

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Журналу «Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли» (Н&ES) в этом году исполняется шесть лет.

Наш журнал продолжает многолетнюю историю публикаций «Трудов СКФ МТУСИ» (Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики) и продолжает развиваться как научное издание. С 2012 года мы увеличили количество выпусков до четырех, а с 2013 года до шести номеров в год.

Н&ES – научно-технический журнал для специалистов в области современных инфокоммуникационных технологий и автоматизированных систем управления, средств космических исследований Земли и информационной безопасности.

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.

Целевая аудитория по распространению журнала: телекоммуникационные компании; дистрибьюторы телекоммуникационного оборудования и услуг; разработчики и производители оборудования; компании, занимающиеся железнодорожными, воздушными и морскими перевозками; провайдеры охранно-поисковых услуг; геодезические и картографические организации; государственные ведомства и организации; профильные учебные заведения.

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

Журнал входит в систему РИНЦ, поданы документы в перечень ВАК, рассматривается его включение в международные базы данных SCOPUS и WoS.

Мы приглашаем всех руководителей организаций, предприятий и учреждений принять участие в развитии журнала Н&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»)

### **Курносов 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

- 4 **Новости науки и техники, события, люди**

## ТЕХНОЛОГИИ

- 12 **Афшари Т.**  
Рост объемов информации и корпоративных приложений обуславливают внедрение флэш-технологий
- 14 **Дубровин В.С., Никулин В.В.**  
Применение пассивных фазовращателей в формирователе квадратурных сигналов
- 20 **Моисеев А.А.**  
Упрощенная математическая модель двигателя внутреннего сгорания

## ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

- 30 **Николашин Ю.Л., Будко П.А., Жолдасов Е.С., Жуков Г.А.**  
Перспективные методы повышения помехоустойчивости декаметровых радиолиний
- 38 **Легков К.Е., Буренин А.Н.**  
К вопросу управления эффективностью инфокоммуникационных систем специального назначения
- 44 **Воловиков В.С., Семенов С.С.**  
Подход к обоснованию рационального состава комплектов военно-технического имущества связи для ремонта техники связи с боевыми повреждениями

## КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- 48 **Брэдли Д.**  
Три простых правила усиления безопасности мобильных устройств

## ИНФОРМАЦИОННАЯ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ

- 50 **Маркин Д.О.**  
Аудит безопасности в системе управления безопасностью сетевого взаимодействия на основе использования системы доменных имен



Hi-tech  Earth Space  
**RESEARCH**

[www.H-ES.ru](http://www.H-ES.ru)

### УЧРЕДИТЕЛЬ

ООО «ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ  
МЕДИА ПАБЛИШЕР»

### ИЗДАТЕЛЬ

СВЕТЛАНА ДЫМКОВА  
[ds@media-publisher.ru](mailto:ds@media-publisher.ru)

### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

КОНСТАНТИН ЛЕГКОВ  
[HT-ESResearch@yandex.ru](mailto:HT-ESResearch@yandex.ru)

### ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР

ОЛЕГ НЕСТЕРЕНКО  
[konferencia\\_asu\\_vka@mail.ru](mailto:konferencia_asu_vka@mail.ru)

### ДИЗАЙН, ВЕРСТКА

ОКСАНА ИВАНОВА  
[hn\\_ivanova\\_ov@gmail.ru](mailto:hn_ivanova_ov@gmail.ru)

### ОБЛОЖКА

МАРИЯ ГРИНЧУК  
[www.mariagrinchuk.com](http://www.mariagrinchuk.com)

### ОТДЕЛ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ПОДПИСКИ

[info@media-publisher.ru](mailto:info@media-publisher.ru)

### ОТДЕЛ РАЗВИТИЯ И РЕКЛАМЫ

ИВАН ПОЛЯШЕНКО  
[oilmet@mail.ru](mailto:oilmet@mail.ru)  
ОЛЬГА ДОРОШКЕВИЧ  
[ovd@media-publisher.ru](mailto:ovd@media-publisher.ru)

### ПОДДЕРЖКА ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА

ВЯЧЕСЛАВ КОСИНОВ

### ПРЕДПЕЧАТНАЯ ПОДГОТОВКА

ООО «ИД МЕДИА ПАБЛИШЕР»  
[www.media-publisher.ru](http://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

## NEWS

- 4 News of science and technology, events, people

## TECHNOLOGIES

- 12 **Afshary T.**  
The growth in information and enterprise applications lead to the introduction of flash technology
- 14 **Dubrovin V., Nikulin V.**  
Application of passive phase shifter in a quadrature signal shaping unit
- 20 **Moiseyev A.**  
The simplified mathematical model internal combustion engine

## TELECOMMUNICATIONS

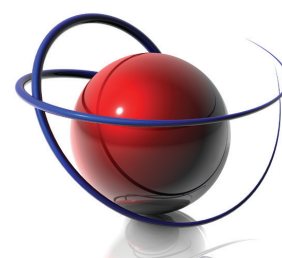
- 30 **Nikolashin Y., Budko P., Zholdasov E., Zhukov G.**  
Perspective methods of increase noise stabilities in decameter radio lines
- 38 **Legkov K., Burenin A.**  
Question of efficiency control in special purpose infocommunication systems
- 44 **Volovikov V., Semenov S.**  
The approach to a justification of rational repair complete sets for military communications equipment combat damage repair

## COMPLEX SAFETY

- 48 **Bradley J.**  
Three simple rules enhance the security of mobile devices

## INFORMATION AND CYBERSAFETY

- 50 **Markin D.**  
Security audit in the system of security networking control based on using domain name system



## 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

Журнал "Наукоемкие 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 Company

© ООО "ИД Медиа Паблшер", 2014

ПЕРИОДИЧНОСТЬ ВЫХОДА — 6 НОМЕРОВ В ГОД  
СТОИМОСТЬ ОДНОГО ЭКЗЕМПЛЯРА 500 РУБ.

## Российская компания ЗАО «МЦСТ» сообщила о запуске в производство опытной партии универсальных микропроцессоров Эльбрус-8С. Получение готовых образцов микросхем ожидается в октябре 2014 года

Микропроцессор Эльбрус-8С — полностью российская разработка. Кристалл микропроцессора спроектирован по технологии 28 нм, имеет 8 процессорных ядер с улучшенной 64-разрядной архитектурой Эльбрус 3-го поколения, кэш-память 2-го уровня общим объемом 4 мегабайта и 3-го уровня объемом 16 мегабайт.

На базе микропроцессора Эльбрус-8С планируется организовать массовое производство серверов, рабочих станций и других средств вычислительной техники, предназначенных для применения в государственных учреждениях и бизнес-структурах, предъявляющих повышенные требования к информационной безопасности, а также для применения в области высокопроизводительных вычислений, обработки сигналов, телекоммуникации. Инженерные образцы 4-процессорного сервера на базе процессоров Эльбрус-8С с производительностью 1 терафлопс будут изготовлены в конце 2014 г.

Отечественная архитектура Эльбрус разработана в России и имеет ряд уникальных особенностей. К ним относятся: возможность выполнять на каждом ядре до 25 операций за один машинный такт, что обеспечивает высокую производительность при умеренной тактовой частоте; технология динамической двоичной трансляции, позволяющая обеспечивать эффективное исполнение приложений и операционных систем, распространяемых в двоичных кодах x86, в том числе в многопоточном режиме; поддержка режима защищенных вычислений с особым аппаратным контролем целостности структуры памяти, которая позволяет обеспечить высокий уровень информационной безопасности использующих его программных систем.

Базовой операционной системой для платформы Эльбрус является ОС «Эльбрус», построенная на базе ядра Linux.

Система программирования платформы поддерживает языки C, C++, Java, Фортран-77, Фортран-90.

*Российские восьмиядерные процессоры Baikal.*

В связи с последними санкциями со стороны IT-компаний США Минпромторг активно ищет замену американским процессорам Intel и AMD. Ожидается, что уже в следующем году у нас будет выпущена линейка российских многоядерных чипов Baikal, выполненных по 28-нанометровому процессу.

Ожидается, что процессоры Baikal будут использоваться в компьютерах госучреждений. Такие компании ежегодно закупают порядка 700 тыс. персональных компьютеров и 300 тыс. серверов на общую сумму около 800 млн. долл. В целом объем данного рынка составляет 5 млн. девайсов на сумму порядка 3,5 млрд. долл.

Вполне вероятно, что разработка данных российских процессоров будет убыточна. Ведь только в прошлом году Intel потратила на исследования в этой сфере порядка 3,5 млрд. долл. Объем инвестиций в разработку новых российских процессоров пока не раскрывается.

Выпуск новых восьмиядерных процессоров с индексами Baikal M и M/S и тактовой частотой 2 ГГц запланирован на начало следующего года. Построены чипы будут на 64-битных ядрах ARM Cortex A-57. Работать компьютеры с процессорами Baikal будут под управлением одной из модификаций Linux. А к концу 2016 г. планируется начать выпуск нового поколения процессоров — 16-ядерных чипов, построенных по 16 нм процессу. За выпуск новых процессоров отвечает дочернее предприятие «Т-платформы» — «Байкал электроникс».

Чипы Baikal будут производиться при помощи Объединенной приборостроительной корпорации (ОПК), которая входит в «Ростех», финансироваться — через СП фонда инфраструк-

турных и образовательных программ «Роснано» и «Т-платформ» «Т-нано». Известно, что совместное предприятие уже получило 1,2 млрд. руб.

*Мощный российский микропроцессор «Эльбрус-4С».*

ЗАО «МЦСТ» сообщила, что ее четырехядерный микропроцессор «Эльбрус-4С» (рабочее название — «Эльбрус-2S»), готов к серийному производству. По заявлению производителя, новый чип обеспечивает производительность, сопоставимую с микропроцессорами ведущих зарубежных компаний.

Новая разработка ЗАО «МЦСТ» позволит провести замещение импортных вычислительных систем там, где этого требуют соображения информационной безопасности и технологической независимости — например, в армии. На сегодня «Эльбрус-4С» — самый высокопроизводительный микропроцессор в портфеле компании. «Эльбрус-4С» — 64-разрядный универсальный микропроцессор. Он содержит 4 ядра, работающих на частоте 800 МГц, поддерживает три канала памяти DDR3-1600. Поддерживается объединение до 4 чипов в многопроцессорную систему с общей памятью. Процессор произведен по технологии 65 нанометров, его среднее энергопотребление составляет 45 ватт (к слову, процессоры Intel Haswell имеют штатную частоту до 3,5 ГГц, а их энергопотребление варьируется от 35 до 84 Вт).

За один такт каждое ядро нового процессора может выполнить 23 операции, тогда как для процессоров типа RISC эта цифра в несколько раз ниже. Несмотря на относительно невысокую тактовую частоту, на многих реальных задачах микропроцессор «Эльбрус-4С» обеспечивает производительность, сопоставимую с ведущими зарубежными микропроцессорами. По сравнению с предыдущим поколением (процессором «Эльбрус-2С+») в архитектуру нового процессора были внесены существен-

ные улучшения: введена аппаратная поддержка для двоичной трансляции 64-разрядных кодов Intel/AMD, добавлена поддержка двоичной трансляции в многопоточном режиме, увеличена кэш-память. Также переработана подсистема работы с памятью: освоен стандарт DDR3-1600, увеличено количество каналов памяти, повышена эффективность работы в многопроцессорных системах.

Базовой операционной системой для процессора является ОС «Эльбрус», построенная на основе ядра Linux версии 2.6.33. В ее состав входят менеджеры пакетов и более 3 тысяч программных пакетов из состава дистрибутива Debian 5.0.

*Комментарий главного редактора N&ES*

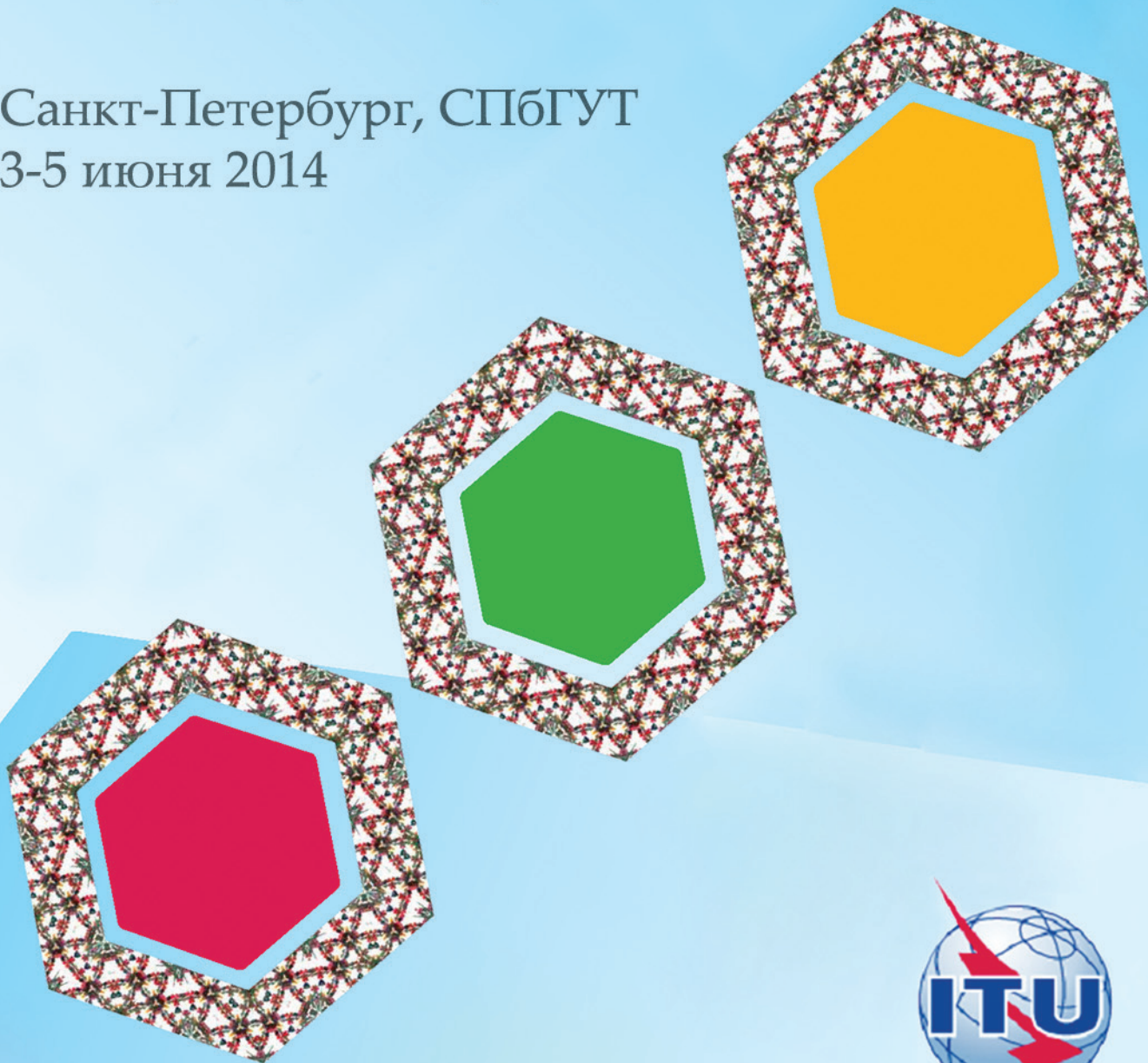
*Константина Легкова:*

Эльбрус-4С строится на 65-нм техпроцессе, характерном для разработок Intel и AMD 10-летней давности. Это не является большим препятствием для использования процессора в промышленных и военных объектах, где проблема компактности и энергоэффективности не стоит; можно наращивать ядра и пользоваться неплохим (на бумаге) числом операций на ядро. Но в потребительском секторе устройств на базе этих процессоров ждать не стоит — конкуренции Intel, AMD, NVIDIA, Mediatek и другим они не составят — здесь технологическое отставание будет уже очень серьезным. Это узконаправленное решение. Также не хватает конкретики по дате начала выпуска процессора и информации по проценту брака при выпуске «Эльбрус-4С».



# Шестая международная конференция “Можно ли жить в конвергированном мире при отсутствии стандартов”

Санкт-Петербург, СПбГУТ  
3-5 июня 2014



СПб ГУТ)))



МИНКОМСВЯЗЬ  
РОССИИ

Участие в мероприятии бесплатное, подробная информация на сайте  
[www.expo-telecom.ru](http://www.expo-telecom.ru) и по телефонам: +7(495) 692-10-11, +7(495) 692-11-05

## Расходы россиян на сотовую связь изменились

Компания Synovate Comcon опубликовала результаты регулярного исследования РосИндекс, в котором сообщается, что в настоящее время доля пользователей мобильных телефонов в России составляет 94% (данные 1 полугодия 2014 г.).

Смартфоны становятся все популярнее, вытесняя мобильные телефоны. Например, если в 2010 г. смартфон был у каждого десятого пользователя, то по данным 1 полугодия 2014 г. «умный телефон» есть уже у каждого третьего. Большинство смартфонов работает под управлением операционной системы Android, и доля таких устройств только растет.

Россияне используют телефоны не только для совершения вызовов, но также для отправки и получения SMS (86,9%), выхода в интернет (77,3%), фотографирования (62,3%), прослушивания музыки (57,5%), игр (44,2%) и работы с приложениями (37,1%). Что касается расходов на сотовую связь, то за последние 5 лет они снизились примерно на 120 руб., составив около 535 руб. в месяц (данные на 1 полугодие 2014 г.).

Интересно, что владельцы обычных телефонов платят почти в два раза меньше по сравнению с владельцами смартфонов.

## Падение IT

Доля инноваций в информационных технологиях резко упала за последние годы. Однако в рост пошли некоторые другие отрасли (например, обрабатывающие и добывающие производства). В итоге за последние три года общая доля инноваций, если считать по всей промышленности, возросла на несколько пунктов. И если по отраслям есть определенный разброс, то если брать географический срез, в целом по всей России, доля организаций, занимающихся инновационной деятельностью примерно одинакова в каждом федеральном округе (несколько ниже среднего только в ЮФО и СКФО).

## Число магнитных бурь увеличивается осенью и весной

Невидимые глазу магнитные бури на Солнце иной раз способны нанести не менее серьезный вред, нежели обычные бури на Земле. Их появление не только отражается на здоровье и самочувствии людей, но и приводит к проблемам связи, нарушению систем навигации, возникновению нежелательных (и даже разрушительных) вихревых индукционных токов в трансформаторах и трубопроводах.

Поэтому предсказание геомагнитных бурь настолько же важно, как и прогноз урагана.

Геомагнитные бури возникают из-за потоков солнечной плазмы, содержащих в себе Vz-компоненту межпланетного магнитного поля. Эта компонента имеет противоположное геомагнитному полю Земли направление, и чем значительнее её величина в плазменном потоке, тем сильнее интенсивность бурь.

Масштабные выбросы солнечной плазмы порождают целые магнитные облака солнечного ветра, и в периоды весеннего и

осеннего равноденствия из-за них возрастает геомагнитная активность. Есть нескольких гипотез, объясняющих, почему магнитных бурь больше весной и осенью, нежели зимой и летом.

Российские учёные из Нижегородского университета архитектуры и строительства и Нижегородского педагогического университета попытались выявить связь между сезонной зависимостью геомагнитной активности и взаимной ориентацией магнитных облаков и Земли.

Результаты исследований опубликованы в журнале «Космические исследования» («Проявление ориентации магнитных облаков солнечного ветра в сезонной вариации геомагнитной активности», №4, 2014 г.). Работа учёных была поддержана РФФИ (проект №12-05-0425) и Министерством образования и науки РФ (по госзаданию «Разработка современных методов прогнозирования магнитосферно-ионосферного состояния в целях обеспечения успешных

коммуникаций на основе поиска фундаментальных закономерностей влияния солнечной активности»).

Изучив статистику, учёные показали, что сезонные вариации геомагнитной зависят от того, как взаимно ориентированы оси магнитных облаков и ось, соединяющая магнитные полюса Земли. Свою гипотезу исследователи проверили с помощью статистических данных о направленности магнитных облаков, обнаруженных в 1980-2004 гг.

Оказалось, в период равноденствий (летом и зимой) все 100% облака с малым наклоном оси к плоскости эклиптики вызывают бури, а в период солнцестояний (осенью и весной) – только 80%. Поскольку поля именно таких облаков в основном достигают Земли, учёные делают вывод, что из-за их ориентации в пространстве магнитных бурь больше в межсезонье, а не зимой и летом – когда их ориентация не так благоприятна для взаимодействия с магнитным полем Земли.

## Квантовое состояние фотона удалось телепортировать на 25 километров

Квантовую телепортацию на 25 км осуществили физики Университета Женева. В своем эксперименте ученые разнесли два запутанных фотона на расстояние в 25 км по оптическому волокну. Одна из частиц (вторая) оказалась при этом в кристалле, передаёт Lenta.ru со ссылкой на журнал Nature Photonics.

Далее физики изменили квантовое состояние первого фотона, подействовав на него третьим. В результате состояние второй

частицы (которая находилась в кристалле) изменилось.

Таким образом ученые наблюдали проявление квантовой нелокальности: хотя фотоны были разнесены на расстояние 25 км, изменение состояния одного из них сказалось на другом.

Исследователи улучшили свое предыдущее достижение десятилетней давности, когда на расстояние шести километров телепортировали состояние фотона.

Телепортация по оптоволокну осуществляется труднее, чем по воздуху. Это связано со взаимодействием фотонов со стеклом, в ходе которого они теряют значительную часть первоначальной информации. В ходе работы ученые отметили высокую точность своих измерений.

По их словам, это может привести к прогрессу в использовании запутанных фотонов в квантовой криптографии.

## Российские учёные опасаются, что к 2030 году Арктика полностью растает

Российские учёные опасаются, что к 2030 г. арктика полностью растает. На конференции «Состояние арктических морей и территорий в условиях изменения климата» в Архангельске специалисты, представляющие Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, высказали

предположение, что арктические льды могут полностью исчезнуть уже через 15 лет, к 2030 г., передаёт «Арктика-Инфо».

Учёные поясняют, что активное таяние арктического льда началось в 90-х годах прошлого века, а пик сокращения ледяного покрова пришёлся на 2012 г.

За это время площадь арктических ледников сократилась в два раза и на сегодняшний день составляет 3,37 млн. км<sup>2</sup>.

Однако, отмечают исследователи, сейчас в Арктике наблюдается понижение температуры, поэтому процесс таяния льдов может замедлиться.

## Доля windows phone не имеет никакого значения

Глава Microsoft, Сатья Наделла, в рамках своего выступления на ежегодном обеде в Торговой палате Сиэтла рассмотрел множество тем, связанных с его видением компании в целом, а также поговорил о перспективах будущего развития. Но в части выступления, где Наделла отвечал на вопросы из зала, несмотря на дружественную атмосферу, ему пришлось обсудить и вопросы того, как Microsoft будет бороться с малой долей Windows Phone на рынке. Правда, вопрос, который задал глава Торговой палаты Сиэтла, Мод Дудон, звучал очень дипломатично: «Каково ваше видение будущего позиционирования Microsoft в вопросах увеличения доли на мобильном рынке для усиления своих конкурентных позиций?». Сатья Наделла сказал, что не стоит обращать внимание на долю рынка, которую занимает Microsoft: «Когда мы определяем долю, занимаемую на мобильном рынке, мы не думаем о ней как об объеме, который у нас есть сейчас, в рамках существующих факторов. Устройства и их размеры будут приходить и уходить, будут ме-

няться их размеры, даже в пределах одного года вы будете сменять несколько смартфонов. Этот рынок интересен не устройствами, а его мобильностью. Если же говорить о том, на чем мы концентрируем свое видение, то это не устройства, а люди, которые с ними взаимодействуют. Платформы и опыт использования должны строиться начиная с людей, это фундамент. Со временем количество устройств, окружающих вас, будет расти. Это будут устройства поменьше, устройства побольше, устройства, которые мы еще не можем себе представить, но которые завтра будут для нас обыденностью. Но что в череде этих устройств будет постоянным? Ваши цифровые воспоминания, опыт использования, который должен быть неизменным вне зависимости от того, каким устройством вы пользуетесь сейчас. Это суть нашего мышления, именно так мы представляем себе инновации как сегодня, так и в будущем. Также мы плотно обосновались в этом кросс-платформенном мире. Вне зависимости от платформы, вы можете везде увидеть нас —



иконки, которые дают доступ к ПО от Microsoft, есть на любом телефоне. Неважно, работает он на Windows Phone или нет. Это наша основная цель: Office, Skype сейчас доступны на практически любом устройстве. И Minecraft! На телефоне каждого 8-летнего ребенка точно». Несмотря на развернутый комментарий, Сатья Наделла не дал конкретного ответа, как они собираются увеличивать долю без своих устройств, а только лишь предложил доступность сервисов на других платформах. Дело в том, что принцип вовлечения в экосистему не будет работать до тех пор, пока человек не воспользуется устройством, которое подтолкнет его к вовлечению в эту среду приложений. Правда, таким образом глава Microsoft мог попытаться намекнуть на отказ от бренда Windows Phone.

