста (CAGR) 58,5%, т.е. станет самым быстрорастущим сегментом мобильной сетевой инфраструктуры.

Крупнейшими поставщиками LTE-оборудования является «большая четверка» вендоров – Ericsson, Nokia Siemens Networks, Huawei и Alcatel-Lucent – на их долю приходится более 3/4 рынка. Тем не менее, масштабные планы развертывания сети 4G странах Юго-Восточной Азии (в том числе в Китае) могут заметно изменить рыночные позиции вендоров.

Основными технологическими тенденциями развертывания сетей LTE является использование мультистандартного радиооборудования, уменьшение



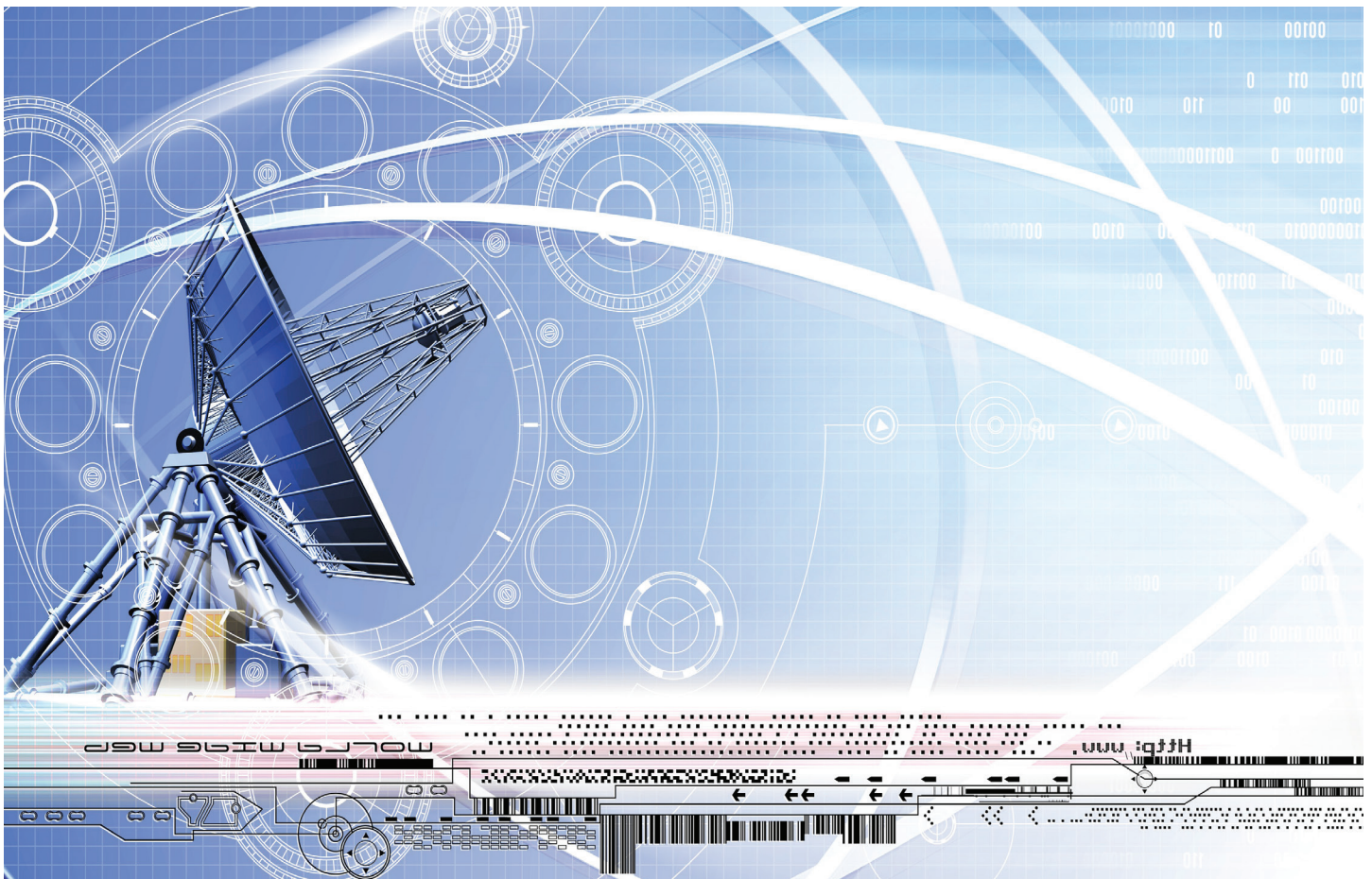
**Рис. 4. Ключевые мировые производители оборудования LTE по объему выручки**  
Источник: Infonetics Research, ноябрь 2012

физических размеров и энергопотребления систем, разработка решений, адаптированных для совместного использования сетей разными операторами (Network Sharing), виртуализация сетевых ресурсов с использованием облачных технологий, использование малых сот и гетерогенных сетей и пр.

Ожидается, что в России наиболее активно будут инвестировать в развертывание своих сетей LTE четыре опера-

тора, победившие на частотном конкурсе в июле 2012 г., – «Ростелеком», МТС, «ВымпелКом» и «МегаФон». По мнению J'son & Partners Consulting, совокупная сумма инвестиций \$14 млрд в сети LTE является верхней границей затрат на реализацию данной технологии в России. Существенного снижения CAPEX можно достичь за счет применения различных схем и бизнес-моделей: совместного использования инфраструктуры операторами, более активного применения модели MVNO, «малых сот» и др., а также за счет сокращения времени развертывания сетей LTE (при этом снижение затрат составит для каждого оператора по 15 млрд руб. на каждый «лишний» год инвестирования).

**В случае реализации лицензионных требований по минимальному уровню инвестиций в LTE (оптимистический сценарий), Россия к 2016 г. станет одним из мировых лидеров по данному показателю с долей не менее 5-7% от совокупного ежегодного CAPEX в LTE в мире.**







# ВУС

Военно-учетный стол

## Программный комплекс

- Информационное сопряжение с БД военных комиссариатов и проведение сверки в электронном виде
- Совместимость с Комплексом программно-информационных средств мобилизационной подготовки экономики (КПИС МПЭ), построен на той же платформе и расширяет возможности данного комплекса
- Возможность загрузки картотек из других программ, организация работы в сети
- Авторский надзор за эксплуатацией ПК ВУС для наращивания рабочих функций и совершенствования программного комплекса, гарантийное обслуживание

### Воинский учет в организациях:

- Ведение электронных Картотек организаций, филиалов и граждан (по Т-2 и Т-2 ГС);
- Документы необходимые для ведения ВУ в организации (приказ, план работы, журнал проверок, расписки о приеме документов ВУ и др.);
- Создание и печать отчетных документов по установленным формам в соответствии с Инструкцией ГШ ВС РФ по ведению ВУ в организациях;
- Генерация документов по бронированию.

### Первичный воинский учет в органах местного самоуправления:

- Ведение Картотеки организаций зарегистрированных на территории ОМСУ;
- Построение и управление картотекой граждан пребывающих в запасе и призывников в ОМСУ;
- Создание отчетных форм документов и других данных в соответствии с Методическими рекомендациями ГШ ВС РФ по ведению первичного ВУ в ОМСУ;
- Распределение организаций ведущих учет ГПЗ по видам экономической деятельности, формам собственности и численности работающих в ней граждан.

### Учет и Бронирование в Межведомственных комиссиях:

- Организация картотеки различных органов РФ от правительства до организации включительно с различными формами учета и отчетности, ведение структуры подчиненности;
- Автоматический расчет форм №6, формы №18 расчет и обобщение суммарной формы №6 за все подотчетные объекты;
- Анализ обеспеченности трудовыми ресурсами;
- Ведение перечня должностей и профессий по бронированию граждан;
- Определение сотрудников подлежащих бронированию, бронирование сотрудников в соответствии с ПДП;
- Заполнение, передача, сбор и обобщение форм ГД.



## НПЦ ИРС

Научно-производственный центр  
Информационных региональных систем

▶ [npcirs.ru](http://npcirs.ru)



# ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ДИАГРАММАМ СОСТОЯНИЙ

**Литвинов А.И.,**

Военная академия связи,

litvinovaleks@mail.ru

## Ключевые слова:

*условия некорректности, операторное уравнение, существование решения, единственность, устойчивость, электрооборудование, техническое состояние, распознавание, идентификация.*

## АННОТАЦИЯ

Статья посвящена методам построения устойчивых приближенных решений широкого класса некорректно поставленных математических задач. К этому классу задач относится большой круг, так называемых обратных задач, к которым приводят проблемы обработки и интерпретации экспериментальных наблюдений. Освещаются вопросы нахождения обобщенных решений обратных задач, так как в классической постановке эти задачи могут не иметь решений. Изложены основные подходы, связанные с обеспечением устойчивости распознавания диаграмм состояния при идентификации технического состояния электрооборудования систем электроснабжения специального назначения, с помощью токинетического метода контроля и диагностики. Указаны основные условия некорректности обратных задач. Отражена постановка некоторых актуальных некорректных задач в линейных пространствах. Описаны трудности, возникающие при исследовании таких задач. Рассмотрены сформулированные французским математиком Адамаром три условия, которым должна удовлетворять каждая задача, имеющая разумную физическую интерпретацию. Данные условия известны как условия корректности по Адамару и выражают естественные требования к математической задаче, отображающей реальную действительность, которые состоят в том, что решение должно существовать, быть единственным и непрерывно зависеть от исходных данных. Сформулирована основная задача, подлежащая исследованию, заключающаяся в построении по приближенным данным, такой последовательности приближенных решений, которая сходится в некотором пространстве к точному решению уравнения, при условии сходимости исходных данных. Рассмотрен пример решения некорректной задачи на примере решения задач по распознаванию диаграмм состояния, описывающих техническое состояние контролируемого электрооборудования. Для повышения устойчивости решения задачи распознавания диаграмм состояния предложено использовать методы регуляризации Тихонова. Использование регуляризатора позволяет получить единственное, в некотором смысле «наилучшее» решение. В качестве примера рассмотрена задача дихотомии с помощью построения разделяющей гиперплоскости, при условии, что классы линейно отделимы. Следствием решения этой задачи является построение континуума гиперплоскостей верно классифицирующих все объекты выборки, использование данного регуляризатора приводит к построению оптимальной разделяющей гиперплоскости, которая единственна. Сформулированное направление повышения устойчивости при решении задачи распознавания диаграмм состояния обуславливает увеличение достоверности идентификации технического состояния электрооборудования систем электроснабжения специального назначения.

### Введение

В электротехнике, радиотехнике и связи в последнее время выделяется большой класс задач, нахождение решения которых представляет собой некорректно поставленные математические задачи [4].

Они характеризуются тем, что сколь угодно малые изменения исходных данных могут приводить к произвольно большим изменениям решений. Одним из примеров некорректных задач является задача диагностики технических объектов.

### Условия некорректности обратных задач

Под некорректными (неустойчивыми) задачами обычно понимаются задачи, в которых малые возмущения исходных данных могут вызвать большие изменения результатов. В течение долгого времени считалось, что эти задачи не имеют практического значения и их теория не может привести к содержательным математическим результатам. Такое мнение было распространено даже после работы А. Н. Тихонова 1943 г., в которой впервые была указана практическая важность подобных задач и возможность их устойчивого решения. В конце пятидесятых, и особенно в начале шестидесятых годов, появился ряд новых подходов, которые стали основополагающими для теории некорректных задач и привлекли к ней внимание многих математиков.

Основным объектом исследования теории некорректных задач являются операторные уравнения первого рода [6]:

$$A \cdot u = g \quad (1)$$

в линейных нормированных пространствах  $U (u \in U)$  и  $G (g \in G)$ ,  $A$  – заданное отображение (оператор), действующий из  $U$  в  $G$  (в общем случае  $U$  и  $G$  есть произвольные топологические пространства).

Трудности, возникающие при исследовании таких уравнений, связаны, главным образом, с незамкнутостью области значений оператора  $A$  и отсутствием непрерывной зависимости решения от правой части (неустойчивость или некорректность задачи). В этих условиях обычные методы, используемые для приближенного решения корректных задач, оказываются, как правило, непригодными.

Широкий класс задач физики и техники может быть описан в абстрактной форме уравнением (1) с вполне непрерывным, в частности интегральным оператором  $A$ , где  $u$  – искомый элемент. Уравнения такого вида возникают, например, при исследовании так называемых обратных задач, когда исходя из некоторых характеристик физического поля необходимо восстановить характеристики самой среды, которая порождает это поле. Естественно исходить из предположения, что точные данные задачи  $\{A, g\}$  известны нам лишь приближенно, т. е. в действительности считать известной пару  $\{A_h, g_\delta\}$ , аппроксимирующую в выбранной топологии пару  $\{A, g\}$ , где  $A_h, g_\delta$  приближенные значения. Ошибки можно ин-

терпретировать, например, как неадекватность идеализированной математической модели (1) и описываемой ею физической реальности; кроме того, погрешность может возникнуть как за счет ошибок измерения исходных данных, так и за счет построения приближенной модели для уравнения (1) с целью проведения численных расчетов.

Основная задача, подлежащая исследованию, заключается в построении по приближенным данным  $\{A_h, g_\delta\}$ , такой последовательности приближенных решений  $u_h, g_\delta$ , которая сходится в пространстве  $U$  к точному решению  $u$  уравнения (1) при условии сходимости исходных данных  $\{A_h, g_\delta\} \rightarrow \{A, g\}$ .

В начале XX века французским математиком Адамаром были сформулированы три условия, которым должна удовлетворять каждая задача, имеющая разумную физическую интерпретацию. Они известны как условия корректности по Адамару [13] и выражают естественные требования к математической задаче, отображающей реальную действительность, которые состоят в том, что решение должно существовать, быть единственным и непрерывно зависеть от исходных данных. Для абстрактного уравнения (1) условия Адамара обычно формулируют в следующем виде:

1) для любого  $g \in G$ , существует элемент  $u \in U$  такой, что  $Au = g$ , т. е. область значений оператора  $R(A) = G$  (существование);

2) элементом  $g$  решение  $u$  определяется однозначно, т. е. существует обратный оператор  $A^{-1}$  (единственность);

3) имеет место непрерывная зависимость  $u$  от  $g$ , т. е. обратный оператор  $A^{-1}$  непрерывен (устойчивость).

При выполнении этих условий задача (1) называется корректно поставленной (корректной) (по Адамару). Задачи рассматриваемые в классической математической физике (задача Дирихле для уравнения Лапласа, задача Коши для уравнений теплопроводности и волнового уравнения), удовлетворяют условиям корректности Адамара при естественном выборе пространств  $U, G$ . Поэтому было высказано мнение, нашедшее широкое распространение в литературе [9,13], что задачи, не удовлетворяющие условиям 1)-3) и называемые некорректно поставленными задачами, лишены физического смысла и в принципе не могут быть решены. Мотивировалось это тем, что при нарушении условия 3) сколь угодно малые погрешности (неизбежные при численном решении (1)) исходных данных (например, правой части  $g$ ) могут привести к сколь угодно большим изменениям в решении и, следовательно, приближенное решение, полученное как решение уравнения  $Au = g_\delta$ , лишено разумного смысла и практической ценности. Однако, как показали дальнейшие исследования, неустойчивые задачи возникают при описании многих реальных физических явлений в геофизике, гидродинамике, спектроскопии, т. е. «корректно поставленные задачи – это далеко не единственные задачи, правильно отражающие физические явления» [8].

Важно отметить, что устойчивость (свойство 3)) задачи (1) зависит от выбранных топологий в  $U$  и  $G$  и, вообще говоря, подходящим выбором топологий (например, наделив  $G$  сильнейшей топологией) можно добиться непрерывности оператора  $A^{-1}$ . Но это будет лишь формальным преодолением трудности, так как обычно топологии навязываются нам постановкой задачи и не могут выбираться произвольно.

Таким образом, если не изменить постановку неустойчивых задач, то обычные методы, применяемые для решения корректных задач, оказываются, естественно, непригодными для решения некорректных, так как сколь бы малой не была погрешность исходных данных, нельзя быть уверенным в малости погрешности решения. Поэтому потребности практики в решении некорректных задач привели к необходимости пересмотреть классическое понятие корректности и выработать более широкий и приспособленный к реальным нуждам подход. Начало этому было положено в 1943 г. А.Н.Тихоновым [10].

Обозначим образ множества  $MCU$  в пространстве  $G$  при отображении  $A$  через  $N=AM$ .

Задачу (1) называют корректной по Тихонову [11] на множестве  $MCU$ , а само множество  $M$  называют ее множеством (классом) корректности, если:

точное решение задачи существует и принадлежит множеству  $MCU$ , т. е.  $g \in N=AM$ ;

решение единственно на множестве  $M$ , т. е. оператор обратим на множестве  $M$ ;

существует непрерывная зависимость решения  $u$  от правой части  $g$ , когда вариации  $g$  не выводят решение за пределы множества  $M$ , т. е. оператор  $A^{-1}$  непрерывен в относительной топологии множества  $N$ .

Проанализируем сформулированные требования 1) - 3). В отличие от корректных по Адамару постановок задач, где первое условие устанавливается теоремой существования, в рассматриваемой ситуации обычно трудно указать в замкнутом виде условия того, чтобы множество  $M$  было множеством существования. Вопрос о разрешимости на заданном множестве  $M$  конкретных прикладных задач обычно решается на основе физических соображений. Это обстоятельство и объясняет разумность условия 1). Что касается условия 2), то его отличие от соответствующего условия Адамара в том, что обратимость оператора требуется лишь на множестве  $M$ .

В условии 3) непрерывная зависимость обратного оператора предполагается только на множестве  $N=AM$ , т. е. устойчивость задачи (1) восстанавливается сужением класса возможных решений до множества  $M$  (или, что то же, сужением возможных правых частей  $g$  до множества  $N$ ). Поэтому задачу (1), корректную по Тихонову, называют также условно-корректной задачей, а устойчивость по Тихонову (т. е. условие 3)) – условной устойчивостью.

### Обеспечение устойчивости распознавания диаграмм состояний

Рассмотрим пример решения некорректной задачи на примере решения задачи распознавания диаграмм состояния (ДС), описывающих техническое состояние

контролируемого электрооборудования.

Задача решения уравнения (1) является некорректной, в первую очередь, по причине нарушения третьего условия: даже очень малые относительные ошибки (например,  $10^{-8}$ ) правой части (а также ядра  $h(x-x_0, y-y_0)$  и метода решения) могут приводить к настолько большим ошибкам, что численное решение не будет иметь практически ничего общего с точным.

Диаграмма состояний  $u(x, y)$  в идеальном случае состоит из множества точек с координатами  $(x_0, y_0)$ . В реальности вследствие наличия случайных помех формирования ДС и погрешностей измерения интенсивность точки изображения  $(x_0, y_0)$  распределяется по кругу радиусом  $\rho$  и площадью  $\Pi = \pi\rho^2$  с плотностью интенсивности  $u(x_0, y_0)/\pi\rho^2$ . При этом выбор радиуса определяется дисперсиями координат точек ДС и уровнем доверия к результатам измерения. В целом результат измерения реальной ДС  $g(x, y)$  определяется в процессе суммирования (интегрирования) по каждой точке  $(x_0, y_0)$ , которая накрывается кругом с центром в точке и радиусом  $\rho$ , т.е.

$$g(x, y) = \iint_{\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2} \leq \rho} \frac{1}{\pi\rho^2} u(x_0, y_0) dx_0 dy_0 \quad (2)$$

Преобразовав выражение (2) получим уравнение задачи, в которой следует найти ДС по результатам измерения:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x-x_0, y-y_0) u(x_0, y_0) dx_0 dy_0 = g(x, y) \quad (3)$$

$$-\infty < x, y < \infty$$

где ядром уравнения является аппаратная функция

$$h(x-x_0, y-y_0) = \begin{cases} 1/\pi\rho^2 & \sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2} \leq \rho; \\ 0, & \sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2} > \rho. \end{cases}$$

Представляет интерес, каким методом решить уравнение (2), чтобы выполнялись все три условия по Ж. Адамару [13].

Соотношение (3) как двумерное интегральное уравнение Фредгольма первого рода типа свертки может быть решено относительно идеальной ДС  $u(x, y)$  методом преобразования Фурье (ПФ), [5] которое используется для спектрального анализа и регуляризации Тихонова.

$$u(x_0, y_0) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\omega_1, \omega_2) \exp[-j(\omega_1 x_0 + \omega_2 y_0)] d\omega_1 d\omega_2$$

где  $j = \sqrt{-1}$  – мнимая единица, ПФ (спектр) решения имеет вид:

$$\Phi(\omega_1, \omega_2) = G(\omega_1, \omega_2)/H(\omega_1, \omega_2)$$



а  $G(\omega_1, \omega_2)$  и  $H(\omega_1, \omega_2)$  преобразования Фурье (спектры) соответственно правой части  $g(x, y)$  и ядра уравнения (3), равные [2]:

$$G(\omega_1, \omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \exp[j(\omega_1 x + \omega_2 y)] dx dy$$

$$H(\omega_1, \omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) \exp[j(\omega_1 x + \omega_2 y)] dx dy$$

В виду того, что ДС строится по периодически повторяющемуся сложному сигналу, то спектр – дискретный.

Значения функции, вычисляются на дискретных сетках узлов (по оси ординат – уровень квантования, по оси абсцисс – шаг дискретизации).

Дискретные отсчеты  $u(x_0, y_0)$  снимаются на равномерной сетке узлов:

$$t_k = kh, \quad k = \overline{0, N-1},$$

где  $h = const$  – интервал (шаг) дискретизации по  $t$ , а  $N$  – число отсчетов.

Справедлива теорема Котельникова [7], в силу которой:

1) линейная частота дискретизации (максимальная линейная частота) в дискретном преобразовании Фурье равна:

$$f_g \equiv f_{max} = \frac{1}{h}$$

( $\omega$  – круговая частота, связанная с линейной частотой  $f$  – соотношением:  $\omega = 2\pi f$ );

2) шаг дискретизации по частоте равен [12]:

$$\Delta f = \frac{f_{max}}{N} = \frac{1}{h \cdot N} = \frac{1}{t_{max}},$$

где  $t_g \equiv t_{max} = t_N = h \cdot N$  – длина выборки;

$$3) \quad \omega_T = 2\pi f_T, \quad T = \overline{0, N-1}, \quad f_T = T \cdot \Delta f = \frac{T}{h \cdot N},$$

$$\text{где } h \leq \frac{1}{2f_a}.$$

В виду того, что отсчеты будут добавляться или убавляться внутри области  $[0, t_g)$ , то  $f_g$  увеличивается, либо уменьшается, однако шаг дискретизации по частоте

$$\Delta f = \frac{1}{t_g}$$

не изменяется и, следовательно, не изменяется разрешение по частоте  $f$ .

Что касается уровня квантования, то при этом используется равномерное квантование на количестве уровней  $k_{кв}$ , кратное  $2^k$ ,  $k \leq n$ , где  $n$  – максимальная раз-

рядность минимального двоичного кода. Шаг квантования  $c_0 = 2^{-n+1}$ . Каждому уровню  $c_s$  соответствует двоичный код  $A^{(i)} = \{a_0^{(i)}, a_1^{(i)}, \dots, a_{n-1}^{(i)}\}$ ,  $a_j^{(i)} \in [0, 1]$ ,  $i = 0, \dots, 2^n - 1$ ;  $j = 0, \dots, n-1$  [1].

$$\begin{aligned} \Phi_{ij} &= h \cdot c_0 \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} u_{ij} \exp(k2\pi(li/N + mj/N)) = \\ &= h \sum_{j=0}^{N-1} \left( c_0 \sum_{i=0}^{N-1} u_{ij} \exp(k2\pi(li/N)) \right) \cdot \exp(k2\pi(mj/N)) \end{aligned}$$

Таким образом, двумерное дискретное преобразование Фурье можно записать в виде:

Однако задача решения уравнения (4) является некорректной (неустойчивой), так как функция  $\Phi_{ij}$  измеряется с погрешностью, а это ведет к чрезвычайно большим значениям ошибки распознавания истинного состояния ЭО, а также связана с решением интегрального уравнения Фредгольма I рода, хотя «степень некорректности» в значительной степени снижается благодаря тому, что это уравнение решается аналитически.

### Заключение

Для повышения устойчивости решения уравнения (4) необходимо использовать методы регуляризации Тихонова, данные методы подробно изложены в [3,5,11]. Использование регуляризатора позволяет получить единственное, в некотором смысле «наилучшее» решение. В качестве примера рассмотрим задачу дихотомии с помощью построения разделяющей гиперплоскости. Предположим что классы линейно отделимы. Очевидно, что в этом случае можно построить континуум гиперплоскостей верно классифицирующих все объекты выборки. Несложно увидеть, что использование данного регуляризатора приводит к построению оптимальной разделяющей гиперплоскости, которая единственна. Таким образом, повышение устойчивости решения (4) обуславливает увеличение точности распознавания диаграмм состояния описывающих техническое состояние электрооборудования.

### Литература

1. Арутюнян Р.А., Дорошев А.В. Ошибки цифрового распознавания состояний диагностируемых объектов // 11-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов.– МИЭТИ.– 2004. С. 205-206.
2. Бакушинский А.Б., Гончаровский А.В. Некорректные задачи. Численные методы и приложения. – М.: Изд. МГУ, 1989. – 199 с.
3. Ветров Д.П. Об одном способе регуляризации некорректно поставленных задач распознавания образов // Доклады 11 Всероссийской конференции Математические методы распознавания образов.- М.: ВЦ РАН, 2003, С. 41-43.
4. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. О способе модельных примеров при реализации методов решения некорректных задач. – Электронное моделирование, 1979, вып. 1, С. 86-89.

5. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы. – Киев: Наукова думка, 1986. – 543 с.
6. Дедков В.К., Масоди Д.А. Условия некорректности обратных задач // Журнал труды международного симпозиума надежность и качество, том. 1, 2007. С. 35-36.
7. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. – М.: Энергоиздат, 1966. – 151 с.
8. Курант Р. Уравнения с частными производными. М.: «Мир»б 1964, 832 с.
9. Петровский И. Г. Лекции об уравнениях с частными

- производными. М.: Физматгиз, 1961, 401с.
10. Тихонов А. Н. Об устойчивости обратных задач. – ДАН СССР, 1943, т. 39, №5, с. 131-198.
11. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач., 2 изд.: М.,1979, 284с.
12. Сизиков В.С., Российская М.В., Козаченко А.В. Обработка смазанного изображения методами дифференцирования, Преобразования Хартли и регуляризации Тихонова // Изв. вузов. Приборостроение. – 1999. – т.42 – №7. – С. 11-15.
13. Hadamard J. Le probleme Cauchy. Paris, 1932, 90 p.