## Китайские хакеры атакуют американский ВПК

Хакеры, связанные с китайским правительством, регулярно атаковали компьютерные сети американских компаний, занимавшихся транспортировкой американских войск и военного оборудования. Об этом сообщает агентство Reuters со ссылкой на доклад Сената США. В течение года сотрудничающая с министерством обороны США компания Transcom подверглась как минимум 20 атакам, из которых служба безопасности смогла зафиксировать только две. Сенатор штата Мичиган от демократической партии Карл Левин уверен, что подобные вторжения в мирное время в сети подрядчиков министерства обороны свидетельствует о агрессивном настрое Китая в киберпространстве. Между тем, эксперт по кибербезопасности Дмитрий Алперо-

вич сообщил в своем докладе, что в то время, как вооруженные силы используют секретные сети, не связанные с интернетом, частные компании не в состоянии обеспечить адекватный уровень защиты своих сетей. Эксперт сообщает, что в течение многих лет вся логистика снабжения американской армии от еды и топлива до боеприпасов, а также воздушное сообщение, находятся под пристальным вниманием Китая. Данные ФБР говорят о еще более плачевной ситуации. Согласно докладу, сети компании Transcom и ее подрядчиков взламывались как минимум 50 раз с 1 июня 2012 г. С 2008 по 2010 гг. китайские хакеры имели доступ к электронной почте, к паролям пользователей, программным кодам и документации транспортной ком-

пании. А в 2012 г. были взломаны компьютерные сети зафрахтованного Transcom судна. В мае нынешнего года США обвинили пятерых китайских офицеров во взломе сетей американских компаний, связанных с ядерной и металлургической промышленностью, а также с солнечной энергетикой. Целью взлома была попытка хищения новейших разработок. Последний инцидент произошел в августе нынешнего года. Тогда китайские хакеры проникли в компьютеры одной из крупнейших в США больничных сетей Community Health Systems, похитив личные данные 4,5 млн. пациентов. Однако, несмотря на все эти инциденты и столь тревожный доклад Сената США, посольство Китая продолжает сохранять молчание в ответ на все обвинения в киберагрессии.

## В Крыму пройдет международный форум, посвященный новейшим технологиям

Международный форум «Крым Hi-Tech-2014» состоится в Севастополе. Он будет проходить с 25 по 27 сентября. Организаторами форума выступают Министерство образования и науки Российской Федерации и Правительство города Севастополя совместно с Законодательным собранием города Севастополя. Мероприятие посетят представители научного и бизнес-сообщества из 15 стран мира, в том числе Объединенных Арабских Эмиратов, Тайваня, Хорватии, Алжира, Египта и др. «Крым Hi-Tech-2014» призван объединить усилия представителей науки, образования, бизнеса и власти для реализации перспективных инновационных проектов. В рамках Форума запланировано проведение X Международного салона инноваций и изобретений «Новое время». Программой предусмотрены международный конкурс разработок, ярмарка инноваций и новых технологий, презентации организаций-экспонентов. Конгрессная часть Форума откроется пленарным заседанием «Государство, наука и бизнес в инновационном развитии экономики», а затем начнут свою работу тематические секции: Материалы с уникальными свойствами для электротехнического оборудования; Перспективные материалы, покрытия и технологии для сельскохозяйственного машиностроения и приборостроения; Энергосберегающие технологии и возобновляемые источники энергии с учетом требований к безопасности экологии и потребителей; Технологии по улучшению состояния окружающей среды; Инновационные проекты для судостроения. В работе конгрессной части примут участие свыше 220 ученых, изобретателей и инноваторов, представляющих более 100 вузов, академических и отраслевых институтов. Свыше 60% выступающих – доктора наук.

**Всероссийская научно-техническая конференция «Теоретические и прикладные проблемы развития совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения» состоялась**



С 29 по 30 октября 2013 г. в Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского проведена Всероссийская научно-техническая конференция «Теоретические и прикладные проблемы развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения».

В работе конференции в течение двух дней приняли участие представители 66 научно-производственных организаций и ВУЗов из 25 городов и научных центров России, а также представители Генерального штаба ВС РФ и оперативно-стратегических командований военных округов.

Работа конференции проходила в рамках двух пленарных и восьми секционных заседаний.

На пленарном заседании с вступительным словом выступил заместитель начальника Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского по учебной и научной работе, доктор технических наук, профессор генерал-майор Пеньков М.М.

Основные положения проекта «Концепции развития АСУ ВС РФ на период до 2025 г. перед участниками раскрыл Врио начальника 7 управления Главного оперативного управления ГШ ВС РФ капитан 1 ранга Коновалов В.Е.

Выступление заместителя директора Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Соколова Б.В. было посвящено перспективному направлению развития технологий обработки и анализа информации в системе информационно-телеметрического обеспечения.

К вопросу информационного пространства автоматизированной системы управления с территориально-рассредоточенными первоисточниками информации обратился в своем выступлении генеральный директор ЗАО «НПЦ ИРС», главный конструктор АСУ МР «Зарница-М», доктор технических наук, про-

фессор Смирнов Б.П.

В докладе научного руководителя ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», генерального конструктора системы С-50М, доктора технических наук, профессора Безеля Я.В. были освещены проблемы развития и совершенствования АСУ ВКО и межвидового испытательного полигона МО РФ.

В заключение пленарного заседания выступил главный научный сотрудник ОАО «МАК «Вымпел», доктор технических наук, профессор Фатеев В.Ф. с докладом о применении малых космических аппаратов: их состоянии и перспективах.

На конференции работали четыре секции:

- состояние и перспективы развития автоматизированных систем управления войсками (оружием) под председательством к.в.н., доцента Вечеркина В.Б.;
- математическое, программное обеспечение и информационная безопасность в автоматизированных системах управле-

ния под председательством д.т.н., профессора Мануйлова Ю.С.;

– состояние и перспективы развития технологий и средств разработки, технического обеспечения и эксплуатации автоматизированных систем управления под председательством к.т.н. Легкова К.Е.;

– автоматизированная обработка и анализ измерительной информации под председательством к.т.н., доцента Чикурова В.А.

В ходе работы четырёх секций было заслушано и обсуждено 287 докладов.

Тематика секций востребована и отвечает передовым направлениям научных исследований в области развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения.

В ходе работы конференции, программным комитетом принято решение о проведении конференции «Теоретические и прикладные проблемы развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения» на базе Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского с периодичностью раз в два года и включением её проведения в план научной работы Вооруженных сил РФ.

Подводя итоги работы конференции, участниками НТК «Теоретические и прикладные проблемы развития и совершенствования автоматизированных систем управления военного назначения» отмечен высокий уровень организации её работы и выражена глубокая благодарность руководству Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского и оргкомитету.





Международный конгрессно-выставочный проект  
НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ И УСЛУГИ

# VIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАВИГАЦИОННЫЙ ФОРУМ

WWW.GLONASS-FORUM.RU



23-24 апреля 2014

Тематика:

- Состояние и перспективы развития системы ГЛОНАСС и зарубежных навигационных спутниковых систем
- Основные тенденции развития российского рынка навигационных услуг и оборудования
- Практический опыт использования технологий спутниковой навигации в различных отраслях российской экономики
- Навигационные технологии в интеллектуальных транспортных системах
- Информационно-навигационные услуги, системы и оборудование для массового рынка
- Навигационные технологии на пассажирском транспорте
- Навигационное и навигационно – связанное оборудование ведущих российских и зарубежных производителей
- Геоинформационные системы различного применения



РЕГИСТРАЦИЯ: +7(495) 66 324 66; OFFICE@PROCONF.RU

Россия, Москва,  
ЦВК «Экспоцентр»

N 55°44.984' E 37°32.762'

[www.navitech-expo.ru](http://www.navitech-expo.ru)

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

# НАВИТЕХ

НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ,  
ТЕХНОЛОГИИ И УСЛУГИ

23-25  
апреля  
2014

12+

Реклама

Готовите  
новую  
продукцию?

Стартовая  
площадка для  
демонстрации!

Премьерные  
показы мировых  
разработок

Заброниро-  
вать стенд  
on-line



ОРГАНИЗАТОР:



Тел.: 8(499) 795-28-13  
NAVITECH@EXPOCENTR.RU

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



## Сверхновые взрываются как предсказано

Российские астрофизики и их зарубежные коллеги впервые подтвердили теоретическую концепцию того, что сверхновые типа Ia – это гигантские термоядерные взрывы белых карликов, сверхплотных остатков звезд. Об этом открытии говорится в вышедшей 28 августа статье в журнале Nature, лидирующими авторами которой являются астрофизики из Института космических исследований РАН.

Яркость и предсказуемое поведение оптических кривых блеска подарили сверхновым типа Ia название «стандартные свечи», которые используют для вычисления расстояний между объектами во Вселенной. Уже отсюда видна важность этих объектов для астрофизики в целом.

Цепочка распадов  $56\text{Ni} \rightarrow 56\text{Co} \rightarrow 56\text{Fe}$  высвобождает большое число гамма-квантов и позитронов. На начальном этапе расширения оболочки (10-20 дней) гамма-кванты «гибнут» в оболочке, нагревая ее и вызывая свечение оболочки и оптическом диапазоне. Позднее оболочка становится прозрачной и гамма-кванты имеют возможность выйти из оболочки.

Считается, что сверхновые типа Ia являются результатом термоядерного взрыва углеродно-кислородного белого карлика, в процессе которого синтезируется большое количество радиоактивного никеля-56. После взрыва происходит цепочка распадов: никель превращается в кобальт-56, который затем распадается в железо ( $56\text{Ni} \rightarrow 56\text{Co} \rightarrow 56\text{Fe}$ ), в ходе чего рождаются многочисленные гамма-фотоны. Они взаимодействуют с расширяющейся оболочкой сверхновой, нагревают ее и обеспечивают мощное оптическое свечение оболочки. Наблюдение этих фотонов доказало бы вышеуказанную гипотезу о природе сверхновых Ia.

Однако, хотя уже открыты сотни таких сверхновых в разных галактиках, их гамма-излучение ни разу не было зарегистрировано. Дело в том, что за всю космическую эру, то есть более полувека, не произошло ни одного взрыва сверхновой типа Ia ни в одной из ближайших к нам галактик. А гамма-излучение от распадов  $56\text{Ni}$   $56\text{Co}$   $56\text{Fe}$  можно наблюдать только с помощью

космического телескопа и только непродолжительное время.

И вот наконец ученым повезло. 15 января 2014 г. новая сверхновая типа Ia взорвалась в галактике M82. Названная SN2014J, она оказалась достаточно близко (11 миллионов световых лет), чтобы орбитальная обсерватория ИНТЕГРАЛ смогла впервые напрямую обнаружить излучение в двух самых ярких гамма-линиях и полностью подтвердить теоретическую концепцию сверхновых типа Ia как гигантских термоядерных взрывов.

Важность этого события не только в том, что подтвердились теоретические предсказания. Несмотря на долгую историю наблюдений и численных экспериментов, детальная физика взрывов сверхновых типа Ia и эволюция компактной звезды-предшественника до взрыва остается предметом горячих споров. В большинстве моделей оболочки сверхновой остается непрозрачной для гамма-излучения на протяжении 10-20 дней после взрыва – иными словами, в это время ее нельзя увидеть в гамма-лучах. Со временем оболочка становится более прозрачной и большая часть гамма-квантов проходит сквозь нее и могут быть зарегистрированы орбитальными обсерваториями.

До сих пор этого не случилось, прежде всего потому, что источники были слишком далеки и вспыхивают они достаточно редко. Из исторических хроник мы знаем, например, что последний надежно идентифицированный взрыв SNIa в нашей Галактике случился в 1604 г. – это была сверхновая Кеплера. «Нам очень повезло, и прежде всего потому, что в распоряжении ученых ИКИ РАН была орбитальная обсерватория ИНТЕГРАЛ», говорит главный научный сотрудник ИКИ РАН академик Рашид Сюняев, научный руководитель от России международной обсерватории ИНТЕГРАЛ.

Новость о (случайном!) открытии близкой сверхновой в галактике M82 пришла 21 января 2014 г. Астроном Стив Фосси с группой студентов из Университетского колледжа Лондона заметили новую яркую звезду, наблюдая M82 в небольшой телескоп, свойства которой однозначно говорят о том, что мы имеем дело

со сверхновой типа Ia, получившей название SN2014J. Галактика M82 находится на расстоянии в 11 миллионов световых лет от нашей, что сразу сделало SN2014J кандидатом на ближайшую SNIa за последние несколько десятков лет.

Такое редкое событие инициировало многочисленные наблюдения телескопов и обсерваторий во всем мире, включая обсерваторию ИНТЕГРАЛ. «Мы благодарны Российскому научному комитету проекта ИНТЕГРАЛ за согласие прервать регулярную программу наблюдений и потратить миллион секунд из российской квоты наблюдательного времени на наблюдения этой сверхновой.

Именно в ходе этих наблюдений мы увидели первые признаки распада радиоактивного кобальта в спектре гамма-излучения сверхновой», – говорит Рашид Сюняев. После взрыва гамма-фотоны, порожденные распадом никеля и кобальта, распространяются через вещество оболочки и теряют свою энергию в результате комптоновского рассеяния и эффекта отдачи.

Никель-56 распадается в кобальт-56 всего за 10 дней. В это время вещество сверхновой еще непрозрачно для гамма-квантов, и только излучение радиоактивного никеля, расположенного во внешней части разлетающейся оболочки имеет шанс выйти из оболочки. Последующий распад кобальта-56 в железо-56 занимает гораздо больше времени (~111 дней), и к моменту, когда расширяющаяся оболочка становится почти прозрачной, кобальт-56 доминирует, превращая сверхновую типа Ia в долгоживущий источник гамма-линий кобальта. «Наблюдения обсерватории ИНТЕГРАЛ между 50-м и 100-м днями с момента взрыва надежно зарегистрировали излучение в двух наиболее мощных гамма-линиях распада радиоактивного кобальта  $56\text{Co}$  на энергиях 847 и 1237 кэВ, а также континуум на энергии в сотни кэВ», – говорит первый автор статьи, опубликованной в новом выпуске Nature, ведущий сотрудник ИКИ РАН член-корреспондент РАН Евгений Чуразов. Иными словами, наблюдения полностью подтвердили рабочую гипотезу –

предсказывалось, что термоядерный взрыв углеродно-кислородного белого карлика должен выражаться именно в такой картине излучения.

«Все астрофизики рады, что наконец-то доказательство природы сверхновых Ia состоялось, потому что все были убеждены в верности основной гипотезы. Я даже во время доклада на одной из конференций спрашивал, есть ли у кого-то сомнения, без всех этих данных, что речь идет именно о термоядерном взрыве – ни у кого сомнений не было. Но одно дело, нет сомнений, другое – прямое доказательство», – говорит Евгений Чуразов. Сверхновая SN2014J продолжила историю изучения сверхновых российскими астрофизиками, которая уже знает случаи необычайного везения. 27 лет назад обсерватория «Рентген» на модуле КВАНТ космической станции МИР открыла гамма-излучение от сверхновой SN1987A в Большом Магеллановом Облаке. Это была сверхновая другого типа – типа II, которые рождаются в результате коллапса массивной звезды. Будучи отдалена от Земли на расстоянии «всего» 179 тысяч световых лет, SN1987A стала ближайшей сверхновой типа II в современную эпоху орбитальных обсерваторий.

«Нам необычайно повезло, когда в феврале 1987 г. сверхновая второго типа вспыхнула почти одновременно с запуском обсерватории «Рентген» на модуле КВАНТ, – вспоминает Рашид Сюняев, научный руководитель международной обсерватории «Рентген». – Уже в августе 1987 г. мы увидели жесткое рентгеновское излучение, которые предсказывали теории».

«Мы надеемся, что успех обсерваторий РЕНТГЕН/КВАНТ и ИНТЕГРАЛ будет продолжен обсерваторией «Спектр-Рентген-Гамма» – продолжает Рашид Сюняев. – Это совместный проект России и Германии, который позволит провести обзор всего неба в рентгеновских лучах с рекордной чувствительностью, позволяющей исследовать свойства темной энергии во Вселенной, изучать рост и эволюцию сверхмассивных черных дыр, вести поиск самых экзотических объектов во Вселенной».



[www.sviaz-expocomm.ru](http://www.sviaz-expocomm.ru)



26th International Exhibition for Telecommunications,  
Control Systems, IT and Communication Services



# SVIAZ- EXPOCOMM

Expocentre Fairgrounds  
Moscow, Russia



## 13–16 May 2014

Organized by



Supported by



Ministry of Telecommunications  
and Mass Communications  
of the Russian Federation



Ministry of Industry  
and Trade  
of the Russian Federation

12+ Advertising



# РОСТ ОБЪЕМОВ ИНФОРМАЦИИ И КОРПОРАТИВНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ОБУСЛАВЛИВАЮТ ВНЕДРЕНИЕ ФЛЭШ-ТЕХНОЛОГИЙ

**Афшари Т.,**  
Компания LSI

**Т**вердотельный накопитель (SSD) и флэш-память не являются чем-то новым для большинства людей. Те из нас, кто обладает USB-накопителем или смартфоном, планшетом, используют флэш-память постоянно. Несмотря на то, что флэш-память широко распространена на потребительском уровне, внедрение в корпорациях и других бизнесах происходит намного медленнее.

Преимущества использования SSD и флэш бесспорны. Твердотельные накопители быстрее и намного надежнее из-за отсутствия движущихся частей, что обеспечивает большую устойчивость к ударам и вибрации, широкий диапазон рабочих температур. Развитие SSD и флэш-технологии пришлось на очень правильное время. Многие организации развернули СХД-инфраструктуру с использованием традиционных жестких дисков (HDDs), которые, с одной стороны, могут хранить большие объемы данных дешево, но, с другой стороны, работают слишком медленно и не способны идти в ногу с постоянно растущим количеством корпоративных приложений и увеличивающейся скоростью работы процессора. Это привело к большому разрыву между пропускной способностью вычислений и производительностью приложения.

В недавнем исследовании компании LSI, по результатам опроса 400 менеджеров ЦОДов, 70% всех участников определили доступ к сети и СХД как две основные области “узких

мест” инфраструктуры. Производительность приложения страдает, так как СХД и сетевые инфраструктуры борются за возможность отвечать предъявляемым им требованиям. В то время, как 93% опрошенных признают важность производительности приложения для своего бизнеса, три четверти подтверждают, что приложения не обеспечивают необходимую производительность.

Стоит отметить, что 40% опрошенных подчеркивали свое желание запускать основные приложения в два раза быстрее, почти треть хотели бы запускать приложения на 50% быстрее, и 15% участников хотели бы работать в 4 раза быстрее. С последствиями недостатка производительности приложений сталкивается 40% опрошенных, утверждая, что данная проблема приводит к снижению конкурентоспособности их бизнеса. 26% говорят, что это приводит к потере доходов, а 17% — к потере клиентов.

Несмотря на то, что многие из участников опроса признают, что SSD могут принести значительное ускорение на уровне СХД, преодолевая “узкие места” производительности традиционных механических жестких дисков и достигая очень высокой производительности СХД, около 90% говорят, что вынуждены воздержаться от инвестиций в технологию из-за ее высокой стоимости.

Конечно, флэш технология гораздо дороже, чем HDD, однако традицион-

ные накопители не поддерживают необходимую производительность.

Даниэль Бизо, аналитик компании IDC, сравнивает HDD с грузовыми перевозками, с помощью которых товар доставляется на другой конец Земли в течение четырех с половиной месяцев, а SSD — с реактивным самолетом, который доставит тот же груз через несколько часов. “Неужели грузовая доставка кажется вам действительно дешевле, когда речь идет о чем-то очень ценном для вас, о чем-то, что необходимо получить быстро?” — спрашивает Даниэль. Очевидно, что для некоторых вещей грузовая перевозка вполне подходит, но не для критически важных.

То же самое касается хранения. Ответ, если учитывать флэш, заключается в использовании правильного количества данных в правильном месте СХД-инфраструктуры, что поможет держать расходы под контролем и обеспечивать необходимую производительность без замены существующего приложения.

Архитектура LSI® Nytro™ предлагает широкий спектр интеллектуальных твердотельных СХД-решений, ускоряющих приложения ЦОДов. Например, решение Nytro XD помогает бизнесам ускорить их существующие инвестиции SAN, не меняя СХД оборудование, посредством высокой вместимости флэш с ПО кэширования/ускорения, которое хранит часто используемые данные на карте ускорения приложения Nytro WarpDrive™.

За счет того, что часто используемые данные перемещаются на сервер, время ожидания может сокращается с миллисекунд до микросекунд.

Таким образом кэширование сервера может сократить время ожидания в 10 раз.

Накопитель с прямым подключением (DAS) не исчезнет в ближайшее время, ведь это наиболее известная форма СХД в ЦОДе. Но небольшое количество флэш, которое может быть применено в существующих решениях DAS и SAN, может привести значительный прирост производительности и помочь ускорить производительность приложения в 10-12 раз.

Карта Nytro MegaRAID® создана для ускорения приложений с использованием внедренного LSI RAID-onChip

и интеллектуального кэширования посредством встроенного флэш СХД.

Наиболее часто используемые данные хранятся и готовы к доступу с флэш, обеспечивая самое низкое время ожидания, сокращая его в 30 раз по сравнению с HDD.

Еще один немаловажный вопрос – когда речь заходит об использовании флэш в бизнес-среде, это решение работает намного лучше за счет интенсивного СХД чтения, а не интенсивной записи. Большинство потребительских приложений, таких как например iTunes, работают в режиме интенсивного чтения. Не менее 90% флэш используется сегодня в транзакционных нагрузках таких как CRM, торговые системы или среды для обслуживания клиентов. Наиболее распро-

странное соотношение доступа – 70% чтения/30% записи.

Чем меньше записей делается во флэш, тем выше производительность, поэтому имеет смысл развернуть флэш в приложениях интенсивного чтения.

Другими словами, смешанный подход флэш и традиционных HDD может быть наилучшим вариантом действия для получения максимальной отдачи в бизнесе от его СХД-инфраструктуры с точки зрения производительности приложения. Подобным образом производители используют SSD в смартфонах и планшетах, но по большей части все еще используют HDD в ноутбуках, компаниям требуется принять обоснованное решение о наилучшем для своей инфраструктуры смешении флэш и HDD.

X международный транспортный форум



# Югтранс

27–28 марта 2014, Сочи

Регистрация  
участников:

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



# ПРИМЕНЕНИЕ ПАССИВНЫХ ФАЗОВРАЩАТЕЛЕЙ В ФОРМИРОВАТЕЛЕ КВАДРАТУРНЫХ СИГНАЛОВ

**Дубровин В.С.,**

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный  
университет имени Н.П. Огарёва»,  
vsdubrovin13@mail.ru

**Никулин В.В.,**

ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный  
университет имени Н.П. Огарёва»,  
nikulinvv@mail.ru

## Ключевые слова:

формирователь, структурная схема,  
передаточная функция, частотные  
характеристики, квадратурные  
сигналы, фазовый фильтр.

## АННОТАЦИЯ

**Ф**ормирователи квадратурных сигналов находят широкое применение в радиоэлектронике, автоматике, системах электро- и радиосвязи, в автоматизированных системах управления, в силовой преобразовательной технике при построении функциональных и прецизионных измерительных генераторов. При этом, как правило, требуются широкий диапазон частот формируемых колебаний, высокая стабильность частоты и амплитуды квадратурных сигналов, постоянство фазового сдвига между выходными сигналами, возможность микроминиатюризации, высокая надежность, простота схемотехнических решений. Для построения многофазного управляемого генератора применяют различные фазовращающие цепи, осуществляющие фазовый сдвиг сигналов на  $90$  ( $270$ ) электрических градусов, и формирователи квадратурных сигналов, выполняющие дальнейшее преобразование в систему многофазных гармонических колебаний, или применяются все пропускающие (фазовые) фильтры первого порядка. Однако, для обеспечения работоспособности генератора в широком диапазоне частот необходимы достаточно сложные прецизионные устройства – управляемые фазовращатели и преобразователи «частота – напряжение» либо «период – напряжение». Задача заключается в построении достаточно простого формирователя квадратурных сигналов, работающего в широком диапазоне частот без приме-

нения управляемых фазовращателей и преобразователей «частота (период) – напряжение» на базе серийно выпускаемых интегральных микросхем невысокой степени интеграции с минимальным набором используемых компонентов. Разработана структурная схема формирователя квадратурных гармонических колебаний. Стабилизация выходных параметров сигналов осуществляется с помощью быстродействующих запоминающих устройств и делителей напряжения. Получены расчетные соотношения позволяющие рассчитать оптимальные значения коэффициентов динамического частотного диапазона. Проведен эксперимент на математической модели в программном пакете PSIM-9. Разработанный формирователь квадратурных сигналов может найти применение в многофазных системах преобразовательной техники, в квадратурных модуляторах-демодуляторах систем связи, в умножителях частоты с системой ФАПЧ. Результаты математического моделирования полностью подтвердили полученные расчетные соотношения. Разработанный формирователь стабильно работает с входным гармоническим сигналом, амплитуда и частота которого могут изменяться в широких диапазонах (более одной декады). Формирователь может быть выполнен в интегральном или гибридном исполнении с использованием современных операционных усилителей и делителей, выполненных на базе прецизионных аналоговых перемножителей, не требующих наличия подстроечных элементов.

### Постановка задачи

Формирователи квадратурных сигналов (ФКС) находят широкое применение в радиоэлектронике, автоматике, системах электро- и радиосвязи, при построении прецизионных измерительных генераторов [1-10]. В силовой преобразовательной технике (частотно-регулируемый привод, источники бесперебойного питания) используются также [11-13] генераторы квадратурных сигналов (ГКС), построенные на базе ФКС. На базе ФКС и ГКС строятся [14-18] функциональные генераторы (ФГ), использующие принцип формирования линейно-изменяющегося сигнала из двух сигналов, сдвинутых друг относительно друга на 90 электрических градусов [19-27].

Широкий диапазон частот формируемых колебаний, высокая стабильность частоты и амплитуды квадратурных сигналов, постоянство фазового сдвига между выходными сигналами, возможность микроминиатюризации, высокая надежность, простота схемотехнических решений – далеко не полный перечень требований, предъявляемых к таким генераторам и формирователям квадратурных сигналов. Решить весь комплекс задач, стоящих перед разработчиком, и выбрать лучшее решение – задача не тривиальная.

Одним из способов построения многофазного управляемого генератора на базе ФКС является применение различных фазовращающих цепей, осуществляющих фазовый сдвиг сигналов на 90 (270) электрических градусов. Затем с помощью специального формирователя осуществляется преобразование квадратурных сигналов в систему многофазных гармонических колебаний [28,29]. Альтернативное решение для построения многофазного генератора – применение всепропускающих (фазовых) фильтров первого порядка [28-30].

При этом как в первом, так и во втором случае для обеспечения работоспособности генератора в широком диапазоне частот необходимы управляемые фазовращатели [30] и преобразователи «частота – напряжение» либо «период – напряжение» [31-33].

Задача заключается в построении достаточно простого формирователя квадратурных сигналов, работающего в широком диапазоне частот без применения управляемых фазовращателей и преобразователей «частота (период) – напряжение» на базе серийно выпускаемых интегральных микросхем невысокой степени интеграции с минимальным набором используемых компонентов.

### Метод решения

Структурная схема формирователя квадратурных гармонических колебаний изображена на рис. 1.

Формирователь содержит два пассивных неуправляемых фазовращателя, два устройства выборки-хранения (УВХ), два одновибратора (ОВ), два делителя (Д) и два компаратора. Неуправляемые фазовращатели (ФВ) содержат RC-цепи и повторители на операционных усилителях для исключения влияния нагрузки на параметры фазовращающих цепей.

Передачная функция первого фазовращателя соответствует аperiodическому звену первого порядка

$$H_1(s) = [1/(\tau_1 \cdot s + 1)],$$

а передаточная функция второго фазовращателя – реальному дифференцирующему звену

$$H_2(s) = [\tau_2 \cdot s / (\tau_2 \cdot s + 1)],$$

где  $\tau_1 = R_1 C_1$  и  $\tau_2 = R_2 C_2$  – постоянные времени фазовращателей;  $S$  – комплексная переменная.

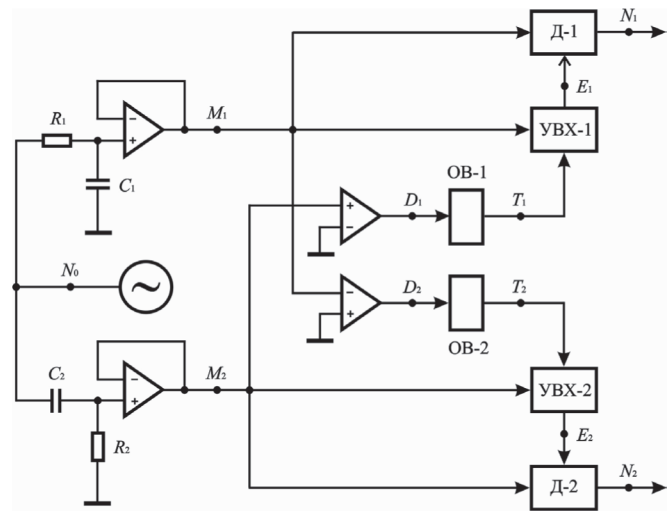


Рис. 1. Структурная схема формирователя

При  $R_1 = R_2 = R$  и  $C_1 = C_2 = C$  постоянные времени  $\tau_1 = \tau_2 = \tau$ , а передаточные функции фазовращателей

$$H_1(s) = 1/(\tau \cdot s + 1); \quad (1)$$

$$H_2(s) = \tau \cdot s / (\tau \cdot s + 1). \quad (2)$$

Подставив значение комплексной переменной  $s = j\omega$  в уравнения (1) и (2), перейдем к комплексным частотным функциям фазовращателей

$$H_1(j\omega) = 1/(1 + j\omega\tau);$$

$$H_2(j\omega) = j\omega\tau/(1 + j\omega\tau).$$

Фазовый сдвиг  $\varphi_1(\omega)$  между выходным  $M_1(t)$  и входным  $N_0(t)$  колебаниями первого фазовращателя

$$\varphi_1(\omega) = -\arctg(\omega\tau),$$

а фазовый сдвиг  $\varphi_2(\omega)$  между выходным  $M_2(t)$  и входным  $N_0(t)$  колебаниями второго фазовращателя

$$\varphi_2(\omega) = \pi/2 - \arctg(\omega\tau).$$

Фазовый сдвиг  $\psi(\omega)$  между колебаниями  $M_2(t)$  и  $M_1(t)$  при любых изменениях частоты  $\omega$  и постоянной времени  $\tau$  будет неизменным и составлять 90 электрических градусов

$$\psi(\omega) = \varphi_2(\omega) - \varphi_1(\omega) = \pi/2.$$

Коэффициенты передачи фазовращателей будут зависеть от частоты

$$H_1(\omega) = 1/\sqrt{1+\omega^2\tau^2};$$

$$H_2(\omega) = \omega\tau/\sqrt{1+\omega^2\tau^2}.$$

На рис.2 изображены амплитудно-частотные характеристики, то есть зависимости коэффициентов передачи фазовращателей от частоты  $f_0 = \omega_0 / 2\pi$ .

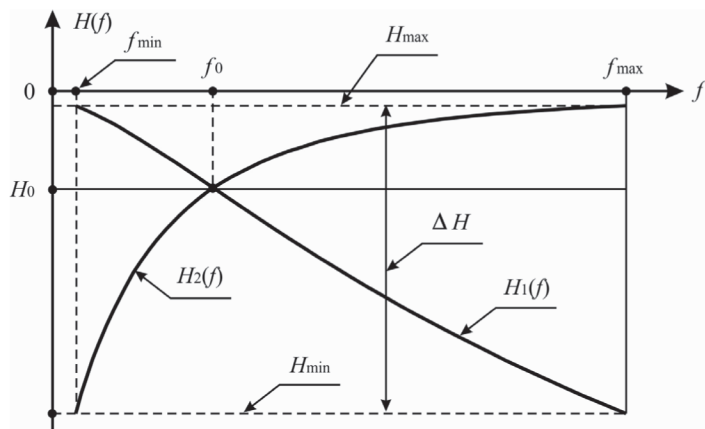


Рис. 2. Частотные характеристики фазовращателей

При частоте среза  $\omega_0 = 1/\tau$  коэффициенты фазовращателей имеют равные значения  $H_0(\omega_0) = 1/\sqrt{2}$ . В диапазоне частот до  $\omega_0$  коэффициент передачи первого фазовращателя  $H_1(\omega)$  изменяется незначительно, а коэффициент передачи второго фазовращателя  $H_2(\omega)$  резко уменьшается с уменьшением частоты. После частоты среза происходит резкое уменьшение коэффициента передачи первого фазовращателя при относительно стабильном значении коэффициента передачи второго фазовращателя.

Изменение коэффициентов передачи удобно оценивать с помощью логарифмических характеристик

$$L_1(\omega) = 20 \lg H_1(\omega) = -20 \lg \sqrt{1+\omega^2\tau^2};$$

$$L_2(\omega) = 20 \lg H_2(\omega) = 20 \lg(\omega\tau) - 20 \lg \sqrt{1+\omega^2\tau^2}.$$

Изменение коэффициентов передачи фазовращателей относительно частоты среза

$$\Delta L = L_2(\omega) - L_1(\omega) = 20 \lg(\omega/\omega_0) = 20 \lg(f/f_0). \quad (3)$$

Из (3) следует, что если диапазон рабочих частот фазовращателей лежит слева или справа от частоты среза  $\omega_0 = 2\pi f_0$ , то изменение частоты  $f_0$  источника гармонических сигналов на одну декаду приведет к изменению отклонений амплитуд сигналов в 10 раз (20 дБ), что является недопустимо большой величиной для формирователя квадратурных сигналов.

При оптимальном выборе соотношений между частотой среза и рабочим диапазоном частот ( $f_{\min} - f_{\max}$ ) можно значительно уменьшить относительное изменение коэффициентов передачи фазовращателей.

Расположим (рис. 2) значение нижней частоты  $f_{\min}$  слева от частоты  $f_0$ , а значение верхней частоты  $f_{\max}$  справа от частоты  $f_0$  и введем следующие обозначения

$$\alpha = f_{\min}/f_0; \beta = f_{\max}/f_0; \gamma = f_{\max}/f_{\min},$$

с учетом которых запишем выражения для коэффициентов передачи фазовращателей для граничных значений рабочих частот

$$H_1(f_{\min}) = 1/\sqrt{1+\alpha^2}; H_2(f_{\min}) = \alpha/\sqrt{1+\alpha^2};$$

$$H_1(f_{\max}) = 1/\sqrt{1+\beta^2}; H_2(f_{\max}) = \beta/\sqrt{1+\beta^2}. \quad (4)$$

Зададим дополнительные условия

$$H_1(f_{\min}) = H_2(f_{\max}); \quad (5)$$

$$H_1(f_{\max}) = H_2(f_{\min}).$$

В результате решения двух уравнений  $1/\sqrt{1+\alpha^2} = \beta/\sqrt{1+\beta^2}$  и  $1/\sqrt{1+\beta^2} = \beta/\sqrt{1+\alpha^2}$  получим уравнение  $\beta = 1/\alpha$ , определяющее зависимость между коэффициентами  $\alpha$  и  $\beta$ .

При заданном диапазоне изменения частот входного сигнала  $N_0(t)$  максимальное значение частоты  $f_{\max} = \gamma \cdot f_{\min}$ , с учетом которого

$$H_2(f_{\max}) = \gamma \cdot \alpha / \sqrt{1+(\gamma \cdot \alpha)^2}. \quad (6)$$

Подставив значение  $H_1(f_{\min})$  из (4) и найденное значение  $H_2(f_{\max})$  из (6) в уравнение (5), найдем из уравнения

$$1/\sqrt{1+\alpha^2} = \gamma \cdot \alpha / \sqrt{1+(\gamma \cdot \alpha)^2}$$

оптимальное значение коэффициента

$$\alpha_{\text{opt}} = 1/\sqrt{\gamma}.$$

При изменении частоты входного сигнала на одну декаду ( $\gamma = 10$ ) оптимальное значение коэффициента  $\alpha_{\text{opt}} = 1/\sqrt{10} \approx 0,316$ , при этом  $\beta_{\text{opt}} = \gamma \cdot \alpha_{\text{opt}} \approx 3,16$ .

Таким образом, при оптимальном выборе коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$ , определяющих расположение нижней и верхней частоты входного сигнала относительно частоты среза, удастся уменьшить относительное изменение коэффициентов передачи фазовращателей на 10 дБ, а, следовательно, и амплитудных значений сигналов на выходах фазовращателей примерно в 3 раза. Стабилизация амплитудных значений выходных сигналов осуществляется с помощью двухканального стабилизатора амплитуды [34-36].

При поступлении на вход фазовращателей (рис. 3) гармонического сигнала  $N_0(t) = A_0 \sin(\omega t)$  с амплитудным значением  $A_0$  и нулевой начальной фазой на их выходах после окончания переходного процесса также устанавливаются гармонические колебания

$$M_1(t) = A_0 H_1(\omega) \sin(\omega t + \varphi_1) = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1);$$

$$M_2(t) = A_0 H_2(\omega) \sin(\omega t + \varphi_2) = A_2 \sin(\omega t + \varphi_1)$$



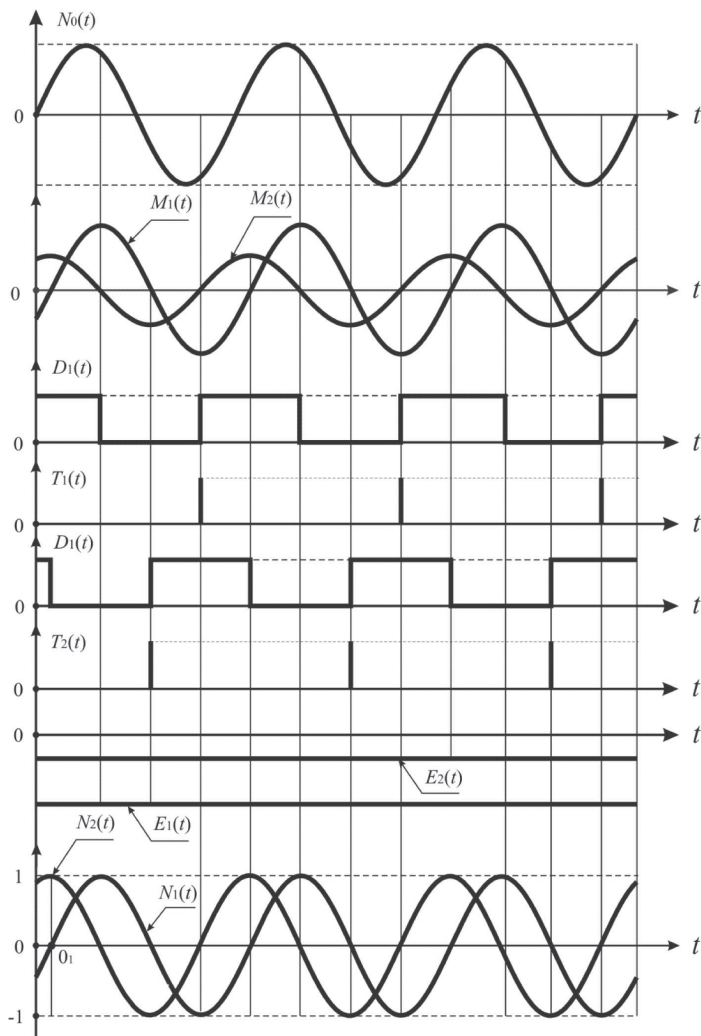


Рис. 3. Временные диаграммы

Компараторы формируют из сигналов  $M_1(t)$  и  $M_2(t)$  сигналы прямоугольной формы  $D_1(t)$  и  $D_2(t)$ . Одновибраторы, срабатывающие по переднему фронту поступающих на их входы импульсов, формируют узкие импульсы  $T_1$  и  $T_2$ , поступающие на управляющие входы устройств выборки-хранения УВХ-1 и УВХ-2.

Поскольку время прихода управляющих импульсов всегда совпадает с максимальными (амплитудными) значениями сигналов  $M_1(t)$  и  $M_2(t)$ , а длительности управляющих импульсов намного меньше периода формируемых колебаний, то постоянные напряжения  $E_1$  и  $E_2$  будут практически равны амплитудным значениям  $A_1$  и  $A_2$  сигналов, то есть  $E_1 = A_1$  и  $E_2 = A_2$ . Таким образом, УВХ выполняют роль пиковых детекторов.

На выходе делителей Д-1 и Д-2 формируются сигналы

$$N_1(t) = \frac{M_1(t)}{E_1} = \frac{A_1[\sin(x + \varphi_1)]}{A_1} = 1 \cdot \sin(x + \varphi_1);$$

$$N_2(t) = \frac{M_2(t)}{E_2} = \frac{A_2[\sin(x + \varphi_2)]}{A_2} = 1 \cdot \sin(x + \varphi_2).$$

Поскольку фазовый сдвиг между колебаниями  $N_1(t)$  и  $N_2(t)$  для любого значения частоты равен  $\pi/2$ , то, положив  $\varphi_1 = 0$  (перенос систему координат из точки  $O$  в точку  $O_1$ , как показано на рис. 3), можно записать

$$N_1(t) = A^* \cdot \sin(x); \quad N_2(t) = A^* \cdot \cos(x),$$

где  $A^* = 1$  – нормированное значение амплитуды выходных колебаний формирователя, равное единице.

### Полученные результаты

1. Формирователь квадратурных сигналов может найти применение в многофазных системах преобразовательной техники, в квадратурных модуляторах-демодуляторах систем связи, в умножителях частоты с системой ФАПЧ.

2. Результаты математического моделирования в программе PSIM-9 полностью подтвердили полученные расчетные соотношения.

3. Разработанный формирователь стабильно работает с входным гармоническим сигналом, амплитуда и частота которого могут изменяться в широких диапазонах (более одной декады).

4. Формирователь может быть выполнен в интегральном или гибридном исполнении с использованием современных операционных усилителей и делителей, выполненных на базе прецизионных аналоговых умножителей, не требующих наличия подстроечных элементов.

### Литература

1. Белорусов Д.И., Щаденков Ю.А. Современные методы обработки сигналов в радиоприемных устройствах // Специальная техника. – 2011. – №5. – С.32-38.
2. Вавилов А.А., Солодовников А.И., Шнайдер В.В. Низкочастотные измерительные генераторы. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 104 с.
3. Голуб В.С. Квадратурные модуляторы и демодуляторы в системах радиосвязи // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2003. – №3. – С.28-32.
4. Дубровин В.С. Формирователь квадратурных сигналов // Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2012. – Вып. 2(2). – С.35-38.
5. Дубровин В.С., Никулин В.В. Управляемый формирователь квадратурных гармонических сигналов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – Йошкар-Ола, 2013. – №1 (17). – С.5-11.
6. Дубровин В.С., Никулин В.В., Никулин А.В. Безынерционная система управления формирователя квадратурных гармонических сигналов // Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах = Вимірjувальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах = Measuring and Computing Devices in Technological Processes. – Хмельницкий, 2013. – №2. – С.98-101.
7. Федчун А.А. Формирование и прием радиосигналов с использованием квадратурных схем преобразования частоты: автореф. канд. техн. наук. – Таганрог, 2010. – 16 с.
8. Пат. 103993 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н03 В 19/00. Умножитель частоты квадратурных сигналов / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 201014148151/09; заявл. 25.11.10; опубл. 27.04.11, Бюл. №12. – 2 с.: 1 ил.

9. Пат. 80638 РФ, МПК<sup>7</sup> Н04 L 5/04. Устройство для определения параметров сигнала с квадратурной модуляцией / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2008141738/22; заявл. 21.10.08; опубл. 10.02.09, Бюл. №4. – 2 с.: 1 ил.
10. Пат. 127554 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Формирователь квадратурных сигналов / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2012138489/08; заявл. 07.09.12; опубл. 27.04.13, Бюл. №12. – 1 с.: 2 ил.
11. Дубровин В.С., Никулин В.В. Многоконтурная система стабилизации управляемого генератора // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – №1. – С.74-82.
12. Дубровин В.С. Уменьшение нелинейных искажений в управляемом генераторе квадратурных сигналов // Prospero. – М., 2014. – №2. – С.66-70.
13. Пат. 2506692 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Управляемый генератор / Дубровин В.С.; заявитель и патентообладатель Дубровин Виктор Степанович. – 2012137334/08; заявл. 31.08.12; опубл. 10.02.14, Бюл. №4. – 15 с.: 11 ил.
14. Дубровин В.С., Никулин В.В. Способ построения управляемых функциональных генераторов // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. – 2013. – Т. 7, №6. – С.22-27.
15. Дубровин В.С. Способ построения функционального генератора // Prospero. – М., 2014. – №2. – С.63-66.
16. Пат. 101291 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Функциональный генератор / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2010137125/09; заявл. 06.09.10; опубл. 10.01.11, Бюл. №1. – 7 с.: 2 ил.
17. Пат. 104402 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Функциональный генератор / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2011100735/09; заявл. 12.01.11; опубл. 10.05.11, Бюл. №13. – 8 с.: 2 ил.
18. Пат. 108247 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Функциональный генератор / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2011119660/08; заявл. 16.05.11; опубл. 10.09.11, Бюл. №25. – 2 с.: 1 ил.
19. Дубровин В.С., Ильин М.В. Определение погрешности линеаризации синтезированного линейно-изменяющегося сигнала в среде LabView // Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments: сб. тр. восьмой Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 20-21 нояб. 2009 г. – М., 2009. – С.226-228.
20. Дубровин В.С., Сайгина Е.А. Модель для оптимизации параметров синтезированного сигнала // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов на-Дону, 2011. – С.234-236.
21. Дубровин В.С. Особенности применения аддитивных формирователей сигналов в функциональных генераторах // Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2013. – №2 (4). – С.41-45.
22. Дубровин В.С. Формирователь линейно изменяющегося сигнала // Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2014. – №1(5). – С.70-73.
23. Дубровин В.С., Никулин В.В. Способ формирования линейно изменяющегося сигнала // Измерительная и вычислительная техника в технологических процессах = Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах = Measuring and Computing Devices in Technological Processes. – Хмельницкий, 2013. – №4(45). – С.72-76.
24. Пат. 81859 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 4/06. Аналого-цифровой аддитивный формирователь сигнала треугольной формы / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2008146321/22; заявл. 24.11.08; опубл. 27.03.09, Бюл. №9. – 12 с.: 2 ил.
25. Пат. 81860 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 4/06. Аддитивный формирователь сигнала треугольной формы / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2008146300/22; заявл. 24.11.08; опубл. 27.03.09, Бюл. №9. – 6 с.: 2 ил.
26. Пат. 83669 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 4/06. Аддитивный формирователь сигнала треугольной формы / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2009103327/22; заявл. 02.02.09; опубл. 10.06.09, Бюл. №16. – 8 с.: 5 ил.
27. Пат. 83670 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 4/06. Аддитивный формирователь сигнала треугольной формы / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2009103333/22; заявл. 02.02.09; опубл. 10.06.09, Бюл. №16. – 3 с.: 8 ил.
28. Дубровин В.С. Применение фазовращающих цепей при построении многофазных генераторов гармонических сигналов [Электронный ресурс] // Электроника и электронные технологии. – Электрон. журн. – 2011. – Вып. 1(10). – Режим доступа: <http://fetmag.mrsu.ru./2011-1/pdf/Phase-Shift.pdf>, свободный. – 0421100067/0009. – Дата обращения: 19.07.2014.
29. Дубровин В.С. Принципы построения функциональных генераторов [Электронный ресурс] // Электроника и электронные технологии. – Электрон. журн. – 2010. – Вып. 2 (9). – Режим доступа: <http://fetmag.mrsu.ru./2010-2/pdf/Oscillator.pdf>, свободный. – 0421000067/0063. – Дата обращения: 19.07.2014.
30. Дубровин В.С. Управляемые фазовращатели // Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2012. – №1(1). – С.38-41.
31. Дубровин В.С. Преобразователь параметров периодических сигналов в напряжение // Южно-сибирский научный вестник. – Бийск, 2014. – №2(6). – С.60-63.
32. Пат. 130161 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 02 М 9/06. Преобразователь частоты в напряжение / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2012138490/07; заявл. 07.09.12; опубл. 10.07.13, Бюл. №19. – 1 с.: 2 ил.
33. Пат. 2520409 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 К 7/06. Преобразователь периодического сигнала в частоту и период / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2012140981/08; заявл. 25.09.12; опубл. 27.03.14, Бюл. №9. – 10 с.: 2 ил.
34. Дубровин В.С. Стабилизатор квадратурных гармонических сигналов // Технические науки в мире: От теории к практике: сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов на-Дону, 2014. – С.13-15.
35. Дубровин В.С. Двухканальный стабилизатор гармонических сигналов // Журнал научных и прикладных исследований. – Уфа, 2014. – №7. – С.43-45.
36. Пат. 101219 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 03 В 27/00. Двухканальный стабилизатор амплитуды / Дубровин В.С., Зюзин А.М.; заявитель и патентообладатель ННОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – 2010136499/08; заявл. 30.08.10; опубл. 10.01.11, Бюл. №1. – 1 с.: 1 ил.