### ENSURING STABILITY OF THE SOLUTION OF TASKS IDENTIFICATIONS OF TECHNICAL CONDITION ELECTRIC EQUIPMENTS ACCORDING TO CHARTS OF STATES

**Litvinov A.**, Military Academy of communications  
litvinovaleks@mail.ru

**Keywords:** incorrectness conditions, operator equation, decision existence, uniqueness, stability, electric equipment, technical condition, recognition, identification.

#### Abstract

Article is devoted to methods of creation of steady approximate solutions of a wide class of incorrectly set mathematical tasks. The big circle belongs to this class of tasks, so-called return tasks to which lead problems of processing and interpretation of experimental supervision. Questions of finding of the generalized solutions of the return tasks as in classical statement these tasks can not have decisions are taken up. The main approaches connected with ensuring stability of recognition of charts of a state at identification of technical condition of electric equipment of systems of power supply of a special purpose, by means of a tokokinetic control method and diagnostics are stated. Main conditions are specified of an incorrectness of the return tasks. Statement of some actual incorrect tasks is reflected in linear spaces. The difficulties arising at research of such tasks are described. Three conditions formulated by the French mathematician Hadamard with whom each task having reasonable physical interpretation has to satisfy are considered. These conditions are known as a condition of a correctness on Hadamard and express natural requirements to the mathematical task displaying reality which consist that the decision has to exist, be the only thing and is continuous depend on basic data. The main objective which is subject to research, consisting in construction according to approximate data, such sequence of approximate decisions which meets in some space to the exact solution of the equation, on condition of convergence of basic data is formulated. An example of the solution of an incorrect task on the example of the solution of tasks on recognitions of charts of the state describing technical condition of controlled electric equipment is reviewed. For increase of stability of the solution of a problem of recognition of charts of a state it is offered to use methods of regularization of Tikhonov. Use of a regularizer allows to receive the only thing, somewhat the «best» decision. As an example the problem of a

dichotomy by means of creation of dividing hyperplane provided that classes are linearly separable is considered. Creation of a continuum of hyperplanes truly classifying all objects of selection is a consequence of the solution of this task, use of this regularizer leads to creation of optimum dividing hyperplane, which only. The formulated direction of increase of stability at the solution of a problem of recognition of charts of a state causes increase in reliability of identification of technical condition of electric equipment of systems of power supply of a special purpose.

#### References

1. Arutyunyan R & Doroshev A, 2004, 'Errors of digital recognition of conditions of diagnosed objects' the 11th All-Russian interuniversity scientific and technical conference of students, MIETI, pp. 205-206.
2. Bakushinsky A & Goncharovsky A, 1989, 'Incorrect tasks. Numerical methods and appendices', Moscow, prod. Moscow State University, 199 p.
3. Vetrov D, 2003, 'About one way of regularization of incorrectly objectives of recognition of images' reports 11 All-Russian conferences Mathematical methods of recognition of images, Moscow, VTS RAN, pp.41-43.
4. Verlan A & Sizikov V, 1979, 'About a way of model examples at realization of methods of the solution of incorrect tasks', Electronic modeling, no. 1, pp. 86-89.
5. Verlan A & Sizikov V, 1986, 'Integrated equations: methods, algorithms, programs', Kiev, Naukova thought, 543 p.
6. Dedkov V & Masodi D, 2007, 'Conditions of an incorrectness of the return tasks', Magazine works of the international symposium reliability and quality, volume. 1, pp. 35-36.
7. Kotelnikov V, 1966, 'Theory of potential noise stability', Moscow, Energoizdat, 151 p.
8. Courant R, 1964, 'The equations with private derivatives', Moscow, World, 832 p.
9. Petrovsky I, 1961, 'Of lecture about the equations with private derivatives', Moscow, Fizmatgiz, 401 p.
10. Tikhonov A, 1943, 'About stability of the return tasks', DAN USSR, t. 39, no. 5, pp. 131-198.
11. Tikhonov A & Arsenin V, 1979, 'Methods of the solution of incorrect tasks', 2 prod., Moscow, 284 p.
12. Sizikov V, Russiaskay M, Kozachenko A, 1999, 'Processing of the greased image by methods of differentiation', Hartley's Transformation and Tikhonov's regularization, Izv. higher education institutions. Instrument making, t. 42 no.7, pp. 11-15.
13. Hadamard J, 1932, 'Le probleme Cauchy', Paris, 90 p.





## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ОСНАЩЕНИЕ

лабораторий  
для научно-исследовательских  
и промышленных предприятий

### ОСНАЩЕНИЕ ЛАБОРАТОРИЙ «ПОД КЛЮЧ»

- Комплектация лабораторий оборудованием и расходными материалами для комплексного решения аналитических задач

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАБОРАТОРИЙ

- С соблюдением СНиП, СН, СанПиН, ГОСТ
- В соответствии с нормативными требованиями на методы испытаний продукции

### СТРОИТЕЛЬСТВО МОДУЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

- Строительство
- Шеф-монтаж и авторский надзор

### ПУСКО-НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ И ОБУЧЕНИЕ

- Установка и запуск оборудования
- Обучение методикам работы

### ПОДГОТОВКА ЛАБОРАТОРИЙ К АККРЕДИТАЦИИ

- Подготовка комплекта документов
- Сопровождение, методическая и информационная поддержка

### ПОСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ, МЕБЕЛИ И РАСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

- Аналитическое, лабораторное и метрологическое оборудование
- Лабораторная и специализированная мебель
- Расходные материалы и стандартные образцы

### СЕРВИСНОЕ И РЕМОНТНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

- Техническая поддержка
- Ремонт и обслуживание оборудования



[nevalab.ru](http://nevalab.ru)

БОЛЕЕ 10 ЛЕТ НА РЫНКЕ!

### КРУПНЫЕ ПРОЕКТЫ



г. СПб, Московское шоссе, дом 46, литер «Б»  
тел: +7(812)336-3200; +7(812) 327-0152  
факс: +7(812)336-3223, [info@nevalab.ru](mailto:info@nevalab.ru)



# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ ОТКРЫТОГО КЛЮЧЕВОГО СОГЛАСОВАНИЯ СЕТИ С МИНИМАЛЬНЫМ ЧИСЛОМ КОРРЕСПОНДЕНТОВ

**Синюк А.Д.**, д.т.н., доцент,

Военная академия связи,

eentrop@rambler.ru

**Остроумов О.А.**,

Военная академия связи,

oleg-26stav@mail.ru

## Ключевые слова:

информация, нарушитель, система формирования открытого ключевого согласования, сеть с минимальным числом корреспондентов, криптосистема, криптозащита.

## АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается одна из актуальных проблем защиты информации, связанная с исследованием прикладных условий формирования ключа в сети с минимальным числом корреспондентов по открытым каналам с ошибками, которая определяется малоисследованной в силу своей наукоемкости. Значение информации в современном мире имеет тенденцию к увеличению. Однако не вся информация является доступной. Особо важная, критичная информация подлежит защите на всех этапах ее жизненного цикла. Малая устойчивость закрытой сети к компрометации ключа, большая ресурсоемкость восстановления сетевой криптосвязности, неопределенность относительно модели нарушителя актуализирует исследования этой научной проблемы. Постановка задачи в работе определяется необходимостью выработки сетевого ключа в ходе выполнения протокола формирования ключа таким образом, чтобы нарушитель не обладал необходимыми знаниями, позволяющими ему получить его копию. Задача нарушителя состоит в получении одинакового с корреспондентами ключа. Для оценки этой задачи определяется нижняя граница трудоемкости поиска нарушителем открытоформируемого ключа сети. Представленные оценки нижней границы трудоемкости поиска нарушителем сетевого ключа обладают научной новизной отличающиеся от известных оценок тем, что они основаны на информации нарушителя о процессе формирования ключа по открытым каналам связи, которая не может быть увеличена в ходе любой обработки информации. Научной новизна заключается в предложенном оригинальном подходе оценки информации нарушителя о процессе формирования сетевого ключа. Практической ценностью заключается в представленной нижней вероятностной границе минимального объема списка (трудоемкости) поиска ключа нарушителем как основного параметра безопасности формирования сетевого ключа. Он позволяет на основе знания оценок быстродействия современной вычислительной техники определить минимальный отрезок времени, затрачиваемый нарушителем на поиск ключа. Дальнейшая работа в этом направлении это оценка, помимо основного параметра безопасности формирования ключа — объем перебираемого нарушителем списка, дополнительного параметра — вероятности попадания ключа в переборный список. По мнению авторов, материалы работы будут интересны специалистам, интересующимся проблемой безопасности связи в системах специального назначения.

## Введение

Значение информации в современном мире имеет тенденцию к увеличению. Однако не вся информация является доступной. Особо важная, критичная информация подлежит защите на всех этапах ее жизненного цикла. Особенно уязвимым представляется процесс передачи конфиденциальной информации по телекоммуникационным системам ввиду доступности каналов связи нарушителю. Существует необходимость криптографического закрытия информационного обмена внутри сети связи с минимальным числом корреспондентов (СМЧК). Криптографические методы защиты информации основаны на знании корреспондентами секретного ключа, который может стать известным нарушителю. Доставка нового ключа не всегда представляется возможной, целесообразной и требует достаточно больших организационных, материальных и временных затрат. Это актуализирует необходимость решения задачи формирования ключа СМЧК по открытым каналам связи. Постановка задачи сводится к следующему. Цель корреспондентов состоит в том, чтобы выработать сетевой ключ (СК) таким образом, чтобы нарушитель не обладал необходимыми знаниями, позволяющими ему получить его копию. Задача нарушителя состоит в получении одинакового с корреспондентами ключа с целью чтения зашифрованных сообщений. Любые предположения о возможностях нарушителя подлежат серьезной критике ввиду неполного знания о нем. Определяется нижняя граница трудоемкости поиска нарушителем открытоформируемого ключа СМЧК на основе предлагаемой оценки информации нарушителя о процессе формирования ключа СМЧК по открытым каналам связи, которая не может быть увеличена в ходе обработки информации [3]. Нижняя граница трудоемкости нарушителя выступает в роли основного параметра безопасности формирования ключа СМЧК.

### 1. Описание протокола

Реализация протокола заключается в следующем. Современные

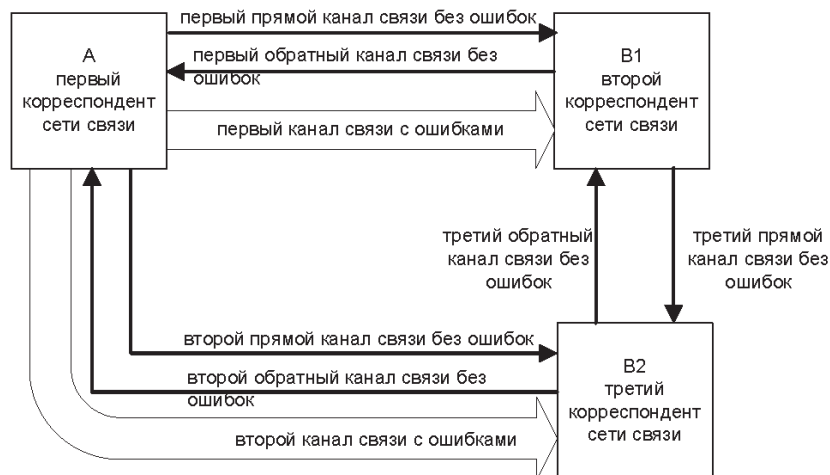


Рис. Модель СМЧК

криптосистемы построены по принципу Керкхоффа [4] согласно которому полное знание нарушителя включает, кроме информации полученной с помощью перехвата, полную информацию о порядке взаимодействия корреспондентов СМЧК и формировании СК. Формирование СК можно разделить на три основных этапа.

**1.1. Временные этапы протокола.** *Первый этап* – одновременное формирование исходной (ИП) и предварительных (ПРП) последовательностей. Обеспечение формирования ИП и ПРП производится путем одновременной передачи информации об ИП по первому и второму каналам связи с независимыми ошибками соответственно второму и третьему корреспондентам СМЧК и ее одновременной обработкой всеми корреспондентами СМЧК в рамках модели СМЧК представленной на рисунке.

Предполагается, что нарушитель знает порядок обработки информации об ИП и перехватывает версию ИП, передаваемой первым корреспондентом СМЧК на выходе независимого канала перехвата с ошибками и использует ее для формирования своей версии ПРП. *Второй этап* предназначен для обеспечения формирования СК с высокой надежностью. Формирование СК с высокой надежностью достигается устранением (исправлением) несовпадающих символов

(ошибок) в предварительных последовательностях второго и третьего корреспондентов относительно ИП первого корреспондента СМЧК, при использовании корреспондентами дополнительной информации о ИП, переданной по первому и второму прямым каналам связи без ошибок от первого корреспондента второму и третьему корреспондентам СМЧК соответственно. Предполагается, что нарушитель перехватывает дополнительную информацию по каналам перехвата без ошибок и использует ее для устранения несовпадений в своей версии ПРП относительно ИП первого корреспондента. *Третий этап* предназначен для формирования ключа заданной длины с малым количеством информации о ключе, получаемой нарушителем. Обеспечение формирования ключа корреспондентов СМЧК с малым количеством информации о нем у нарушителя обеспечивается путем сжатия последовательностей корреспондентов сети связи, которые получены ими после второго этапа. Предполагается, что нарушителю известен алгоритм сжатия последовательностей.

**1.2. Протокол.** Предполагается, что нарушитель имеет канал перехвата, с помощью которого он получает информацию о переданных кодовых словах по каналам связи с ошибками для формирования ИП и ПРП корреспондентов СМЧК. Нарушитель может придерживаться как пассивной стратегии без нарушений

информационного обмена, так и активной стратегии [5], когда нарушитель пытается оказать влияние на информационный процесс. Сделано предположение, что нарушитель является пассивным, т.е. он может только контролировать передаваемую информацию, но не может создавать и обмениваться ею с корреспондентами СМЧК или каким-то образом изменять передаваемую информацию. Кроме этого, сделано предположение о ограниченности его ресурса. Нарушителю достоверно известно полное описание порядка, последовательности и параметров процедур, выполняемых корреспондентами СМЧК для формирования СК.

*1.2.1. Реализация в протоколе последовательности действий первого этапа формирования ключа.* Формирование исходной последовательности первого корреспондента СМЧК заключается в следующем.  $L$  раз, где  $L > 10^3$ , генерируют случайный двоичный символ. Формируют из случайного двоичного символа кодовое слово. Для формирования кодового слова сгенерированный случайный двоичный символ кодируют кодом с  $M$ -повторениями [1], где  $M \geq 1$ . Величина  $M$  определяется качеством каналов связи с ошибками. Одновременно передают кодовое слово по первому и второму каналам связи с независимыми ошибками второму и третьему корреспондентам СМЧК соответственно.

Второй и третий корреспонденты СМЧК из принятого кодового слова одновременно формируют принятые двоичные символы и двоичные символы подтверждения  $F1$ ,  $F2$ . Принятому двоичному символу на стороне первого и второго корреспондентов СМЧК одновременно присваивают значение первого двоичного символа принятых кодовых слов. Для формирования двоичного символа подтверждения первый двоичный символ принятого кодового слова одновременно сравнивают с последующими  $M$  двоичными символами принятого кодового слова. При наличии хотя бы одного несовпадения первого двоичного символа принятого кодового слова с  $M$  двоичными символами принятого кодового сло-

ва двоичному символу подтверждения присваивают значение «0». При наличии  $M$  совпадений первого двоичного символа принятого кодового слова с  $M$  двоичными символами принятого кодового слова двоичному символу подтверждения присваивают значение «1».

Передают сформированный вторым корреспондентом сети связи двоичный символ подтверждения  $F1$  по первому обратному и третьему прямому каналам связи без ошибок соответственно первому и третьему корреспондентам сети связи. Передают сформированный третьим корреспондентом сети связи двоичный символ подтверждения  $F2$  по второму обратному и третьему обратному каналам связи без ошибок соответственно первому и второму корреспондентам сети связи.

При равенстве нулю по крайней мере одного из полученных двоичных символов подтверждения ( $F1$ ,  $F2$ ) сгенерированный случайный двоичный символ первого корреспондента сети связи и принятые двоичные символы второго и третьего корреспондентов сети связи одновременно стирают, в противном случае одновременно запоминают сгенерированный случайный двоичный символ первого корреспондента сети связи, принятый двоичный символ второго корреспондента сети связи, принятый двоичный символ третьего корреспондента сети связи соответственно  $i$ -х элементов, где  $i=1,2,3,\dots,L-U$ , исходной последовательности, первой предварительной последовательности и второй предварительной последовательности, где  $U$  — количество стертых символов при формировании исходной последовательности первого корреспондента сети связи, первой предварительной последовательности второго корреспондента сети связи и второй предварительной последовательности третьего корреспондента сети связи.

Нарушитель, также, может удалять символы, которые были стерты корреспондентами СМЧК. Однако символы, сохраняемые нарушителем (т.е. которые соответствуют одновременно сохраненным символам кор-

респондентов СМЧК), не достаточно надежны, потому, что ошибки в каналах с ошибками корреспондентов СМЧК и ошибки в канале перехвата являются независимыми.

*1.2.2. Реализация в протоколе последовательности действий второго этапа формирования ключа.* После применения корреспондентами СМЧК кода с повторениями в ИП первого корреспондента СМЧК и предварительных последовательностях второго и третьего корреспондентов СМЧК остаются несовпадающие символы, что не позволяет корреспондентам СМЧК приступить к непосредственному формированию СК. Устранение этих несовпадений может быть реализовано на основе использования помехоустойчивого кодирования [5]. Однако известные помехоустойчивые коды позволяют кодировать последовательности значительно меньшей длины, чем полученная длина ИП (ПРП) равная  $L-U$  двоичных символов. Для этого изменяют последовательное кодирование, т.е. если длина ИП (ПРП) велика, например,  $10^3 \div 10^5$  двоичных символов, ее разделяют на  $Y$  подблоков длиной по  $K$  символов, где

$$Y = (L-U)/K$$

Каждый подблок кодируется на стороне первого корреспондента СМЧК линейным систематическим блоковым помехоустойчивым  $(N,K)$  двоичным кодом [2], где  $K$  — длина блока информационных символов и  $N$  — длина кодового блока.

Затем формируемые блоки проверочных символов длиной  $N-K$  двоичных символов объединяют в единый блок проверочных символов кодированной ИП длиной  $Y \cdot (N-K)$  двоичных символов и одновременно передают его по первому прямому и второму прямому каналам связи без ошибок соответственно второму и третьему корреспондентам СМЧК.

Второй и третий корреспонденты СМЧК производят обратное преобразование и используют блок проверочных символов кодированной ИП для устранения несовпадений в своих предварительных последовательностях по отношению к ИП и в резуль-



тате чего получают декодированные последовательности (ДП). В качестве помехоустойчивых кодов могут использоваться широкий класс кодов Боуза-Чоудхури-Хоквингема, коды Хемминга, Рида-Малера, Рида-Соломона и другие линейные блочные коды.

В ходе применения корреспондентами СМЧК помехоустойчивого кодирования, нарушитель получает дополнительную информацию о СК путем перехвата блока проверочных символов кодированной ИП первого корреспондента СМЧК, переданного по первому прямому и второму прямому каналам связи без ошибок соответственно второму и третьему корреспондентам СМЧК. Это обстоятельство корреспонденты учитывают при формировании СК из исходной и декодированных последовательностей.

1.2.3. Реализация в протоколе последовательности действий третьего этапа формирования ключа. После формирования корреспондентами СМЧК тождественных ИП на стороне первого корреспондента СМЧК и ДП на сторонах второго и третьего корреспондентов СМЧК, корреспонденты СМЧК должны сформировать СК с малым количеством информации нарушителя о СК. Для обеспечения малого количества информации нарушителя о СК корреспонденты СМЧК используют простой алгоритм сжатия символов (ПАСС). Этот алгоритм может применяться для достижения цели размножения ошибок в версии СК нарушителя Е. Предполагается, что к началу применения алгоритма корреспонденты СМЧК имеют в наличии соответственно ИП и ДП, которые теперь называются ключевыми последовательностями (КлП). Длины КлП равны  $L-U$ . Параметр  $\nu$  — длина сжимаемого блока в битах предварительно открыто распределен между корреспондентами СМЧК.

Для обеспечения малой величины информации нарушителя о СКв предлагаемом протоколе формирования СК реализуется следующая последовательность действий. Корреспонденты СМЧК выделяют из своих КлП  $T$  соответствующих блоков бит

длины  $\nu$ , где  $T \geq 64$  — требуемая длина формируемого СК, причем

$$T = \frac{L-U}{\nu}$$

Блоки с нечетным числом символов «1» сжимаются (символы блока суммируются по модулю 2) в символ «1», а последовательности длины с четным числом «1» сжимаются в символ «0». После чего формируют СК путем объединения полученных «сжатых» однобитовых образов битовых блоков КлП в СК на сторонах всех корреспондентов СМЧК.

## 2. Оценка информации нарушителя

2.1. Оценка вероятности ошибки в предварительных последовательностях корреспондентов сети связи. Пусть  $p_{m1}$  — вероятность ошибки на двоичный символ в первом канале связи с ошибками между первым и вторым корреспондентами СМЧК описываемого моделью дискретного симметричного канала связи (ДСК) [1,2] и  $p_{m2}$  — вероятность ошибки на двоичный символ во втором ДСК канале связи с ошибками между первым и третьим корреспондентами СМЧК, тогда  $m1$  — вероятность ошибки в первой ПРП второго корреспондента СМЧК может быть найдена из выражения:

$$\tilde{p}_{m1} = \frac{\alpha_{10}^{M+1} + \alpha_{11}^{M+1}}{P_{ac}} \quad (1)$$

Аналогично — вероятность ошибки во второй ПРП третьего корреспондента СМЧК определяется выражением:

$$\tilde{p}_{m2} = \frac{\alpha_{01}^{M+1} + \alpha_{11}^{M+1}}{P_{ac}} \quad (2)$$

где  $\tilde{p}_{m2}$  — вероятность, с которой одновременно принимается блок с  $M$  повторениями вторым и третьим корреспондентами (длиной  $M+1$  двоичных символов), которая определяется с помощью выражения:

$$P_{ac} = \alpha_{00}^{M+1} + \alpha_{01}^{M+1} + \alpha_{10}^{M+1} + \alpha_{11}^{M+1},$$

где  $\alpha_{ij}$  — совместная вероятность событий, возникновения ошибки  $i$  в первом канале связи с ошибками между первым и вторым корреспондентами СМЧК (наличия ошибки ( $i=1$ ) или отсутствия ошибки ( $i=0$ ),

причем  $i \in \{0,1\}$ ), и возникновения ошибки  $j$  во втором канале связи с ошибками между первым и третьим корреспондентами СМЧК (наличия ошибки ( $j=1$ ) или отсутствия ошибки ( $j=0$ ), причем  $j \in \{0,1\}$ ), при передаче любого символа от первого корреспондента СМЧК по первому и второму каналам связи с независимыми ошибками, где:

$$\alpha_{00} = (1 - p_{m1})(1 - p_{m2})$$

$$\alpha_{01} = (1 - p_{m1})p_{m2}$$

$$\alpha_{10} = p_{m1}(1 - p_{m2})$$

$$\alpha_{11} = p_{m1}p_{m2}$$

2.2. Оценка вероятностей ошибочного декодирования предварительных последовательностей корреспондентов сети связи. Вероятность ошибочного декодирования первой ПРП второго корреспондента СМЧК может быть определена по формуле:

$$P_{E1} \leq 1 - (1 - P_{E01})^Y$$

где  $P_{E01}$  — вероятность ошибочного декодирования подблока длиной  $K$  двоичных символов из первой ПРП второго корреспондента СМЧК [1,2]:

$$P_{E01} \leq \sum_{i=\lfloor \frac{d-1}{2} \rfloor}^K \binom{K}{i} \tilde{p}_{m1}^i (1 - \tilde{p}_{m1})^{K-i}$$

где  $\tilde{p}_{m1}$  — вероятность ошибки в первой ПРП второго корреспондента СМЧК, полученная из выражения (1), а  $d$  — минимальное кодовое расстояние  $(N,K)$  кода [1,2].

Вероятность ошибочного декодирования второй ПРП третьего корреспондента СМЧК может быть определена по формуле:

$$P_{E2} \leq 1 - (1 - P_{E02})^Y$$

где  $P_{E02}$  — вероятность ошибочного декодирования подблока длиной  $K$  двоичных символов из второй ПРП третьего корреспондента СМЧК, определяется согласно выражения:

$$P_{E02} \leq \sum_{i=\lfloor \frac{d-1}{2} \rfloor}^K \binom{K}{i} \tilde{p}_{m2}^i (1 - \tilde{p}_{m2})^{K-i}$$

где  $\tilde{p}_{m2}$  — вероятность ошибки во второй ПРП третьего корреспондента СМЧК, полученная из выражения (2).

### 3. Оценка трудоемкости поиска нарушителем сетевого ключа

Сделаем предположение, что нарушителю достоверно известно число двоичных символов из двоичных символов СК, причем может быть найдено из выражения:

$$Q = \lfloor I(KK^T; Z^{L-U}) \rfloor$$

где  $\lfloor aa \rfloor$  — минимальное целое число, которое не менее  $aa$ .

С вероятностью близкой к единице и равной  $1 - P\epsilon$  (вероятность события, когда информация нарушителя о СК не превысит определенной малой величины  $I_0$ ) минимальный объем списка  $L$  (трудоемкость) поиска СК нарушителя составит величину равную:

$$L = 2^{T-Q}$$

**Вывод:** исследования протокола формирования СК по открытым каналам связи показали полезность для нарушителя знания полной информации о ключе, которая включает информацию, полученную с помощью перехвата, информацию о порядке взаимодействия корреспондентов СМЧК и формировании СК. Необходимо выработать СК таким образом, чтобы нарушитель не мог получить его за промежуток времени не устаревания закрытой информации. Для этого определена нижняя вероятностная граница минимального объема списка (трудоемкости) поиска ключа нарушителем как основного параметра безопасности

формирования СК на основе оценки его полной информации.