## APPLICATION OF PASSIVE PHASE SHIFTER IN A QUADRATURE SIGNAL SHAPING UNIT

**Dubrov V.S.,**

Ogarev Mordovia State University, Associate Professor, Chair of information and communication technologies and communication systems, vsdubrov13@mail.ru

**Nikul V.V.,**

Ogarev Mordovia State University, Head of the Chair of information and communication technologies and communication systems, nikulinvv@mail.ru

### Abstract

Quadrature signal shaping units are widely used in electronics, automation, electrical and radio systems, automated control systems, power converter equipment, in the construction of functional and precision measuring generators. For this purpose, as a rule, a wide range of frequencies of generated oscillations is required, high frequency stability and amplitude of quadrature signals, constancy of the phase shift between the output signals, the possibility of miniaturization, high reliability, simple circuit design. For the construction of a multiphase controlled oscillator various phase shifters are used carrying out the phase shift of the signals at 90 (270) electrical degrees, and quadrature signal shaping units further transforming into the system of multiphase harmonic oscillations, or all-pass (phase) filters of the first order are applied. However, to ensure efficient operation of the generator covering a wide range of frequencies quite sophisticated precision instruments are needed – controlled phase shifters and converters "frequency – voltage" or "period – voltage". The task is to construct a fairly simple quadrature signal shaping unit operating in a wide frequency range without using controlled phase shifters and converters "frequency (period) – voltage" on the basis of commercially available integrated circuits with low degree of integration with a minimal set of components used. The block diagram of the quadrature harmonic oscillations shaping unit has been designed. Stabilization of the output parameter signals is performed by quick-access storage, and voltage dividers. Design ratio allowing to calculate optimal values of dynamic frequency range coefficients re obtained. An experiment on mathematical model in the software package PSIM-9 is carried out. The designed quadrature signal shaping unit may be used in multiphase systems converter technology, quadrature modulators-demodulators communication systems, PLL system frequency multipliers. The results of mathematical modeling have fully proven the calculated ratio. The designed shaping unit operates well with input harmonic signal, the amplitude and frequency of which may vary over a wide range (more than one decade). Shaping unit may be configured integrally or hybrid type using modern operational amplifiers and dividers, produced on the basis of precision analog multipliers that do not require trimming elements.

**Keywords:** Shaping unit, block diagram, the transfer function, frequency response, quadrature signals, phase filter

### Reference

1. Belorousov, D.I. and Schadenkov, Yu.A., 2011, Modern methods of processing signals in radio receivers, Special technique, No 5. pp. 32-38.
2. Vavilov, A.A., Solodovnikov, A.I. and Shnayder, V.V. (1985), Low-frequency measuring generators. Leningrad, Energoatomizdat, 104 p.
3. Golub, V.S. 2003, Quadrature modulators and demodulators in radiocommunication systems. Electronics: Science, Technology, Business No 3. pp. 28-32.
4. Dubrov V.S. 2012, Quadrature signal generator. South Siberian Scientific Bulletin. Bijsk, Issue. 2 (2), pp. 35-38.
5. Dubrov V.S. and Nikulin, V.V. 2013, Controlled quadrature harmonic signal shaping unit. Bulletin of the Volga State Technological University Yoshkar-Ola, No 1 (17), pp. 5-11.
6. Dubrov V.S. and Nikulin, V.V. 2013, Inertialless control system for quadrature harmonic signal shaping unit. Measuring and Computing Devices in Technological Processes, Khmel'nitsky, No 2, pp. 98-101.

7. Fedchun, A.A. 2011, Formation and reception of radio signals using quadrature frequency conversion schemes, Abstract of Kandidat tehn. sciences thesis, Taganrog, 16 p.
8. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M. 2011, Patent 103993 Russian Federation, MPK7 H 03 B 19/00. A frequency multiplier of the quadrature signals, No 2010137125/09; appl. 25.11.10, publ. 27.04.11, Bull. No 12, 2 p.
9. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M. 2012, Patent 80638 Russian Federation, MPK7 H04 L 5/04. Device for determining the parameters of a quadrature modulated signal, No 2008141738/22; appl. 21.10.08, publ. 10.02.09, Bull. No 4, 2 p.
10. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M. 2012, Patent 127554 Russian Federation, MPK7 H 03 B 27/00. Quadrature signal generator, No 2012138489/08; appl. 07.09.12, publ. 27.04.13, Bull. No 12, 1 p.
11. Dubrov V.S. and Nikulin, V.V. 2013, Multicircuit stabilization system controlled oscillator. Bulletin of the Astrakhan State Technical University, No 1, pp. 74-82.
12. Dubrov V.S., 2014a, The decrease in non-linear distortion in a controlled oscillator of quadrature signals, Prospero, Moscow, No 2, pp. 66-70.
13. Dubrov V.S. 2014, Patent 2506692 Russian Federation, MPK7 H 03 B 27/00. Controlled oscillator, No 2012137334/08; appl. 31.08.12, publ. 10.02.14, Bull. No 4, 15 p.
14. Dubrov V.S., 2013a, The method of constructing controlled function generators / T-Comm, V. 7, No 6, pp. 22-27.
15. Dubrov V.S., 2014a, The method of constructing function generator. Prospero, Moscow, No 2, pp. 63-66.
16. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M., 2010, Patent 101291 Russian Federation, MPK7 H 03 B 27/00. Function Generator, No 2010137125/09; appl. 06.09.10, publ. 10.01.11, Bull. No 1, 7 p.
17. Dubrov V.S. and Zyuzin A.M., 2011, Patent 104402 Russian Federation, MPK7 H 03 B 27/00. Function Generator, No 2011100735/09; appl. 12.01.11, publ. 10.05.11, Bull. No 13, 8 p.
18. Dubrov V.S. and Zyuzin A.M. 2011, Patent 108247 Russian Federation, MPK7 H 03 B 27/00. Function Generator, No 2011119660/08; appl. 16.05.11, publ. 10.09.11, Bull. No 25, 2 p.
19. Dubrov V.S. and Ilyin, M.V. 2009, Definition of error linearization for synthesized linearly varying signal in the environment LabView. Educational, scientific and engineering applications with LabVIEW and Technology National Instruments: Proceedings of the Eighth International Conference, Moscow, pp. 226-228.
20. Dubrov V.S. and Saigina, E.A. 2011, Model for optimization of the synthesized signal parameters. Proceedings of the North Caucasus branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. Rostov-on-Don, pp. 234-236.
21. Dubrov V.S. (2013a), Features of the application of additive generators of signals into a function generator. South Siberian Scientific Bulletin. Bijsk, Issue. 2 (4), pp. 41-45.
22. Dubrov V.S. (2014a), Linearly varying signal shaping unit. South Siberian Scientific Bulletin. Bijsk, Issue. 1 (5), pp. 70-73.
23. Dubrov V.S. and Nikulin, V.V., 2013, A method for forming a linearly varying signal, Measuring and Computing Devices in Technological Processes, Khmel'nitsky, No 4, pp. 72-76.
24. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M., 2009, Patent 81859 Russian Federation MPK7 H 03 K 4/06. Analog-to-digital signal conditioner additive triangular shape, №2008146321/22; appl. 24.11.08, publ. 27.03.09, Bull. No 9, 12 p.
25. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M. 2009, Patent 81860 Russian Federation MPK7 H 03 K 4/06. Additive shaping unit for triangular shape signal, № 2008146300/22; appl. 24.11.08, publ. 27.03.09, Bull. No 9, 6 p.
26. Dubrov V.S. & Zyuzin, A.M. 2009, Patent 83669 Russian Federation MPK7 H 03 K 4/06. Additive shaping unit for triangular shape signal, № 2009103327/22; appl. 02.02.09, publ. 10.06.09, Bull. No 16, 8 p.
27. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M. 2009, Patent 83670 Russian Federation MPK7 H 03 K 4/06. Additive shaping unit for triangular shape signal, № 2009103333/22; appl. 02.02.09, publ. 10.06.09, Bull. No 16, 3 p.
28. Dubrov V.S. 2011, Application of phase shifter in the construction of multi-phase generators of harmonic signals [electronic resource]. Electronics and electronic technologies. Electron. journal. Issue. 1 (10). <http://fet-mag.mrsu.ru/2011-1/pdf/Phase-Shift.pdf>.
29. Dubrov V.S. 2010, Principles of construction of function generators [electronic resource]. Electronics and Electronic Technology, Issue. 2(9). <http://fetmag.mrsu.ru/2010-2/pdf/Oscillator.pdf>.
30. Dubrov V.S. 2012, Controlled phase shifters. South Siberian Scientific Bulletin. Bijsk, Issue. 1 (1), pp. 38-41.
31. Dubrov V.S. 2012, Transducer parameters of periodic signals in voltage. South Siberian Scientific Bulletin. Bijsk, Issue. 1 (1), pp. 38-41.
32. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M. 2009, Patent 130161 Russian Federation MPK7 H 03 M 9/06. Frequency converter voltage, № 2012138490/07; appl. 07.09.12, publ. 10.07.13, Bull. No 19, 1 p.
33. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M. 2014, Patent 2520409 Russian Federation MPK7 H 03 K 7/06. Transducer periodic signal in frequency and period, № 2012140981/08; appl. 25.09.12, publ. 27.03.14, Bull. No 9, 10 p.
34. Dubrov V.S. 2012, Stabilizer of quadrature harmonic signals, Engineering science in the world: From theory to practice: Proceed. of International conference, Rostov on Don, pp. 13-15.
35. Dubrov V.S., 2012, Two-channel stabilizer harmonic signals, Journal of Scientific and Industrial Research, Ufa, No 7, pp. 43-45.
36. Dubrov V.S. and Zyuzin, A.M. 2014, Patent 101219 Russian Federation MPK7 H 03 B 27/00. The two-channel amplitude stabilizer, № 2010136499/08; appl. 30.08.10, publ. 10.01.11, Bull. No 1, 1 p.

# УПРОЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**Моисеев А.А.,**

к.т.н., 25 ГосНИИ химмотологии МО РФ,

slow.coach@yandex.ru

## Ключевые слова:

математическая модель, эксперимент, калибровочные параметры, уравнение баланса, асинхронная машина.

## АННОТАЦИЯ

Разработана упрощенная математическая модель двигателя внутреннего сгорания, предназначенная для моделирования влияния химмотологических и трибологических факторов на динамику двигателя и его КПД. Модель базируется на соотношении для баланса мощности двигателя и его нагрузки, создаваемой асинхронным генератором, а так же обусловленной трением в цилиндре. Ее особенностью является то, что для имитации динамики давления в цилиндре используется индикаторная диаграмма двигателя, а смешанное трение аппроксимируется зависимостью Герси – Штрибека. Последнее, в частности, позволяет оценить влияние износа и загрязнения пары поршень – цилиндр на смазочную способность и КПД двигателя. Обычной целью математического моделирования технологических процессов является прогнозирование протекания этих процессов в различных условиях, в том числе – не охватываемых натурным экспериментом. К подобной модели обычно предъявляются два основных требования – универсальности и адекватности. Универсальность позволяет использовать модель и в широком диапазоне внешних условий, в том числе – в составе моделей более высокого уровня. Адекватность обеспечивает соответствие модели конкретным условиям проведения эксперимента. Указанные требования определяют типичную структуру модели. В основу последней закладывается в качестве каркаса базовая модель, описывающая процесс в общих чертах. Адекватность при этом обеспечивается в ходе параметризации модели по результатам сравнения с калибровочными экспериментами. Это

обуславливает основные требования к интерфейсу модели – наряду со входами, определяющими условия проведения численного эксперимента, она включает предварительно настраиваемые калибровочные параметры. Полнота и непротиворечивость системы этих параметров определяет адекватность модели и диапазон ее применения. Предлагаемая работа посвящена созданию упрощенной математической модели двигателя внутреннего сгорания, предназначенной для моделирования влияния химмотологических и трибологических процессов на динамику двигателя, его КПД и смазочную способность. Модель позволяет проводить численные эксперименты, воспроизводящие отдельные этапы стендовых испытаний. В перспективе, как предполагается, это позволит заменить проведение однотипных натурных экспериментов их численными аналогами, что обеспечит экономию времени и средств. В качестве калибровочных экспериментов при настройке модели предлагается использовать стендовые испытания на установке ИМ-1, проводимые в соответствии с ГОСТ 20303-74 [1]. Поэтому виртуальный двигатель в составе модели нагружен на имитатор асинхронной машины, а потери на трение в двигателе описываются в зависимости от износа поршня и степени его загрязнения в рамках модели Герси – Штрибека [8]. Эти факторы влияют на коэффициент трения пары поршень – цилиндр, а так же на величину зазора между поршнем и стенкой цилиндра и, следовательно, на величину смешанного трения. В дальнейшем мы пренебрежем влиянием износа и загрязнения на коэффициент трения, ограничившись исследованием их влияния на величину зазора, предполагая ее изменение равномерным.

**Базовое уравнение модели.** Модель базируется на соотношении баланса мощности и нагрузки двигателя, нагруженного на асинхронную машину в генераторном режиме. По аналогии с [2] уравнение баланса имеет вид:

$$\frac{J}{2} \frac{d\omega^2}{dt} = pF\omega r - p_{fr}F\omega r - N_l \quad (1)$$

где  $J$  – момент инерции кривошипа,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ;  $\omega$  – текущая циклическая частота,  $\text{рад/с}$ ;  $p$  – давление в цилиндре, Па;  $p_{fr}$  – напряжение трения, Па;  $r$  – радиус кривошипа, м;  $F$  – сечение цилиндра,  $\text{м}^2$ ;  $N_l$  – мощность внешней нагрузки, Вт.

Первый член в (1) представляет мощность двигателя, а второй и третий – мощность сил трения и нагрузку соответственно. Нагрузка двигателя имитируется динамическим тормозом на базе асинхронной машины. В двигательном режиме эта машина выступает в роли стартера, а характерное для нее свойство саморегулирования [3] позволяет использовать ее так же для стабилизации частоты оборотов. В соответствии с [4] тяговый момент машины определяется соотношением

$M = \frac{c_e \Phi^2}{R} (\omega_0 - \omega)$ , где  $\omega_0$  – номинальная

циклическая частота оборотов двигателя, которая считается синхронной,  $c_e$  – электромеханическая постоянная машины,  $\Phi$  – магнитный поток в машине,  $R$  – сопротивление обмотки. Тяговая мощность при этом составляет

$N_t = \frac{c_e \Phi^2}{R} \omega_0 (\omega - \omega_0)$ . В ситуации, когда текущая частота

превышает номинальную, машина переходит в генераторный режим и выступает в качестве динамического тормоза, нагружающего двигатель. Тормозной момент в этом случае

составляет  $M = \frac{c_e \Phi^2}{R} (\omega - \omega_0)$ , а мощность нагрузки

$N_l = \frac{c_e \Phi^2}{R} \omega (\omega - \omega_0)$ . Во всем диапазоне оборотов соотношение (1) приобретает вид:

$$\frac{J}{2} \frac{d\omega^2}{dt} = pF\omega r - p_{fr}F\omega r - \frac{c_e \Phi^2}{R} (\omega - \omega_0) \max(\omega_0, \omega)$$

Нормируя его на номинальное значение мощности  $N_0$ , получаем:

$$\frac{J\omega_0^2}{2N_0} \frac{d\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{dt} = \frac{pFr\omega_0}{N_0} \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{p_{fr}Fr\omega_0}{N_0} \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{c_e \Phi^2 \omega_0^2}{RN_0} \left(\frac{\omega}{\omega_0} - 1\right) \max\left(1, \frac{\omega}{\omega_0}\right). \quad (2)$$

Вводя  $T = \frac{J\omega_0^2}{2N_0}$  – характерное время разгона,

$p_0 = \frac{N_0}{Fr\omega_0}$  – характеристическое давление и  $n_0 = \frac{c_e \Phi^2 \omega_0^2}{RN_0}$  –

нормированную номинальную нагрузку, преобразуем (2) к виду:

$$T \frac{du}{dt} = \pi\sqrt{u} - \pi_{fr}\sqrt{u} - n_0(\sqrt{u} - 1) \max(1, \sqrt{u}) \quad (3)$$

где  $u = \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2$  – нормированный квадрат частоты;

$\pi = \frac{P}{P_0}$  – нормированное давление в цилиндре;

$\pi_{fr} = \frac{P_{fr}}{P_0}$  – нормированное напряжение трения.

**Реализация упрощенной модели.** Общая схема модели приведена на рис. 1. По существу, это схема реализации решения уравнения (3) с возможностью варьирования мощности двигателя и синхронной частоты. Основной особенностью модели является то, что для описания динамики давления в цилиндре используется индикаторная диаграмма двигателя [5]. Последняя представляет собой зависимость давления в двигателе от смещения поршня на различных тактах двигателя. Этим тактам соответствуют различные диапазоны угла поворота кривошипа (коленчатого вала), который является дополнительным входом индикаторной диаграммы. В модели индикаторная диаграмма реализована в виде линейных интерполяторов давления в зависимости от положения поршня, соответствующих различным тактам двигателя и выбираемых по величине угла поворота кривошипа. Как правило, индикаторная диаграмма соответствует номинальной мощности двигателя. Для учета возможной ненормальности используется регулируемый мультипликативный фактор  $g$ , имеющий смысл степени открытия виртуального дросселя подачи.

Входные параметры индикаторной диаграммы – смещение поршня  $x$  и угол поворота кривошипа  $\phi$  – формируются в кинематической модели кривошипно – шатунного механизма. Эта модель преобразует циклическую частоту  $\omega = 2\pi f$  в кинематические параметры, к числу которых помимо смещения поршня и угла поворота кривошипа относятся скорость поршня  $v$ , ускорение  $a$  и угол поворота шатуна  $\beta$ , используемых в дальнейшем для расчета трения. Угол поворота шатуна формируется на выходе интегратора циклической частоты и приводится в пределы периода путем вычисления остатка от деления интеграла на величину периода. Для расчета прочих кинематических параметров используются соотношения, приведенные в [5]:

$$x = r[(1 - \cos \phi) + \frac{\lambda}{4}(1 - \cos 2\phi)]$$

$$v = r\omega(\sin \phi + \frac{\lambda}{2}\sin 2\phi)$$

$$a = r\omega^2(\cos \phi + \frac{\lambda}{2}\cos 2\phi)$$

$$\beta = \arcsin(\lambda \sin \phi)$$

где  $\lambda = \frac{r}{l} \approx 0,25$  – отношение длины кривошипа  $r$  к длине шатуна  $l$ .

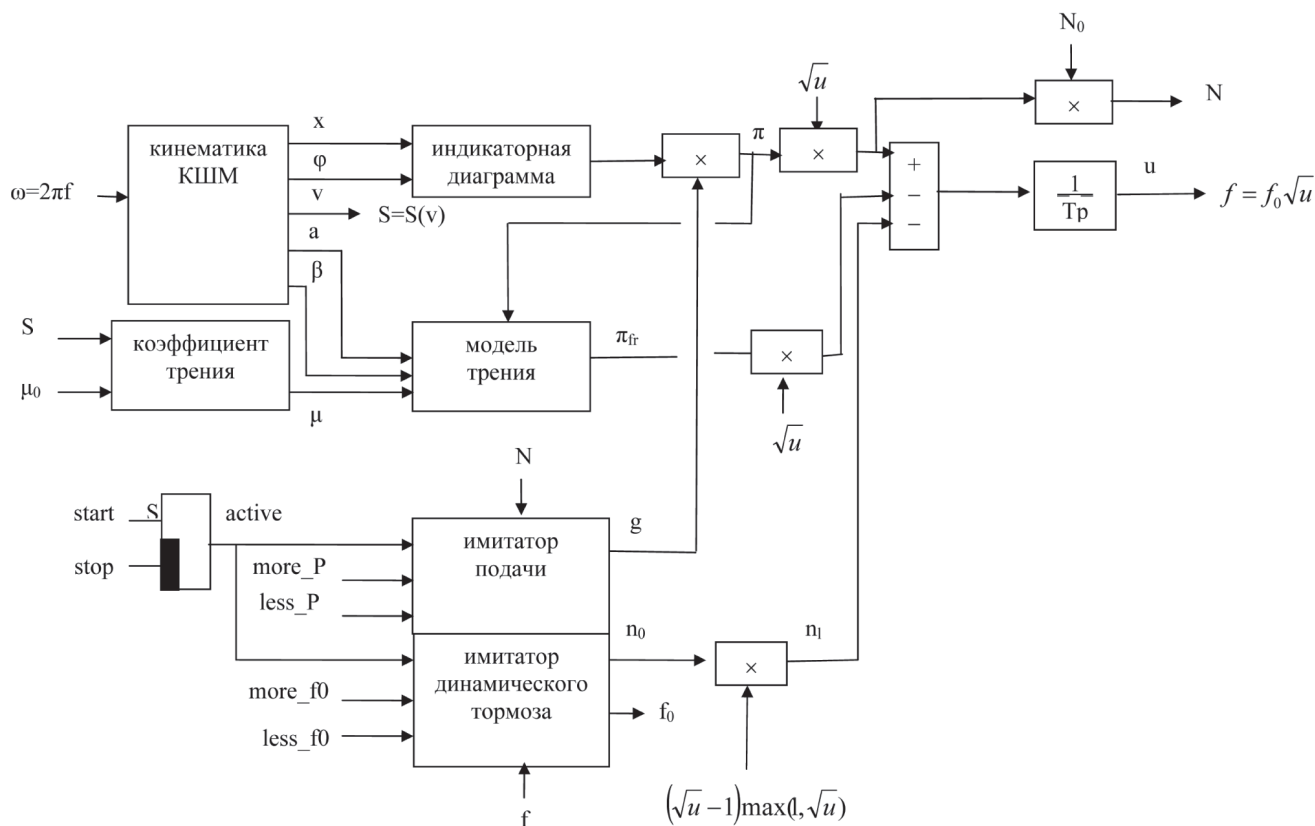


Рис. 1. Общая схема модели

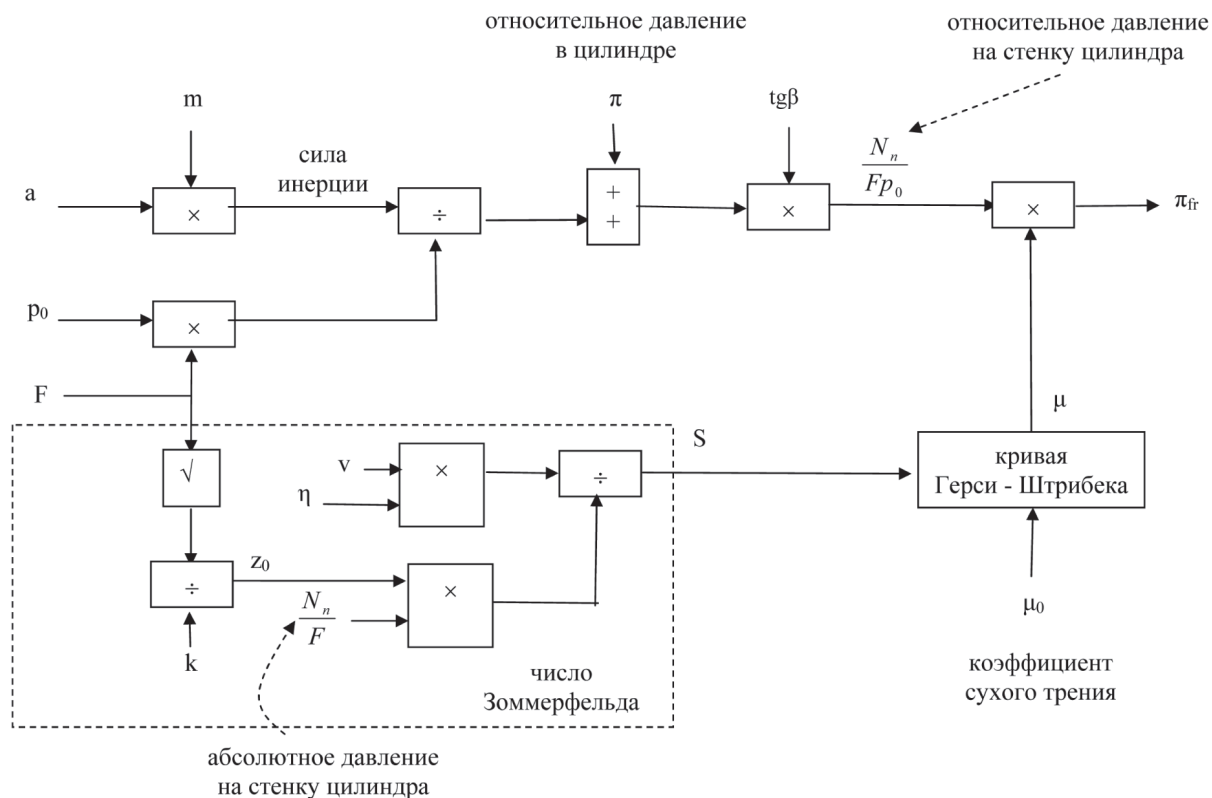


Рис. 2. Модель смешанного трения

Упомянутый выше мультипликативный фактор, учитывающий ненормальность мощности, формируется имитатором подачи. Основой последнего является PID регулятор мощности, реализованный по схеме, приведенной в [6]. Выходной фактор  $g$  автоматически варьируется в диапазоне  $[0,1]$ . Невязка по мощности  $N$  рассчитывается относительно уставки  $N_m$ , формируемой задатчиком [7] с помощью бинарных команд `more_P`, `less_P`.

Нагрузка двигателя формируется имитатором динамического тормоза, основой которого является регулятор синхронной частоты  $f_0$ . Нормированный выход регулятора представляет собой нормированную нагрузку  $n_0$ . При этом в соответствии с (3) текущая нормированная нагрузка связана с номинальной соотношением  $n_i = n_0 \max(1, \sqrt{u})(\sqrt{u} - 1)$ .

Для вариации синхронной частоты имитатор включает задатчик того же типа, что в имитаторе подачи. С помощью бинарных команд `more_f0`, `less_f0` осуществляется перенастройка синхронной частоты в заданном диапазоне. Имитаторы подачи и динамического тормоза активируются при пуске двигателя признаком `active`. Он формируется на выходе триггера с приоритетом по сбросу при подаче команды `start`. Сброс признака и экстренный останов двигателя осуществляется по команде останова `stop`.

Нормированная мощность потерь определяется нормированным моментом трения  $\pi_{fr}$ . Он формируется в модели трения, более подробно описанной ниже. Входами этой модели являются ускорение поршня  $a$ , угол поворота шатуна  $\beta$  и коэффициент трения  $\mu$ . Скорость поршня  $v$  входит в модель опосредовано через числа Зоммерфельда  $S$ , которое является входным при расчете коэффициента трения наряду с коэффициентом сухого трения  $\mu_0$ . Совместно с нагрузкой, создаваемой динамическим тормозом, потери на трение образуют суммарную нагрузку двигателя.

В соответствии с (3) небаланс мощности и суммарной нагрузки интегрируется в интеграторе с постоянной времени  $T$ , формируя на выходе нормированный квадрат частоты  $u$ . Последний, в свою очередь, преобразуется в текущую линейную частоту  $f = f_0 \sqrt{u}$  и текущую циклическую частоту  $\omega = 2\pi f$ , подаваемую на вход кинематической модели кривошипно-шатунного механизма. Механический КПД двигателя в рамках предложенного подхода определяется соотношением  $e = \frac{N_0 n_i}{N} = \frac{n_i}{g\pi\sqrt{u}}$ .

**Моделирование трения.** Расчет трения осуществляется с использованием дополнительных выходов кинематической модели – скорости и ускорения поршня, а также угла поворота шатуна. В соответствии с [5] величина напряжения трения составляет:

$$P_{fr} = \mu \frac{N_n}{F},$$

где  $N_n = (pF + ma)tg\beta$  – сила давления поршня на стенку цилиндра;  $\mu$  – коэффициент трения;  $\eta$  – динамическая вязкость смазки;  $m$  – приведенная масса поршня.

Вводя нормированное напряжение трения, находим для нормированного момента:

$$\pi_{fr} = \frac{P_{fr}}{p_0} = \left( \pi + \frac{ma}{p_0 F} \right) \mu tg\beta.$$

Общая схема расчета нормированного момента трения приведена на рис. 2. Для расчета коэффициента смешанного трения при наличии смазки используется его зависимость от числа Зоммерфельда – кривая Герси-Штрибека [8], приведенная на рис. 3. Число Зоммерфельда рассчитывается из соотношения  $S = \frac{F}{N_n} \frac{\eta v}{z_0}$ , где  $z_0$  – величина зазора между поршнем и стенкой цилиндра. Эту величину предлагается ввести в виде  $z_0 = \frac{\sqrt{F}}{k}$ , где  $k$  в дальнейшем рассматривается как настроечный параметр модели.

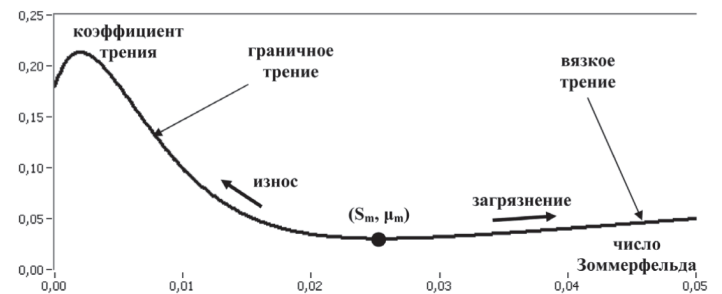


Рис. 3. Кривая Герси-Штрибека

Остановимся на аппроксимации зависимости  $\mu(S)$ . Учитывая, что нулевому значению числа Зоммерфельда соответствует коэффициент сухого трения  $\mu_0$ , а при  $S \rightarrow \infty$  имеет место асимптотика Петрова  $\mu \rightarrow S$ , соответствующая вязкому трению, воспользуемся аппроксимацией вида:

$$\mu = (\mu_0 + bS)e^{-cS} + S \quad (4)$$

При малых  $S$  ее форма соответствует форме скоростной зависимости для коэффициента граничного трения [9], что подтверждает целесообразность ее использования. Параметры аппроксимации определяются координатами  $(S_m, \mu_m)$  минимума кривой, удовлетворяющими условию  $S_m > \mu_m$ . Из (4) находим для этих координат:

$$\begin{cases} \mu(S_m) = (\mu_0 + bS_m) \exp(-cS_m) + S_m = \mu_m \\ \mu'(S_m) = b \exp(-cS_m) - c(\mu_0 + bS_m) \exp(-cS_m) + 1 = 0 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} c(\mu_m - S_m) = 1 + b \exp(-cS_m) \\ (\mu_0 + bS_m) \exp(-cS_m) + S_m = \mu_m \end{cases} \quad (5)$$

Разрешая (5) относительно  $b$ , получаем:

$$\begin{cases} c(\mu_m - S_m)S_m = \mu_m - \mu_0 \exp(-cS_m) \\ b = [c(\mu_m - S_m) - 1] \exp(cS_m) \end{cases} \quad (6)$$

В предположении  $cS_m \gg 1$  приближенно находим из (6) параметры аппроксимации

$$\begin{cases} c = \frac{\mu_m}{S_m (\mu_m - S_m)} \\ b = \frac{(\mu_m - S_m)}{S_m} \exp\left(\frac{\mu_m}{(\mu_m - S_m)}\right) \end{cases}$$

Аппроксимация (6) была использована для моделирования влияния трения в модели двигателя. В качестве коэффициента сухого трения было выбрано значение  $\mu_0 = 0,18$  (трение полированной стали о полированную сталь), а в качестве величины динамической вязкости – значение  $\eta = 0,005$  Па·с, соответствующее вязкости жидкой смеси тяжелых углеводородов при  $100^\circ\text{C}$  [10]. Минимальный коэффициент трения  $\mu_m$  был выбран равным 0,03, а точка минимума на 15% ниже. Начальная величина зазора между поршнем и стенкой цилиндра выбиралась с помощью настроечного параметра  $k$  путем исходной подгонки под максимальный кпд.

**Моделирование износа и загрязнения.** Влияние износа и загрязнения в каком-то смысле противоположно. При загрязнении юбки поршня величина зазора снижается и возрастает вязкостное трение, приводя к снижению кпд и смазочной способности. Моющие свойства (как и предварительная приработка пары поршень – цилиндр) обеспечивают увеличение зазора и его приближение к оптимальной величине с соответствующим возрастанием кпд.

Износ пары поршень – цилиндр так же приводит к увеличению зазора, но в ситуации оптимальности последнего. Как следствие, так же падают смазочная способность и кпд за счет возрастания граничного трения. Моделирование износа базируется на рассмотрении работы сил трения над деформированным материалом трущейся поверхности. В соответствии с [11] эта работа составляет:

$$A = \sigma_T V = \frac{\mu N}{S_\phi} \cdot Sh_w \quad (7)$$

где  $\sigma_T = \frac{\mu N}{S_\phi}$  – напряжение трения;  $V = Sh_w$  – объем деформированного материала;  $S_\phi$  – фактическая площадь контакта;  $h_w$  – глубина деформации (текущий износ).

Находим из (7) для мощности трения:

$$P_f = \frac{dA_f}{dt} = \frac{S}{S_\phi} N \mu \frac{dh_w}{dt} \quad (8)$$

и, разрешая (8) относительно линейной скорости износа  $\frac{dh}{dt}$ :

$$\frac{dh_w}{dt} = \frac{P_f}{N \mu} \frac{S_\phi}{S} = v \frac{S_\phi}{S} \quad (9)$$

где  $v = \frac{P_f}{N \mu}$  – скорость скольжения, приравняемая кинематической скорости поршня  $\frac{S_\phi}{S}$  – относительная площадь контакта.

Для оценки относительной площади контакта используем функцию безразмерного параметра  $d = \frac{N}{RL} \frac{1-\mu^2}{E}$ , используемого в формуле Герца для цилиндра [11]. Здесь  $N$  – нормальная нагрузка на стенку цилиндра,  $R, L$  – радиус и длина поршня,  $E, \mu$  – модуль упругости и коэффициент Пуассона. Примем эту функцию степенной:  $\frac{S_\phi}{S} = d^\alpha$ , где  $\alpha$  – настроечный параметр. Подставляя ее в (9), получаем для линейной скорости износа:

$$\frac{dh_w}{dt} = v d^\alpha$$

а для массовой:

$$\frac{dm}{dt} = 2\pi RL \rho v d^\alpha$$

где  $\rho$  – плотность трущегося материала, в данном случае стали.

Приравнявая массовую скорость износа ее значению по результатам калибровочного эксперимента, находим соотношение для настроечного параметра:

$$\frac{M}{T} = 2\pi RL \rho v d^\alpha$$

где  $M$  – интегральный износ;  $T$  – длительность калибровочного эксперимента (96 часов в соответствии с [1]).

Процесс загрязнения будем интерпретировать как адсорбцию загрязняющего материала на юбке поршня. Для моделирования этого процесса воспользуемся уравнением адсорбционного баланса [12]:

$$\begin{aligned} \frac{d\Gamma}{dt} &= K_a (1-\theta) - K_d \theta \\ \Gamma &= \rho h_0 \theta \end{aligned} \quad (10)$$

где  $K_a, K_d$  – массовые скорости адсорбции и десорбции;  $\rho$  – плотность загрязняющего материала;  $h_0$  – максимальная толщина загрязнения;  $\theta$  – доля загрязненной поверхности.

Вводя среднюю толщину загрязнения  $h_p = h_0 \theta$ , преобразуем (10) к виду:

$$\frac{dh_p}{dt} = \frac{K_a}{\rho h_0} (h_0 - h_p) - \frac{K_d}{\rho h_0} h_p \quad (11)$$

или

$$\begin{aligned} T \frac{dh_p}{dt} + h_p &= \frac{K_a}{K_a + K_d} h_0 \\ T &= \frac{\rho h_0}{K_a + K_d} \end{aligned}$$

Мы видим, что равновесная доля загрязненной поверхности составляет  $\theta_p = \frac{K_a}{K_a + K_d}$ . Отсюда получаем для средней толщины загрязнения  $h_p = h_0 \theta_p$ , где согласно [1]  $\theta_p$  соответствует суммарной доле загрязненной поверхности, полученной по результатам калибровочного эксперимента, а максимальная толщина загрязнения  $h_0$  соответствует величине исходного зазора.



Предположим, что начальная величина зазора выбрана так, что она соответствует минимуму коэффициента трения на кривой Герси-Штрибека. При наличии износа зазор увеличивается на величину линейного износа, а загрязнение приводит к его снижению на величину средней толщины загрязнения. Число Зоммерфельда при этом приобретает вид:

$$S = \frac{F}{N_n} \frac{\eta v}{z_0 + h_w - h_p} \quad (12)$$

Таким образом, увеличение зазора за счет износа приводит к снижению числа Зоммерфельда и увеличению коэффициента трения при смещении по ветви **граничного** трения. В свою очередь загрязнение увеличивает число Зоммерфельда и коэффициент трения при смещении по ветви **вязкостного** трения. Оба эффекта приводят к снижению смазочной способности и соответствующему снижению КПД двигателя относительно максимального значения.

**Формирование статических характеристик.** В соответствии с [13] основными статическими характеристиками двигателя являются скоростные и нагрузочные. Первые представляют собой зависимости от частоты двигателя таких параметров как мощность, момент, интегральный  $G$  и удельный  $g$ , расходы топлива. Вторые – зависимости от нагрузки разрежения в цилиндре  $\Delta P$ , а также интегрального и удельного расходов. В рамках предложенной динамической модели скоростные и нагрузочные характеристики строятся как параметрические кривые на участках монотонности аргументов - частоты и нагрузки. При этом по осям абсцисс и ординат откладываются относительные значения аргументов и функций, выраженные в процентах от номинальных значений.

В этих условиях предлагается следующая процедура формирования статических характеристик. В ходе разворота и нагружения виртуального двигателя формируются номинальные значения мощности, частоты, момента, разрежения, интегрального и удельного расходов топлива. После завершения нагружения мощность монотонно снижается с использованием соответствующего задатчика. На участке снижения формируются временные зависимости относительных мощности, разрежения, интегрального и удельного расходов. Интерпретируя их как параметрические задания аргумента и функций, строятся нагрузочные характеристики. Аналогично строятся скоростные характеристики при монотонном снижении частоты двигателя.

Относительные значения параметров, используемые при построении статических характеристик, формируются непосредственно в рамках построенной модели. Исключение составляют удельный расход  $g$  и разрежение в цилиндре  $\Delta P$ . Удельный расход представляет собой отношение текущего интегрального расхода  $G$ , рассчитываемого по степени открытия виртуального дросселя и выраженного в процентах, к относительной мощности  $n$ . Для формирования  $\Delta P$  используется следующий прием. По относительному значению относительного давления в цилиндре, формируемому в модели, вычисляется скользящий минимум, который интер-

претируется как давление на такте всасывания. Усредненное значение этой величины вычитается из относительного атмосферного давления  $\frac{10^5}{P_0}$ . Результат выражается в про-

центах и рассматривается как относительное давление разрежения, которое и используется для построения соответствующей нагрузочной характеристики.

**Качественное тестирование модели.** Модель была реализована в графической среде LabView с параметрами, выбранными в соответствии с [1]. Качественное тестирование модели проводилось в форме численных экспериментов, включая:

- имитацию пуска и разгона двигателя;
- имитацию ступенчатого изменения мощности;
- имитацию останова двигателя динамическим тормозом;
- имитацию экстренного останова двигателя.

Исходным состоянием двигателя считалось заторможенное с нулевой нагрузкой. Синхронная частота по умолчанию соответствовала 25 гц (1500 об/мин). Запуск двигателя осуществлялся командой start, а разворот – асинхронной машиной в двигательном режиме. Динамика пуска и разворота отражена на рис. 4. Двигательному режиму машины соответствует отрицательная нагрузка. На этапе разворота она имеет импульсный характер, а после его завершения стабилизируется, компенсируя трение в двигателе при нулевой мощности. Частота двигателя при этом устанавливается на подсинхронном уровне.

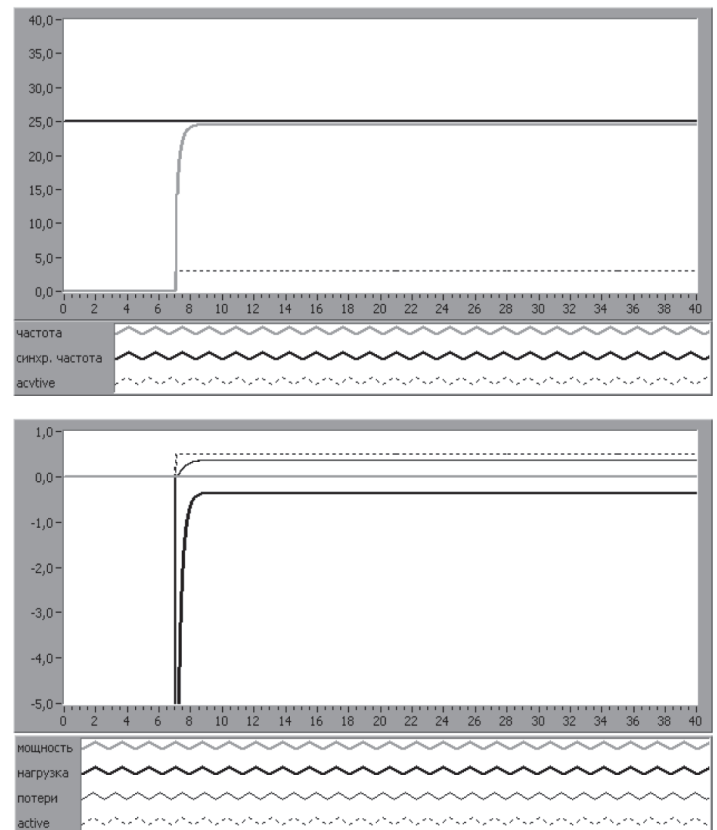


Рис. 4. Пуск и разворот двигателя

Изменение мощности двигателя осуществляется по командам *more\_P*, *less\_P*, соответствующим увеличению и уменьшению подачи топлива. Нагрузкой двигателя при этом является асинхронная машина в генераторном режиме. Поэтому частота двигателя при увеличении мощности так же увеличивается, обеспечивая рост нагрузки. При снижении мощности имеет место противоположный эффект. Разница между мощностью и нагрузкой обусловлена влиянием трения, растущего с повышением частоты и убывающего с понижением. Динамика двигателя при изменении мощности отражена на рис. 5.

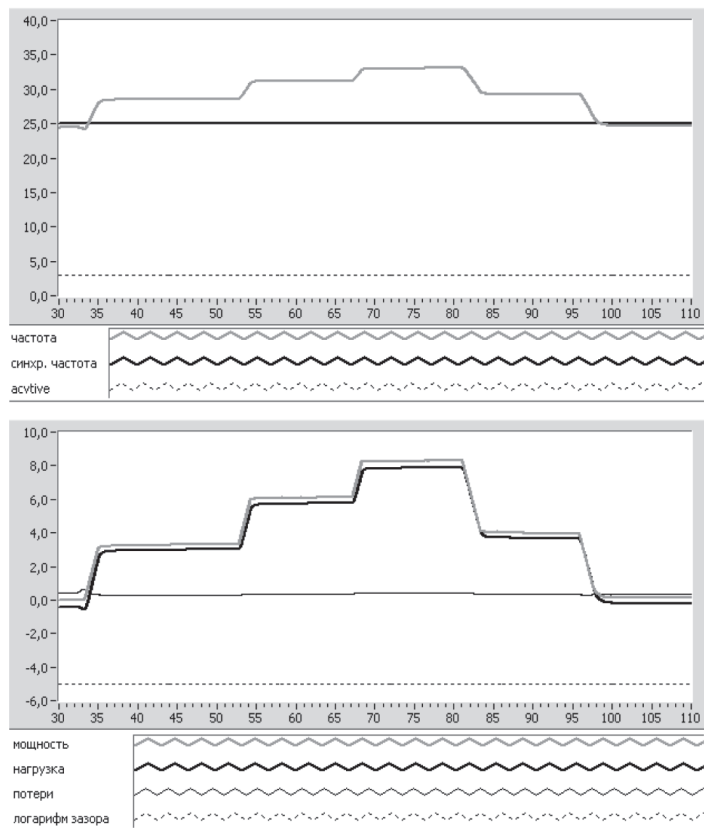


Рис. 5. Ступенчатое изменение мощности

Имитация останова двигателя динамическим тормозом осуществлялась из исходного состояния максимальной нагрузки при синхронной частоте 25 Гц. Динамика останова приведена на рис. 6. Из исходного состояния синхронная частота снижалась до 0. Это вызывало увеличение нагрузки с последующим превышением над мощностью. Как следствие, происходило снижение частоты двигателя и его останова. Мощность потерь так же снижалась со снижением частоты. Экстренный останов двигателя имитируется формированием команды *stop*. Исходным состоянием при этом является нагруженное состояние двигателя при синхронной частоте 25 Гц. Динамика этого процесса отражена на рис. 7. Команда *stop* сбрасывает признак *active*, а так же мощность за счет обнуления степени открытия виртуального дросселя подачи. По мере снижения мощности снижалась нагрузка, создаваемая динамическим тормозом. Торможение двигателя на выбеге обусловлено влиянием трения, величина которого снижается по мере убывания частоты.