### Литература

1. Берлекэмп Э. Алгебраическая теория кодирования. – М: Мир, 1971. – С. 11.
2. Блейхут Р. Теория и практика кодов контролируемых ошибок. – М: Мир, 1986. – С. 61.
3. Галлагер Р. Теория информации и надежная связь. – М: Советское радио, 1974. – 720 с.
4. Месси Д. Введение в современную криптологию. // Журнал ТИИЭР, 1988. 76, 5, 24.
5. Фергюсон Н., Шнайер Б. Практическая криптография. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. – 424 с.

#### THE MATHEMATICAL MODEL OF THE OFFENDER OF THE OPEN KEY NETWORK COORDINATION WITH THE MINIMUM NUMBER OF THE CORRESPONDENTS

**Sinyuk A.**, Doc.Tech.Sci., docent, Military Academy of communications, eentrop@rambler.ru  
**Ostroumov O.**, Military Academy of communications, oleg-26stav@mail.ru

**Keywords:** information, the offender, the system of the open key coordination formation, network with a minimum number of correspondents, cryptosystem, crypto protection.

#### Abstract

This article presents one of the most relevant problems of the information protection connected with the study of the application conditions of the key generation in the network with minimum number of correspondents in the open channels with errors, which is underinvestigated because of its research intensity. Small stability of the closed network to the key compromise, big resource-intensity of the network connectivity recovery, the uncertainty about the disturber model make this research issue relevant. The problem setting is determined by the need to work in the development of the network key while performing the key generation protocol so that the offender does not have the necessary knowledge to obtain a copy. The task of the offender is to get the same key which the correspondent has. To assess this problem the lower bound of the offender's labor intensity of the open formulated network key is determined. The represented estimates of the lower limit of the offender's

labor intensity of the network key have scientific novelty and they differ from the known estimates because they are based on the offender's information about the formation of the key in the open communication channels, which cannot be increased during the course of any information processing. The scientific novelty lies in the proposed approach of the offender's information estimate about the formation of the network key. The practical value is represented in the lower border of the probabilistic minimum volume list of the key search by the violator as the main parameter of network key formation security. It allows on the base of the speed work estimate of the modern computer technology to determine the minimum amount of the time which the offender spend to find the key. The further work in this direction is the evaluation of the additional parameter - the probability of hitting the key in the exhaustive list, besides the main parameter of the key formation security – the volume of the list sorted by the offender. According to the authors' opinion the materials will be of interest to specialists interested in the problem of secure communication in the systems intended for special purposes.

#### References

1. Berlekamp E, 1971, 'Algebraic coding theory', Moscow, Mir, p. 11.
2. Blahut R, 1986, 'The theory and the practice of the codes controlling the mistakes', Moscow, Mir, p. 61.
3. Gallager R, 1974, 'The theory of the information and the reliable communication', Moscow, Soviet radio, pp. 720.
4. MESSI D, 1988, 'The introduction to the modern cryptology', Journal TIIEP, No. 76, T. 5, p. 24.
5. Ferguson N & Schneier B, 2005, 'Practical Cryptography', Moscow, Publishing House "Williams", pp. 424.





# III международный конгресс ЭРА-ГЛОНАСС

Современные технологии для обеспечения безопасности и комфорта на дорогах



Некоммерческое  
партнерство

**“ГЛОНАСС”**

Федеральный сетевой оператор

6 МАРТА 2013

МОСКВА, ЦМТ

Основная цель конференции:

Информирование российской и зарубежной аудитории о ходе создания государственной системы экстренного реагирования при авариях «ЭРА-ГЛОНАСС», требованиях к абонентскому оборудованию «ЭРА-ГЛОНАСС», возможностях использования системы «ЭРА-ГЛОНАСС» в интересах модернизации транспортного комплекса и реализации дополнительных функций в интересах различных категорий потребителей.

Члены некоммерческого партнерства

Яндекс

НИС  
ГЛОНАСС

Билайн®

МТС

Сумма Телеком



СТАНЗАС

ГЛОНАСС/ГНСС  
Форум

МЕГАФОН



# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА В ЦИКЛЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

**Анисимов О.В.**, к.т.н., доцент,  
Военно-космическая академия  
имени А.Ф. Можайского  
(филиал г.Ярославль),  
qwaker@inbox.ru

**Приветень А.С.**,  
Военно-космическая академия  
имени А.Ф. Можайского  
(филиал г.Ярославль),  
priveten@yandex.ru

## Ключевые слова:

информационная поддержка,  
схемный запрос, цикл восстановления,  
радиоэлектронное средство.

## АННОТАЦИЯ

В работе проведен анализ влияния временных характеристик систем информационной поддержки в рамках метода поддержки, основанного на обработке схемных запросы со стороны обслуживающего персонала к базе данных эксплуатационных документов. Анализ основан на декомпозиции процесса восстановления радиоэлектронных средств и направлен на количественную оценку эффекта от использования упомянутого метода информационной поддержки.

Вводится понятие «цикл восстановления», определяемый как полная совокупность из операции контроля технического состояния и двух самостоятельных циклов: цикла локализации отказа и цикла замены неработоспособных элементов. Отмечается, что все действия в цикле восстановления упорядочены организационной структурой этого цикла и занимают определенное время. Предложена общая формула для определения времени восстановления.

Показано, что вклад времени поиска информации в общее значение времени восстановления является значительным и его уменьшение может быть достигнуто за счет учета особенностей работы обслуживающего персонала с графическими документами. Рассматривается использование фрагментов схем для поиска и извлечения необходимой технической информации. Такой запрос несет в себе объем информации, эквивалентный многочисленным запросам в текстовой форме.

Экспериментальное подтверждение предложенного подхода на конкретных экземплярах радиоэлектронных средств показало, что использование схемных запросов обслуживающим персоналом позволяет уменьшить время восстановления на 8-13% за счет сокращения числа запросов в 5-7 раз и более.

Приведены рекомендации по применению метода информационной поддержки, основанного на формировании виртуальных эксплуатационных документов по схемным запросам со стороны обслуживающего персонала.

При эксплуатации радиоэлектронных средств (РЭС) процесс восстановления связан с приведением изделия в работоспособное состояние. Восстановление изделия связано с операцией технического диагностирования, направленной на поиск мест и причин отказа и на которую приходится значительные затраты времени и ресурсов [1, 2]. Это требует использования обслуживающим персоналом (ОП) технической информации об объекте, содержащейся в эксплуатационной документации. Нахождение и предоставление информации, необходимой ОП, осуществляют системы информационной поддержки (СИП) по запросам обслуживающего персонала.

Существующие системы информационной поддержки характеризуются большими временными затратами, связанными с предоставлением требующейся ОП технической информации для решения задачи восстановления РЭС. Однако необходимость поддержания технических изделий в постоянной готовности к использованию по назначению обуславливает необходимость сокращения времени восстановления РЭС.

Выявленное противоречие приводит к необходимости совершенствования средств информационной поддержки в системах автоматизации процесса восстановления РЭС. В связи с этим в данной работе проводится анализ влияния временных характеристик систем информационной поддержки в рамках метода поддержки, основанного на обработке схемных запросы со стороны обслуживающего персонала к базе данных эксплуатационных документов [3]. Проводимый анализ основывается на выполнении декомпозиции процесса восстановления РЭС и направлен на количественную оценку эффекта от использования упомянутого метода информационной поддержки.

Процесс восстановления радиоэлектронных средств начинается с момента определения неработоспособного состояния изделия военной техники. При принятии обслуживающим персоналом решения о неработоспособности объекта процесс диагностирования продолжается в рамках цикла восстановления с целью решения задачи определения места и причин отказа (локализации отказа). Проведение диагностирования связано с предоставлением соответствующей информационной поддержки ОП на основе эксплуатационных документов, содержащих совокупность текстовых и графических данных, в качестве которых широко распространено использование

схем различного вида и типа [4].

Замена неработоспособных элементов выполняется в процессе ремонта и также может требовать информационной поддержки. Заменяя неработоспособные элементы, обслуживающий персонал производит повторный контроль технического состояния составных частей и (или) РЭС в целом.

Полная совокупность рассмотренных выше операций образует цикл восстановления  $\Pi_B$  изделия (рис. 1), в котором можно выделить два самостоятельных цикла: цикл локализации отказа  $\Pi_{ЛО}$  и цикл замены неработоспособных элементов  $\Pi_{ЗАМ}$ .

Цикл  $\Pi_{ЛО}$  связан с выполнением операций поиска диагностической информации  $пди$ , а также анализа полученной информации и принятия решения  $анр$ .

Цикл  $\Pi_{ЗАМ}$  связан с выполнением операций поиска информации  $при$  необходимой для осуществления замены неработоспособного элемента изделия, анализа полученной информации и принятия решения  $анр'$ , а также операций зам по замене неработоспособного элемента.

Операция контроля технического состояния  $ктс$  направлена на определение работоспособного состояния РЭС.

Все действия в цикле восстановления упорядочены организационной структурой этого цикла и занимают определенное время.

Время локализации отказа  $t_{ло}$  изделия определяется временем поиска диагностической информации  $t_{пди}$ , а также временем анализа и принятия решения обслуживающим персоналом  $t_{анр}$ , поэтому на выполнение одного цикла локализации отказа будет затрачено время

$$t_{ЛО} = t_{пди} + t_{анр}$$

Время замены  $t_{зам}$  неработоспособных элементов определяется временем  $t_{при}$  поиска информации, необходимой для осуществления замены неработоспособного элемента изделия, временем  $t'_{анр}$  анализа и принятия решения обслуживающим персоналом, а также временем  $t'_{зам}$  выполнения операции замены неработоспособного элемента так, что на выполнение одного цикла замены будет затрачено время  $t_{ЗАМ} = t_{пди} + t'_{анр} + t'_{зам}$ .

Учитывая повторяемость циклов  $\Pi_{ЛО}$  и  $\Pi_{ЗАМ}$  в общем цикле восстановления  $\Pi_B$ , можно записать общую формулу для определения времени восстановления:

$$T_{\Sigma} = (t_{ЛО} \cdot k + t_{ЗАМ} \cdot m + t_{КТС}) \cdot l = ((t_{пди} + t_{анр}) \cdot k + (t'_{анр} + t_{при} + t'_{зам}) \cdot m + t_{КТС}) \cdot l,$$

где  $k$  – число повторений цикла  $\Pi_{ЛО}$ ,  $m$  – число повторений цикла  $\Pi_{ЗАМ}$ ,  $l$  – число повторений цикла  $\Pi_B$ ,  $t_{КТС}$  – время выполнения операции контроля технического состояния РЭС.

Анализируя полученное выражения следует отметить, что все операции внутри цикла  $\Pi_{ЛО}$ , в том числе и  $пди$ , выполняются  $l \cdot k$  раз, в все операции внутри цикла  $\Pi_{ЗАМ}$  – раз.

Таким образом, общее время в цикле восстановления  $\Pi_B$ , связанное с поиском требуемой ОП информации, необходимой для восстановлению РЭС, определяется выражением:

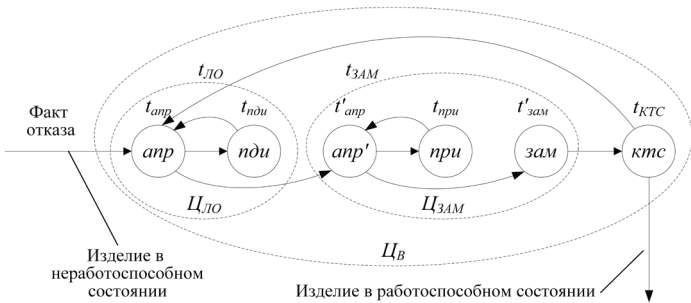


Рис 1. Модель процесса восстановления радиоэлектронного средства

$$T_{ПИ} = l \cdot k \cdot t_{ндл} + l \cdot m \cdot t_{при}$$

Поскольку величины  $l \cdot k, l \cdot m \gg 1$ , то следует отметить, что вклад  $T_{ПИ}$  в общее значение времени восстановления  $T_B$  является значительным и его уменьшение может быть достигнуто на основе учета особенностей работы ОП с эксплуатационными документами.

В соответствии с этим в цикле восстановления необходимо выделить цикл локализации отказов  $Ц_{ЛО}$ , в котором большой удельный вес занимает работа ОП с графическими документами (электрические схемы различных типов, мнемосхемы и т.д.). Значение таких документов в цикле замены  $Ц_{ЗАМ}$  существенно меньше, поэтому основное внимание ниже уделено анализу работы ОП с графическими документами. При этом поиск и извлечение необходимой информации при работе с такими документами использует схемы или их фрагменты в качестве запросов, которые несут в себе объем информации, эквивалентный многочисленным запросам в текстовой форме [3].

На рис. 2 представлена последовательность действий  $r(a_x)$  обслуживающего персонала при восстановлении, связанных с использованием фрагментов схем  $a_x$  РЭС в цикле восстановления  $Ц_B$ . На этом рисунке показано, что при анализе схемных фрагментов  $a_x$  используются эксплуатационные документы  $D1, D2, \dots, Dm$ , имеющиеся в базе данных.

С точки зрения информационной поддержки при выполнении действия  $r(a_x)$  целесообразно выделить время  $t_{ПИ}$  поиска информации, необходимой обслуживающему персоналу при решении задачи восстановления. Для одного действия  $r(a_x)$  величина  $t_{ПИ}$  поиска информации, необходимой обслуживающему определяется выражением:

$$t_{ПИ} = t_{ПИ}(a_x) = (t_{ФЗ}(a_x) + t_{ИИ}(a_x) + t_{ВИ}(a_x)) \cdot n(a_x),$$

где  $t_{ФЗ}(a_x)$  – время формирования запроса обслуживающим персоналом для выполнения действия  $r(a_x)$ ,  $t_{ИИ}(a_x)$  – время извлечения информации,  $t_{ВИ}(a_x)$  – время выдачи информации,  $n(a_x)$  – количество запросов со стороны ОП.

В существующих информационных системах при работе со схемным фрагментом  $a_x$  при восстановлении РЭС запросы ОП являются текстовыми командами, а их количество  $n(a_x) \gg 1$  (рис. 3,а). Величины  $t_{ФЗ}(a_x)$  и  $t_{ВИ}(a_x)$  мало зависят от вида запроса, поэтому основной вклад в значении величины  $t_{ПИ}$  поиска информации, необходимой обслуживающему вносит время  $t_{ИИ}(a_x)$  извлечения информации.

В методе информационной поддержки [3] уменьшение времени  $t_{ИИ}(a_x)$  обеспечивается за счет перехода к высокоуровневой модели РЭС, реализующей интерфейс схемных запросов ОП. Такой подход при работе с одним схемным фрагментом позволяет уменьшить количество запросов со стороны ОП вплоть до одного (рис. 3,б), что определяет следующее значение времени  $t'_{ПИ}$ :

$$t'_{ПИ} = t'_{ПИ}(a_x) = t_{ФЗ}(a_x) + t_{ИИ}(a_x) + t_{ВИ}(a_x).$$

Таким образом, эффективность метода информационной поддержки, основанного на использовании схемных запросов в цикле восстановления  $Ц_B$  определя-

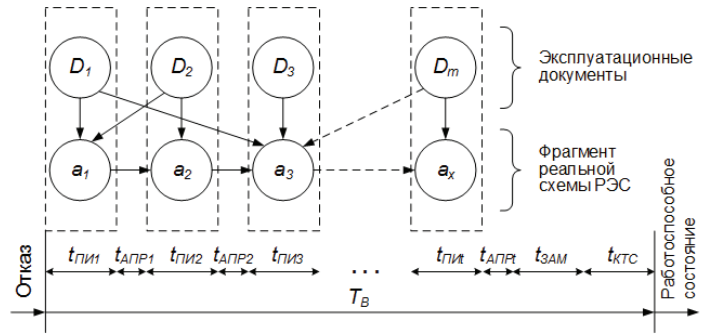


Рис.2. Процесс восстановления радиоэлектронного средства

ется числом запросов к базе данных эксплуатационных документов, которое, в свою очередь, зависит от многих факторов: сложности РЭС, формы представления эксплуатационных документов, уровня подготовки ОП и т.п. Это создает определенные трудности для аналитической оценки эффективности информационной поддержки в цикле восстановления на основе схемных запросов.

Для оценки эффективности работы метода [3] рассмотрим два случая:

- 1) расчет значения коэффициента готовности без учета метода информационной поддержки;
- 2) расчет значения коэффициента готовности при использовании предлагаемого метода информационной поддержки.

Анализ источников [1, 2] показывает, что доля  $t_{ИИ}$  в значении времени восстановления  $T_B$  может достигать 10%. Для расчета используется формула определения коэффициента готовности [6]:

$$K_{Г1} = \frac{T_{О1}}{T_{О1} + T_{В1}}$$

При этом будем считать, что  $T_{О1} = 40$  ч,  $T_{В1} = 60$  мин. Расчетное значение  $K_{Г1}$  без использования предложенного метода составит  $K_{Г1} = 0,98$ .

Использование предложенного в работе метода обеспечивает уменьшение времени восстановления за счет уменьшения, за счет сокращения число запросов в 5-7 раз и более. Это позволяет сократить долю в значении величины  $T_B$  до 1,5-2%, и уменьшает  $T_B$  на 8-13% и более от существующего значения.

Изменение  $T_{В1}$  может составлять до 0,2 часа (что соответствует 20%). Тогда время восстановления  $T_{В2} = 48$  мин, что дает для той же аппаратуры следующее значение коэффициента готовности:

$$K_{Г2} = \frac{T_{О1}}{T_{О2} + T_{В2}} = 0,985$$

Разница показывает эффект от использования предложенного метода. При рассматриваемых значениях исходных данных будет равна 0,005, т.е. 0,5%, что является для современных военных комплексов существенным.

Достижение аналогичного прироста возможно достичь за счет совершенствования РЭС, ведущего к повышению времени наработки на отказ  $T_O$ . При этом необходимо обеспечить величину равную:



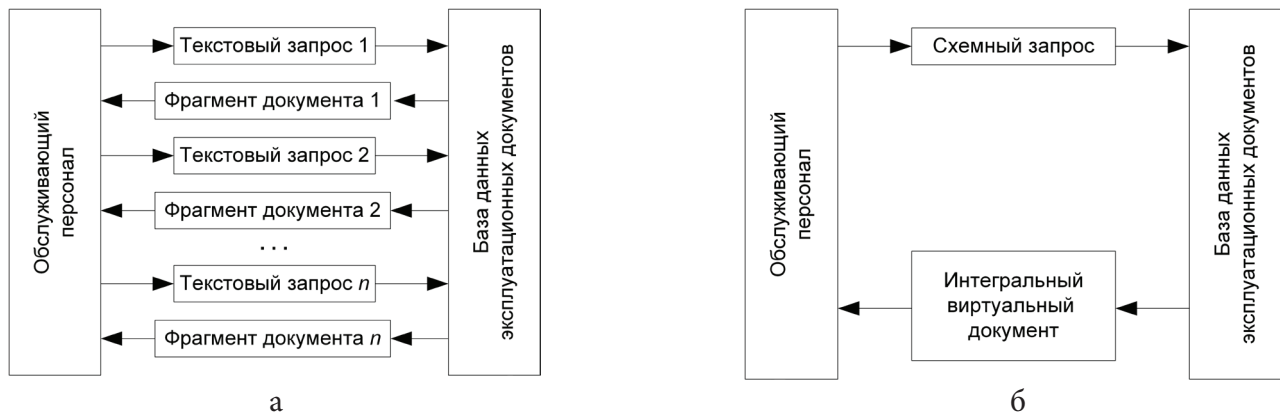


Рис. 3. Использование схемного и текстового запроса в средствах информационной поддержки обслуживающего персонала

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{с1}}T_{\text{с2}} + \Delta T_{\text{с2}}(T_{\text{с1}} + T_{\text{с1}})}{T_{\text{с2}} - \Delta(T_{\text{с1}} + T_{\text{с2}})} = 50,57\text{ч}$$

Таким образом, увеличение на 0,5% можно обеспечить уменьшением  $T_B$  до 10 минут (до 20%), либо увеличением  $T_O$  на 10 часов 30 минут (до 20%) применительно к одному и тому же РЭС. Однако увеличивать  $T_O$  на этапе технической эксплуатации не представляется возможным.

Полученные в ходе выполнения работы результаты могут быть использованы в процессе совершенствования существующих средств информационного обеспечения обслуживающего персонала на любом этапе технической эксплуатации. При построении электронной эксплуатационной документации целесообразно использовать основные положения, рассмотренные в данной работе. Это позволит сократить среднее время восстановления РЭС в ходе ее дальнейшей эксплуатации в войсках и, как следствие, повысить коэффициент готовности технических комплексов. Для перспективных образцов РЭС данный метод целесообразно применять на этапах разработки и формирования эксплуатационной документации к ним.

Эти рекомендации комплексно охватывают вопросы совершенствования системы технической эксплуатации радиоэлектронных систем.

**Литература**

1. Давыдов П. С. Техническая диагностика радиоэлектронных систем. – М.: Радио и связь, 1988 – 256 стр.
2. Быкадоров А. К., Кульбак Л. И., Лавриненко В. Ю., Рысейкин И. Н., Тихомиров В. Л. Основы эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры. Под ред. Лавриненко В. Ю. – М. : Высшая школа, 1978 – 320 с.
3. А. К. Дмитриев, Р. М. Юсупов. Идентификация и техническая диагностика/Учебник для вузов. Л. Тип. ВИКИ имени А. Ф. Можайского, 1987 г – 420 стр.
4. Анисимов О. В., Рыбакин А.А. Формирование эксплуатационной документации образцов вооружения на основе формальных моделей радиоэлектронной аппаратуры/Труды Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники», СПб.:ВКА имени А.Ф. Можайского, 2012. – Т.1. стр.135-139.
5. Анисимов О. В. Модели радиоэлектронной аппаратуры как основа организации информационных интерфейсов в системах автоматизации технической эксплуатации /Монография, М.: Изд. ООО «Норд», 2013 – 88 стр.
6. ГОСТ 27.002-2009 Надежность в технике Основные понятия. Термины и определения. М. :Издательство стандартов, 2009 – 24 стр.

**INFORMATION SUPPORT OF SCHEME REQUEST FOR THE PERSONNEL IN THE RECOVERY CYCLE OF RADIO-ELECTRONIC DEVICES**

Anisimov O., Ph.D, docent, Military Space Academy, qwaker@inbox.ru  
 Priveten A., Military Space Academy, priveten@yandex.ru

**Keywords:** information support, query of schemes, recovery cycle, electronic devices.

**Abstract**

The analysis of the temporal characteristics of information support systems, in terms of request method from service personnel to the database of operational documents, which uses graphic schemes of the equipment. Recovery process equipment been decomposed. The purpose of the analysis - to evaluate the effect of the proposed method of informational support.

This paper introduces the concept of "recovery cycle", defined as the complete set of one operation on control of technical condition and of two distinct cycles: localization cycle of failure and replacement cycle inefficient elements. All actions in the recovery cycle streamlined organizational structure of this cycle and take some time. A general formula, for determining the recovery time, is given.

Contribution of time searching for information on the total value of the recovery time is significant. Reducing the time of information retrieval can be achieved by

taking advantage of fragments of schemes for search and retrieval of technical information. Such an inquiry carries a wealth of information, equivalent to the numerous inquiries in text form.

Experimentally confirmed that the use query of schemes can reduce recovery time by 8-13% due to the reduction in the number of requests is 5-7 times or more. Is made recommendations on the application of this method information support

**References**

1. Davydov, P 1988 Technical diagnostics of electronic systems, Radio and communication, Moscow , 256.
2. Bykadorov, A & Kullback, L & Lavrynenko, V & Ryseykin, I & Tikhomirov, V 1978, Basics operation of electronic equipment, Higher School, Moscow, 320.
3. Dmitriev, A & Yusupov, R 1987, Identification and technical diagnostics, Military Engineering Institute, Leningrad, 420.
4. Anisimov, O & Rybakin, A 2012, Formation of operational documentation weapon models based on formal models of electronic equipment, Military Space Academy, St. Petersburg, Vol.1. pp.135-139.
5. Anisimov, O 2013, Models of electronic equipment as a basis for organizing information interfaces in automation systems technical manual, Nord, Moscow, 88.
6. GOST 27.002-2009, 2009, Reliability technology concepts. Terms and definitions. Publishing House of Standards, Moscow, 24.

# МЕТОД ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

**Павликов С.Н.,**

Морской государственный  
университет, *psn1953@mail.ru*

**Убанкин Е.И.,**

Морской государственный  
университет, *uei@inbox.ru*

**Веселова С.С.,**

Морской государственный  
университет, *veselova@msun.ru*

## Ключевые слова:

метод, пространственно-временная  
обработка, преобразование Фурье,  
частотная модуляция,  
широкополосные сигналы,  
мультипликативная обработка.

## АННОТАЦИЯ

Предмет исследования метод передачи информации.

Цель исследования состоит в повышении эффективности радиосвязи за счет увеличения пространственной скрытности.

Методология – анализ пространственно-временных характеристик сигналов в радиоканале.

В результате исследований разработан метод передачи информации с повышенной пространственной скрытностью, что является одной из актуальных задач в области телекоммуникаций.

Предлагается предварительное разделение информации на два и более потоков, каждый из которых передается с помощью специального носителя по разным пространственным каналам доставки в заданную точку пространства. При этом только в этой точке происходит восстановление передаваемой информации путем синфазного сложения её составляющих. До настоящего времени электронная фокусировка использовалась большей частью в системах получения акустических изображений, а также в радиолокации при учете сферичности фронта падающей волны [1]. Устройство обладает линзовыми свойствами, если можно указать так называемое фокусное расстояние и точку, называемую фокусом, колебания из которой принимаются с максимальным усилением.