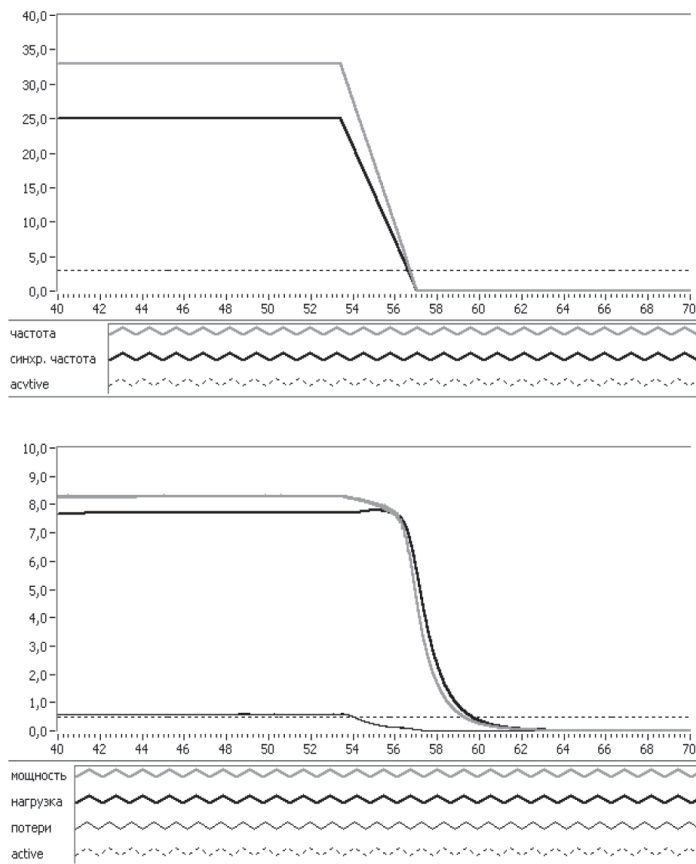


Рис. 6. Останов двигателя динамическим тормозом

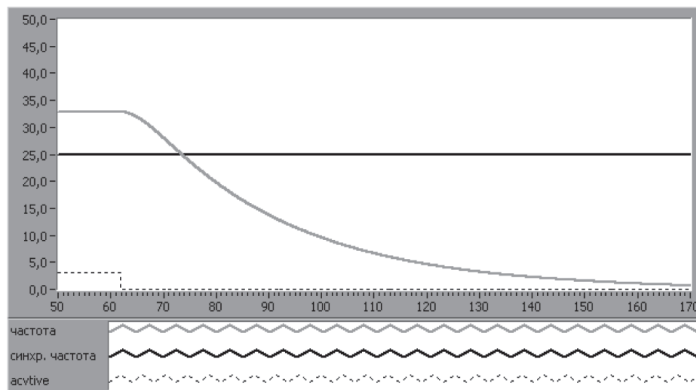


Рис. 7. Экстренный останов двигателя

Качественное исследование влияния износа и загрязнения осуществлялось в ходе численного эксперимента по изменению зазора за счет того или иного эффекта. В исходном состоянии при проведении эксперимента двигатель был полностью загружен, а синхронная частота составляла 25 Гц. Коэффициент трения в ходе эксперимента вычислялся по кривой Герси-Штрибека, а входное число Зоммерфельда – в соответствии с (12). Как указывалось выше, исходный зазор  $z_0$  был выбран так, что бы соответствующее число Зоммерфельда в отсутствии износа и загрязнения соответствовало бы минимальному коэффициенту смешанного трения (точке минимума кривой Герси-Штрибека). Текущий износ в ходе эксперимента рассчитывался путем интегрирования скорости линейного износа, а текущая толщина загрязнения – из соотношения адсорбционного баланса (11).

Фрагменты статических характеристик двигателя приведены на рис. 8, 9. Нагрузочная характеристика включает зависимости интегрального расхода и разрежения в цилиндре от мощности и качественно соответствует приведенной в [13]. Особенностью скоростной характеристики является то, что при снижении частоты двигателя нагрузочный генератор переходит в моторный режим. Мощность двигателя при этом растет несмотря на снижение расхода топлива.

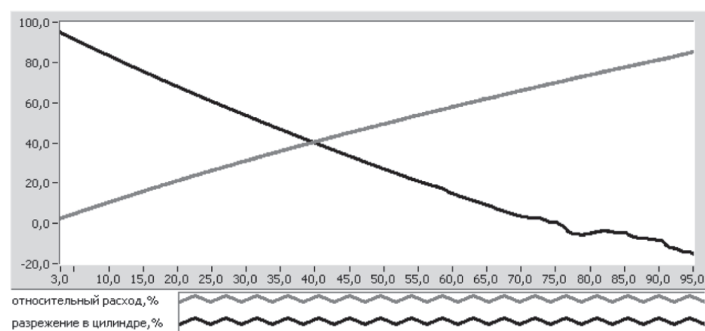


Рис. 8. Нагрузочная характеристика

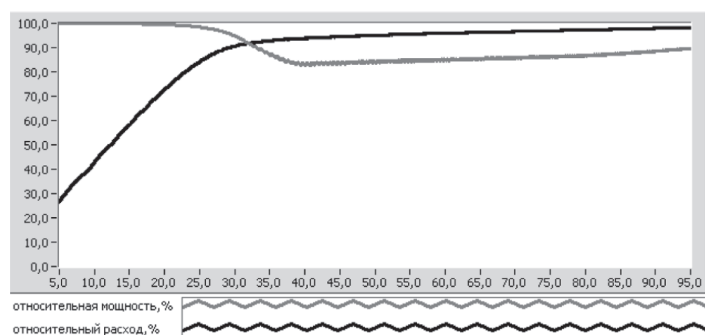


Рис. 9. Скоростная характеристика

Результаты моделирования износа приведены на рис. 10. Увеличение зазора, как и предполагалось, приводит к снижению смазочной способности и росту потерь за счет граничного трения. Как следствие, имеет место снижение полезной нагрузки и кпд. Аналогичный эффект имеет место при моделировании загрязнения, результаты которого отображены на рис. 11. В отличие от ситуации износа сниже-

ние смазочной способности и кпд происходит при уменьшении зазора, а рост потерь происходит за счет увеличения вязкостного трения.

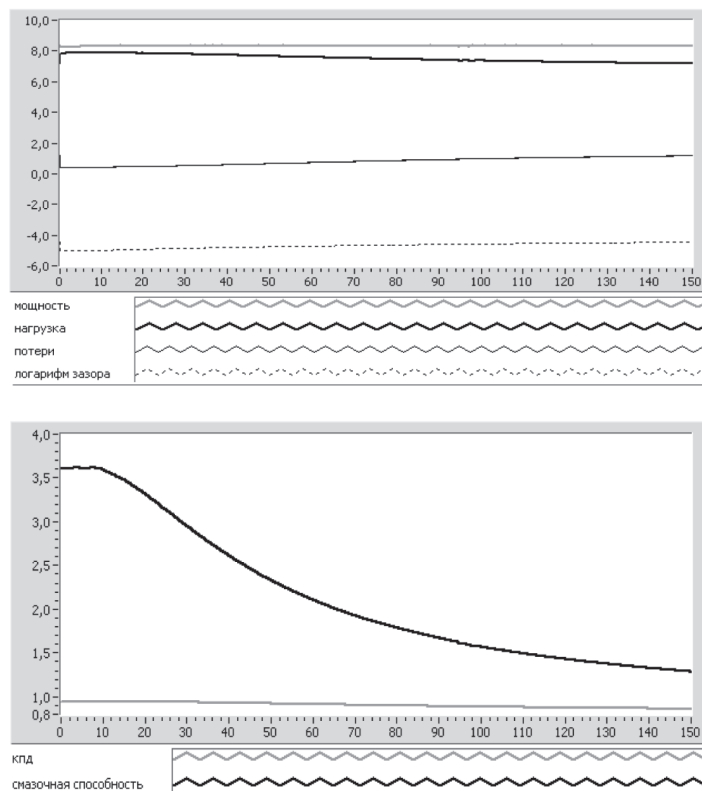


Рис. 10. Моделирование износа

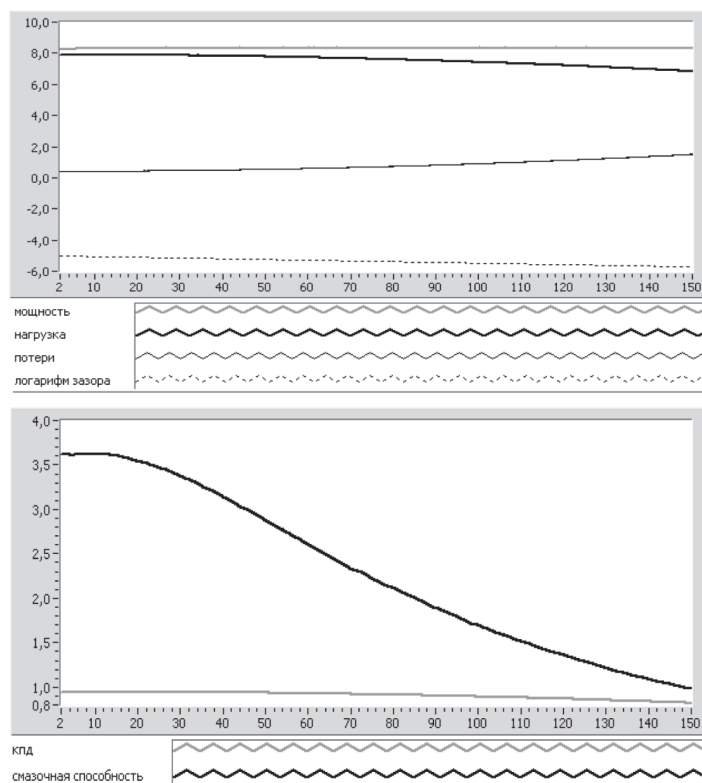


Рис. 11. Моделирование загрязнения

**Перспективы дальнейших исследований.** Основным направлением дальнейшего развития представленной работы является переход от упрощенной модели двигателя к более детальной. В частности, предполагается перейти от имитации динамики давления в цилиндре с помощью индикаторной диаграммы к подробному рассмотрению внутрицилиндровых процессов, включая:

- моделирование смесеобразования;
- имитацию кинетики и термодинамики горения
- имитацию газообменных процессов и др.

Планируется так же дополнительно проработать вопросы имитации основных трибологических процессов в двигателе при наличии смазки с целью применения для более детального моделирования химмотологических процессов.

### Выводы

1. Разработанная упрощенная модель двигателя внутреннего сгорания, предназначена для моделирования влияния химмотологических и трибологических факторов на динамику двигателя и его кпд. Модель позволяет проводить численные эксперименты, воспроизводящие отдельные этапы стендовых испытаний моторных масел. В перспективе, как предполагается, это даст возможность заменить однотипные натурные эксперименты их численными аналогами, что обеспечит экономию времени и средств.

2. Для настройки модели предполагается использовать результаты стендовых испытаний моторных масел на установке ИМ-1 в соответствии с ГОСТ 20303-74. Поэтому виртуальный двигатель в составе модели нагружался на субмодель асинхронной машины, а потери на трение в двигателе описывались в зависимости от влияния износа и загрязнения пары поршень – цилиндр на механический кпд двигателя и смазочную способность.

3. Модель основывалась на соотношении для баланса мощности двигателя и его нагрузки, создаваемой асинхронной машиной в генераторном режиме. Ее особенностью является то, что для имитации динамики давления в цилиндре используется индикаторная диаграмма двигателя, а ненормальность мощности учитывается регулируемым мультипликативным фактором, имеющим смысл степени открытия виртуального дросселя подачи.

4. Учет трения базировался на аппроксимации кривой Герси-Штрибека и ее использовании для расчета коэффициента смешанного трения в зависимости от числа Зоммерфельда. Ввод в состав этого числа факторов, учитывающих износ и загрязнение пары поршень – цилиндр позволил осуществить моделирование этих процессов и качественно оценить их влияние на динамику смазочной способности и кпд двигателя.

5. Построение скоростных и нагрузочных характеристик виртуального двигателя осуществлялось в соответствии с номенклатурой параметров, определенной в ГОСТ 14846-81. Характеристики строились в виде параметрических кривых по временным зависимостям функций и аргументов, формируемых в ходе моделирования. Их анализ указывает на качественное соответствие построенной нагрузочной характеристики приведенной в ГОСТ. Особенностью построенной частотной характеристики является возрастание мощности при низких частотах за счет переходов нагрузочного генератора в моторный режим.

6. Модель была реализована в графической среде LabView с параметрами, выбранными в соответствии с ГОСТ 20303-74. Ее качественное тестирование проводилось в форме численных экспериментов, включая имитацию пусковых, остановочных и переходных процессов, построение нагрузочной и скоростной характеристик, а так же моделирование износа и загрязнения пары поршень – цилиндр. Анализ результатов проведенных экспериментов, включая моделирование износа и загрязнения, показывает, что модель обеспечивает качественную адекватность имитации основных процессов в двигателе.

### Литература

1. ГОСТ 20303-74 Масла моторные. Метод оценки мощностных свойств на установке ИМ-1. – М., ГОССТАНДАРТ СССР, 1989.
2. Моисеев А.А. Математическая модель системы питания парогенератора, Инженерная физика, №3, 2008. – С.39.
3. Общая электротехника / Под ред. Блажкина А.Т. – Л. Энергия, 1979. – 472 с.
4. Моисеев А.А. Имитационное моделирование некоторых электрических машин, Контроль. Диагностика, №8(98), 2006. – С.35.
5. Буров А.Л. Тепловые двигатели. – М.: МГИУ, 2003. – 136 с.
6. Моисеев А.А. Программная реализация некоторых алгоритмов регулирования, Промышленные АСУ и контроллеры, №4, 2006. – С.25.
7. Моисеев А.А. Преобразование и генерация динамических процессов встроенными средствами ТПТС, Контроль. Диагностика №3(117), 2008, с 51.
8. Справочник по триботехнике, Т.2 / Под ред. Хебды М. Чичинадзе А.В. – М.: Машиностроение, 1990. – 416 с.
9. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
10. Физические величины: справочник / Под ред. Григорьева И.С. Мейлихова Е.З. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
11. Крагельский И.В., Виноградова И.Э. Коэффициенты трения. – М.: Машгиз, 1962. – 220 с.
12. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа 1972. – 496 с.
13. ГОСТ 14846 -81 Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М.: Издательство стандартов, 2003.

## THE SIMPLIFIED MATHEMATICAL MODEL INTERNAL COMBUSTION ENGINE

**Moiseyev A.A.**, *Cand.Tech.Sci., 25 State Research and Development Institute of a himmotologiya of MO Russian Federation*

### Abstract

The simplified mathematical model of an internal combustion engine intended for simulation of influence chemical motor-logical and the tribologicheskikh of factors on dynamics of the engine and its efficiency is developed. The model is based on a ratio for balance of the engine capacity and its loading created by the asynchronous generator, and which is also caused by friction in the cylinder. Its feature is that for simulation of dynamics of cylinder pressure the indicator diagram of the engine is used, and the mixed friction is approximated by dependence of Gersi-Shtribeka. Last, in particular, allows to estimate influence of wear and pollution of couple the piston – the cylinder on lubricant ability and efficiency of the engine. The normal purpose of mathematical simulation of technological processes is prediction of course of these processes in different conditions, including – not enveloped by full-scale experiment. Two main requirements are usually imposed to similar model – universality and adequacy. Universality allows to use model and in a broad range of external conditions, including – as a part of models of higher level. Adequacy provides compliance of model to specific conditions of carrying out experiment. The specified requirements define typical structure of model. In a basis of the last the basic model sketching process is put as a frame. Adequacy thus is provided during parametrization of model by results of comparing with gage experiments. It causes the main requirements to the model interface – along with the inputs defining conditions of carrying out numerical experiment, it includes beforehand the setup gage parameters. Completeness and consistency of system of these parameters defines adequacy of model and the range of its application. The offered operation is devoted to creation of the simplified mathematical model of an internal combustion engine intended for simulation of influence chemical motor-logical and the tribologicheskikh of processes on dynamics of the engine, its efficiency and lubricant ability. The model allows to make the numerical experiments reproducing separate stages of stand tests. In the long term, as it is supposed, it will allow to replace carrying out the same full-scale experiments with their numerical analogs that will provide saving of time and means.

**Keywords:** *mathematical model, experiment, gage parameters, balance equation, asynchronous machine.*

### References

1. GOST 20303-74 engine oils. The valuation method of the washing properties on installation of IM-1, M., GOSSTANDART of the USSR, 1989.
2. Moiseyev A.A. A mathematical model of feed system of the steam generator, *Engineering physics*, No. 3, 2008, with 39.
3. General electrical engineering, edition of Blazhkin A.T., L., Energy, 1979, 472 p.
4. Moiseyev A.A., Simulation modeling of some electrical machines, *Monitoring. Diagnostics*, No. 8 (98), 2006, with 35.
5. Drills A.L. Heat engines, M., MGIU, 2003, 136 p.
6. Moiseyev A.A., Program implementation of some algorithms of regulation, *Industrial ACS and controllers*, No. 4, 2006. Pp. 25.
7. Moiseyev A.A. Conversion and generation of dynamic processes by the built-in means of TPTS, *Monitoring. Diagnostics*, No. 3 (117), 2008, with 51.
8. The reference manual after a tribotekhnika, V.2, edition of Hebda M., Chichinadze A.V., M., Mechanical engineering, 1990, 416 p.
9. Kragelsky I.V., Dobychin M.N., Kombalov V.S. Basis of calculations on friction and wear, M., Mechanical engineering, 1977, 526 p.
10. Physical quantities: reference manual, edition of Grigoriev I.S., Meylikhova E.Z., M., Energoatomizdat, 1991, 1232 p.
11. Kragelsky I.V., Vinogradova I.E. Friction coefficients, M., Mashgiz, 1962, 220 p.
12. Kafarov V.V. Bases of a mass transport, M., the Higher school, 1972, 496 p.
13. GOST 14846-81 Engines automobile. Methods of stand tests, M., Standards Publishing House, 2003.



Мария Трущук

фотораф

[mariagrinchuk.com](http://mariagrinchuk.com)

+7 905 263 64 58

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ДЕКАМЕТРОВЫХ РАДИОЛИНИЙ

**Николашин Ю.Л.**, к.т.н.,

ОАО «Интелтех»,

intelteh@inteltech.ru

**Будко П.А.**, д.т.н., профессор,

ОАО «Интелтех»,

budko62@mail.ru

**Жолдасов Е.С.**, к.т.н., доцент,

Военная академия связи,

erkingolldasov@mail.ru

**Жуков Г.А.**, к.т.н., доцент,

ОАО «Интелтех»,

intelteh@inteltech.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 пять 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. Рабочая частота приема определяется автоматически. Фактически в многоканальном радиоприемном устройстве программно формируется множество радиоприемников по количеству раз-

решенных 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. Предлагаемые методы можно отнести к ресурсосберегающим технологиям, поскольку они позволяют: осуществить ведение декаметровой радиосвязи без привязки на приемной стороне к радиоданным (без обратного канала связи и частотно-временного расписания); отказаться от использования системы единого времени на радиоцентрах; сократить количество персонала, обслуживающих радиолинии; исключить ошибки персонала при перестройке парка радиоприемников приемного радиоцентра; снизить энергетику радиолиний; повысить экономический эффект; повысить вероятность доведения сообщений до абонентов за счет ведения радиосвязи на оптимальных рабочих частотах; вести работу с унаследованными радиолиниями.

## Введение

Изначально, с момента зарождения радиосвязи основным требованием успешного функционирования любой радиолинии (РЛ) являлось строгое соблюдение жестких требований по соответствию частот передачи и приема у абонентов. Для каналов связи в декаметровом (ДКМ) диапазоне волн данные частоты заранее известны по частотно-временной матрице (ЧВМ) и изменяются каждый час в соответствие с состоянием ионосферы по долгосрочному прогнозу, который в большинстве случаев лишь приблизительно характеризует состояние ее слоев.

Рассогласование в установке частоты передачи (приема) приводит к сбоям в приеме сообщений. Вместе с тем, достижения в области SDR-технологии, создании высокопроизводительных аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и программно-логических интегральных схем (ПЛИС) 5 поколения позволяют создать многоканальные радиоприёмные устройства (РПУ). Серийно уже выпускаются 32(64)-канальные РПУ, описание которых приведено в [1].

## Постановка задачи

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 (РПДУ) 100 Гц двумя многоканальными РПУ будет перекрыт диапазон до 20-ти МГц, чего фактически достаточно для реализации ДКМ радиосвязи.

Таким образом, представляется возможность реализации нового способа доведения сообщений до удалённых объектов по ДКМ радиоканалу без знания частоты передачи на приёмном радиоцентре (ПРЦ) и в то же время позволяющего вести передачу на оптимальной для данного момента времени рабочей частоте (ОРЧ). Внедрение предложенного метода функционирования РЛ позволит повысить вероятность приёма сообщений за счёт исключения ошибок при установке частоты РПДУ и РПУ, а также за счёт обеспечения работы на ОРЧ в режиме on-line.

Определение ОРЧ в режиме реального времени может быть реализовано с использованием аппаратно-программного комплекса (АПК) типа «Мицар», с применением метода наклонно-возвратного зондирования (НВЗ) при помощи сигналов с линейно-частотной модуляцией (ЛЧМ) [2]. При этом в АПК «Мицар» целесообразно дополнительно реализовать алгоритм выбора ОРЧ радиотрассы по данным вертикального зондирования (ВЗ) [3]. Уйти от жесткого закрепления РПУ за каналом (РПДУ) возможно увеличивая аппаратные затраты (доводя количество РПУ до количества фиксированных рабочих частот РЛ). И если данная проблема до недавнего времени была практически не разрешимой, то с внедрением многоканальных программно-настраиваемых радиоустройств, приближение к ее решению все отчетливее.

## Реализация многоканального РПУ на SDR-технологии

Развитие технологий происходит постоянно, и с каждым годом компьютер всё больше и больше входит в наш обиход. Применение компьютера в практике построения РЛ 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 низкочастотный (НЧ) сигнал, потом стали оцифровывать сигнал уже на низкой промежуточной частоте (ПЧ) –  $12 \div 48$  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 ПЧ. 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) ОРЧ передачи сообщения в интересах того или иного корреспондента (абонента) определяется в соответствие с его географическим размещением и с учетом ЧВМ автоматически. В то время как на ПРЦ предварительной установки частоты приема и учета координат ПДРЦ не требуется. Это также является отличительной особенностью предлагаемого метода от активно применяемых еще с прошлого века по настоящее время частотно-адаптивных радиолиний (ЧАРЛ) [4]. В предлагаемом методе прием сообщения осуществляется за счет применения предварительной пространственной селекции (при известных координатах ПДРЦ) и цифровой обработки сообщения с использованием SDR-технологий. Рабочая частота приема определяется автоматически, например, на основе алгоритмов методики функционирования АПК возвратно-наклонного зондирования ионосферы [2]. Фактически в многоканальном РПУ программно формируется множество радиоприемников по количеству разрешенных для данной РЛ фиксированных рабочих частот:  $N = \Delta F / \Delta f$ , где  $N$  – количество каналов (программно-формируемых приемников) в многоканальном РПУ;  $\Delta F$  – полоса частот РЛ;  $\Delta f$  – шаг частотной сетки возбудителя. Схемная реализация предлагаемого способа формирования РЛ, работающей без использования заранее заданных рабочих частот приведена на рис. 1. Предложенная РЛ работает следующим образом.

На первом этапе на передающей стороне с помощью ионосферно-волновой службы на основе использования долгосрочных (12-летних, годовых, сезонных, месячных) и краткосрочных (дневных, ночных) радиопрогнозов солнечной активности, а также результатов вертикального или возвратно-наклонного зондирования ионосферы с помощью ЛЧМ сигналов АПК ВЗ ионосферы 9 на ПДРЦ 2 осуществляется

анализ состояния слоев ионосферы (среды РРВ 1) с целью определения ОРЧ для формируемой радиотрассы с учетом района географического размещения объекта (ПРЦ 3). При этом в качестве аппаратуры ионосферного мониторинга и диагностики радиоканалов с использованием ЛЧМ сигналов 9 могут использоваться, например, АПК ВНЗ ионосферы «Мицар» [2], комплекс технических средств наклонного зондирования ионосферы «Сириус», базовая станция ионосферного мониторинга «Лань» и др. [3]. Все перечисленные комплексы радиомониторинга позволяют адаптировать данные получаемые с посторонних (в том числе и зарубежных) станций ВЗ и НВЗ ионосферы для заданной радиотрассы. В результате анализа состояния среды РРВ полученная ОРЧ для формируемой РЛ с учетом длины радиотрассы и географии размещения объекта (ПРЦ 3) поступает на управляющий вход «ОРЧ» блока фиксации ОРЧ 10 и далее на возбудитель 6 РПДУ 5.