Область применения – передача информации по радиоканалу. У существующих методов передачи информации имеется общий недостаток – низкая пространственная скрытность. За счет контроля линии передачи возможно несанкционированное получение информации, контроль трафика и перехват управления каналом, что снижает эффективность средств связи. Для повышения эффективности систем телекоммуникаций требуется решение ряда противоречивых задач. С одной стороны для повышения пропускной способности и скрытности необходимо увеличение ширины спектра сигналов, а с другой стороны требуется обеспечить пространственную селекцию. Применение широкополосных сигналов в радиостанциях, установленных на маневренных скоростных объектах, не позволяет реализовать их потенциальные возможности по пропускной способности, помехоустойчивости и помехозащищенности. Что приводит к необходимости увеличивать мощность сигнала, тем самым демаскируя объект, использующий режим радиопередачи. При этом необходимо учесть, что обработка широкополосных сигналов затруднена вследствие влияния доплеровской дисперсии. Задача надежной передачи информации особенно актуальна для обеспечения коммуникаций с высокоскоростными объектами, для которых передача сигналов позволяет доставить и получить информацию, но и увеличить риски за счет перехвата её противной стороной. В статье изложен один из вариантов решения данного противоречия. Выбор носителя определяется известными преобразованиями мультипликативного сигнала вследствие доплеровской дисперсии.

Выводы – предложенное техническое решение позволяет путем фокусировки энергий решить задачу скрытной передачи информации.

Чтобы добиться максимума сигнала в точке фокусировки, необходимо в цепи сигналов элементов антенны включить задержку. При изменении фокусного расстояния изменяются величины задержек. Условия выбора задержек в канале каждого элемента антенны могут быть получены после несложных расчетов на основе геометрических построений.

Сигналы с устройства задержки подаются на элемент антенны, при этом максимальное время задержки на оси симметрии антенны и уменьшающиеся задержки к краям.

В случае если электронная фокусировка применяется одновременно с электронным формированием характеристики направленности (ХН), то задача построения таких систем усложняется, т.к. сигналы перед подачей на устройство формирования ХН должны пройти блок задержек.

Если скорость распространения электромагнитных колебаний постоянна, то путем непрерывной регулировки фокусного расстояния, возможно, обеспечить оптимальные условия для приема сигнала, фокус электронной линзы как бы перемещается вместе с фронтом распространения сигнала. Таким образом, в устройстве формирования ХН необходим дополнительный блок формирователя управляющих сигналов для всех элементов задержки.

Если антенна выполнена в виде решетки, то постановкой задержки в каждый канал антенны и соответствующей регулировкой величины задержки можно обеспечить формирование ХН по всей плоскости антенной решетки.

Трудность создания систем электронного формирования ХН заключается в сложных закономерностях регулировки времени задержки в каждом канале, что требует формирования индивидуальных управляющих сигналов для каждого канала при аналоговых способах регулирования или усложняет коммутирующие устройства при цифровых способах.

В данной работе предложен метод фокусировки энергии не требующий применения элементов задержки и как следствие свободного от учёта сложных закономерностей расчёта и аппроксимации управляемых параметров для них.

Пространственная фокусировка может быть выполнена за счёт свойства сигнала с гиперболической частотной модуляцией (ГЧМ). Влияние доплеровского эффекта на ГЧМ - сигнал вида

$$S(t) = \frac{\sin(\Omega \cdot \ln(t - \tau))}{\sqrt{t - \tau}}, \quad (1)$$

где  $\Omega$  – гиперболическая несущая частота,  $\Omega = f(t) \times t$ ;

$f(t)$  – мгновенная частота;

$t$  – текущий момент времени;

$\tau$  – сдвиг начала сигнала относительно начала отсчёта, будет состоять в смещении по времени на величину  $\tau_\alpha$  [2], которое эквивалентно изменению дальности на величину

$$\Delta D = C \times \tau_\alpha$$

где  $C$  – скорость распространения энергии в среде;

$$\tau_\alpha = \frac{V}{C} \cdot \tau = \frac{\alpha - 1}{2\alpha} \cdot \tau$$

$\alpha$  – доплеровский параметр;

$V$  – относительная радиальная скорость.

Действительно, сигнал в точке фокусировки с учетом доплеровского преобразования  $S(t) = \sqrt{\alpha} \cdot S(\alpha t)$  примет вид [3]:

$$S_0(t) = \frac{\sqrt{\alpha}}{\sqrt{-\alpha t + \tau}} \sin(\Omega \ln \alpha((t - (\tau' + \tau_\alpha) - \tau)))$$

где  $\tau'$  – задержка за счет конечности скорости распространения электромагнитных колебаний.

То есть сигнал распространяется с запаздыванием или опережением в зависимости от знака доплеровского параметра. Этот известный результат является прямым следствием свойства инвариантности ГЧМ – сигнала к доплеровскому эффекту [2, 4].

Искусственно вводя в сигналы (1) двух излучателей определённые заранее доплеровские параметры, эквивалентные относительным радиальным скоростям перемещения точки фокусировки относительно этих излучателей, можно добиться фокусировки энергии этих излучателей в заданной точке пространства.

Для наглядности рассмотрим ситуацию, приведённую на рис. 1, основные параметры связаны соотношением:

$$\Delta \alpha = \alpha_1 \cdot \left( 1 \pm \frac{2D_\Sigma - 4D_1}{C \cdot \tau} \right), \quad (2)$$

где  $\Delta \alpha = \alpha_1 / \alpha_2$ ;

$\alpha_1, \alpha_2$  – параметры вводимые в ГЧМ – сигналы первого и второго излучателей;

$D_\Sigma = D_1 + D_2$ ;

$$D_\Sigma = D_1 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{L}{D_1} \right)^2} - 2 \frac{L}{D_1} \cdot [\cos \theta_0 \cdot \cos \theta_2 \cdot \cos(\varphi_0 - \varphi_2) + \sin \theta_0 \cdot \sin \theta_2] \right), \quad (3)$$

$D_1, D_2 = D_1 \pm \Delta D$  – расстояние от первого и второго излучателей до точки фокусировки;

$L$  – расстояние между излучателями;

$\varphi_0, \theta_0$  и  $\varphi_2, \theta_2$  – угловые сферические координаты точки фокусировки «0» и второго излучателя «2» (первый излучатель «1» находится в начале координат).

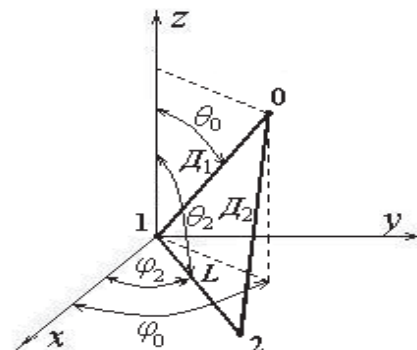


Рис.1. Пространственное расположение излучателей и точки фокусировки



Таким образом, при излучении сигналов вида

$$S_i(t) = \frac{\sin(\Omega \cdot \ln \alpha_i + \Omega \cdot \ln(t - \tau))}{\sqrt{t - \tau}}, \quad (4)$$

где  $i$  – номер излучателя; и выполнении условий (2) и (3) обеспечивается синфазное сложение сигналов двух излучателей в заданной точке пространства.

На основании свойства линейности преобразования Фурье, сумма сигналов  $a \cdot S_1(t) + b \cdot S_2(t)$  соответствует сумме их спектров  $a \cdot S_1(\Omega) + b \cdot S_2(\Omega)$  (см. стр. 120 в кн. [5]). Последовательное применение прямого и обратного преобразования Фурье не изменяет сигнал, а энергия сигнала во временной и частотной областях одинакова, т. е. преобразование Фурье является унитарным (см. стр. 44 – 46 в кн. [4]).

При необходимости передачи информации по радиоканалу в определённую точку пространства, в качестве носителя информации может быть использован сигнал вида (4). При этом его спектр представляется в виде двух составляющие и равен их сумме, одна с параметром  $\alpha_1$ , переводится во временную область и излучается первым излучателем, вторая с параметром  $\alpha_2$ , переводится во временную область и поступает на второй излучатель.

Предложенное техническое решение [6-7] позволяет путем управления фокусировкой энергий излучателей решить задачу скрытной передачи информации.

#### Литература

1. Самойлов Л.К. Электронное управление характеристиками направленности антенн. – Л.: Судостроение, 1987.–280 с.
2. Рихачек А.В. Сигналы допустимые с точки зрения доплеровского эффекта. // ТИИЭР. – 1966. – Т. 54. – N 6. – С. 39-41.
3. Павликов С.Н., Убанкин Е.И. Перспективные методы обработки сигналов в телекоммуникационных системах.– Владивосток: Мор. гос. ун-т. 2013.–99с.
4. Сапрыкин В.А., Рокотов С.П. Теория гидроакустики и цифровая обработка сигналов., 2 часть – Л.: ВВМУРЭ, 1991 – 416 с.
5. Сиберт У.М. Цепи, сигналы, системы, 2 часть: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 360 с.
6. Свидетельство на полезную модель 16576, Россия, Устройство передачи и приема информации /Павликов С.Н., Убанкин Е.Н., Богданов В.С., Коленченко И.А. – Бюл. изобр. 2001, N°1.
7. Буренин А.Н., Легков К.Е., Эффективные методы управления потоками в защищенных инфокommunikационных сетях// H&ES: Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2010. –N° 2. – С. 29-34.

#### METHOD OF INFORMATION TRANSFER

**Pavlikov S.**, Maritime State University psn1953@mail.ru  
**Ubankin E.**, docent, Maritime State University, uei@inbox.ru  
**Veselova S.**, Maritime State University, veselova@msun.ru

**Keywords:** method, existential processing, Fourier's transformation, frequency modulation, broadband signals, multiplicate processing.

#### Abstract

Object of a method of research of information transfer. The research objective consist in increase in efficiency of a radio communication at the expense of increase in the spatial permission. Methodology - the analysis of features of transformation of signals in a radio channel.

In results of researches a method of the information on transfer, developed. It were one of important problems in the field of telecommunications. Method - bas on preliminary division of the information in two and more streams, transferred each of which by means of special signals.

Area - information transfer on a radio channel.

Methods of information transfer have the general error - the low spatial permission. The increase in efficiency of systems of telecommunications needing the decision inconsistent problems. On the one hand for increase in throughput and the spatial permission are necessary increase for width of a spectrum of signals, and on the other hand - to provide a spatial choice. Application of broadband signals in the radio stations establish on maneuverable high-speed objects, did not allow to use them

potential possibilities. Thus processing of broadband signals owing to influence of doplerovsky of a dispersion are necessary. In article it are result one of versions of the decision the contradiction. By a choice of a signal - it are bas on known transformations of a signal of multiplicate owing to doplerovsky of a dispersion. The conclusions - the offer the technical decision, allow to solve a problem of information transfer, concentrat energiya.

#### References

1. Samoilov L.K. Electronic's control by characteristics of an orientation of aerials. - L.: Shipbuilding, 1987. - 280 p.
2. Rikhachek A.B. Signals admissible from the point of view of doplerovsky effect.//TIIER. - 1966. - T. 54. - N 6. - pp.39-41.
3. Pavlikov of S.N., Ubankin E.I. Perspective's methods of processing of signals in telecommunication systems. - Vladivostok: Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy. 2013. - 99 p.
4. Saprikin B.A., Rokotov S.P. The theory of hydroacoustics and digital processing of signals. - Part 2. - Leningrad: VMIRE, 1991. - 416 p.
5. Sibert U.M. Chain's signals, systems, 2nd part: The lane with English - M.: World, 1988. - 360 p.
6. The certificate on useful model 16576, Russia. The Device of transfer and reception of the information/ Pavlikov S.N., Ubankin E.I., Bogdanov V.S., Kolenchenko I.A. - N°1, 2001.
7. Burenin A.N. , Legkov K.E. Effective methods of control over streams in protected infokommunikatsionny networks //H&ES: High technologies in space researches of Earth. - 2010.-N° 2. - pp. 29-34.

Международная специализированная  
выставка по организации  
дорожного движения

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ  
**expotrafic**

**12–14 марта 2013**  
**МОСКВА, ЦВК «Экспоцентр»**

При поддержке:



### Разделы выставки:

Управление дорожным движением

Интеллектуальные транспортные системы

Системы и оборудование для обеспечения  
дорожной безопасности

Инфраструктура, эксплуатация и техническое  
обслуживание автомобильных дорог

Парковка

### Деловая программа выставки:

- V Российский международный конгресс по интеллектуальным транспортным системам
- V Транспортный конгресс–2013



[expotrafic.ru](http://expotrafic.ru)

[www.expotrafic.ru](http://www.expotrafic.ru)

Организатор:

**РЕСТЭК·БРУКС**

Тел.: +7 (812) 320-80-94

E-mail: [exporail@restec.ru](mailto:exporail@restec.ru)

# SDR-ТЕХНОЛОГИИ И НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИЕМА СООБЩЕНИЙ В СИМПЛЕКСНЫХ РАДИОЛИНИЯХ

**Будко П.А.**, д.т.н., профессор,

Военная академия связи,

*budko62@mail.ru*

**Жолдасов Е.С.**, к.т.н., доцент,

Военная академия связи,

*erkingoldasov@mail.ru*

**Жуков Г.А.**, к.т.н., доцент,

ОАО «Интелтех»,

*intelteh@inteltech.ru*

**Будко Н.П.**,

Северо-Кавказский

Федеральный университет,

*budko27@mail.ru*

## Ключевые слова:

*радиолиния, декаметровая радиосвязь, многоканальное радиоприемное устройство, оптимальная рабочая частота, программно-определяемое радио.*

## АННОТАЦИЯ

Предложен новый метод приема сообщений в симплексных радиолиниях, основанный на применении SDR-технологий и многоканальных перепрограммируемых радиоприемных устройств. Ранее качество оцифровки принятого радиосигнала было ограничено качеством звуковой карты, однако, за последние 5 лет произошел очередной прорыв в области миниатюризации и интеграции. Принцип работы SDR основывается на оцифровке принятого радиосигнала и дальнейшей обработке его уже в цифровой форме. При этом технология прямого цифрового преобразования и прямого цифрового синтеза с диапазонными фильтрами позволяет получить максимально высокие характеристики приемного тракта. Большая нагрузка по окончательной обработке принимаемого сигнала ложится на компьютер. В предлагаемом методе прием сообщения осуществляется за счет применения предварительной пространственной селекции и цифровой обработки сообщения с использованием SDR-технологий. При отсутствии сведений о географии расположения радиопередающего устройства применяется устройство формирования веера диаграмм направленности. Рабочая частота приема определяется автоматически. Фактически в многоканальном радиоприемном устройстве программно формируется множество радиоприемников по количеству разрешенных для данной радиолинии фиксированных рабочих частот. Шаг перестройки частотной сетки и вид радиолинии может быть изменен программно по исходным данным оператора (абонента). При этом под видом радиолинии понимается идентификационная автопусковая комбинация радиолинии, предшествующая началу передачи сообщения. Вероятность ложного приема автопусковой комбинации из-за увеличения количества каналов одновременного приема может быть снижена до заданного уровня за счет увеличения ее длины. Предлагаемый в статье метод можно отнести к ресурсосберегающим технологиям, поскольку он позволит: осуществить ведение декаметровой радиосвязи фактически без привязки на приемной стороне к радиоданным (без обратного канала связи и частотно-временного расписания); сократит количество персонала, обслуживающих радиолинии; исключит ошибки персонала при настройке (перестройке) парка радиоприемников приемного радиоприемника; снизит энергетическую нагрузку на радиолинии; повысит экономический эффект; повысит вероятность доведения сообщений до абонентов за счет ведения радиосвязи на оптимальных рабочих частотах; позволит вести работу с унаследованными радиолиниями.



## Введение

Известно [1–4], что в системах связи специального назначения особое место принадлежит средствам «прямой» радиосвязи, обеспечивающим возможности оперативного обмена информацией между абонентами минуя каналы и линии первичной сети связи и сетей связи общего пользования. К классу таких средств относятся не только линии декаметровый (ДКМ,  $100 \text{ м} \div 10 \text{ м}$ ) и метровый (МВ,  $10 \text{ м} \div 1 \text{ м}$ ) радиосвязи (находят широкое применение практически во всех звеньях управления), но и линии тропосферной, радиорелейной и спутниковой радиосвязи. Учитывая территориальный размах РФ и ограниченные возможности гражданских сетей в экстремальной обстановке, можно ожидать, что ныне занимаемое ДКМ радиосвязью особое место в системе управления сил специального назначения сохранится и в обозримом будущем. Поэтому задачи изыскания путей эффективного развития ДКМ радиолиний безусловно приобретают все более актуальный и приоритетный характер. Все это требует пересмотра принципов построения сетей ДКМ радиосвязи и поиска путей формирования (построения) новых радиолиний сил специального назначения, основанных на применении широко внедряемых SDR-технологий.

## Применение SDR-технологий в декаметровый радиосвязи

Технологии прямого цифрового преобразования сигналов всё больше завоёвывают мир. Так перспективным направлением развития техники многоканального коротковолнового (КВ) радиоприема и радиопередачи, обеспечивающим достижение высоких технико-экономических показателей разрабатываемых комплексов различного назначения является использование SDR-технологий (Software Define Radio – программно определяемое радио).

Целью данной статьи является предложение нового принципа построения и функционирования современных радиолиний декаметрового диапазона волн, основанного на использовании многоканальных перепрограммируемых технических средств, реализуемых на базе SDR-технологий.

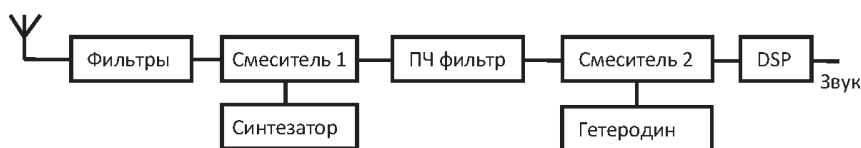


Рисунок 1 – Классическая схема супергетеродинного радиоприемника с цифровой обработкой сигнала



Рисунок 2 – SDR приемник с переносом спектра на низкую частоту



Рисунок 3 – SDR приемник с обработкой на принимаемой частоте

Классическая схема супергетеродина с цифровой обработкой сигнала приведена на рис. 1.

Многие модели трансиверов сейчас строятся по приведённой выше схеме. Цифровая обработка сигнала (DSP – Digital Signal Processing) начинается на низкой промежуточной частоте (ПЧ) ( $10 \div 40 \text{ кГц}$ ), а до этого приёмный тракт имеет такую же структуру как у классического супергетеродинного приёмника. Это пока еще не SDR в чистом виде. Данная схемотехника характерна для современных трансиверов ICOM и YAESU. Недостатки супергетеродина здесь сохраняются, хотя и частично компенсируются, за счёт цифровой обработки низкочастотного (НЧ)-сигнала. Главными элементами конструкции, определяющими характеристики приёмника, являются смесители и ПЧ фильтры, хотя цифровая обработка сигнала и вносит значительную лепту в конечный сигнал. Ярким представителем этой технологии является трансивер ICOM IC-7600.

Пример схемной реализации SDR радиоприемника с переносом спектра на низкую частоту представлен на рис. 2. На данной схеме представлен SDR приёмник, называемый условно, пер-

вого поколения. Недостаток данной схемной реализации в том, что принимаемый спектр сначала переносится на звуковую частоту и затем начинается его обработка. В качестве аналого-цифрового преобразователя (АЦП) может быть использована звуковая карта, она и определяет основные характеристики приёмника.

В данной схемной реализации первый смеситель квадратурный балансный работает в ключевом режиме, а далее размещается звуковая карта (АЦП). Чем больше разрядность АЦП и скорость – тем выше основные характеристики приёмника. Типовым представителем этой технологии, является трансиверная приставка к компьютеру SunSDR и SDR-1000, см. рис. 3.

Такая реализация уже относится к современным технологиям. Смеситель отсутствует. Промежуточная частота отсутствует. Сигнал, проходящий в антенну, сразу подвергается цифровой обработке. Это называется прямой оцифровкой сигнала. АЦП работает на приёмной частоте. При этом, понятно, что характеристики приёмника во многом определяет АЦП, а возможности определяются программой. Цифровую обработку сигнала после АЦП, произ-

водят с помощью программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

Таким образом, принцип работы SDR основывается на оцифровке принятого радиосигнала и дальнейшей обработке его уже в цифровой форме. При этом технология прямого цифрового преобразования и прямого цифрового синтеза (DDC/DUC), с диапазонными фильтрами, позволяет получить максимально высокие характеристики приёмного тракта. Большая нагрузка по окончательной обработке принимаемого сигнала ложится на компьютер, поэтому он должен быть современным. В настоящее время активно развивается технология direct RF sampling. Это оцифровка сигнала на принимаемой частоте. Необходимые АЦП уже выпускаются.

### Построение радиолиний на SDR-технологиях

Изначально, с момента зарождения радиосвязи основным требованием успешного функционирования любой радиолинии являлось строгое соблюдение жестких требований по соответствию частот передачи и приема у абонентов. Для каналов связи в декаме-

тровом диапазоне волн данные частоты заранее известны по частотно-временной матрице и изменяются (устанавливаются) каждый час в соответствии с состоянием ионосферы по долгосрочному прогнозу, который в большинстве случаях лишь приблизительно характеризует состояние ее слоев.

Рассогласование (ошибка) в установке частоты передачи (приема) приводит к сбоям в приеме сообщений.

Вместе с тем, достижения в области SDR-технологии позволяют создать многоканальные радиоприёмные устройства (РПУ). Серийно уже выпускаются 32(64)-канальные РПУ, описание которых приведено в [5].

Анализ характеристик перспективной элементной базы и эффективных алгоритмов обработки цифровых сигналов показывает, что практически возможно реализовать РПУ в стандартном типоразмере Евромеханики (19 дюймов, 4(8) U) с числом независимых каналов параллельного приёма/обработки до 50 – 100 тысяч. Следовательно, при шаге сетки частот установки радиопередающего устройства 100 Гц двумя многоканальными РПУ будет

перекрыт диапазон до 20-ти МГц, чего фактически достаточно для реализации декаметрового канала связи.

Таким образом, представляется возможность реализации нового способа доведения сообщений до удалённых объектов по ДКМ радиоканалу без необходимости установки частоты передачи на приёмном радиоцентре и в то же время позволяющего вести передачу на оптимальной для данного момента времени частоте.

Внедрение предложенного способа функционирования радиолиний позволит повысить вероятность приёма сообщений за счёт исключения ошибок при установке частоты радиопередающего устройства (РПДУ) и РПУ, а также за счёт обеспечения работы на оптимальных частотах в реальном масштабе времени.

Определение оптимальных рабочих частот в реальном масштабе времени может быть реализовано с использованием аппаратно-программного комплекса типа «Мицар» [6], в котором целесообразно дополнительно реализовать алгоритм выбора оптимальных рабочих частот радиотрассы по данным

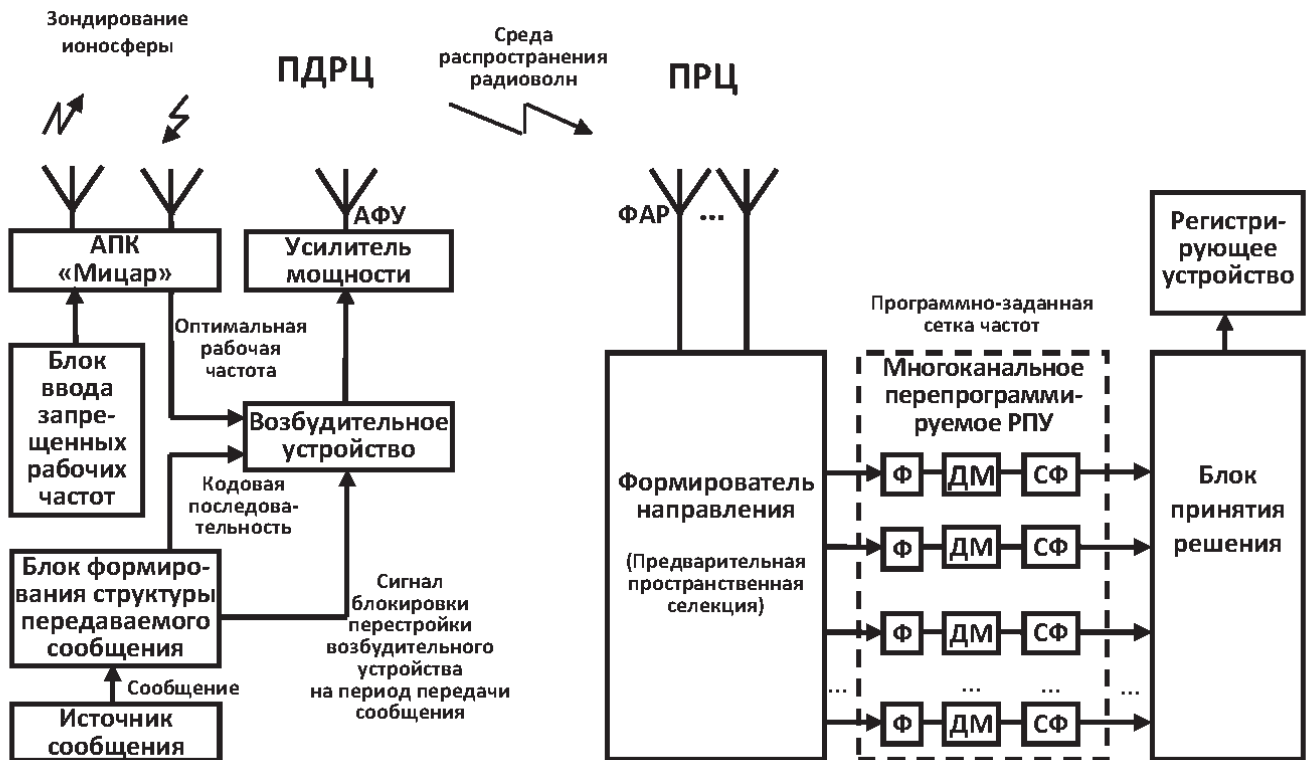


Рисунок 4 – Структурная схема радиолинии построенной на предлагаемом методе: Ф – фильтр, ДМ – демодулятор, СФ – согласующий фильтр на автопусковую комбинацию; АФУ – антенно-фидерное устройство; ФАР – фазированная антенная решетка

вертикального зондирования [7].

Уйти от жесткого закрепления РПУ за каналом (передатчиком) возможно увеличивая аппаратные затраты (доводя количество радиоприемников до количества фиксированных рабочих частот радиолинии). И если данная проблема до недавнего времени была практически неразрешимой, то с внедрением многоканальных программно-настраиваемых радиоустройств, приближение к ее решению все отчетливее.