На втором этапе информация, предназначенная для передачи в РЛ в виде кодограммы от источника сообщения 4 поступает на информационный вход возбудителя 6 РПДУ 5. Параллельно с этим на управляющий вход «Запрет изменения ОРЧ» блока фиксации ОРЧ 10 от источника сообщения 4 поступает сигнал запрета изменения ОРЧ на период времени передачи кодограммы. Это связано с тем, что АПК ВНЗ ионосферы 9 осуществляет мониторинг состояния среды РРВ постоянно, в режиме on-line, что может привести к

смене ОРЧ в возбудителе в момент передачи кодограммы, а также к ухудшению электромагнитной обстановки (электромагнитной совместимости – ЭМС) на ПДРЦ 2. Поступившая на передачу кодограмма отправляется абоненту РЛ (объекту) из возбудителя 6 на вход усилителя мощности 7 РПДУ 5 и далее через АФУ 8, где преобразуется в высокочастотное колебание на ОРЧ диапазона ДКМ волн, среду РРВ 1 на АФУ 11 приемной стороны.

На третьем этапе на приемной стороне принятый радиосигнал из АФУ 11 поступает на блок согласования с антенной 12, предназначенный для согласования принятого АФУ 11 радиосигнала с канальными трактами приема 15 многоканального перепрограммируемого РПУ 14. В данной модели БСА 11 выступает в роли многоканального динамического пространственно-частотного фильтра с параметрическим управлением его характеристиками. [5, 6].

С его выходов принятый сигнал параллельно поступает в цепочки трактов приема 15<sub>т</sub>, каждый из которых состоит из программно-настраиваемого диапазонного селективного фильтра ( $\Phi_m$ ) 16, выход которого параллельно подключен к соответствующему  $t$ -му электронному ключу ( $K_{л_t}$ ) 18 и  $t$ -му согласованному фильтру на автопусковую комбинацию ( $C\Phi_m^{апк}$ ) 17, выход которого соединен с управляющим входом  $t$ -го электронного ключа 18, выход которого поступает на вход  $t$ -го детектора/демодулятора ( $ДМ_m$ ) 19.

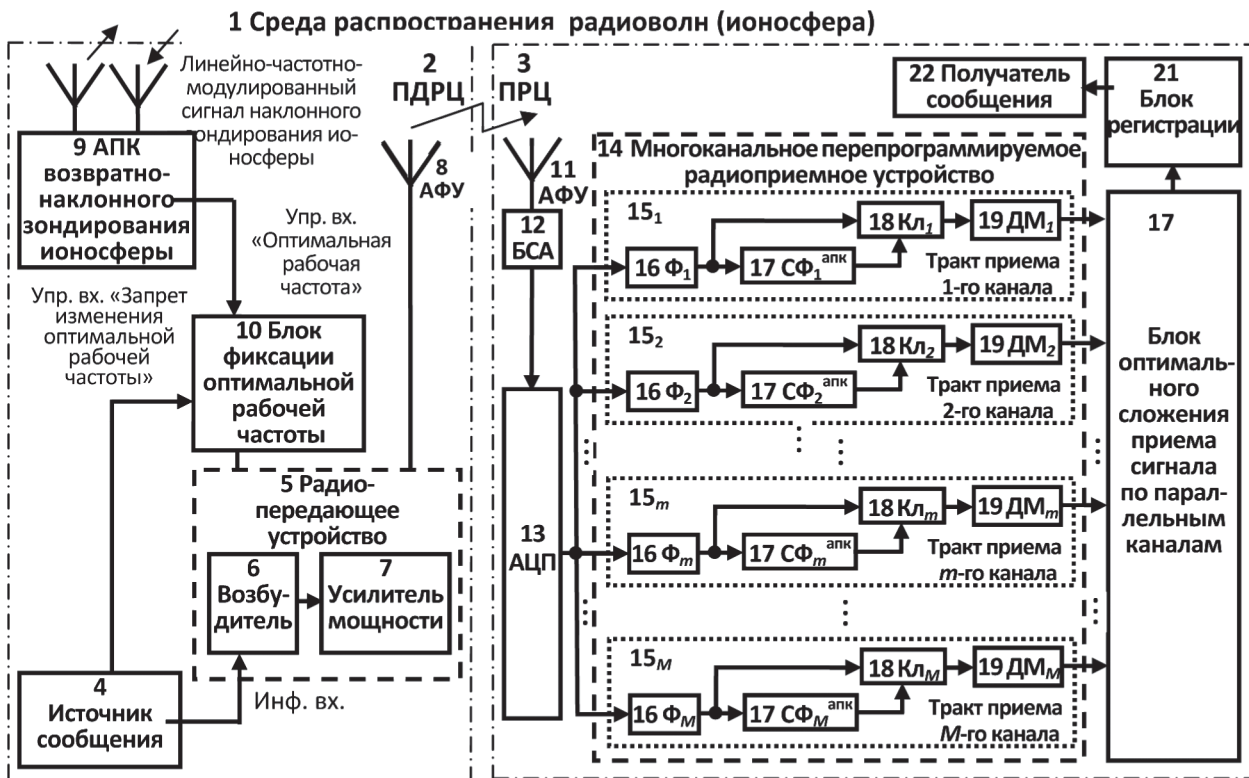


Рис. 1. Структурная схема радиолинии, построенной по предлагаемому методу:

АФУ – антенно-фидерное устройство; БСА – блок согласования с антенной;  $\Phi_m$  – фильтр  $t$ -го канала;  $C\Phi_m^{апк}$  – согласованный фильтр на автопусковую комбинацию  $t$ -го канала;  $K_{л_t}$  – электронный ключ  $t$ -го канала;  $ДМ_m$  – детектор/демодулятор  $t$ -го канала



При срабатывании  $m$ -го согласованного фильтра на автопусковую комбинацию 17  $m$ -го тракта приема 15<sub>*m*</sub> многоканального перепрограммируемого РПУ 14, который был настроен на ОРЧ (из всего доступного принимаемого диапазона волн) управляющий сигнал с выхода  $m$ -го согласованного фильтра на автопусковую комбинацию 17 открывает  $m$ -й электронный ключ 18 и принятая кодограмма поступает на  $m$ -го селективного фильтра 16 на  $m$ -й детектор/демодулятор 19. Для повышения вероятности приема сообщения при частотно-пространственном разнесении, когда копии сообщения могут поступать по нескольким каналам, используется идентификация с последующим мажоритарным сложением принятых копий сообщения, что реализуется в блоке оптимального сложения приема сигнала по параллельным каналам 20,  $M$  входов которого соединены соответственно с  $M$  выходами детекторов/демодуляторов 19 трактов приема 15 многоканального перепрограммируемого РПУ 14. С выхода блока оптимального сложения приема сигнала по параллельным каналам 20 принятый сигнал поступает на регистрирующее устройство 21 и далее в виде кодограммы – получателю сообщения 22.

Под видом РЛ здесь понимается идентификационная автопусковая комбинация РЛ, предшествующая началу передачи сообщения. При этом автопусковая последовательность (АП) (комбинация) является отличительным признаком РЛ. 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 РЛ шаг сетки возбудителя можно обеспечить с кратностью вплоть до 10 Гц (и даже 1 Гц), однако это влияет на рост числа радиоприемников, программируемых на основе использования ПЛИС.

Учитывая, что частотный сдвиг между соседними каналами приема сигнала меньше полосы спектра сигнала, на решающее устройство (блок принятия решения) может поступить несколько копий сообщений. Кроме того, при использовании  $M$  территориально-частотно-разнесенных источников сигнала (что, как правило, применяется для передачи информации на удаленные морские объекты), имеющих малый коэффициент корреляции между каналами, количество таких копий сигнала (сообщения) дополнительно увеличивается в  $M$  раз. Одним из экономичных способов с точки зрения сокращения вычислительных операций при синтезе суммарного решения о принятой информации является позначное весовое мажоритарное сложение, математически описанное в [7]. Данный принцип, описанный в процессе разработки многоканального РПУ позволяет перейти к созданию помехозащищенных РЛ.

### Типы радиолиний декаметрового диапазона

В настоящее время наиболее широкое применение в ДКМ диапазоне волн имеют три типа РЛ. Рассмотрим их эффективность.

Оценим вероятность доведения сообщений при работе  $L$  узкополосных РЛ с закрепленными рабочими частотами (РЧ) (РЛ I типа) в диапазоне  $\Delta F$ , содержащем  $M$  разрешенных РЧ,  $N$  из которых случайным образом заняты помехой. В рамках данной модели будем считать, что при совпадении частоты

передачи двух и более РЛ или помехи и РЛ происходит потеря сообщений. Тогда, если  $N = 0$ , то в  $\Delta F$  можно организовать совместное функционирование без потерь сообщений)

$L_{\max}^{(I)} = M$  РЛ I типа. Если  $N \neq 0$ , то вероятности доведения сообщения от одной  $\{P_1^{(I)}\}$  и от всех  $\{P_1^{(I)}\}$  РЛ можно найти по формулам:

$$P_1^{(I)} = 1 - N \frac{1}{M}. \quad (1)$$

$$P_2^{(I)} = \begin{cases} \left(\frac{M-L}{M}\right)^N, & N \leq M-L. \\ 0, & N > M-L. \end{cases} \quad (2)$$

Из выражений (1) и (2) видно, что уже для  $N = 100 \div 300$  качество связи становится неудовлетворительным даже при сравнительно небольшом числе РЛ ( $L = 10$  ч  $20$ ). Существенно лучшие характеристики по доведению сообщений могут быть получены для частотно-адаптивных радиолиний (ЧАРЛ) (РЛ II типа) с  $m$  неперекрывающимися РЧ. В этом случае

$$P_1^{(II)} = \begin{cases} 1, & N \leq m-1; \\ \sum_{i=m}^N C_N^i \left(\frac{m}{M}\right)^i \left(1 - \frac{m}{M}\right)^{N-i}, & N \geq m; \end{cases}$$

$$P_{\Sigma}^{(II)} = \left[1 - P_1^{(II)}\right]^L$$

«Платой» за улучшение качества связи в случае использования РЛ II типа является снижение числа РЛ, которые можно разместить в выделенном частотном диапазоне  $L_{\max}^{(II)} = M/J(m) = (L_{\max}^{(I)})/m$ . Отметим, что для ЧАРЛ с равнодоступными частотами во всем диапазоне  $\Delta F$  теоретически  $L_{\max}^{(II)} = M$ , однако при этом состояние системы (коллектива РЛ), соответствующее качественному приему по всем РЛ оказывается неустойчивым. Это приводит к резкому увеличению потока смены РЧ при переходе хотя бы одной РЛ в режим поиска «чистой» РЧ и, как следствие, к ухудшению приема в одних и обрыву связи в других РЛ [8]. Рассмотрим некоторые характеристики РЛ с псевдослучайной перестройкой рабочих частот (ППРЧ) (РЛ III типа). Вероятность доведения одного знака сообщения хотя бы от одной РЛ, работающей в коллективе из  $L$  РЛ, можно представить в виде

$$P_1^{(III)} = \frac{M-N}{M} \left(1 - \frac{1}{M}\right)^{L-1}.$$

Если же передача каждого знака сообщения осуществляется последовательно  $k$  раз (со сменой РЧ после каждого излучения), а на приеме производится автовыбор этого знака, то тогда вероятность его доведения равна:

$$P_{1(k)}^{(III)} = \sum_{i=1}^k C_k^i (P_1^{(III)})^i (1 - P_1^{(III)})^{k-i}. \quad (3)$$

Из (3) следует, что для любого  $P_1^{(III)} > 0$  всегда найдется такое  $k$ , которое обеспечит выполнение неравенства  $P_{1(k)} \geq 1 - \varepsilon^2$ , где  $\varepsilon$  – сколь угодно малая величина. Таким образом, с помощью  $k$ -кратного повторения передачи каждого знака может быть достигнута требуемая вероятность правильного приема даже при  $L > M$ . При решении практических задач по организации связи основной интерес, как правило, представляет нахождение вероятности доведения сообщения от всех корреспондентов, однако в общем виде формула для  $P_{\Sigma(k)}^{(III)}$  оказывается достаточно громоздкой и сложной даже для машинного счета. Действительно, с учетом формул, полученных в [9], искомая вероятность равна:

$$P_G = \sum_{q=1}^{n+N-1} \prod_{i=1}^N \frac{[m]_{k_{iq}}}{m^n} \sum_{j=1}^{n-k_{iq}} \binom{m-k_{iq}}{j} \sum_{k=0}^j \sum_{l=0}^{j-k} (-1)^{k+l} \binom{j}{k} \binom{j-k}{l} \times \frac{(n-k_{iq})!}{(n-k_{iq}-l)!} (j-k-l)^{n-k_{iq}-l} \quad (4)$$

где суммирование производится по множеству  $G$ , содержащему возможные разбиения  $L$  по  $k$ .

Для инженерных расчетов можно воспользоваться приближенной формулой

$$P_{\Sigma(k)}^{(III)} \approx \widehat{P_{\Sigma(k)}^{(III)}} = \left( P_{1(k)}^{(III)} \right)^L \quad (5)$$

Погрешность формулы (5) объясняется отсутствием в ней учета зависимости между вероятностями одновременного правильного приема различных знаков, причем с увеличением  $k$ , в силу ослабления этой зависимости, точность формулы повышается. Для  $k = 1$  и  $M > L$  погрешность формулы можно оценить следующим образом (с целью упрощения записи считаем  $N = 0$ ):

$$P_{\Sigma(1)}^{(III)} = \frac{[M]_L}{M^L} = \frac{M(M-1) \dots (M-L+1)}{M^L} \approx 1 \left( 1 - \frac{1}{M} \right) \left( 1 - \frac{1}{M} \right)^2 \dots \left( 1 - \frac{1}{M} \right)^{L-1} = \left[ \left( 1 - \frac{1}{M} \right)^{L-1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

В то же время

$$\widehat{P_{\Sigma(1)}^{(III)}} = \left[ \left( 1 - \frac{1}{M} \right)^{L-1} \right]^L$$

Сравнивая (9) и (10), получаем

$$P_{\Sigma(1)}^{(III)} = \left[ P_{\Sigma(1)}^{(III)} \right]^2 \quad (6)$$

Из (6) следует, что уже для  $P_{\Sigma(1)}^{(III)} \approx 0,9$  погрешность вычислений не превосходит 10%.

Таким образом, по сравнению с РЛ, работающих на фиксированных частотах, а также ЧАРЛ, радиолинии с ППРЧ позволяют обеспечить устойчивую радиосвязь даже при превышении общего количества функционирующих радиолиний над количеством выделенных рабочих частот. Кроме того, дополнительным положительным свойством РЛ с ППРЧ является «уход» от ДКМ канала с пакетированием ошибок, к каналу со случайными ошибками, что позволяет использовать более эффективные коды.

### Организация работы радиолинии без системы единого времени

Несмотря на то, что из трех рассмотренных типов радиолиний наиболее перспективной представляется РЛ с ППРЧ, одним из ее недостатков является необходимость обеспечения синхронной перестройки возбuditеля (на ПДРЦ) и РПУ (на ПРЦ), путем «привязки» к системе единого времени (СЕВ). При этом могут возникать рассогласования приемопередающих сторон РЛ из-за конечного значения скорости РРВ при организации связи на большие расстояния (более чем односкачковая радиотрасса).

В настоящее время обеспечение жесткой синхронизации на малых радиоцентрах (удаленных мобильных объектах) достаточно затратно. Вместе с тем, предложенный метод многоканального радиоприема позволяет осуществить работу РЛ без использования дорогостоящей аппаратуры СЕВ.

Представим, что максимальная длина сообщения составляет  $n$  бит. При кодовой избыточности 4 общая длина сообщения составит  $4n$  бит. В случае передачи сообщения информационной длины 1000 бит общий объем сообщения составит 4000 бит. Таким образом, если каждый бит сообщения передавать на частоте из перечня разрешенных ЧВМ, то количество РЧ также составит 4000. Следовательно для приема в целом при наличии точной синхронизации достаточно иметь 4000 каналов параллельного приема. А при снижении требований к точности синхронизации (в зависимости от возможной погрешности установки СЕВ потребуется дополнительно частот  $\Delta T/\Delta t$ , где  $\Delta T$  – это заданное время допустимой рассинхронизации СЕВ на ПДРЦ и ПРЦ, а  $\Delta t$  – время передачи одного бита информации на одной порциональной частоте). Для учета запаздывания и опережения рассинхронизации (положительного и отрицательно-го рассогласования) дополнительно возможно использование частот из предыдущих и последующих ЧВМ ППРЧ.

Таким образом, при длительности передачи бита информации в  $5 \div 10$  мс, что для ДКМ радиоканала является характерным при использовании дополнительных 8000 каналов приема, оптимально-допустимое время рассинхронизации составит  $\pm 20 \div 40$  с. А эта величина уже характерна для РЛ без использования СЕВ. Очевидно, что для данного метода многоканального радиоприема не требуется точной системы СЕВ при организации работы РЛ в режиме ППРЧ (появляется возможность уйти от СЕВ, поскольку обычные кварцы типовых электронных часов имеют неточность хода не более 10 с. в месяц).

### Представление полученных результатов

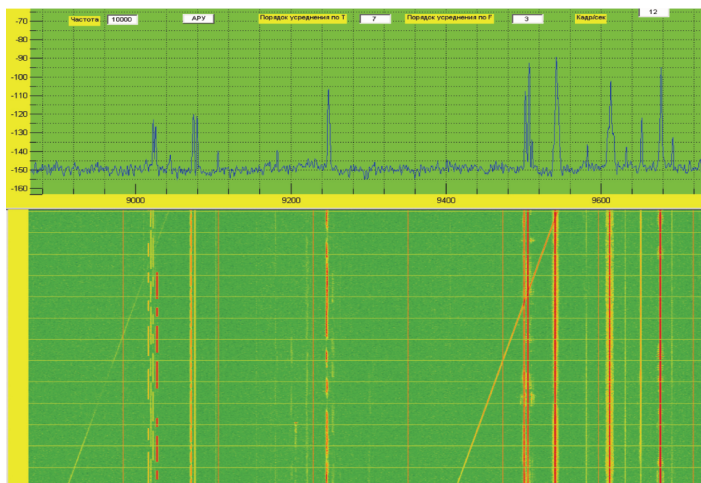
В настоящее время ОАО «Интелтех», совместно с Военной академией связи реализовала макет устройства приема сообщений без радиоданных (рис. 2) с количеством каналов в многоканальном РПУ до 16500.



**Рис. 2.** Внешний вид действующего макета многоканального РПУ (на SDR-технологиях)

Принципы работы систем многоканального приема радиосигналов ранее широко были использованы для анализа и контроля радиозэфира. Аналогом многоканального РПУ является современный анализатор спектра, например фирмы Tektronics, обеспечивающий формирование спектрограмм с визуальным представлением амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) заданной полосы частот. Спектрограмма действующих радиолиний ДКМ диапазона волн, полученная с помощью разработанного многоканального РПУ представляет из себя амплитудно-частотно-временную зависимость (рис. 3 (верхняя вертикальная полуось – амплитуда, горизонтальная ось – частота, нижняя вертикальная полуось – время)). При этом амплитуда определяется цветом линии в градациях желто-красного (на нижней части спектрограммы), в зависимости от мощности принимаемого сигнала.

Сосредоточенный по спектру сигнал (помеха) отображается на спектрограмме в виде вертикальной линии (см. нижнюю часть рис. 3), а ЛЧМ сигнал зондирования ионосферы – наклонной линией. Красная вертикальная прерывистая линия – отображает работу РЛ в ключевом режиме азбуки Морзе. Построение такой спектрограммы фактически представляет из себя параллельное функционирование  $n$  РПУ без демодуляторов на конкретный сигнал.

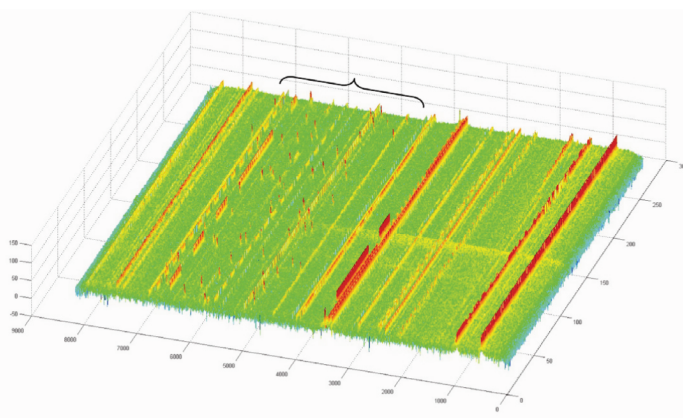


**Рис. 3.** Масштабированная спектрограмма действующих радиолиний декаметрового диапазона волн, полученная с помощью разработанного многоканального РПУ

Разработанное многоканальное РПУ наряду с двумерным изображением спектрограммы позволяет осуществлять ее трехмерную проекцию, что существенно повышает возможности анализа сигнала, в том числе и для РЛ с ППРЧ (см. рис. 4, 5).



**Рис. 4.** Масштабированная спектрограмма действующих радиолиний с ППРЧ, полученная с помощью разработанного многоканального РПУ (частотный диапазон РЛ с ППРЧ показан фигурной скобкой)



**Рис. 5.** Масштабированная трехмерная проекция (3D) спектрограммы действующих радиолиний с ППРЧ, полученная с помощью разработанного многоканального РПУ (частотный диапазон РЛ с ППРЧ показан фигурной скобкой)

### Заключение

Таким образом, многоканальный радиоприем, реализация которого стала возможной благодаря современным SDR-технологиям и появлению высокопроизводительных АЦП и ПЛИС 5 поколения позволяет:

- осуществить автоматизированное ведение ДКМ радиосвязи фактически без привязки на приемной стороне к радиоданным (без обратного канала связи и частотно-временного расписания);
- повысить вероятность доведения сообщений до абонентов за счет обеспечения радиосвязи на ОРЧ;

– обеспечить работу радиолинии с ППРЧ без дорогостоящей системы СЕВ, компенсировав ее отсутствие увеличением канального ресурса РПУ.

Исходя из изложенного и учитывая динамичное развитие электронных элементов для устройств, реализуемых на базе SDR-технологий представляется возможным создать в ближайшее время перспективную помехоустойчивую многодиапазонную (включая СДВ ч УКВ диапазоны волн) РЛ с использованием принципов построения многоканального РПУ. Предложенные методы многоканального радиоприема на ОРЧ без использования СЕВ в модернизированном виде могут существенно повысить вероятностно-временные характеристики информационного обмена в специальных системах связи.

### Литература

1. Банников И.М., Березовский В.А., Валеев М.М., Хазан Г.К. Радиоприёмные устройства и радиоприёмные комплексы перспективных узлов коротковолновой связи / Международная научно-техническая конференция «Радиотехника, электроника и связь, РЭС-2011». 2011. – С.121-125.
2. Андропова В.Н., Бредихин Д.В., Валов В.А., Макаров А.В. Разработка аппаратуры ионосферного мониторинга и диагности-

ки радиоканалов с использованием ЛЧМ сигнала в ФГУП «НПП «Полёт». // Вестник академии военных наук, №3(28). – 2009. – С.167-171.

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

4. Аппаратура автоматизированного ведения связи адаптивных радиолиний / Под ред. Д. Д. Наследова. – Л.: ВАС, 1985. – 102 с.

5. Будяк В.С., Ворфоломеев А.А., Кисмерешкин В.П. Схемы построения коротковолновых многоканальных антенных систем // Вестник Академии военных наук №3 (28). – 2009. – С.43-46.

6. Бузов А.Л. Современные тенденции развития антенной техники ДКМВ-радиосвязи // Антенны. – 2007. – Вып. 10(125). – С.44-50.

7. Жуков Г.А. Эффективность совместного использования различных методов обработки сигналов при приеме параллельным каналом // Техника средств связи. Сер. ТПС. – 1984. – Вып. 6. – С.66-74.

8. Жуков Г.А. Оценка избыточности коротких сообщений в радиолиниях с псевдослучайной перестройкой рабочих частот // Техника средств связи. Сер. ТПС. – 1985. – Вып. 2. – С.133-139.