Развитие технологий происходит постоянно, и с каждым годом компьютер всё больше и больше входит в наш обиход. Применение компьютера в практике построения радиолиний на протяжении последних 15 лет ограничивалось ведением аппаратного журнала, управлением трансивера по RIG-интерфейсу да обработкой сигнала в цифровых видах связи. Со стремительным увеличением вычислительных мощностей и миниатюризацией интегральных схем, стало возможно встраивать микрокомпьютеры в классические трансиверы. Сначала обрабатывали детектированный НЧ сигнал, потом стали оцифровывать сигнал уже на низкой ПЧ – 12 ÷ 48 кГц, и уже программно кодировать/декодировать любые виды модуляции. На этом до недавнего времени и остановилось развитие всех трансиверов с упором на применение компьютера при расширении сервиса управления и отображения. Однако принципы обработки сигнала остались всё те же, что и 80 лет назад, когда появилась сама идея принципа обработки сигнала на промежуточной частоте. Остались и те же проблемы с побочными каналами приёма, нелинейностью множества каскадов обработки сигнала, качественной фильтрации и задачами правильного баланса усиления по каскадам и связанными с этим шумами.

Отличительной особенностью предлагаемого метода является то, что на передающем радиоцентре (ПДРЦ) оптимальная частота передачи сообщения в интересах того или иного корреспондента (абонента) определяется в соответствии с его географическим размещением и с учетом частотно-временной матрицы автоматически. В то время как на приемном радиоцентре (ПРЦ) предварительной установки частоты приема и учета координат ПДРЦ не требуется. Это так-



Рисунок 5 – Внешний вид действующего макета многоканального радиоприемного устройства, построенного на SDR-технологиях (в составе аппаратно-программного комплекса)



Рисунок 6 – Внешний вид широкодиапазонной антенны

же является отличительной особенностью предлагаемого метода от активно применяемых еще с прошлого века по настоящее время частотно-адаптивных радиолиний (ЧАРЛ) на автоматизированных радиоцентрах (АРЦ) [2, 3].

В предлагаемом методе прием сообщения осуществляется за счет применения предварительной пространственной селекции (если известны координаты ПДРЦ) и цифровой обработки сообщения с использованием SDR-технологий. При отсутствии сведений о географии расположения ПДРЦ применяется устройство формирования веера диаграмм направленности. Рабочая частота приема определяется автоматически, например, на основе алгоритмов методики функционирования аппаратно-программного комплекса «Мицар» [6].

Фактически в многоканальном РПУ программно формируется множество радиоприемников по количеству разрешенных для данной радиолинии фиксированных рабочих частот

$$N = \Delta F / \Delta f,$$

где  $N$  – количество программно-формируемых приемников в многоканальном РПУ;  $\Delta F$  – полоса частот радиолинии;  $\Delta f$  – шаг частотной сетки возбуждителя.

Схемная реализация предлагаемого способа формирования ДКМ радиолинии, работающей без использования заранее заданных рабочих частот (при-

ём, инвариантный к рабочим частотам передатчика) приведена на рис. 4.

Шаг перестройки частотной сетки и вид радиолинии может быть изменен программно по исходным данным оператора (абонента).

Под видом радиолинии здесь понимается идентификационная автопусковая комбинация радиолинии, предшествующая началу передачи сообщения.

При этом автопусковая последовательность (АП) (комбинация) является отличительным признаком радиолинии. Вероятность ложного приема АП из-за увеличения количества каналов одновременного приема может быть снижена до заданного уровня за счет увеличения ее длины.

На передающей стороне радиолинии шаг сетки возбуждителя можно обеспечить с кратностью вплоть до 10 Гц (и даже 1 Гц), однако это влияет на рост числа радиоприемников, программируемых на основе использования ПЛИС.

### Заключение

Если раньше качество оцифровки сигнала было ограничено качеством звуковой карты, то теперь этой проблемы не существует. За последние 5 лет произошел очередной прорыв в области миниатюризации и интеграции микросхем, что позволило вынести весь низкочастотный тракт обратно в корпус трансивера.

Предлагаемый в статье метод приема сообщений по декаметровым ради-



олиниям сил специального назначения можно отнести к ресурсосберегающим технологиям, поскольку он позволит:

осуществить ведение декаметрового радиосвязи фактически без привязки на приемной стороне к радиоданным (без обратного канала связи и частотно-временного расписания);

сократит количество персонала, обслуживающих радиоприемники;

исключит ошибки персонала при настройке (перестройке) парка радиоприемников приемного радиоприемника;

снизит энергетическую нагрузку;

повысит экономический эффект;

повысит вероятность доведения сообщений до абонентов за счет ведения радиосвязи на оптимальных рабочих частотах;

позволит вести работу с унаследованными радиоприемниками.

В настоящее время ОАО «Интелтех», совместно с Военной академией связи

реализовала макет устройства приема сообщений без радиоданных (см. рис. 5) с количеством каналов в многоканальном перепрограммируемом РПУ до 16500, а также широкодиапазонной антенны к нему (см. рис. 6).

### Литература

1. Исаков Е.Е. Устойчивость военной связи в условиях информационного противоборства. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 400 с.
2. Адаптивные автоматизированные системы военной радиосвязи. / Килимин Ю.П., Лебединский Е.В., Прохоров В.К., Шаров А.Н.; Под ред. А.Н. Шарова. – Л.: ВАС, 1978. – 284 с.
3. Аппаратура автоматизированного ведения связи адаптивных радиоприемников. / Под ред. Д.Д. Наследова. – Л.: ВАС, 1985. – 102 с.
4. Хазан Г.К., Валеев М.М., Банников И.М. Современные коротковолновые радио-

приемные устройства. // Вестник Академии военных наук №3 (28). 2009.

5. Банников И.М., Березовский В.А., Валеев М.М., Хазан Г.К. Радио-приемные устройства и радиоприемные комплексы перспективных узлов коротковолновой связи. / Международная научно-техническая конференция «Радиотехника, электроника и связь, РЭС-2011», 2011. С. 121-125.

6. Андропова В.Н., Бредихин Д.В., Валов В.А., Макаров А.В. Разработка аппаратуры ионосферного мониторинга и диагностики радиоканалов с использованием ЛЧМ сигнала в ФГУП «НПП «Полёт». // Вестник академии военных наук, № 3(28), 2009. С. 167-171.

7. Пономарчук С.Н., Грозов В.П., Котович Г.В. Расчёт характеристик наклонного пространства радиоволн по данным вертикального зондирования ионосферы. // Вестник академии военных наук, № 3(28), 2009. С. 95-98.

### SDR-TECHNOLOGIES AND NEW PRINCIPLES OF RECEPTION OF MESSAGES IN SIMPLEX RADIO LINES

**Budko P.**, Doc.Tech.Sci., professor, Military academy of communication, budko62@mail.ru;

**Zholdasov E.**, Cand.Tech.Sci., associate professor, Military academy of communication, erkingolldasov@mail.ru

**Zhukov G.**, Cand.Tech.Sci., associate professor, Open Society "Intelteh", intelteh@inteltech.ru

**Budko N.**, North-Caucasian Federal university, budko27@mail.ru

**Keywords:** a radioline, short-wave a radio communication, a multichannel radioreception arrangement, the optimum working frequency, software define radio.

#### Abstract

The new method of reception of messages in the simplex radiolines, based on application of SDR-technologies and multichannel software define radioreception arrangements is offered. The principle of work SDR is based on numbering of the accepted radio signal and its further processing already in the digital form. Thus the technology of direct digital transformation and direct digital synthesis with band filters allows to receive at the most high characteristics of a reception path. The greater load on final processing an accepted signal to lay down on a computer. In an offered method reception of the message is carried out due to application of preliminary spatial selection and digital processing of the message with use of SDR-technologies. At absence of the information on geography of an arrangement of a radiopassing arrangement the arrangement of formation of a fan of diagrams of an orientation is applied. Working frequency of reception is defined automatically. In fact in a multichannel radioreception arrangement programmed the set of radio receivers by quantity of the fixed working frequencies resolved for a given radioline is shaped. The step of restructuring of a frequency grid and type of a radioline is maybe changed programmed on initial data of the operator (subscriber). Thus the type of a radioline is understood as the identification autostarting combination of a radioline previous the beginning of transfer of the message. The probability of false reception

of an autostarting combination because of an increase of quantity of channels of simultaneous reception is maybe lowered to the set level due to an increase of its length. The method offered in article can be carried to technology saving up resources as it will allow: to carry out conducting short-wave a radio communications in fact without a binding on a reception side to radiodata (without a return liaison channel and the time-and-frequency schedule); will reduce quantity of the personnel, serving radiolines; will exclude mistakes of the personnel at adjustment (restructuring) park of radio receivers of the reception radiocenter; will lower power of radiolines; will raise economic benefit; will raise probability of finishing of messages up to subscribers due to conducting a radio communication on wholesale.

#### References

1. Isakov E, 2009, 'Ustoychivost of military communication in the conditions of information antagonism', St. Petersburg, Publishing house Politekhn. un-that, 400 p.
2. Kilimin Y, Lebedinsky E, Prokhorov V & Sharov A, 1978, 'The adaptive automated systems of a military radio communication', Leningrad, VAS, 284 p.
3. Nasledov D, 1985, 'The equipment of the automated conducting communication of adaptive radio lines', Under the editorship of D. D. Nasledov. Leningrad, VAS, p. 102.
4. Hazan G, Valeev M & Bannikov I, 2009, 'Modern short-wave radio-receiving devices', Messenger of Academy of military sciences, No. 3(28).
5. Bannikov I, Berezovsky V, Valeev M & Hazan G, 2011, 'The radio-receiving devices and the radio-receiving complexes of perspective knots of short-wave communication', International scientific and technical conference "Radio Engineering, Electronics and Communication, REIS-2011", pp. 121-125.
6. Andronova V, Bredikhin D, Valov V & Makarov A, 2009, 'Development of the equipment of ionospheric monitoring and diagnostics of radio channels with use of LChM of a signal in Federal State Unitary Enterprise NPP "Polyot"', Messenger of academy of military sciences, No. 3(28), pp. 167-171.
7. Ponomarchuk S, Grozov V & Kotovich G, 2009, 'Calculation of characteristics of inclined distribution of radio waves according to vertical sounding of an ionosphere', Messenger of academy of military sciences, No. 3(28), pp. 95-98.

# СитиТрансЭкспо

VI специализированная выставка оборудования и технологий  
для городского пассажирского транспорта

**16 - 19 апреля 2013 г.**  
**Москва, Комплекс Гостиный Двор и**  
**Васильевский спуск**



**Официальная поддержка:**

- Государственная Дума РФ
- Московская городская Дума
- Министерство транспорта РФ

## **Тематические разделы:**

- ▶ Электрический транспорт: трамваи, троллейбусы, метро, легкое метро, скоростной трамвай;
- ▶ Автобусы;
- ▶ Такси: легковые таксомоторы, маршрутные такси;
- ▶ Инфраструктура городского наземного транспорта. Оборудование для сервисных центров;
- ▶ Городской железнодорожный транспорт;
- ▶ Городской воздушный транспорт. Наземная городская авиационная инфраструктура: строительство, эксплуатация;
- ▶ Городской водный транспорт. Речные порты и вокзалы: строительство, эксплуатация;
- ▶ Велосипедный транспорт. Велотранспортная инфраструктура;
- ▶ Запчасти, комплектующие, шины;
- ▶ АЗС, топливо, смазочные материалы;
- ▶ Оборудование для транспортно-пересадочных узлов, парковок, остановок;
- ▶ Информационные технологии на пассажирском транспорте. Оборудование для контроля безопасности пассажирских перевозок;
- ▶ Интеллектуальные транспортные системы управления пассажирским транспортом;
- ▶ Услуги перевозчиков;
- ▶ Лизинг. Страхование;
- ▶ Специализированные СМИ.

В рамках образовательной и деловой программы Выставки:  
конференция, семинары, «Круглые столы» по проблемам внедрения инновационных технологий в развитие инфраструктуры городского пассажирского транспорта, презентации продукции участников.

**Дирекция:**  
**Тел./факс: +7 (495) 580 3028**  
**E-mail: [info@citytransexpo.com](mailto:info@citytransexpo.com)**  
**[www.citytransexpo.com](http://www.citytransexpo.com)**

# ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ

**Легков К.Е., к.т.н.,**

Военно-космическая академия  
имени А.Ф. Можайского,  
constl@mail.ru

**Скоробогатова О.А., к.т.н.,**

Военно-космическая академия  
имени А.Ф. Можайского,  
skorobogath@rambler.ru

## Ключевые слова:

система управления, информационное взаимодействие, система связи, инфокоммуникационная система, алгоритм.

## АННОТАЦИЯ

Анализ существующей проблематики применения сил специального назначения (СН) свидетельствует о том, что информационно-управленческие аспекты выходят на первый план. Функциональная интеграция всех существующих и перспективных подсистем в интересах повышения эффективности применения сил специального назначения возможна только на основе решения задач научно-методического и организационно-технического совершенствования системы управления силами и средствами СН и информационного обеспечения системы принятия решения командиров.

Главное направление разрешения информационно-управленческих проблем строительства и применения сил СН – это информационно-техническое объединение всех имеющихся и перспективных средств в единое информационное пространство (ЕИП) за счет развертывания базовой информационно-управляющей системы, их интеграции в систему оружия и органов управления.

Такое объединение потребует соответствующего совершенствования средств связи и передачи данных, всех видов информационного обеспечения, автоматизации и информатизации управления.

Очевидно, что создание столь сложной, пространственно-распределенной системы невозможно без решения целого ряда проблем технического и организационного характера.

Техническую основу сегмента сил СН в едином информационном пространстве должна составить многомерная защищенная высокоскоростная сеть, включающая в свой состав следующие информационные средства: добывания информации, ее обработки и передачи, а также синхронизации и передачи сигналов точного времени.



Анализируя возможные подсистемы единого информационного пространства (ЕИП), можно сделать вывод о том, что главные сложности при образовании ЕИП будут заключаться в организации взаимодействия информационных ресурсов при интеграции систем управления в единую автоматизированную систему управления (АСУ) специального назначения (СН), изготовление которой проходит через следующие этапы:

- 1) устранения несовместимости видовых систем связи и АСУ;
- 2) скоординированности, устранения информационных барьеров;
- 3) полной совместимости;
- 4) единой когерентности АСУ СН и связи.

Очевидно, что создаваемая система должна иметь открытую архитектуру и обеспечивать возможность оперативной адаптации к изменениям состава и структуры сил СН в целом и отдельных группировок, в частности, в том числе и оперативно формируемых на отдельных направлениях.

Основными факторами, определяющими направления развития системы управления силами СН будут являться:

изменение структуры сил СН, связанное с включением в их состав других частей и подразделений боевого обеспечения и принятием на вооружение новых образцов вооружения и специальных средств;

изменение перечня задач, решаемых формированиями сил СН в целях оптимизации распределения задач СН;

создание и внедрение в системы специального вооружения формирований сил СН прорывных информационных технологий, телекоммуникационных и робототехнических систем, систем искусственного интеллекта, а также оружия на новых физических принципах;

необходимость принятия специальных мер по обеспечению живучести системы управления силами в условиях ориентации потенциальных противников на первоочередную дезорганизацию систем военного и государственного управления с использованием средств информационного противоборства, нетрадиционных форм и способов специальных действий, дальнего огневого и электронного поражения с возможным массированным применением

высокоточного оружия по объектам систем управления;

необходимость полной автоматизации процессов управления силами и средствами сил СН при выполнении ими задач самостоятельно, а также в совместных операциях, обусловленная особенностями современных и перспективных средств нападения потенциальных противников.

Основные принципы и задачи развития АСУ, требования, предъявляемые к АСУ СН

Управление силами СН во всех звеньях должно быть устойчивым, непрерывным, оперативным и скрытым, обеспечивать постоянную боевую и мобилизационную готовность штабов и войск, эффективное использование возможностей сил и успешное выполнение ими поставленных задач в установленные сроки и в любых условиях обстановки.

Для управления силами заблаговременно создается система управления сил СН, а также проводятся мероприятия по поддержанию ее боевой готовности. При этом осуществляется подготовка органов управления, оборудуются и содержатся в постоянной готовности стационарные пункты управления, на которых организуется непрерывное боевое дежурство, подготавливаются к своевременному развертыванию подвижные пункты управления, создается и совершенствуется техническая основа системы управления и обеспечивается их живучесть.

Эффективность управления силами и средствами полностью будет определяться возможностями системы управления по реализации каждого цикла управления с заданными параметрами.

Система управления сил СН представляет собой совокупность функционально взаимосвязанных между собой органов управления, пунктов управления и технической основы системы управления.

Состав и задачи, решаемые системой управления сил СН во многом будут определяться этапным развитием структуры и состава сил СН. При этом необходимо заметить, что в текущий момент на развитие и совершенствование системы управления сил СН оказывает влияние процесс обеспечения единства автоматизированного управления в го-

сударственном масштабе.

К системе управления сил СН предъявляются требования общего и частного характера. Требования общего характера касаются системы управления в целом. Они имеют одинаковое отношение ко всем структурным элементам системы управления, а также к формам организации управленческой деятельности. Частные требования касаются лишь отдельных элементов системы управления, форм и методов их функционирования. Частные требования вытекают из общих и носят соподчиненный характер.

К общим основополагающим требованиям, предъявляемым к системе управления сил СН, относятся: высокая боевая готовность, защищенность и живучесть, качественная реализация цикла управления войсками, возможность автоматизированного централизованного управления.

К частным требованиям, предъявляемым к системе управления сил СН, относятся: глобальность, мобильность, надежность, помехоустойчивость, разведзащищенность, адаптивность, реконфигурируемость и безопасность.

В настоящее время система управления сил СН должна быть развернута в объеме, обеспечивающем выполнение функций по управлению силами и средствами в повседневной деятельности и при выполнении специальных задач дежурным составом сил и средств.

Наряду с требованиями общего и частного характера на практике также рассматриваются системные требования, предъявляемые к системе управления сил СН:

способность функционировать в составе системы управления более высокого иерархического уровня;

способность удовлетворять требованиям в отношении целостности, целеобусловленности, работоспособности, делимости, интегративности, комплексности, адекватности и экономической эффективности своих подсистем;

возможность функционирования своих подсистем и входящих в их состав элементов при различной степени централизации управления в любом уровне иерархии управления;

возможность проведения комплекса мероприятий по снижению демаскирующих признаков элементов системы и повышению их помехоустойчивости;

автоматизация процессов управления;

обмен информацией со всеми сопрягаемыми (вышестоящими, подчиненными, соседними и взаимодействующими) системами;

управление штатными и приданными объектами управления при выходе из строя отдельных управляющих элементов системы;

гарантированная защита информации от несанкционированного доступа (НСД), несанкционированного использования средств связи, технического, информационного и программного обеспечения;

информационно-лингвистическая, программная, техническая, организационная, методическая и иная совместимость всех элементов системы и сопрягаемых элементов других систем, а также синхронизацию единого времени.

Системные требования подразделяются также на требования к органам, пунктам, объектам и средствам управления системы управления.

Требования, предъявляемые к органам управления: количество должностных лиц должно обеспечивать режим посменного функционирования, при этом органы управления должны иметь такое количество должностных лиц, которое позволит организовать круглосуточную работу пунктов управления, хотя бы в двухсменном режиме. Здесь необходимо учитывать, что продолжительность непрерывной эффективной работы должностных лиц на автоматизированных рабочих местах составляет не более 4-6 часов.

Должностные лица органов управления должны быть готовы осуществлять управление, как с использованием комплексов средств автоматизации (КСА), так и без них в неавтоматизированном (ручном) режиме при сохранении средств связи в рабочем состоянии. Для этого они должны постоянно поддерживать требуемый профессиональный уровень, чтобы обеспечить эффективное выполнение управленческой работы и использование технических средств КСА и связи.

Для обеспечения управления силами и средствами сил СН должна создаваться сеть пунктов управления, важнейшими требованиями к которым являются укрупненность средствами связи

и управления, а также оперативным составом, устойчивостью и скрытностью их функционирования.

С целью реализации предъявляемых требований пункты управления должны обеспечивать возможность:

своевременной и качественной обработки (анализа и обобщения) поступающей информации, ее отображения, учета, хранения, обновления и передачи по назначению;

работы вручную в условиях возможного выхода из строя средств автоматизации управления и связи;

своевременного и достоверного доведения информации, особенно разведывательных сведений (данных) в том числе по обходным направлениям (каналам) передачи данных в случае выхода из строя отдельных элементов системы управления;

передачи управления на другие пункты управления (ПУ);

проведения комплекса мероприятий по снижению демаскирующих признаков пунктов управления, повышению их защищенности и живучести;

рассредоточения элементов ПУ на местности, создания распределенных структур ПУ, сокрытия перемещения ПУ в ходе боевых действий;

осуществления инженерного оборудования и маскировки месторасположения ПУ с учетом защитных свойств местности;

организации охраны и обороны пунктов управления.

Техническая основа системы управления состоит из системы связи, средств автоматизированного управления и специальных систем. В перспективе, совместно с определенным образом организованных во времени и пространстве информационными, вычислительными и телекоммуникационными ресурсами, предназначенными для обеспечения управления силами и средствами, она будет представлена инфокоммуникационной системой сил СН (ИКС СН). Такая система будет обеспечивать обмен всеми видами информации в системе управления силами СН в едином информационном пространстве, в любых условиях обстановки. ИКС СН должна обеспечивать: своевременную передачу (прием) и доведение (подтверждение) приказов (сигналов) управления; доведение приказов, распоряжений и

команд до исполнителей; непрерывное управление силами в любых условиях обстановки; оповещение и обмен информацией с взаимодействующими формированиями и органами государственного и военного управления.

ИКС СН создается заблаговременно и является технической инфраструктурой для обеспечения функционирования системы управления силами СН. Система должна обладать: высокой боевой готовностью; живучестью; мобильностью; обеспечивать требуемую пропускную способность; безопасностью; совместимостью с другими системами (сетями) электросвязи Российской Федерации.

Средства автоматизированного управления должны обладать: высокой боевой готовностью; живучестью и надежностью функционирования; оперативностью развертывания; скрытностью доведения информации; обеспечивать достоверность и защищенность передаваемой (принимаемой) информации; открытостью архитектуры; совместимостью с другими средствами технической основы системы управления.

Технически средства управления и связи должны:

обеспечить автоматизацию управленческой работы во всех органах, пунктах и объектах управления системы управления;

обеспечить максимально возможную степень унификации информационного, математического, программного и технического обеспечения на основе сокращения типажа комплексов и средств автоматизации управления, перечня задач и реализации блочно-модульного принципа их построения;

использовать инфокоммуникационную систему единого типа, обеспечивающую эффективный информационный обмен между элементами системы управления и с сопрягаемыми подсистемами (элементами) других систем в режиме реального времени;

обеспечивать создание информационных и локальных вычислительных сетей с распределенными вычислительными ресурсами на основе использования ПЭВМ, реализующих многоуровневую, скрытую обработку информации с различными степенями доступа пользователей, прежде всего, должностных лиц органов управления, при обеспечении

высокого уровня защиты всего информационного массива.

Укомплектованность соответствующими техническими средствами органов управления должна быть не ниже 100%. Все средства должны функционировать на основе современных информационных технологий.

Объекты управления системы управления сил СН должны:

функционировать в автоматизированном контуре управления силами и средствами СН;

быть информационно, лингвистически, технически и в ином отношении совместимыми с соответствующими ПУ, между собой и объектами других систем;

осуществлять поиск, обнаружение, распознавание, определение координат, размеров, степени защищенности и других характеристик объектов противника (в соответствии с техническими возможностями и условиями обстановки) и передачей сведений о противнике на ПУ;

обеспечивать прием информации по каналам связи, своевременную и качественную ее обработку (анализ и обобщение), отображение, учет, хранение, обновление и передачу;

обеспечивать работу вручную в условиях возможного выхода из строя систем автоматизированного управления и связи;

выполнять другие управленческие задачи в мирное и военное время.

В современных и перспективных специальных операциях невозможно осуществлять управление силами без комплексной автоматизации этого важного, сложного и объемного процесса. Подсистемы и элементы систем управления СН должны быть способны эффективно функционировать в перспективном контуре управления силами. Степень автоматизации процесса управления силами должна быть не ниже 80-90%.

Требования к комплексам средств автоматизации (КСА) определяются их местом в иерархической структуре системы управления сил СН, ожидаемым характером проводимых специальных операций.

Основными количественными характеристиками КСА являются:

количество направлений автоматического обмена информацией;

длительность цикла управления;  
время реакции (рабочее время) КСА;

производительность КСА.

Количество предусматриваемых направлений автоматического обмена информацией должно соответствовать количеству источников и потребителей информации, к которым относятся командные пункты и элементы объекта управления, с которыми связан данный КСА. Эта величина определяется местом КСА в иерархической структуре АСУ.

Наиболее значимые ограничения на применение КСА накладываются такие показатели, как:

большое разнообразие управляемых средств;

высокие требования к временным показателям, точностным характеристикам;

большие объемы обработки информации в условиях жесткого ограничения времени;

сложность иерархической структуры АСУ.

Перспективы развития АСУ специального назначения

Одной из перспективных задач развития АСУ становится задача предвидения возможного развития оперативной и боевой обстановки, формирования рациональных способов боевых действий. При этом необходимо обеспечивать соответствие между возможностями КСА по формированию способов боевых действий, с одной стороны, и обязанностями, правами, ответственностью должностных лиц в каждом звене управления, с другой.

В иерархической системе управления формирование способа боевых действий сил заключается в определении пространства, времени и форм боевых действий, оперативного построения, маневра сил и средств подчиненных частей и подразделений для решения специальных задач.

Таким образом, как в повседневной деятельности сил, так и в компьютерных моделях поддержки принимаемых решений должны отражаться принципы управления, в частности:

принцип единоначалия;

принцип централизации управления с предоставлением подчиненным инициативы в определении способов выполнения поставленных специальных задач;

принцип личной ответственности должностных лиц за принимаемые решения на применение подчиненных сил и результаты выполнения ими поставленных специальных задач.

Основу ИУС РВ составляют пространственно разнесенные источники информации, действующие на различных физических принципах и обеспечивающие сбор, сверхбыструю обработку информации компьютерные сети (сетевые технологии).

Функциональные подсистемы перспективной АСУ сил СН должны обеспечивать автоматизацию как целевых процессов управления применением сил, так и функций управления органов управления, а инфраструктурные подсистемы должны обеспечивать базовый набор услуг по управлению информационными и вычислительными ресурсами АСУ в интересах работы всех функциональных подсистем. Они должны создаваться в контексте единых архитектурных решений, использовать максимально унифицированные программные компоненты и общую технологическую и информационную среду совместного применения и функционирования данных программных компонентов.

Использование инфраструктурных систем позволит повысить технологичность разработки перспективной АСУ сил СН и функциональных подсистем, как ее компонентов. Применение унифицированных программных компонентов, разработанных в рамках инфраструктурных систем, должно позволить разработчикам функциональных подсистем максимально сосредоточиться на решении поставленных задач, стоящих перед конечными пользователями АСУ сил СН. При этом разрабатываемыми средствами должно обеспечиваться сопряжение с существующими и перспективными системами освещения обстановки и управления.

Работа перспективной АСУ сил СН должна обеспечиваться ИКС СН.

### Заключение

Основой создания АСУ сил СН должна стать реализация концептуальной модели сервис-ориентированной архитектуры, основными достоинствами которой являются возможность эволюционного развития, обеспечение



совместимости между отдельными элементами, многократное (повторное) использование программных компонентов.

Эта модель должна состоять из следующих основных компонент:

презентационный уровень описывает интерфейсные сервисы для взаимодействия пользователей с информационной системой, включая закрытые и открытые порталы, доступ с мобильных устройств, а также различные преобразования информации при взаимодействии с внешними системами и устройствами;

на уровне функциональных сервисов формируются модели и осуществляется управление выполнением процессов АС с использованием специализированных средств (типа BPPL), а также координация автоматизированных и "ручных" операций;

интеграционные сервисы обеспечивают взаимодействие между приложениями, которое может быть реализовано, в частности, с использованием средств обмена сообщениями или в рамках единой среды исполнения, такой как сервер приложений J2EE;

сервисы уровня данных реализуют средства извлечения и повторного использования данных из СУБД и приложений. Явное выделение такого уровня позволяет изолировать вышестоящие компоненты архитектуры от изменений в технологиях, а также обеспечить единый унифицированный подход к выполнению операций с данными;

уровень инфраструктуры, приложений и СУБД является как бы основой для всей структуры, и именно здесь концентрируются основные инвестиции в ИТ.

Взаимодействие между этими уровнями, однако, осуществляется не напрямую, а через сервисы, выделенные на уровень обработки событий. Сервисы этой компоненты архитектуры обеспечивают сбор данных о событиях в масштабе АСУ, необходимое преобразование и маршрутизацию этих данных между разными уровнями, а также "обратную связь" между сервисами каждого отдельного уровня.

При формировании функциональных подсистем АСУ сил СН наиболее важным становится принцип, при котором каждый процесс должен автоматизироваться однократно, вне зависимо-

сти от принадлежности к виду и уровню управления. Для обеспечения специфики вида деятельности, налагаемой видовой принадлежностью или уровнем управления, необходимо обеспечить широкие возможности настройки ПО (по видам и источникам информации, применяемым информационно-расчетным задачам, УФД и т.д.).

В настоящее время в силах СН на вооружении находится множество систем и комплексов, с той или иной степенью эффективности решающих различные задачи управления силами и средствами СН. Однако имеет место большая избыточность поступающих данных, сложность, а зачастую и невозможность организации взаимодействия и оперативной совместимости различных систем, а также несовершенство механизма распределения конечных результатов.

С технической точки зрения причиной изолированности систем и комплексов является излишнее разнообразие аппаратных и программных средств, платформ, архитектур и технологий, различие интерфейсов и протоколов, а также отсутствие изначально заложенных механизмов взаимодействия систем.

Необходима разработка и внедрение аппаратно-программных средств, обеспечивающих комплексирование информации от разнородных источников, автоматизацию процессов обработки и интерпретации поступающей информации, а также формирование общей базы данных с распределенным доступом к ней, что позволит создать единое информационное пространство, снизить избыточность поступающей информации, повысить качество ее представления, скорость поиска данных и их доведения до конечного пользователя.

Предусмотреть возможность эффективного решения сложных вычислительных задач, обеспечения взаимодействия программных комплексов и систем путем организации распределенных вычислений в сетях на основе рационального использования сетевых ресурсов – процессоров, памяти, коммуникационного оборудования, алгоритмов и программ.

Функциональные подсистемы (ФПС) АСУ, должны быть определены как наборы унифицированных и не унифицированных программных компонентов – Функциональных сервисов, способных

работать совместно, в соответствии с установленным формализованным регламентом деятельности. Функциональные подсистемы рассматриваются, как совокупности слабо связанных Функциональных сервисов, применяемый набор которых определяется задачей по управлению АСУ.

Инфраструктурные системы (ИС) обеспечивают предоставление функционально независимых услуг абонентам и элементам АСУ. Инфраструктурные системы должны рассматриваться как наборы Инфраструктурных сервисов, предназначенные для реализации технологической основы для Функциональных сервисов. Инфраструктурные сервисы должны предоставлять возможности функциональным подсистемам реализовывать свое назначение путем манипулирования набором применяемых Инфраструктурных систем и использования их функциональных возможностей. Инфраструктурные сервисы скрывают техническую реализацию от Функциональных сервисов, а специфицирование (описание и следование описанию) интерфейсов обеспечивает необходимую гибкость, возможности масштабирования, а также постепенного улучшения и наращивания функциональности подсистемы, путем замены реализации Инфраструктурного сервиса, без необходимости внесения изменений в Функциональную подсистему.

Обеспечение информационно-технического взаимодействия АСУ со сторонними (существующими, унаследованными) системами производится путем их интеграции в единую распределенную среду информационного взаимодействия через унифицированный механизм адаптеров. Далее этот механизм может быть применен как способ интеграции в АСУ СН.

Рабочее пространство пользователя (РПП) должно обеспечивать единую рабочую область для всех Функциональных подсистем, которые использует пользователь в рамках своей деятельности. Использование Рабочего пространство пользователя должно обеспечить преимущество сквозной идентификации пользователя для различных Функциональных подсистем, при выполнении всех функций АРМ, применяемых пользователем в рамках единой рабочей области. Для полного и

эффективного взаимодействия пользователя с АСУ необходимо реализовать РПП на основе концепции «толстого» клиента. Для простого взаимодействия пользователя с АСУ и улучшения мобильности пользователя необходимо реализовать РПП на основе концепции «тонкого» клиента.

Реализация указанных направлений развития системы управления сил СН позволит:

обеспечить планируемое повышение эффективности средств поражения до требуемых показателей;

обеспечить создание системы разведки и контроля, позволяющую контролировать 100% зон ответственности;

обеспечить автоматизированное решение 100% задач управления силами СН с высоким качеством реализации циклов управления силами.

### Литература

1. Легков, К.Е. О некоторых подходах к повышению эффективности системы управления в рамках изменения подхода к автоматизации и информации / Мобильные телекоммуникации (Mobile Communications). – 2013. – № 7. – С. 48.
2. Легков, К.Е. Основные теоретические и прикладные проблемы технической основы системы управления специального назначения и основные направления создания инфокоммуникационной системы специального назначения / Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2013. – Т. 7, № 6. – С. 42–46.
3. Легков, К.Е. Процедуры и временные характеристики оперативного управления трафиком в транспортной сети специального назначения пакетной коммутации / Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2012. – Т. 6, № 6.

– С. 22–26.

4. Легков, К.Е. Вероятность потери пакета в беспроводных сетях со случайным множественным доступом к среде передачи / Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2011. – Т. 5, № 5. – С. 32–33.

5. Легков, К.Е. Современные технологии беспроводного широкополосного доступа 802.16Е и LTE: перспективы внедрения на транспорте / Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2010. – Т. 4, № 2. – С. 30–32.

6. Легков, К.Е. Беспроводные MESH сети специального назначения / Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2009. – Т. 3, № 3. – С. 36–37.

7. Легков, К.Е., Донченко А.А. Анализ систем передачи в сетях беспроводного доступа / Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2009. – Т. 3, № 2. – С. 40–41.

### THE MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF A SPECIAL PURPOSE AND REQUIREMENTS IMPOSED TO THEM MANAGEMENT SYSTEM

**Legkov K.**, Ph.D, Military Space Academy, constl@mail.ru  
**Skorobogatova O.**, Ph.D, Military Space Academy, skorobogath@rambler.ru

#### Abstract

Analysis of the existing problems of application of special forces (CH) suggests that information and managerial aspects come to the fore. Functional integration of all existing and future subsystems for more efficient use of special forces is possible only on the basis of solving scientific and methodical, organizational and technical improvement of the system command, control and information systems CH system decision commanders. Main line of permission information management problems of construction and application of forces CH – this information and technical union of all current and future funds into a single information space (SIS) through the deployment of basic information management system, their integration into the weapon system and controls. Such a union would require a corresponding improvement of communication and data transmission, all kinds of information support, automation and information management.

Obviously, the creation of such a complex, spatially distributed systems is impossible without solving a number of problems of technical and organizational nature. The technical basis of segment CH forces in a single information space should make multidimensional secure, high speed network, which includes in its membership the following information means: obtaining information, processing and transmission, as well as the

synchronization and transfer time signals.

**Keywords:** system management, communication, infocommunication system algorithm.

#### References

1. Legkov, K 2013, 'About some approaches to increase of system effectiveness of control within change of approach to automation and information', Mobile telecommunications (Mobile Communications), no. 7, p. 48.
2. Legkov, K 2013, 'Main theoretical and application-oriented problems of a technical basis of management system of a special purpose and main directions of creation of infocommunication system of special assignment', T-Comm: Telecommunications and transport, vol. 7, no. 6, pp. 42-46.
3. Legkov, K 2012, 'Procedures and time response characteristics of operational management of traffic on the transport network of a special purpose of package switching', T-Comm: Telecommunications and transport, vol. 6, no. 6, pp. 22-26.
4. Legkov, K & Donchenko, A 2011, 'Veroyatnost of loss of a packet on the wireless networks with accidental multiple access to the environment transmission', T-Comm: Telecommunications and transport, vol. 5, no. 5, pp. 32-33.
5. Legkov, K & Donchenko, A & Sadovov, V 2010, 'The modern technologies of broadband wireless access 802.16E and LTE: implementation perspectives on transport', T-Comm: Telecommunications and transport, vol. 4, no. 2, pp. 30-32.
6. Legkov, K & Donchenko, A 2009, 'Wireless MESH networks of a special purpose', T-Comm: Telecommunications and transport, vol. 3, no. 3, pp. 36-37.
7. Legkov, K & Donchenko, A 2009, 'The analysis of transmission systems on networks of wireless access', T-Comm: Telecommunications and transport, vol. 3, no. 2, pp. 40-41.

# МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТРЕБУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

**Пророк В. Я.**, д.т.н., профессор,  
Военно-космическая академия,  
val\_prorok@mail.ru

**Зыков А.М.**, к.т.н., доцент,  
Военно-космическая академия,  
amz05@rambler.ru

**Карытко А. А.**,  
Военно-космическая академия,  
kurok134@yandex.ru

## Ключевые слова:

гамма-распределение, многоуровневый агрегирующий алгоритм, многопроцессорная вычислительная система, оптимальное расписание, операционная система, мультипроцессирование.

## АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена задача параметрического синтеза многопроцессорной вычислительной системы, создаваемой на базе многоядерных процессоров универсального назначения. Цель разработки данной методики заключается в достижении требуемого уровня эффективности функционирования многопроцессорных вычислительных систем в условиях постоянно увеличивающейся рабочей нагрузки и модернизации используемого программно-алгоритмического обеспечения. Расчет требуемого значения производительности одного вычислительного ядра осуществляется на основе предположения, что среди множества исполняемых процессов существует подмножество процессов, реализующих наиболее критичные задачи, которые определяют эффективность функционирования всей вычислительной системы. Для решения указанной задачи осуществляется поиск вида и параметров функции распределения приоритетов процессов, функционирующих в среде операционной системы, развернутой на базе ядра Linux, а также решается задача составления оптимального расписания выполнения работ (процессов) на вычислительных элементах с использованием многоуровневого агрегирующего алгоритма. Представленные результаты исследований позволяют обоснованно сформулировать требования к производительности вычислительных элементов многопроцессорных вычислительных систем, функционирующих на заданном множестве алгоритмов и программ. Описанная методика учитывает временные потери исполнения процессов, возникающие вследствие отклонения действующего в системе расписания выполнения работ от оптимального, вызванного естественными изменениями распределения динамических приоритетов между активными процессами, исполняемыми в системе. В статье приводятся результаты применения методики для анализа процесса функционирования хост-сервера компании Интернет-провайдера, функционирующего под управлением операционной системы на базе ядра Linux. На основе проведенного анализа продемонстрировано, что распределение приоритетов процессов в ОС на базе ядра Linux с высокой степенью согласия описывается гамма-распределением. В свою очередь параметры гамма-распределения (параметр формы и масштаба) распределены по нормальному закону. В результате естественных колебаний параметров гамма-распределения динамических приоритетов исполняемых процессов временные потери, вызванные несбалансированностью рабочей нагрузки на систему, могут достигать 15% для вычислительной системы, развернутой на базе 12-ти ядерных процессоров универсального назначения.



### Введение

В соответствии с работой [1] эффективность процесса функционирования современных многопроцессорных вычислительных систем (МПВС) во многом определяется степенью соответствия программной реализации используемых математических алгоритмов архитектуре построения аппаратной части вычислительной системы. На сегодняшний день 85% финансовых затрат при создании, сопровождении и развитии МПВС составляют затраты на разработку и модернизацию программного обеспечения [2]. При этом темпы развития и модернизации средств вычислительной техники позволяют полностью обновлять аппаратную часть вычислительных систем один раз в полтора два года. Таким образом, возникает актуальная задача выбора архитектуры построения вычислительной системы на начальном этапе ее создания.

Несмотря на многочисленное число разрабатываемых алгоритмов и методик, предназначенных для расчета времени исполнения программ в вычислительных системах с различной архитектурой построения, результаты их использования быстро теряют адекватность с увеличением объема программного кода, используемого при расчетах. В данной работе используется подход, основанный на измерении времени исполнения программ, относящихся к подмножеству критических, на вычислительных ядрах десктопных версий процессоров и прогнозе времени исполнения программ на серверных линейках процессоров, использующих в своей основе аналогичные десктопной версии вычислительные ядра процессоров. Под критическим программно-алгоритмическим обеспечением понимаются программы, реализующие основную цель функционирования всей МПВС, требующие максимальной оперативности исполнения и обладающие наибольшей вычислительной активностью. Измерение времени выполнения программ осуществляется в как можно более идеализированных условиях в соответствии с методикой измерения времени выполнения программ, изложенной в работе [3].

### Постановка задачи исследования

В современных высоконагруженных МПВС в режиме разделения времени исполняются до нескольких тысяч вычислительных процессов. Исполняемые процессы принадлежат к двум основным категориям – системным и пользовательским. Процесс владеет вычислительным устройством (ВУ) в течение базового кванта времени, определяемого значением его динамического приоритета. В соответствии с работой [4] длительность кванта времени, выделяемого пользователю процессу в операционной системе (ОС) на базе ядра Linux, вычисляется согласно следующей формуле:

$$t = \begin{cases} (40 - d) \cdot 20, & \text{если } d < 20; \\ (40 - d) \cdot 5, & \text{если } 20 \leq d \leq 40, \end{cases} \quad (1)$$

где  $t$  – квант времени, выделяемый процессу в миллисекундах;

$d$  – динамический приоритет процесса.

Возможные значения динамического приоритета пользовательского процесса, в ОС на базе ядра Linux, принадлежат интервалу от 0 (высший приоритет) до 39 (низший приоритет). Распределение аппаратных ресурсов системы между множеством исполняемых процессов осуществляется ядром ОС. В данной работе рассматривается ОС на базе ядра Linux. Одной из наиболее важных задач, решаемых ядром ОС, является балансировка очередей процессов на выполнение в многопроцессорных системах. Тем не менее в процессе функционирования МПВС возможно возникновение ситуаций, когда множество процессов интенсивно используют одно и то же ВУ, в то время как остальные ВУ простаивают. Для ликвидации описанного эффекта ядро ОС периодически проверяет, сбалансирована ли рабочая нагрузка, и, если необходимо, переносит некоторые процессы в очереди к менее нагруженным ВУ. Согласно работе [4] «Начиная с версии ядра 2.6.7, в операционной системе Linux применяется сложный алгоритм балансирования очередей на выполнение, в основе которого лежит понятие «области планирования».

Область планирования имеет иерархическую организацию: область верхнего уровня, распространяемая на все процессоры в вычислительной системе, включает в себя дочерние области, каждая из которых охватывает определенное подмножество процессоров. Иерархическая структура областей планирования позволяет осуществлять балансировку очередей с минимальными затратами производительности всей вычислительной системы за счет минимизации потерь производительности на пересылку аппаратных контекстов и дескрипторов исполняемых процессов между группами различных областей планирования.

Таким образом, основной причиной отличия итогового времени выполнения процесса в условиях монопольного доступа к аппаратным ресурсам системы от итогового времени выполнения этого же процесса в режиме разделения времени с другими процессами, циркулирующими в МПВС, является возникающий при этом эффект гонки за владение аппаратными и программными ресурсами системы.

Оценку требуемого значения производительности ВУ МПВС для заданного множества решаемых задач в условиях организации мультипроцессорирования произведем, решив задачи составления оптимального расписания выполнения процессов на вычислительных элементах, а также нахождения вида и параметров функции распределения приоритетов исполняемых процессов.

Планировщик ОС стремится минимизировать функцию:

$$\max_{j=1, \dots, m} f_j(s) \rightarrow \min,$$

где  $f_j(s) = \sum_{i \in T(j)} \tau_{ij}$ , здесь  $\tau_{ij}$  время выполнения базового

кванта  $i$ -ого процесса на  $j$ -ом вычислительном элементе,  $T(j)$  множество задач, распределенных для выполнения на  $j$ -ый вычислительный элемент.

Для определения значений кванта времени –  $\tau_i$ , выделяемого процессу ОС для выполнения, найдем вид и параметры функции плотности распределения приоритетов процессов на основе статистической информации. Поскольку МПВС может являться распределенной системой, то есть включать в свой состав несколько взаимодействующих компонент, функционирующих под управлением различных копий ОС, представим функцию плотности распределения приоритетов в виде смеси:

$$P(x \leq \pi) \approx \sum_{j=1}^k p_j \cdot f_j(x|\Theta), \quad (2)$$

где  $P(x \leq \pi)$  – плотность распределения вероятности значений приоритетов процессов, циркулирующих в рамках рассматриваемой МПВС;

$p_j$  –весовой коэффициент, характеризующий вклад  $j$ -ой компоненты смеси в выражение (2);

$k$  –количество компонент распределенной МПВС;

$f_j(x|\Theta)$  –плотность распределения приоритетов процессов  $j$ -ого компонента МПВС, здесь  $\Theta$  – неизвестный многомерный параметр, характеризующий параметры функции плотности распределения.

**Оценка вида и параметров плотности распределения динамических приоритетов процессов, циркулирующих в операционной системе на базе ядра Linux**

В зависимости от целей решаемых задач и условий их выполнения распределение приоритетов исполняемых процессов в системе чаще всего характеризуется либо нормальным, либо показательным законом распределения. Статистические данные для нахождения указанных распределений в ОС типа Linux получаются с помощью использования команд vmstat, mpstat, ps, подробный порядок применения которых приводится в работе [5], а также справочной документации ОС.

Известно, что экспоненциальное распределение является частным случаем гамма-распределения:

$$\Gamma(1/\theta, 1) = \exp(-\theta)$$

Кроме того известно, что класс гамма-распределений замкнут над операцией свертки, поэтому результирующее распределение случайной величины  $X$ , характеризующей вероятность возможных значений приоритетов исполняемых процессов в распределенных МПВС, будет также гамма-распределением, определяемым плотностью:

$$g_{\alpha, \lambda}(x) = \begin{cases} \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x}, & x > 0, \\ 0, & x \leq 0, \end{cases}$$

где  $\alpha > 0$  –параметр формы;

$\lambda$  – параметр масштаба;

$\Gamma(z)$  – гамма-функция Эйлера:

$$\Gamma(z) = \int_0^\infty x^{z-1} e^{-x} dx$$

Согласно центральной предельной теореме при больших значениях параметра гамма-распределение хорошо приближается нормальным распределением. Таким образом, является целесообразным проверка истинности двух гипотез о распределении приоритетов процессов гипотез о нормальном и гамма-распределении приоритетов, исполняемых процессов.

Для проверки указанных гипотез осуществлен сбор статистической информации по одному хост серверу и одному DNS серверу компании Интернет-провайдера. В соответствии со статистическими данными принята гипотеза о гамма-распределении приоритетов процессов.

На основе тренда изменения значений параметров гамма-распределения, характеризующего результаты множества последовательных наблюдений динамических приоритетов исполняемых процессов, рассчитаны средние значения параметров масштаба –  $\bar{\lambda}$  и формы –  $\bar{\alpha}$ , а также величина отклонения параметров  $i$ -го наблюдения  $\Delta\lambda_i = \lambda_i - \bar{\lambda}$ ,  $\Delta\alpha_i = \alpha_i - \bar{\alpha}$  от средних значений. Для значений рассчитанных отклонений также осуществлен подбор вида и параметров функций распределения случайных величин  $F(\Delta\alpha \leq \varepsilon_\alpha)$ ,  $F(\Delta\lambda \leq \varepsilon_\lambda)$  характеризующих возможные значения расстояния Леви между распределениями динамических приоритетов в МПВС в различные моменты времени. Вес компонент смеси (2) определяется на основе числа процессов, обрабатываемых каждой копией ОС как отношение числа процессов  $i$ -ой копии ОС к общему числу процессов, циркулирующих в МПВС.

Описанные результаты анализа проведенных наблюдений представлены на рисунке 1 и рисунке 2.

Полученные функции плотностей распределения приоритетов исполняемых процессов позволяют моделировать фоновую рабочую нагрузку вычислительной системы. Суть данной процедуры заключается в получении с помощью датчиков случайных чисел массива значений вероятностей, распределенных по равномерному закону, и в последующем получении соответствующих данным вероятностям приоритетов процессов за счет использования метода образования случайных чисел с непрерывным законом распределения, изложенным в работе [6], а также метода обратной функции [6,7].

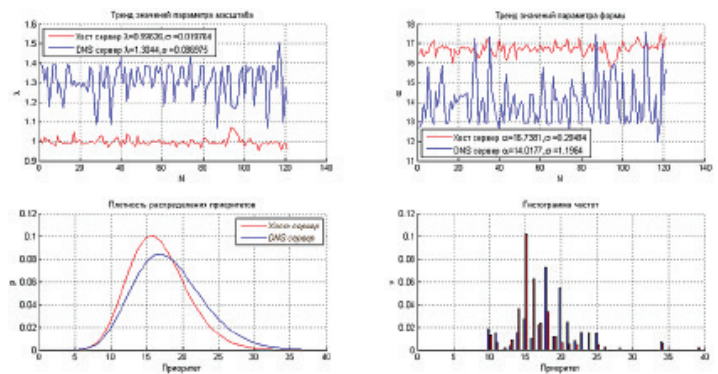


Рисунок 1 – Динамика распределения приоритетов в ОС Linux на примере DNS и хост серверов

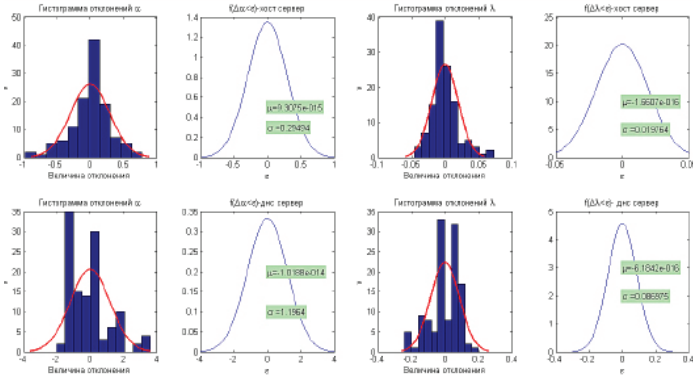


Рисунок 2 – Характеристики распределения отклонения значений параметров гамма-распределений DNS и хост серверов

**Расчет требуемой производительности вычислительного устройства многопроцессорной вычислительной системы**

Для решения задачи составления оптимального расписания используется многоуровневый агрегирующий алгоритм, суть работы которого изложена в работе [8]. Указанный алгоритм использует в своей работе приближенные методы оптимизации – метод ветвей и границ, основанный на использовании алгоритма FFD (First Fit Decreasing – первый подходящий в порядке убывания), а также алгоритма поиска в глубину (АПГ) [9].

В соответствии с используемым алгоритмом множество всех заданий  $S$ , предварительно упорядоченное по невозрастанию длительности базового кванта времени исполнения процесса, выделяемого ОС, разбивается на  $s_1$  подмножеств так, что  $S = S_1 \cup \dots \cup S_{s_1}$ . Для каждого образованного подмножества рассчитывается нижняя оценка длины расписания работ с помощью выражения:

$$\underline{B} = \max \left\{ \max_i (\tau_i), \frac{\sum_i \tau_i}{m} \right\},$$

где  $\max_i (\tau_i)$  – длительность наиболее ресурсоемкого процесса;  $\frac{\sum_i \tau_i}{m}$  – время завершения одного цикла обработки очереди процессов на процессор в случае, когда они равномерно распределены между процессорами.

Величина  $\bar{B}$  – верхней оценки длины расписания работ рассчитывается с помощью алгоритма FFD, смысл которого заключается в том, что процессы размещаются в ВУ по очереди в порядке убывания приоритетов, причем очередной  $i$ -ый процесс помещается в ВУ, в котором суммарное время исполнения уже размещенных процессов минимально. Полученный интервал  $[\underline{B}, \bar{B}]$  является интервалом локализации минимальной длительности расписания работ. Применяя к указанному интервалу метод дихотомии, рассчитывается предельно допустимая длительность выполнения заданий –

$$B_{opt} = \frac{\bar{B} - \underline{B}}{2} + \varepsilon$$

для заданного подмножества работ, где  $\varepsilon$  – допустимая по-

грешность результатов работы алгоритма.

С помощью АПГ осуществляется поиск расписания работ  $R = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m)$ , в котором выполняется условие:  $\forall \tau_i \leq B_{opt}$ , где  $i \in \{1, M\}$ . В случае если такого расписания не существует, то величине  $B$  присваивается значение  $B_{opt}$  и ко вновь полученному интервалу локализации минимума применяется метод дихотомии, а затем АПГ.

Результатом работы описанного алгоритма является получение расписания, близкого к оптимальному  $m$ -процессорному расписанию, для процессов, принадлежащих подмножеству  $s_1$ . Задания, принадлежащие одному подмножеству, назначенные на один и тот же процессор, объединяются в одно задание, длительность которого равна сумме длительностей соответствующих заданий. В результате формируется множество  $s_1$  заданий, включающее и агрегированные задания, которое в свою очередь может быть аналогично разбито на  $s_2$  подмножеств. Последовательное выполнение нескольких процедур агрегирования позволяет получить решение задачи составления оптимального расписания выполнения  $n$  процессов на  $m$  процессоров. В данной работе размеры множеств  $s_i, s_{i+1}$  связывались отношением

$$\#s_{i+1} = \frac{\#s_i}{2}$$

где символ  $\#s_i$  характеризует мощность множества  $s_i$ . Скорость сходимости описанного алгоритма уменьшается с увеличением числа ВУ в МПВС. Таким образом, его использование позволяет получать результаты за разумное время в случаях когда количество процессоров, на которые происходит распределение работ, не превышает 6 единиц. Современные многопроцессорные вычислительные системы включают на порядок большее число ВУ. В целях обеспечения возможности использования данного алгоритма к рассматриваемой предметной области в рассматриваемой реализации алгоритма осуществляется процедура объединения процессоров в группы таким образом, чтобы на каждой итерации работы алгоритма их число не превышало 6 единиц, а разница между количеством процессоров в группе была минимальной. Таким образом, составляется расписание, близкое к оптимальному для групп процессоров. Работы, назначенные для выполнения на группы процессоров, распределяются между ВУ, входящими в состав группы с помощью классической версии многоуровневого агрегирующего алгоритма. Работа алгоритма заканчивается распределением задач между процессорами образованных групп, размер которых не превышает 6 единиц. Использование принципа группировки ВУ хорошо согласуется с описанными выше областями планирования ОС на базе ядра Linux.

Расчет отличия времени выполнения процесса в монопольном режиме от времени его исполнения в режиме разделения времени  $-\Delta t$  произведет для случая, когда в качестве используемого планировщика ОС выступает планировщик NOOP. На основе сформированного расписания  $R = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m)$  рассчитывается минимальное, среднее и максимальное значения величины  $\Delta t$  для процесса  $h$  с приоритетом  $\pi_h$ , выполнение которого в моно-



полном режиме владения аппаратными ресурсами длится  $t_h$  единиц времени. Минимальное значение величины  $\Delta t$  вычисляется с помощью следующего выражения: где  $\tau(\pi_h)$  – базовый квант  $t_h$  времени, выделяемый про-

$$\Delta t_{\min} = \frac{t_h}{\tau(\pi_h)} \cdot \min(\tau_i) - t_h$$

цессу с динамическим приоритетом ;

$\min(\tau_i)$  – скалярная координата точки  $a_j$ , имеющая минимальное значение.

Максимальное и среднее значения величины вычисляются с помощью выражений:

$$\Delta t_{\max} = \frac{t_h}{\tau(\pi_h)} \cdot \max(\tau_i) - t_h;$$

$$\Delta t_{\text{mid}} = \frac{t_h}{\tau(\pi_h)} \cdot m \cdot \sum_{i=1}^m \tau_i - t_h.$$

Таким образом, рассчитав значение оптимальной длительности выполнения критического процесса  $t_{opt}$  с помощью средств теории систем массового обслуживания, применения процедур имитационного моделирования, возможно рассчитать требуемое время выполнения процесса в монопольном режиме владения ресурсами вычислительного ядра с заданной микроархитектурой, используемого для создания МПВС, которое обеспечит выполнение условия оптимальности функционирования МПВС, построенной с использованием многоядерных процессоров с аналогичной микроархитектурой ядра при организации мультипроцессорирования в режиме разделения времени. Требуемое значение времени рассчитывается с использованием выражения:

$$t_j \approx \frac{t_{opt} \cdot \tau(\pi_j)}{\max(\tau_i)}$$

Значение времени исполнения процесса, получаемое с использованием выражения (3), характеризует верхнюю оценку его возможных значений, поскольку в реальности большинство процессов успевают выполнить весь необходимый объем вычислений за время меньшее, чем длительность базового кванта, выделяемого ОС.

Известные функции распределения  $F(\Delta\alpha \leq \varepsilon_\alpha)$ ,  $F(\Delta\lambda \leq \varepsilon_\lambda)$  позволяют учесть дополнительные потери оперативности выполнения процессов –  $\Delta U$ , возникающие вследствие отличия действующего в системе расписания выполнения работ от оптимального. Для этого выполняется описанная выше процедура составления расписаний  $R_1, R_2, R_3$  для распределений приоритетов процессов, описываемых функциями плотностей  $g_1(\bar{\alpha}, \bar{\lambda})$ ,  $g_2(\bar{\alpha} + \sigma_\alpha, \bar{\lambda} + \sigma_\lambda)$ ,  $g_3(\bar{\alpha} + 3 \cdot \sigma_\alpha, \bar{\lambda} + 3 \cdot \sigma_\lambda)$ . Введем обозначение  $O_j(R_i, g_f(\alpha, \lambda))$ , где  $i \in 1, m$ , характеризующее оперативность выполнения процессов, назначенных для выполнения на  $j$ -ый процессор при использовании расписания  $R_i$  и распределении приоритетов  $g_f(\alpha, \lambda)$ .

Расчет диапазона возможных значений величины производится с использованием следующих выражений:

$$\Delta U_\alpha = \frac{\sum_{k=1}^m |O_2 - O_k(R_1, g_2(\bar{\alpha} + \sigma_\alpha, \bar{\lambda} + \sigma_\lambda))|}{2} - \frac{\sum_{k=1}^m |O_2 - O_k(R_2, g_2(\bar{\alpha} + \sigma_\alpha, \bar{\lambda} + \sigma_\lambda))|}{2};$$

$$\Delta U_{3\sigma} = \frac{\sum_{k=1}^m |O_3 - O_k(R_1, g_3(\bar{\alpha} + 3\sigma_\alpha, \bar{\lambda} + 3\sigma_\lambda))|}{2} - \frac{\sum_{k=1}^m |O_3 - O_k(R_3, g_3(\bar{\alpha} + 3\sigma_\alpha, \bar{\lambda} + 3\sigma_\lambda))|}{2},$$

где  $\Delta U_\alpha$  – потери оперативности исполнения процессов вследствие использования расписания  $R_1$ , при плотности распределения приоритетов процессов  $g_2(\bar{\alpha} + \sigma_\lambda, \bar{\lambda} + \sigma_\lambda)$ ;

$O_2$  – оперативность (время) исполнения группы процессов, назначенных на один процессор в условиях равномерной загрузки системы при плотности распределения приоритетов процессов  $g_2(\bar{\alpha} + \sigma_\lambda, \bar{\lambda} + \sigma_\lambda)$ ;

$\Delta U_{3\sigma}$  – потери оперативности исполнения процессов вследствие использования расписания при плотности распределения приоритетов процессов  $g_3(\bar{\alpha} + 3 \cdot \sigma_\alpha, \bar{\lambda} + 3 \cdot \sigma_\lambda)$ ;

$O_3$  – оперативность (время) исполнения группы процессов, назначенных на один процессор в условиях равномерной загрузки системы, при плотности распределения приоритетов процессов  $g_3(\bar{\alpha} + 3 \cdot \sigma_\alpha, \bar{\lambda} + 3 \cdot \sigma_\lambda)$ .

Поскольку параметры гамма-распределения подчинены нормальному закону, оценка  $\Delta U_\sigma$  характеризует естественные колебания времени выполнения группы процессов на процессоре –  $\Delta t$  в результате изменения их динамических приоритетов. Оценка  $\Delta U_{3\sigma}$  представляет собой границу области значений  $\Delta t$ , которая с 95% вероятностью включает все возможные отклонения по времени решения задач, вызванные изменениями динамических приоритетов процессов.

#### Результаты применения описываемой методики

Расчеты проводились для 12-ти ядерной МПВС, построенной на базе двух шестиядерных процессоров, фоновая вычислительная нагрузка системы состояла из 80 активных процессов, распределение приоритетов которых соответствовало гамма-распределению хост сервера, представленному выше. Прототипом рассматриваемой МПВС послужил хост сервер, развернутый на базе процессора Intel Xeon 5670 с микроархитектурой ядра Nehalem. В ходе вычислительного эксперимента сформирован вывод о том, что изменение приоритета одного процесса в системе приводит к составлению совершенно отличного от действующего расписания нового оптимального расписания, при этом потери производительности системы, не превышают 20 мс и ребалансировка вычислительной нагрузки ОС не производится. Потери производительности системы, возникающие вследствие естественных колебаний динамических приоритетов исполняемых процессов в среднем составляют 270 и 560 мс соответственно для групп планирования ОС на уровне вычислительных ядер одного процессора и 384 и 840 мс для групп планирования ОС на уровне процессоров на кристалле. Среднее время выполнения полного цикла обслуживания очереди процессов к вычислительному ядру процессора составило 2,78 с, максимальное время 2,98 с. Для указанных исходных данных значение величины достигает уровня 10% от значения параметра при изменении динамического приоритета у 60% исполняемых ОС

процессов. Данный показатель характеризует частоту осуществления процедуры ребалансировки вычислительной нагрузки и связанных с ее выполнением потерь производительности МПВС.

Полученные результаты позволяют прогнозировать уровень эффективности функционирования вычислительной системы, построенной на базе вычислительных ядер универсального назначения, используя для этого «desktopные» процессоры, с микроархитектурой вычислительного ядра, аналогичной используемой в базовом ВУ МПВС. Подобный прием позволяет существенно упростить анализ влияния архитектурных особенностей конкретного микропроцессора на эффективность исполнения программной реализации исполняемого алгоритма, тем самым осуществив правильный выбор архитектурной платформы, используемой для развертывания МПВС.

#### Литература

1. Воеводин, В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. – М.: Изд-во МГУ, 2010. – 163 с.

2. Ройс, У. Управление процессом создания программного обеспечения. – М.: Изд-во «ЛОРИ», 2004. – 424 с.
3. Касперски, К. Техника оптимизации программ. Эффективное использование памяти. – СПб.: БХВ-Петербург. – 2003. – 464 с.
4. Бовет, Д., Чезати, М. Ядро Linux. – СПб.: «БХВ-Петербург». – 2007. – 1104 с.
5. Немет, Э., Снайдер, Г., Хейн, Т. Unix и Linux руководство системного администратора. – М.: Изд-во «Вильямс», 2012. – 1312 с.
6. Орлов, А.И. Прикладная статистика. – М.: Изд-во «Экзамен», 2004.–656 с.
7. Алиев, Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
8. Красовский, Д.В., Фуругян, М.Г. Алгоритм решения минимаксной задачи составления расписания // Известия РАН. Теория и системы управления. № 5. – 2008. – С. 69–74.
9. Сухарев, А.Г., Тихомиров, В.В., Федоров, В.В. Курс методов оптимизации. – М.: Физматлит, 2008. – 368 с.

#### DESIGN PROCEDURE OF DEMANDED PRODUCTIVITY OF COMPUTING ELEMENTS IN THE HIGH-LOADED MULTIPROCESSING COMPUTING SYSTEMS

**Prorok V.**, Doc.Tech.Sci., professor,  
Military Space Academy, val\_prorok@mail.ru  
**Zykov A.**, Ph.D, associate professor,  
Military Space Academy, amz05@rambler.ru  
**Karytko A.**, Military Space Academy,  
kurok134@yandex.ru

**Keywords:** gamma distribution, multilevel aggregating algorithm, the multiprocessing computing system, the optimum schedule, an operating system, multiprocessing.

#### Abstract

In article the problem of parametrical synthesis of the multiprocessing computing system created on the basis of multinuclear processors of universal appointment is considered. The purpose of development of this technique consists in achievement of demanded level of efficiency of functioning of multiprocessing computing systems in the conditions of constantly increasing working loading and modernization of used program and algorithmic providing. Calculation of demanded value of productivity of one computing kernel is carried out on the basis of the assumption that among a set of executed processes there is a subset of the processes realizing the most critical tasks which define efficiency of functioning of all computing system. For the solution of the specified task search of a look and parameters of function of distribution of priorities of the processes functioning in the environment of an operating system, developed on the basis of a kernel is carried out Linux, and also the problem of drawing up of the optimum schedule of performance is solved works (processes) on computing elements with use of multilevel aggregating algorithm. The presented results of researches allow to formulate reasonably requirements to productivity of computing elements of the multiprocessing computing systems functioning on the set of algorithms and programs. The described technique considers temporary losses of execution of the processes, arising owing to a deviation of the schedule of works existing in system from the optimum distribution of dynamic priorities caused by natural changes between the active processes executed in system. Results

of application of a technique are given in article for the analysis of process of functioning a host server of the company of the Internet provider functioning under control of an operating system on the basis of a kernel Linux. On the basis of the carried-out analysis it is shown that distribution of priorities of processes in OS on the basis of a kernel Linux with high degree of a consent it is described by gamma distribution. In turn gamma distribution parameters (form and scale parameter) are distributed under the normal law. As a result of natural fluctuations of parameters of gamma distribution of dynamic priorities of executed processes the temporary losses caused by imbalance of working load of system, can reach 15 % for the computing system developed on the basis of 12 nuclear processors of universal appointment.

#### References

1. Voyevodin, V. (2010), Calculus mathematics and structure of algorithms. [Vichislitel'naya matematika i struktura algoritmov], Moscow State University publishing house, 163 p.
2. Royce, U. (2004), Management of process of creation of the software. [Upravlenie processom sozdaniya programmogo obespecheniya], Publishing house of «LORY», Moscow, 424 p.
3. Kaspersky, K. (2003), Equipment of optimization of programs. Effective use of memory. [Technica optimizacii programm. Effektivnoe ispolzovanie pamiaty], BHV, Saint-Petersburg, 464 p.
4. Bovet, Chezati, M. (2007), Kernel of Linux. [Yadro linux], BHV, Saint-Petersburg, 1104 p.
5. Nemet, Snyder, Hain, T. (2012), Unix and Linux guide of the system administrator. [Unix i Linux rukovodstvo systemnogo administratora], Williams, Moscow, 1312 p.
6. Orlov, A.I. (2004), Applied statistics. [Prikladnaya statistika], Publishing house "Examination", Moscow, 656 p.
7. Aliyev, T.I. (2009), Base of modeling of discrete systems. [Osnovi modelirovaniya discretnih system], ITMO St.Petersburg State University, 363 p.
8. Krasovsky, D.V., Furugyan, M.G. (2008), «Algorithm of the solution of a minimax problem of drawing up of the schedule» [«Algoritm resheniya minimaksnoy zadachi sostavleniya raspisanija»], News of the Russian Academy of Sciences. Theory and control systems, No. 5, pp. 69-74.
9. Sukharev, A.G., Tikhomirov, V.V., Fedorov, V.V. (2008), Course of optimization methods. [Kurs methodov optimizacii], Physical and mathematical literature, Moscow, 368 p.

# ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Круз Л.,**  
компания Cisco Systems

**Ключевые слова:**  
информационная безопасность,  
Интернет вещей, Internet of Everything (IoT)

Сначала, как водится, хорошая новость: Интернет вещей (Internet of Things, IoT) существует, неся нам огромные удобства, удовольствия и преимущества. А теперь – плохая новость: Интернет вещей создает серьезные проблемы для информационной безопасности.

И то, и другое – чистая правда. С одной стороны, повсеместно развернутые сети датчиков сулят нам светлое будущее: новый мир полезных приложений – от интеллектуальных систем освещения, отопления и кондиционирования, автономных уличных фонарей, способных общаться друг с другом, регулировать свою яркость по мере необходимости и проводить мониторинг транспортных потоков, до встроенных в одежду микросенсоров, следящих за пульсом и другими важными параметрами жизнедеятельности человеческого организма. Ценность сетевых соединений еще больше возрастет в эпоху Всеобъемлющего Интернета (Internet of Everything, IoE), который свяжет воедино людей, процессы и физические объекты.

Вместе с тем все эти новшества создают целый ряд проблем с информационной безопасностью, которые не дают спокойно спать известному автору и специалисту в данной области Брюсу Шнайеру (Bruce Schneier). В частности,

его беспокоит возможность попадания сети датчиков в руки злоумышленника. Такое особенно вероятно, если сеть напрямую управляет физическими устройствами с помощью коммуникаций "машина-машина" (machine-to-machine, M2M). "Всякий раз, когда у вас появляются автономные или полуавтономные системы, нужно обращать внимание, под чьим управлением они находятся. Можно лишь надеяться, что все компании будут придерживаться общепринятых правил", – говорит Шнайер. В своей недавно опубликованной книге *Liars and Outliers* ("Лжецы и посторонние") он подчеркивает, что процветание современного общества без взаимного доверия невозможно.

Однако, считает автор, даже если все будут соблюдать принятые правила (какими бы эти правила ни были), защитить сети датчиков будет невероятно трудно: "Какова вероятность того, что все датчики будут надежно защищены? Ни одну компьютерную программу, написанную человеком, нельзя считать стопроцентно защищенной. Мы все время выпускаем коррекционные модули (патчи), исправляющие ошибки в программах. Ситуация с датчиками вряд ли будет иной. Чем сильнее программные приложения будут проникать в повседневную жизнь, тем опасней будут угрозы".

## **Данные данным рознь**

Джеймс Брем (James Brehm), старший специалист по стратегии, работающий в американской аналитической и консалтинговой компании Compass Intelligence, считает, что проблемы без-

опасности Интернета вещей возникают не только из-за растущего объема данных и оконечных устройств, но и по причине роста ценности данных: "Мы, безусловно, столкнемся с беспрецедентными проблемами в области информационной безопасности. Но по большей части эти проблемы не будут касаться критически важных систем".

Одно дело, если кому-то удастся незаметно отключить пару датчиков на границе между США и Мексикой, чтобы переправить группу нелегальных иммигрантов, и совсем другое дело, если хакер "займется" датчиком, установленным на холодильной установке, где хранятся человеческие органы, предназначенные для трансплантации. "Организациям очень важно определить, какие данные критически важны с точки зрения безопасности, а какие нет, – говорит Брем. – Организации наверняка накопят огромные объемы данных, которые будут совершенно некритичны с этой точки зрения".

## **Прощай, безопасность личных данных?**

При этом, развивая свою мысль Джеймс Брем, агрегация и анализ больших объемов некритичных, на первый взгляд, данных позволяет сгенерировать информацию, утечка которой может привести к весьма болезненным результатам: "Сырые данные рано или поздно создают определенный контекст, и это обязательно надо учитывать. Возникает вопрос: можно ли злоупотребить этими данными, или они не в состоянии нанести ощутимый ущерб?"

Ничего нового, разумеется, в ана-



литике нет. Анализ данных предоставляет организациям сведения о привычках покупателей, стиле жизни, политических симпатиях и многом другом. Но представьте, насколько расширятся возможности аналитики лет через десять, когда города покроются густой сетью датчиков и исполнительных устройств или "активаторов" (например, переключателей, изменяющих физическую среду), встроенных во все, что нас окружает. В одном из прогнозов говорится, что к 2020 году связь "машина-машина" (M2M) будет осуществляться с помощью 24 млрд интеллектуальных датчиков и подключенных устройств, а объем рынка M2M составит 1,2 триллиона долларов.

Влияние этих факторов на безопасность личных данных очень беспокоит Брюса Шнайера, причем наибольшие опасения у него вызывают не преступные элементы, а обычные пользователи. "Если Интернет будет встроен в физические объекты, между Интернетом и физическим миром появится слой из множества датчиков, собирающих информацию личного характера о каждом из нас", – считает он.

#### **Непредсказуемые техногенные катастрофы, стандарты и нормативные правила**

В уравнении под названием "Интернет вещей" столько неизвестных, что

всегда есть вероятность того, что полезные сами по себе элементы Интернета вещей могут вдруг вызвать либо ускорить катастрофический сбой. Предугадать такой сбой практически невозможно, хотя после катастрофы ее причина будет казаться совершенно очевидной. К числу таких явлений можно отнести возможное отключение сети электропередачи. Тем не менее и Брюс Шнайер, и Джеймс Брем не видят смысла в спорах о столь случайных и непостижимых событиях в то время, когда есть много других, действительно насущных вопросов для обсуждения.

По мнению Брема, для защиты критически важной инфраструктуры, такой как сеть электропередачи, нужно найти правильное соотношение между открытостью, встроенной избыточностью и механизмами аварийного подхвата. Стандарты, считает он, тоже должны сыграть свою роль. Вместе с тем, по словам Брема, "мы никогда не сможем выработать единый общий стандарт для Интернета вещей". Скорее всего, по его мнению, через несколько лет у нас появится небольшой набор стандартов, основанных на практическом передовом опыте. Он также сомневается в возможности справиться с угрозами для безопасности Интернета вещей законодательным путем: "Законотворчество, как правило, замедляет процессы, повышает расходы

и не способствует инновациям. Гораздо лучше, когда люди решают эти вопросы сами".

Кое-кто считает, что частный сектор тоже должен сыграть определенную роль в регулировании Интернета вещей – примерно такую же, как области платежных карт (PCI). Но Брюс Шнайер убежден, что этого не произойдет. "Единственная причина, по которой система PCI оказалась жизнеспособной, состоит в том, что для нее существует финансовый стимул – борьба с мошенничеством, – говорит он, добавляя, что в Интернете вещей такого стимула нет. – При отсутствии внешних стимулов компании в целях саморегулирования объединяются очень редко".

С точки зрения Джеймса Брема, наилучшим вариантом было бы соглашение по открытым стандартам, поддерживающим сети "all-IP", не зависящие от технологии доступа (проводной, беспроводной, сотовой, Wi-Fi, ZigBee, Z-wave, Bluetooth и любой другой) и состоящие из общедоступных, частных и гибридных облаков, частных сетей и т.д. "Хуже всего, если мы будем и дальше выражать сильную озабоченность и при этом почти ничего не делать", – говорит Брем.

<http://thenetwork.cisco.com/>

IX международный транспортный форум 

# Югтранс 2013

21–22 марта  
Геленджик

**РЕГИСТРАЦИЯ  
УЧАСТНИКОВ:**

+7 (495) 646-01-51  
+7 (812) 448-08-48  
[www.yugtrans.com](http://www.yugtrans.com)

# ТАРИФИКАЦИЯ В СЕТЯХ 4G: РОССИЯ И МИРОВОЙ ОПЫТ

Технология LTE является мейнстримом мировой телекоммуникационной отрасли. По состоянию на начало 2013 г. 145 операторов в 66 странах запустили коммерческие сети LTE1, а абонентская база за 2012 г. увеличилась в 7 раз – с 13,2 млн до 92,3 млн.2 Ценообразование на услуги мобильного широкополосного доступа в Интернет является одной из важнейших тем в телекоммуникационной отрасли. Тарифы, в конечном итоге, определяют потребительский спрос и ключевые экономические показатели LTE-проектов – начиная от ARPU и заканчивая сроками окупаемости. Компания J'son & Partners Consulting представляет результаты исследования тарификации в сетях LTE на российском и мировом рынках, завершено в январе 2013 г.

Основная цель данного исследования – анализ тарифной политики крупнейших операторов сетей LTE, основных принципов тарификации, стоимости абонентского оборудования, тенденций и перспектив тарифной политики операторов, а также зоны покрытия и абонентской базы LTE. География исследования включает в себя Россию и развитые страны, такие как США, Япония, Южная Корея, Германия, Великобритания, Франция и Швеция.

В исследовании рассматриваются 9 зарубежных - Verizon Wireless, AT&T (США), SK Telecom (Южная Корея), NTT DoCoMo (Япония), T-Mobile, Vodafone (Германия), Everything Everywhere (Великобритания), SFR (Франция) и TeliaSonera (Швеция), а также 3 российских оператора LTE - Yota, МегаФон и МТС.

Существует три основных принципа тарификации услуг передачи данных на базе LTE:

- отсутствие ограничений по скорости передачи данных, ограничение по объему трафика;
- отсутствие ограничений по объему трафика, ограничение по скорости передачи данных;
- ограничение по объему трафика и по скорости передачи данных.

При составлении тарифного предложения операторы используют следующие ключевые параметры:

- скорость доступа в Мбит/с на прием и/или на передачу данных;
- объем предоплаченного трафика передачи данных в ГБ (МБ);
- объем предоплаченного голосового трафика в минутах (в смешанных тарифах на головные услуги и передачу данных);
- стоимость конечного оборудования для абонента;
- минимальная длительность контракта в месяцах.

На начальном этапе развития сетей LTE операторы имели возможность экспериментировать в области ценообразования но в настоящее время выработана вполне определенная тарифная политика, направленная в основном на разумное

ограничение потребления мобильного интернет-трафика. При сравнении тарифов в Европе, США, Азиатско-Тихоокеанском регионе было выявлено, что большинство моделей ценообразования LTE-тарифов похожи на уже существующие тарифные планы. Тем не менее, есть и отличия, например, Vodafone в Германии предлагает многоуровневые тарифы, которые зависят от скорости передачи данных, а российская Yota предпочитает полностью безлимитные тарифы.

Модель, обычно используемая европейскими операторами, подразумевает тарифные предложения, не зависящие от используемой технологии. Обычно при этом рекламируется только максимальная скорость – 7,2 Мбит/с, 14,4 Мбит/с (HSPA), 42,2 Мбит/с (HSPA+) и 100 Мбит/с (LTE). Только несколько операторов называют в своих маркетинговых предложениях более реалистичные скорости, нежели теоретически достижимые пиковые.



Рис. 1. Карта LTE-покрытия оператора Verizon Wireless (США)  
Источник: данные оператора, январь 2013 г.

Крупнейшим в мире оператором LTE является Verizon Wireless, который в январе 2013 г. покрыл сетями LTE более 470 городов США с суммарным число жителей 273,5 млн человек или около 89% населения страны (Рис. 1). Количество зарегистрированных LTE-устройств в сети оператора в конце 2012 г. достигло 21,6 млн или 23,3% контрактных абонентов.

Вторую строчку рейтинга занимает южнокорейский оператор SK Telecom с абонентской базой по итогам 2012 г. более 7 млн. LTE-сеть компании покрывает территорию, на которой проживает почти 99% населения страны. В августе 2012 г. оператор первым в мире запустил на сети LTE услугу HD Voice. Технология HD Voice существенно улучшает качество звука, практически ликвидирует задержки сигнала, а также снижает нагрузку на сеть, высвобождая ресурсы для других сервисов. Основным сдерживающим фактором роста популярности сервиса является ограниченный спектр доступных устройств, поддерживающих данную технологию.

С 2013 г. оператор планирует начать переход к стандарту LTE-Advanced. Рынок LTE в Южной Корее начал свое развитие с 1 июля 2011 г., когда два оператора – SK-Telecom и LG U Plus – запустили сети LTE в коммерческую эксплуатацию. За полгода (к концу 2011 г.) доля LTE-абонентов в общем количестве пользователей мобильной связи в Южной Корее достигла 2% (у SK-Telecom – 3%). В конце 2012 г., по предварительной оценке, этот показатель у лидера LTE в стране достиг 26%, прогнозируемые значения на конец 2013 г. и 2014 г. – 50% и 62%, соответственно (Рис. 2).

Среди российских операторов, крупнейшим по числу абонентов LTE, является Yota - около 700 тыс. по состоянию на ноябрь 2012 г. К концу января 2013 г. компания запустила в коммерческую эксплуатацию сети LTE в 23 российских городах. Стоимость абонентского оборудования Yota варьируется от 2 900 до 5 900 руб.

«МегаФон» выступает как виртуальный оператор (MVNO) в регионах присутствия сетей Yota Networks и имеет собственную сеть TD-LTE в Москве. Компания предлагает на выбор 3 пакета безлимитного доступа в Интернет по технологии 4G LTE в зависимости от потребностей абонента: «Интернет L», «Интернет XL» и «Интернет XXL». Среди мобильных устройств, поддерживающих стандарт 4G, есть три USB-модема стоимостью 1 990 руб. каждый и один роутер стоимостью 4 900 руб.

МТС предоставляет доступ в Интернет по технологии TD-LTE в московском регионе (на собственных частотах) и в Казани по технологии FD-LTE (как виртуальный оператор на сети Yota Networks).

Наиболее распространенным абонентским оборудованием LTE у российских операторов являются USB-модемы (1990-2970 руб.) и роутеры Wi-Fi (4800-4900 руб.), включая интернет-центр от Yota (5900 руб.) и устройство Yota Ready (5090 руб.). (Таблица 1).

Тарифы компании Yota в среднем выше, чем у «МегаФона», однако, абонент за эту цену получает полностью безлимитный доступ в Интернет. «МегаФон» и МТС ограничивают доступ квотой трафика, после расходования которой скорость снижается до минимальной. При этом у МТС максимальная скорость доступа не ограничена и зависит от различных факторов (Таблица 2). Особенностью тарифной линейки

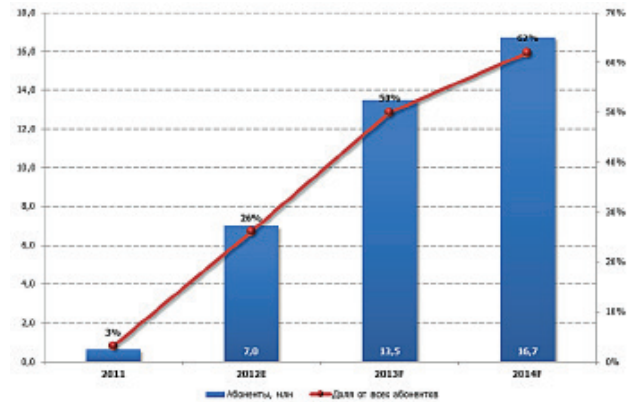


Рис. 2. Динамика абонентской базы LTE компании SK Telecom (Южная Корея)  
Источник: данные оператора

Таблица 1. Стоимость абонентского оборудования LTE в России, январь 2013 г.

Оператор	Стоимость оборудования, руб.	
	USB-модемы	Роутеры Wi-Fi
Yota	2 900	4 900 – 5 900
«МегаФон»	1 990	4 900
МТС	2 000 - 2 970	4 800

Источники: данные операторов

«МегаФона» является дифференциация тарифов по скорости доступа, объему трафика и региону, в котором заключен договор с абонентом. МТС дифференцирует тарифы по объему трафика и региону, в котором заключен договор с абонентом

Скорость в рамках квоты трафика не ограничена в пределах технических характеристик сети 4G, 3G и 2G и зависит от технических параметров сети МТС в данной точке, текущей загруженности сети, канала запрашиваемого ресурса, погодных условий и иных факторов, находящихся вне зоны ответственности ОАО «МТС». Максимальная скорость в сети 4G – до 173 Мбит/с (при использовании модема Huawei-E392 – до 68 Мбит/с). Максимальная скорость в сети 3G – до 42,6 Мбит/с, в сети 2G (EDGE) – до 296 Кбит/с, в сети 2G (GPRS) – до 85,6 Кбит/с.

**По результатам проведенного исследования были выявлены ключевые особенности тарифной политики российских и зарубежных операторов. Например, ключевой особенностью тарифной политики Yota является предложение безлимитных тарифных планов и дифференциация тарифов в зависимости от скорости доступа и региона, в котором находится абонент. Зарубежные операторы больше склоняются использовать условно-безлимитные тарифы с ограничением трафика, после которого скорость доступа снижается до минимальной.**



Таблица 2. Тарифы на LTE-доступ у российских операторов в Москве, январь 2013 г.

Оператор	Стоимость, руб./мес.			
	10 Мбит/с	Квота трафика, ГБ	20 Мбит/с	Квота трафика, ГБ
Yota	1 250	Не ограничен	1 400	Не ограничен
«МегаФон»	990	10	1 290	20
МТС	4-25 ГБ, 500-1400 руб.*			

Источник: данные операторов, J'son & Partners Consulting

\* Скорость в рамках квоты трафика не ограничена в пределах технических характеристик сети 4G, 3G и 2G и зависит от технических параметров сети МТС в данной точке, текущей загруженности сети, канала запрашиваемого ресурса, погодных условий и иных факторов, находящихся вне зоны ответственности ОАО «МТС». Максимальная скорость в сети 4G – до 173 Мбит/с (при использовании модема Huawei-E392 – до 68 Мбит/с). Максимальная скорость в сети 3G – до 42,6 Мбит/с, в сети 2G (EDGE) – до 296 Кбит/с, в сети 2G (GPRS) – до 85,6 Кбит/с.

Важной функцией операторов, позволяющей ускорить развитие LTE-сетей, является субсидирование абонентского оборудования за счет продажи абонентских устройств по низкой цене. Схема субсидирования абонентского оборудования принята в Европе и США, где законодательство позволяет оператору продавать устройства и услуги связи в одном комплекте. При этом оператор продает телефон ниже себестоимости при подключении абонента на долгосрочный контракт, обеспечивающий гарантированное пользование услугами связи за фиксированную або-

нентскую плату в течение определенного времени. Фактически при заключении долгосрочного договора абонент получает в пользование топовый гаджет за небольшую плату, при этом в случае разрыва операторского контракта абонент обязан выплатить неустойку, которая компенсирует расходы оператора.

**По мнению J'son & Partners Consulting, внедрение модели субсидирования абонентского LTE-оборудования операторами в рамках долгосрочных контрактов с абонентами (по аналогии с западной практикой) позволило**

**бы значительно расширить абонентскую базу в России, ускорить развитие рынка базовых и дополнительных услуг LTE и гарантировать операторам стабильно высокий показатель ARPU и низкий отток абонентов (churn).**

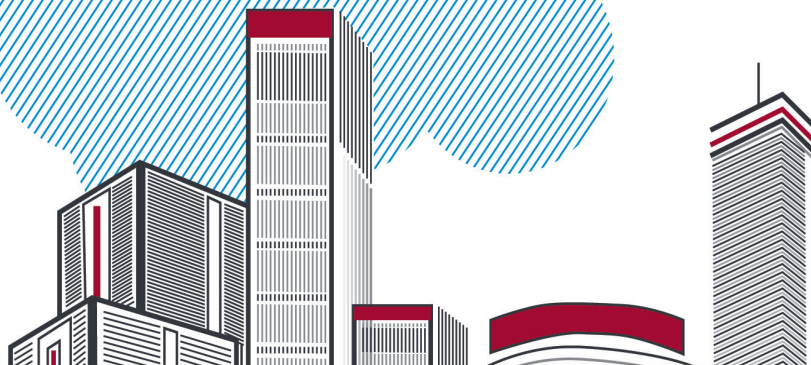
Однако для того, чтобы реализовать эту модель в России, где она фактически запрещена законодательством, необходимы, в первую очередь, изменения в нормативно-правовых актах. Пока же российским операторам остается довольствоваться косвенным субсидированием потребителей.

softline®



Services Software Cloud

ИТ-архитектура  
вашего бизнеса



# ПЕРСПЕКТИВЫ РЫНКА WiMAX В РОССИИ И В МИРЕ, ВОЗМОЖНОСТИ МИГРАЦИИ НА LTE

Компания J'son & Partners Consulting представляет краткие результаты аналитического исследования «Перспективы рынка WiMAX в России и в мире, возможности миграции на LTE», в котором проанализированы основные тренды и прогнозы развития рынка БШПД на базе WiMAX и возможности перехода операторов на LTE.

## Технологии

Основным технологическим трендом является развитие технологий как проводного, так и беспроводного широкополосного доступа в сторону увеличения пропускной способности сетей, увеличения скоростей передачи данных, что обусловлено растущими потребностями конечных пользователей в «тяжелом» контенте (фото, аудио, видео, игры и пр.). В настоящее время существует две основные технологии, условно относящиеся к четвертому поколению связи (4G) – это LTE и WiMAX. При этом основным преимуществом LTE является то, что этот стандарт стал следующей ступенью развития технологии 3G (UMTS/HSPA, HSPA+), в то время как WiMAX является отдельной ветвью эволюции мобильного ШПД (Рис. 1).

Имея сопоставимые с LTE характеристики, технология WiMAX оказалась менее приспособленной к массовому развертыванию. Многие ключевые вендоры свернули инвестиции в WiMAX и перероентировались на LTE. По различным прогнозам, к 2015 г. на долю WiMAX

придется только около 1% рынка мобильного ШПД в целом и до 13% абонентской базы 4G в мире (Рис. 2). В России WiMAX также останется нишевой технологией с долей рынка, по прогнозам J'son & Partners Consulting, не превышающей 1% мобильного ШПД.

## WiMAX в мире

В связи с неблагоприятными рыночными перспективами для WiMAX, многие крупные операторы БШПД в мире ориентируются на постепенную миграцию на технологию LTE в непарном спектре (TD-LTE). Исключение составляет японский оператор UQ Communications, который использует WiMAX не только для предоставления услуг беспроводного доступа прямым клиентам, но и для разгрузки трафика сетей сотовой связи через сеть хот-спотов Wi-Fi, которые подключены к магистральной сети с использованием WiMAX. UQ Communications не планирует отключение WiMAX в ближайшей перспективе, расширяет модельный

ряд абонентских устройств, включая WiMAX-смартфоны, планирует запуск новых устройств, совместимых с технологией WiMAX 2 (и активно использует модель MVNO). Два других крупнейших WiMAX-оператора – Clearwire (США)

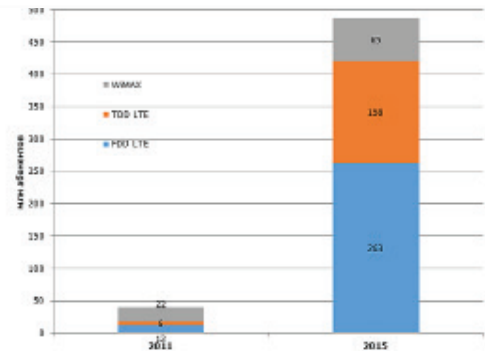


Рис. 2. Число абонентов 4G в мире  
Источник: Pyramid Research, 2011

и Packet One (Малайзия) стратегически нацелены на переход к LTE (Табл. 1).

Одним из показательных кейсов для WiMAX-операторов является пример создания компанией UK Broadband первой коммерческой сети TD-LTE в Великобритании в мае 2012 г. в диапазоне 3,5 ГГц (компания владеет частотами 40 МГц в диапазоне 3400-3600 МГц и 84 МГц – в диапазоне 3600-3800 МГц).

Основными факторами, сдерживающими развитие WiMAX в мире, являются ограниченный ряд абонентских устройств, фактическое отсутствие роуминга и отказ крупнейших вендоров и мобильных операторов от инвестиций в эту технологию в пользу LTE. Параллельно в мире активно расширяется экосистема сетей LTE в непарном спектре (TD-LTE).

**Как LTE-Advanced, так и IEEE 802.16m (WiMAX 2) были признаны Международным союзом электросвязи (ITU) полностью отвечающими требованиям, предъявляемым к стандартам 4G. Однако при прочих равных безуслов**

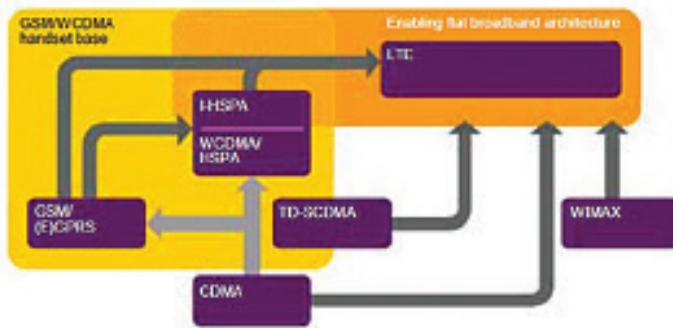


Рис. 1. Эволюция технологий БШПД к LTE  
Источник: NSN, 2010

Таблица 1. Крупнейшие сети WiMAX в мире Источники: данные операторов

Оператор	Clearwire/Sprint	UQ Communications	Packet One Networks
География предоставления услуг	США, Испания, Бельгия	Япония	Малайзия
Покрытие и количество пользователей	134 млн*, 11 млн**, 1,3 млн***	10 млн.* (90% населения), 3,85 млн.**	45% населения* 356 тыс. ***
Абонентские устройства	<u>Смартфоны:</u> HTC EVO 4G, Samsung Epic 4G, HTC Evo V 4G, HTC Evo Design 4G <u>Точки доступа:</u> CLEAR Spot Voyager <u>USB-модемы:</u> CLEAR Stick Atlas, CLEAR 4G+ USB Series S <u>Роутеры:</u> CLEAR Hub Express, CLEAR Modem with Wi-Fi, CLEAR Modem Series M, Modem Series G;	<u>Смартфоны:</u> HTC J, Aqous Phone, Arrows Z, Urbano Progresso, Galaxy S II WiMAX, Digno, HTC Evo 3D, Motorola Photon. <u>Планшетные ПК:</u> Sharp EB-GALAPAGOS A71GJ-B, ASUS Eee Pad TF101-WiMAX <u>Ноутбуки:</u> Fujitsu LIFEBOOK Qual AH77 / J, Panasonic Corporation Let'snote SX2	<u>Модемы:</u> P1 WiMAX DS300 P1 WiMAX DV230 P1 WiMAX DX230
Тарифы	\$35-50 (1000-1500 руб.) <sup>1</sup> в мес. в зависимости от скорости и включенного трафика	UQ Flat – 4480 йен/мес. (1500 руб./мес.); UQ Step – от 380 до 4980 йен/мес. (от 127 руб. до 1670 руб./мес.) UQ 1 Day - 1 600 йен (537 руб.) за 24 часа	One Plan – от MYR99 до MYR149 (около 1000-1500 руб.) в мес. в зависимости от скорости и включенного трафика
Стратегия развития	Компания расторгла соглашение с Intel, которое обязывало ее строить сеть на базе WiMAX, тем самым получив возможность мигрировать на LTE или использовать под LTE часть диапазона. В настоящее время Sprint активно расширяет сеть LTE. Sprint планирует получить полный контроль над Clearwire, которая владеет 65 МГц спектра в перспективном для LTE диапазоне 2,5 ГГц почти на всей территории США	Планирует запуск новых устройств, совместимых с технологией WiMAX 2	Планирует реализовывать трехлетний план перехода к TD-LTE «2.0 Evolution Plan». В итоге сеть будет состоять из примерно 4000 базовых станций TD-LTE и охватывать около 80-90% населения.

Источник: J'son &amp; Partners Consulting, декабрь 2012

\* потенциальное покрытие (численность населения, проживающего на территории покрытия сети)

\*\* количество пользователей Clearwire и ее партнеров – компаний Sprint, MVNO, реселлеров и пр.

\*\*\* количество пользователей – собственных абонентов Clearwire

### **ное преимущество у технологии LTE-Advanced, которая является следующей ступенью развития доминирующей технологии LTE.**

По состоянию на начало января 2013 г. в мире насчитывалось 13 коммерческих сетей TD-LTE, включая российскую сеть МТС в Москве; десятки сетей находятся в стадии развертывания и тестирования. Существенным драйвером перехода на TD-LTE является выпуск устройств, поддерживающих оба стандарта – WiMAX и TD-LTE. Это также

позволит операторам совершить плавную миграцию с одной технологии на другую без перерывов в обслуживании абонентов.

**В целом, переход на LTE в большинстве стран, включая Россию, по мнению J'son & Partners Consulting, скорее всего, затянется на несколько лет, которые потребуются регулятору для обеспечения операторов соответствующим частотным ресурсом и приведения в соответствующее состояние**

### **своего отраслевого законодательства.**

#### **Перспективы WiMAX в России и возможность миграции на LTE**

В случае миграции на LTE в рамках готовящегося перехода на принцип технологической нейтральности, существующие и перспективные операторы WiMAX и беспроводного ШПД (БШПД) могут определенным образом повлиять на зарождающийся рынок 4G в Рос-



Табл. 2. Количество LTE-устройств FDD/TDD, поддерживающих различные частотные диапазоны

LTE FDD	
700 MHz	251
800 MHz Band 20	115
1800 MHz Band 3	130
2600 MHz Band 7	158
800/1800/2600 MHz	93
2100 MHz Band 1	72
AWS Band 4	111
TD-LTE	
2300 MHz Band 40	77
2600 MHz Band 38	94
2600 MHz Band 41	19

Источник: The Global mobile Suppliers Association, ноябрь 2012

сии. В частности, «Энфорта», являясь крупнейшим оператором фиксированного БШПД в России, может существенно укрепить свои позиции в сегменте В2В и составить серьезную конкуренцию в этом сегменте мобильным операторам. «ТрансТелеКом» в случае возможной покупки WiMAX-оператора FreshTel может существенно расширить географию предоставления услуг БШПД и стать значимым игроком на рынке. Ряд операторов WiMAX, не имея значимой абонентской базы, тем не менее, привлекательны для инвестиций с точки зрения имеющегося у них частотного ресурса, пригодного в перспективе для развития сетей LTE. Кроме FreshTel, это «Союз-Телеком», WiTe и др. Обладая частотами в диапазоне 2,5-2,7 ГГц в непарном спектре, «МегаФон» в перспективе (после принятия принципа технологической нейтральности) сможет использовать этот диапазон для развертывания локальных сетей TD-LTE в дополнение к основным сетям FDD LTE, которые будут построены после проведения расчистки частотного спектра, полученного на конкурсе в 2012 г.

**На сегодня не существует существенных технологических ограничений на использование технологий TD-LTE, в частности, операторам**

**WiMAX, которые располагают соответствующим частотным ресурсом. Однако в ряде стран, включая Россию, существуют законодательные ограничения, например, не работает принцип технологической нейтральности.**

Несмотря на то, что технология TD-LTE уступает по разнообразию абонентских устройств технологии FD-LTE, можно ожидать дальнейшего увеличения ассортимента устройств TD-LTE, благодаря ориентации на этот стандарт крупнейших азиатских (Китай, Индия и пр.) и других стран, включая Россию и США. Важным фактором в продвижении этой технологии станет появление первых TD-LTE смартфонов, которые в настоящий момент пока не вызывают интереса у ключевых производителей по причине недостаточной емкости рынка (Табл. 2).

**Тем не менее, для WiMAX есть ряд вполне определенных рыночных ниш на вертикальных рынках - системы безопасности, технологическая связь на транспорте, M2M, интеллектуальные сети (smart grids) и пр. Кроме того, WiMAX может быть успешно использован и используется на практике для построения сети**

**backhaul как альтернатива проводным, радиорелейным и спутниковым системам.**

Основным трендом на рынке WiMAX в настоящее время является ориентация вендоров и операторов на построение гибридных сетей WiMAX/LTE, которые призваны обеспечить сосуществование в своих сетях нескольких технологий 4G с перспективой слияния в LTE-Advanced.

#### Выводы

1. Общий мировой тренд показывает, что крупнейшие WiMAX-операторы по всему миру рассматривают технологию TD-LTE в своей стратегии как приоритетную, «заморозив» развитие сетей WiMAX.

2. Основными факторами, сдерживающими развитие WiMAX в мире, являются ограниченный ряд абонентских устройств, фактическое отсутствие роуминга, отказ крупнейших вендоров и мобильных операторов от инвестиций в эту технологию в пользу LTE.

3. На сегодня нет существенных технологических ограничений на использование технологии TD-LTE, в частности, операторам WiMAX, которые располагают соответствующим частотным ресурсом. Однако в ряде стран, включая Россию, существуют законодательные ограничения, например, не работает принцип технологической нейтральности.

4. Несмотря на то, что технология TD-LTE уступает по разнообразию абонентских устройств технологии FD-LTE, можно ожидать дальнейшего увеличения ассортимента устройств TD-LTE, благодаря, прежде всего, ориентации на этот стандарт крупнейших азиатских (Китай, Индия и пр.) и других стран, включая Россию и США.

5. Если мобильные операторы сделали ставку на LTE, то относительно небольшие операторы продолжают продвигать WiMAX как альтернативу проводному DSL-доступу и в специализированных вертикальных приложениях.

6. Основным трендом на рынке WiMAX в настоящее время является ориентация вендоров и операторов на построение гибридных сетей WiMAX/LTE, которые способны обеспечить сосуществование в своих сетях нескольких технологий 4G с перспективой слияния в LTE-Advanced.

## ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ

Предоставляемая для публикации статья должна быть актуальной, обладать новизной, отражать постановку задачи, содержать описание основных результатов исследования, выводы, а также соответствовать указанным ниже правилам оформления. Текст должен быть тщательно вычитан автором, который несет ответственность за научно-теоретический уровень публикуемого материала.

1. Статья подготавливается в редакторе MS Word.
2. Формульные выражения выполняются во встроенном формульном редакторе MS Word 2003 или в редакторе Math Type. Также в отдельной папке должны содержаться экспортированные изображения формул в формате TIFF (качество изображений не менее 600 dpi). Названия файлов должны соответствовать номерам формул в статье (например: Формула 2-1.tiff).
3. Объем статьи с аннотацией – от 10 до 20 тыс. знаков. Рисунки и таблицы в объеме статьи не учитываются.
4. Объем аннотации 250-300 слов. Аннотация должна быть информативной (не содержать общих слов), структурированной, отражать основное содержание статьи: предмет, цель, методологию проведения исследований, результаты исследований, область их применения, выводы. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.
5. Ключевые слова (не менее пяти).
6. фамилия, имя, отчество всех авторов полностью, полное название организации – места работы каждого автора, почтовый адрес, должность, звание, ученая степень каждого автора, адрес электронной почты для каждого автора.
7. Список литературы не менее пяти наименований, для статей – с указанием страниц, для книг – с указанием общего числа страниц в книге, для интернет-сайта – с указанием даты обращения.
8. Формулы нумеруются в круглых скобках, источники – в прямых. Нумерация формул и приведение в списке источников, на которые нет ссылок по тексту, не допускается.
9. На английском языке предоставляется: название статьи, для каждого автора имя и фамилия, место работы, должность, электронный адрес, аннотация, ключевые слова и списки литературы (по стандарту Harvard).
10. Статья предоставляется в электронном виде, единым файлом, имеющим следующую структуру: заглавие статьи, сведения об авторах, ключевые слова, аннотация, текст статьи (включая иллюстрации, таблицы и формулы), пристатейный список литературы, англоязычный блок. Также представляется отдельная папка с экспортированными изображениями формул в формате TIFF, по требованиям указанным в п.2.
11. К статье прилагается экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати и две рецензии кандидатов или докторов наук по профилю планируемой публикации материалов.

**Внимание!** Редакция оставляет за собой право отклонить представленные материалы, оформленные не по указанным правилам.

## MANUSCRIPT REQUIREMENTS

### Format

1. All files should be submitted as a Word document.
2. Articles should be between 15000 and 20000 characters (incl. spaces).
3. Article Title to be submitted in native language and English. A title of not more than eight words should be provided.

### Author Details (in English and native language)

Details should be supplied on the Article Title Page including:

- \* Full name of each author
- \* Position, rank, academic degree
- \* Affiliation of each author, at the time the research was completed
- \* Full postal address of the affiliation
- \* E-mail address of each author
- \* Structured Abstract (in English and native language)
- \* Abstract should be: informative (no general words), original, relevant (reflects your papers key content and research findings); structured (follows the logics of results presentation in the paper), concise (between 250 and 300 words).
- \* Purpose (mandatory)
- \* Design/methodology/approach (mandatory)
- \* Findings (mandatory)
- \* Research limitations/implications (if applicable)
- \* Practical implications (if applicable)
- \* Social implications (if applicable)
- \* Originality/value (mandatory)

It is appropriate to describe the research methods/methodology if they are original or of interest for this particular research. For papers concerned with experimental work describe your data sources and data procession technique.

Describe your results as precisely and informatively as possible. Include your key theoretical and experimental results, factual information, revealed interconnections and patterns. Give special priority in your abstract to new results and long-term impact data, important discoveries and verified findings that contradict previous theories as well as data that you think have practical value.

Conclusions could be associated with recommendations, estimates, suggestions, hypotheses described in the paper.

Information contained in the title should not be duplicated in the abstract. Try to avoid unnecessary introductory phrases (e.g. the author of the paper considers).

Use the language typical of research and technical documents to compile your abstract and avoid complex grammatical constructions. The text of the abstract should include key words of the paper.

### Keywords (in English and native language)

Please provide up to 5 keywords on the Article Title Page, which encapsulate the principal topics of the paper.

### Figures

All figures should be of high quality, legible and numbered consecutively with arabic numerals. All figures (charts, diagrams, line drawings, web pages/screenshots, and photographic images) should be submitted in electronic form preferably in color as separate files, that match the following parameters:

### References

References to other publications must be in Harvard style and carefully checked for completeness, accuracy and consistency.