9. Шибанов В.С., Бровцын С.Н., Жуков Г.А., Попков В.Я. Обмен данными при ограниченных частотно-временных ресурсах // Техника средств связи. Сер. ТПС. – 1984. – Вып. 6. – С.75-85.

softline®



Services Software Cloud

ИТ-архитектура  
вашего бизнеса



## PERSPECTIVE METHODS OF INCREASE NOISE STABILITIES OF DECAMETER RADIO LINES

**Nikolashin Y.L.**, CEO of JSC Inteltek, Cand.Tech.Sci.,  
intelteh@inteltech.ru

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

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

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

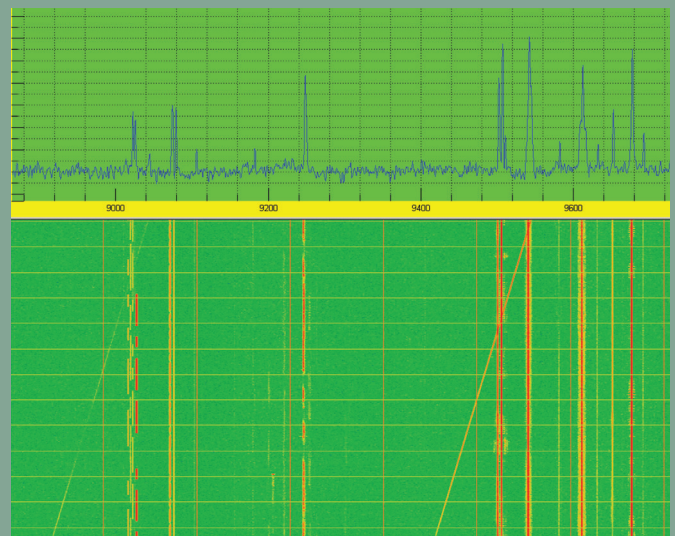
### Abstract

The new method of reception of messages in simplex radio lines based on application of SDR technologies and multichannel reprogrammable radioreceiving devices is offered. Earlier quality of digitization of the accepted radio signal was limited to quality of the sound card, however, over the last 5 years there was the next break in the field of miniaturization and integration. The principle of work of SDR is based on digitization of the accepted radio signal and its further processing already in a digital form. Thus the technology of direct digital transformation and direct digital synthesis with band filters allows to receive the highest characteristics of a reception path. Big loading on final processing of the accepted signal to lay down on the computer. In the 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. Working frequency of reception is defined automatically. Actually in the multichannel radioreceiving device the set of radio receivers by number of the fixed working frequencies allowed for this radio line is programmatically formed. The step of reorganization of a frequency grid and a view of the radio line can be changed programmatically on basic data of the operator (subscriber). Thus under the guise of the radio line the identification autostarting combination of the radio line preceding the beginning of transfer of the message is understood. The probability of false reception of an autostarting combination because of increase in number of channels of simultaneous reception can be reduced to the set level at the expense of increase in its length. The methods offered in article can be referred to resource-saving technologies as they allow: to carry out maintaining a decameter radio communication without binding on the reception party to radio data (without the return communication channel and the time-and-frequency schedule); to refuse use of system of uniform time on the radio centers; to reduce number of the personnel, serving radio lines; to exclude errors of the personnel at reorganization of park of radio receivers of the reception radio center; to lower power of radio lines; to raise economic effect; to increase probability of bringing messages to subscribers due to maintaining a radio communication at optimum working frequencies; to conduct work with the inherited radio lines.

**Keywords:** a radioline, shortwave a radio communication, a multi-channel radioreception arrangement, the optimum working frequency, software define radio.

### References

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Budyak V, Vorfolomeev A & Kismereshkin V, 2009, 'Schemes of creation of short-wave multichannel antenna systems', Bulletin of Academy of military sciences, No. 3 (28). pp. 43-46.
6. Buzov A, 2007, 'Current trends of development of antenna equipment of the DKMV-radio communication', Antennas, V. 10(125). pp. 44-50.
7. Zhukov G, 1984, 'Effektivnost's bugs of sharing of various methods of processing of signals at reception to parallel channels', Equipment of means of communication, V. 6. pp. 66-74.
8. Zhukov G, 1985, 'Otsenk's bugs of redundancy of short messages in radio lines with pseudorandom reorganization of working frequencies', Equipment of means of communication, V. 2. pp. 133-139.
9. Shibanov V, Brovtsyn S, Zhukov G & Popkov V, 1984, 'Data exchange at limited time-and-frequency resources', Equipment of means of communication, V. 6. pp. 75-85.



# К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Легков К.Е.,** к.т.н.,  
Военно-космическая академия  
имени А.Ф. Можайского,  
constl@mail.ru

**Буренин А.Н.,** к.т.н., доцент,  
Военно-космическая академия  
имени А.Ф. Можайского,  
constl@mail.ru

## Ключевые слова:

инфокоммуникационная система,  
качество обслуживания, службы,  
управление, услуги, эффективность.

## АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы организации процессов управления инфокоммуникационной сетью специального назначения (ИКС СН) входящих в состав сложных инфокоммуникационных систем, обеспечивающих поддержание на требуемом уровне показателей качества обслуживания спецпользователей и направленных на непосредственное изменение параметров, определяющих качественные показатели функционирования ИКС СН – процессов управления эффективностью. Целью является формирование моделей и процедур управления эффективностью ИКС СН, которая достигается путем рассмотрения ИКС СН как объекта управления, представления ее в виде многоуровневой модели, каждый из уровней которой предоставляет соответствующие услуги, характерные для данного уровня. Показано, что для выполнения задач, возлагаемых на ИКС СН, особенно в условиях силового и информационного противоборства, требуется чтобы она предоставляла обоснованный ранжированный перечень гарантированных услуг связи соответствующих служб: телефония, передача данных (ПД), электронная почта (ЭП), файловый обмен (ФО), видеоконференцсвязь (ВКС) и т.д. требуемого качества, для чего необходимо решить многокритериальную оптимизационную задачу. Сделан вывод о том, что многоуровневое управление ИКС СН в сложных условиях невозможно без гибкого оперативного

распределения предоставляемых спецпользователям услуг в реальном масштабе времени. При этом обеспечение гибкости, масштабируемости и возможности наращивания номенклатуры требуемых услуг при управлении ИКС СН невозможно без рациональной организации процедур управления комплексом предлагаемых услуг.

На основе выбора качественных показателей и критериев эффективности функционирования ИКС СН предлагаются постановки задач управления, обеспечивающих функционирование ИКС СН с требуемыми показателями качества обслуживания, и выявление необходимых условий для построения основных механизмов решения частных задач управления, совокупность которых гарантирует формирование механизмов решения основной задачи – управление эффективностью ИКС СН. Введенное понятие состояние управления ИКС СН, позволившее достаточно строго рассмотреть варианты достижения целей, поставленных перед ИКС СН, и связать их с процедурами управления, а также сформулировать ряд оптимизационных задач для создания процедур оптимального управления эффективностью ее функционирования. Основными результатами являются полученные механизмы и процедуры управления эффективностью ИКС СН, которые могут служить базой для создания конкретных алгоритмов управления и соответствующего специального программного обеспечения комплексов средств автоматизации АСУ ИКС СН.

## Инфокоммуникационные сети специального назначения как объект управления

Телекоммуникационные и инфокоммуникационные сети специального назначения в соответствии с Законом РФ «О связи» [1] предназначены для предоставления требуемых услуг связи пользователям структур для нужд обороны, безопасности государства и поддержания правопорядка спецпользователям.

Функционирование инфокоммуникационных сетей специального назначения (ИКС СН) осуществляется в сложных условиях, когда возможны различные структурные и информационные воздействия, носящие в значительной степени преднамеренный характер [2-4], предполагает гибкое оперативное изменение их структуры и организацию управления ими в реальном масштабе времени. При этом необходимые гибкость, масштабируемость и возможность наращивать номенклатуру требуемых услуг обеспечивают построение ИКС СН в соответствии с концепцией глобальной информационной инфраструктуры (ГИИ) [5, 6] и широкое применение современных информационных, телекоммуникационных технологий и технологий управления рис. 1.



Рис.1. Многоуровневая архитектура современных ИКС СН

Несмотря на сложность обеспечения функционирования ИКС СН в сложных (подчас конфликтных) условиях [2-4], требуется, чтобы она была способна передать требуемый объем информации с гарантированным качеством от одних индивидуальных или корпоративных спецпользователей к другим спецпользователям во время интенсивных структурных и информационных воздействий на программно-аппаратные комплексы и оборудование как самой ИКС СН, так на автоматизированную систему управления ею (АСУ ИКС СН), что предопределяют разработку специальных подходов к организации управления ИКС СН.

В настоящее время известно значительное число способов организации управления сетями и услугами [7-9], кото-

рые не всегда применимы и эффективны при управлении ИКС СН в силу ее сложности и мультисервисности. Поэтому, и с учетом того, что архитектура современных ИКС СН содержит три основных уровня (рис. 1), управление ею также целесообразно организовать по трем уровням управления: управление инфраструктурным уровнем, управление промежуточным уровнем, управление базовым уровнем ИКС СН, на каждом из которых процессы управления осуществляются по пяти основным задачам, к которым относятся задачи управления производительностью уровня, безопасностью, структурой и адресацией, ресурсами уровня и сбойными ситуациями.

При этом каждый уровень архитектуры ИКС СН целесообразно представить сетевыми моделями:

– инфраструктурный уровень целесообразно представить совокупностью сетей услуг (каждая сеть представляет собой множество узлов услуг или серверов услуг, связанных виртуальными каналами с определенной пропускной способностью), при этом спектр услуг, которые предлагаются в рамках этого уровня ИКС СН, достаточно широк и может динамически меняться вместе с изменением доступных ресурсов и условий функционирования;

– промежуточный уровень целесообразно представить совокупностью сетей услуг middleware, каждая из которых представляет собой множество соответствующих серверов (сервера безопасности, аутентификации и т.д.), связанных виртуальными каналами с определенной пропускной способностью, при этом компоненты услуг уровня используются, прежде всего, для обеспечения межсетевое взаимодействия и совместного функционирования нескольких приложений средств управления и спецпользователей, позволяя объединять компоненты услуг базового уровня и поддерживать инфраструктуру, которая необходима для предоставления всего набора услуг;

базовый уровень достаточно просто представляется сетевой моделью, т.к. фактически представлен совокупностью транспортной сети, сетей доступа и сетей традиционной связи (телефонная сеть, сеть передачи данных и т.д.).

При представлении каждого уровня сетевой моделью, управление на каждом уровне ИКС СН целесообразно осуществлять по пяти основным задачам сетевого управления, к которым относятся задачи управления производительностью сети уровня, безопасностью, структурой и адресацией, ресурсами сети уровня и сбойными ситуациями, рис. 2.



Рис.2. Архитектура задач управления ИКС СН

Из всех процессов управления, каждый из которых в той или иной степени влияет на эффективность ИКС СН, непосредственно влияют на параметры, отражающие ее качественные характеристики, только процессы управления производительностью каждого из трех уровней, т.е. управление эффективностью ИКС СН представляет собой композицию процессов управления производительностью инфраструктурного, middleware и базового уровней.

**Процедуры управления эффективностью ИКС СН**

Функционирование ИКС СН с определенными качественными показателями, при которых ее основные цели выполняются, характеризуются определенным состоянием управления  $\bar{S}$  [10], при этом все состояния управления, которые могут встречаться в процессе управления ИКС СН, можно подразделить на два подмножества – управляемых, при которых заданная цель ИКС СН  $C_{ICN}$  всегда достигается, и неуправляемых, когда эта цель  $C_{ICN}$  не достигается.

Обозначим  $\bar{S}$  множество всех возможных состояний управления  $\bar{S}$ , встречающихся в процессе управления ИКС СН. Пусть  $\bar{S}_r$  – подмножество множества состояний управления  $\bar{S}$ , где ИКС СН неуправляема, т.е. не все цели из  $C = \{C_{ICN}\}$  достигаются, а  $\bar{S}_s$  – подмножество состояний управления, где ИКС СН управляема, т.е. все цели из  $C = \{C_{ICN}\}$  достигаются.

Очевидно, что

$$\bar{S}_s \cup \bar{S}_r = \bar{S}. \tag{1}$$

Каждому элементу множества  $\bar{S}$  целесообразно поставить в соответствие число, не превышающее 1 из множества  $P\{\bar{S}\}$ , которое определяет вероятность появления этого состояния  $\bar{S}$ . В силу чрезвычайной сложности ИКС СН число элементов множества  $\bar{S}$  настолько велико, что под  $P\{\bar{S}\}$  допустимо понимать плотность вероятности, т.е.:

$$\int_{\bar{S}} P\{\bar{S}\} d\bar{S} = 1. \tag{2}$$

Соотношение (2) определяет, что вне области  $\bar{S}$  не могут встретиться реальные состояния управления ИКС СН  $\bar{S}$ .

Для выполнения целей при управлении эффективностью ИКС СН необходимо соответствующим образом (с помощью управления) изменить состояние управления  $S_c = F(U_c Z_c)$ , которое зависит от управления  $U_c$  и совокупности внешних воздействий на ИКС СН  $Z_c$ . При выборе определенного управления  $U_{c, fics}$  получается вполне конкретное качество обслуживания спецпользователей, т.е. вполне определенное значение качественных показателей

функционирования ИКС СН  $Q(\dots)$ , а это приводит к некоторой экстремальной задаче:

$$Q(Z_c, S_c) \rightarrow \max_{U_{c, fics} \in \Xi}, \tag{3}$$

Решение этой экстремальной задачи – некоторое управление  $U_{c, fics}^*$ , являющееся оптимальным управлением эффективностью ИКС СН. В этом решении использована модель ИКС СН и учтен ресурс, выделяемый на управление  $\Xi$ .

Многоуровневое управление ИКС СН в сложных условиях невозможно без гибкого оперативного распределения предоставляемых спецпользователям услуг в реальном масштабе времени. При этом обеспечение гибкости, масштабируемости и возможности наращивания номенклатуры требуемых услуг при управлении ИКС СН невозможно без рациональной организации процедур управления комплексом предлагаемых услуг.

Для выполнения конкретной задачи в различных сложных условиях ПУ АСУ требуется определенное соотношение предоставляемых гарантированных услуг связи, которое обеспечивает тот или иной уровень эффективности функционирования ИКС СН, определяемых в плоскости предоставляемых услуг, в конечном счете, значениями показателей качественного функционирования соответствующих служб ИКС СН (IP-телефония, ПД, ЭП, ФО, ВКС и пр.), т.е. соответственно  $Q_{IPTФ}, Q_{PD}, Q_{EM}, Q_{FT}, Q_{VKS}$  :

$$Q^{O(i)} = f^{O(i)}(Q_{IPTФ}, Q_{PD}, Q_{EM}, Q_{FT}, Q_{VKS}), \tag{4}$$

где  $O(i)$  –  $i$ -я задача.

Таким образом, необходимо решить многокритериальную задачу по такой организации управления услугами ИКС СН (совокупности предоставляемых услуг спецпользователям – ДЛ и прикладным процессам ПУ АСУ), которая обеспечит экстремум показателю эффективности функционирования ИКС СН при проведении  $O(i)$  задачи, т.е.:

$$\text{extr} Q_{РИКС}^{O(i)} = \text{extr}[f^{O(i)}(Q_{IPTФ}, Q_{PD}, Q_{EM}, Q_{FT}, Q_{VKS})]. \tag{5}$$

В принципе, эта задача может быть решена методами многокритериальной оптимизации по Парето (решением задачи оптимизации является множество Парето) [11].

Каждая служба ИКС СН при проведении  $O(i)$  задачи должна обеспечить соответствующим объектам АСУ определенный уровень услуг связи, который требует соответствующей организации этой службы. В условиях функционирования служб при конфликте их параметры, в общем случае, являются случайными величинами, а случайное время предоставления соответствующей услуги, может быть получено при рассмотрении основных схем информационного взаимодействия и будет равно сумме случайного числа случайных значений времен проведения технических операций по получению и предоставлению конкретному пользователю (ДЛ или прикладному процессу ПУ АСУ) соответствующей услуги связи:



$$T_{Servis}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{N_{O(i)}} t_{tex\ oper}^{(j)}, \quad (6)$$

где  $t_{tex\ oper}^{(j)}$  –  $j$ -я техническая операция по получению и предоставлению соответствующей услуги связи.

Для приведенных основных служб ИКС СН могут быть получены соответствующие выражения:

$$T_{IPT\Phi}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{N_{IPT\Phi}^{O(i)}} t_{tex\ oIPT\Phi}^{(j)}. \quad (7)$$

$$T_{PD}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{N_{PD}^{O(i)}} t_{tex\ oPD}^{(j)}. \quad (8)$$

$$T_{EM}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{N_{EM}^{O(i)}} t_{tex\ oEM}^{(j)}. \quad (9)$$

$$T_{FT}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{N_{FT}^{O(i)}} t_{tex\ oFT}^{(j)}. \quad (10)$$

$$T_{VKS}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{N_{VKS}^{O(i)}} t_{tex\ oVKS}^{(j)}. \quad (11)$$

Вместе с тем, учет случайного числа технических операций по предоставлению соответствующей услуги связи ИКС СН достаточно сложно организовать, поэтому, учитывая, что для большинства используемых служб при организации обслуживания дисперсия случайного числа технических операций невелика, то целесообразно использовать величину среднего значения числа операций  $\bar{N}_{O(i)}$ , т.е.

$$T_{IPT\Phi}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{\bar{N}_{O(i)}} t_{tex\ oIPT\Phi}^{(j)}. \quad (12)$$

$$T_{PD}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{\bar{N}_{O(i)}} t_{tex\ oPD}^{(j)}. \quad (13)$$

$$T_{EM}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{\bar{N}_{O(i)}} t_{tex\ oEM}^{(j)}. \quad (14)$$

$$T_{FT}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{\bar{N}_{O(i)}} t_{tex\ oFT}^{(j)}. \quad (15)$$

$$T_{VKS}^{O(i)} = \sum_{j=1}^{\bar{N}_{O(i)}} t_{tex\ oVKS}^{(j)}. \quad (16)$$

Как правило, для каждой технической операции длительностью  $t_{tex\ oIPT\Phi}^{(j)}$ ,  $t_{tex\ oPD}^{(j)}$ ,  $t_{tex\ oEM}^{(j)}$ ,  $t_{tex\ oFT}^{(j)}$ ,  $t_{tex\ oVKS}^{(j)}$  может быть задана функция распределения случайного времени ее проведения  $F(t_{tex\ oIPT\Phi}^{(j)} \leq T_{tex\ oIPT\Phi}^{(j)})$ ,  $F(t_{tex\ oPD}^{(j)} \leq T_{tex\ oPD}^{(j)})$ ,  $F(t_{tex\ oEM}^{(j)} \leq T_{tex\ oEM}^{(j)})$ ,  $F(t_{tex\ oFT}^{(j)} \leq T_{tex\ oFT}^{(j)})$ ,  $F(t_{tex\ oVKS}^{(j)} \leq T_{tex\ oVKS}^{(j)})$ , при этом применяя преобразование Лапласа-Стилтьеса (ПЛС) [12] к выражениям (12)–(16), можно получить вид функций распределения случайных времен  $T_{IPT\Phi}^{O(i)}$ ,  $T_{PD}^{O(i)}$ ,

$T_{EM}^{O(i)}$ ,  $T_{FT}^{O(i)}$ ,  $T_{VKS}^{O(i)}$  либо непосредственно, либо на основе четырехмоментной аппроксимации с последующим применением семейства распределений Пирсона [12].

Выбор критериев эффективности стратегий управления ИКС СН не может быть формализован и базируется на результатах обоснования основных показателей эффективности ее функционирования. Так если выбраны такие свойства ИКС СН как  $P\{t \leq t_{дон}\}$  (вероятность своевременной предоставления соответствующей услуги и  $T_D^*$  (среднее время предоставления услуги), то в качестве критериев оптимальности выработанного плана управления услугами, нужно выбирать такие, которые бы производили учет этих параметров при формировании плана управления, а процедура управления услугами в ИКС СН позволяла формировать план управления по максимальному значению оценки величины  $P_{cod}^* = P\{t \leq t_{дон}\}$  или минимальному значению величины  $t_{\delta}^* \leq t_{\delta\ don}^*$ . Естественно, что тогда в качестве показателя эффективности плана управления выбирается  $P_{cod}^*$  или  $t_{\delta}^*$ , а правило выбора плана управления будет состоять в выборе исходящего направления в соответствии с критерием максимального  $P_{cod}^*$  или минимального  $t_{\delta}^* \leq t_{\delta\ don}^*$  значения информации агрегированной по конкретному показателю эффективности ИКС СН, представленной в виде матриц  $P^*(t) = |P_{codij}^*(t)|$  или  $T_D^* = |t_{\delta ij}^*|$ .

При выборе критерия оптимальности плана управления необходимо учитывать и степень сложности получения численного значения соответствующего показателя. Так получение достоверной (состоятельной) оценки вероятности своевременного предоставления услуги для всей ИКС СН представляет собой задачу достаточной сложности, практическое выполнение которой потребует значительных временных и вычислительных затрат и, самое главное, не позволяет использовать эти значения при организации оперативного управления эффективностью ИКС СН. Это же справедливо и для такого показателя эффективности как вероятность отказа в предоставлении услуги, вероятность отказа в обслуживании полного требования и т.д.

В этом плане выбор показателя  $t_{\delta}^*$  более предпочтителен и для каждого фрагмента ИКС СН с однотипными технологиями формируются частные планы управления  $\gamma_{\delta ij}^* \in \Gamma_{0^u}^*$ , в качестве критериев оптимальности которых, выбираются либо  $T_{D\ min}^* = |\min(t_{\delta ij}^*)|$ , либо  $T_{D\ min}^* = |\min(t_{ycm\ ij}^*)|$ . При этом возможны два варианта применения этих критериев при построении плана управления эффективностью.

Первый вариант представляет собой непосредственное построение планов управления в ИКС СН по выбранному показателю  $T_D^*$ . Он предусматривает уточнение текущих оценок показателей  $T_D^* = |t_{\delta ij}^*|$  или  $T_D^* = |t_{ycm\ ij}^*|$  при обслуживании каждого спецпользователя после успешно обслуженного требования. Вместе с тем данный вариант в явном виде не учитывает структурные изменения в ИКС СН в

результате воздействий. Поэтому для оперативной реакции на них при управлении эффективностью ИКС СН необходимо вводить соответствующие механизмы управления, которые блокируют на время восстановления вычисление оценок средних значений величин  $t_{\Delta kq}^*$  или  $t_{ycm kq}^*$ .

Второй вариант связан с получением аналитических выражений для средних времен обслуживания. Действительно среднее время обслуживания зависит от среднего времени задержки его на каждом узле услуг ИКС СН, среднего времени его непосредственного обслуживания, от длины трассы обслуживания, измеренной в числе обслуживаемых участков и времени передачи требования на трассе обслуживания.

Время обслуживания будет величиной случайной. Пусть известны вероятности соответствующих состояний узлов обслуживания ИКС СН  $P_{i_0}(t_j), \dots, P_{i_n}(t_j), \dots, P_{i_{n+s}}(t_j), \dots, P_{i_{n+s}}(t_j)$ . В соответствии с этим задержка обслуживания возникает только тогда, когда вновь поступившее требование застанет все каналы обслуживания соответствующего узла услуг ИКС СН занятыми. Тогда среднее время задержки и обработки обслуживания на узле услуг ИКС СН составит:

$$\bar{t}_s = \sum_{j=n}^{n+s-1} t_s(r=j)P_{ij} + \sum_{j=n}^{n+s-1} \frac{(j-n+1)Q}{nv_{эф}} P_{ij} \quad (17)$$

Полученные аналитические выражения для средних времен обслуживания выделяют те параметры плана управления эффективностью ИКС СН, которые влияют на качество обслуживания. Так, чем меньше в трассе обслуживаемых узлов услуг, тем при прочих равных условиях меньше среднее время обслуживания. То есть, выделен один из параметров, непосредственно влияющий на механизм управления – это число обслуживаемых узлов услуг в трассе обслуживания. Среднее время обслуживания зависит также от времени задержки обслуживания на каждом узле услуг – это второй параметр. Пропускная способность каналов и

трактов – третий параметр, определяющий формирование плана управления.

Таким образом, исходя из определенного существенного свойства ИКС СН – среднего времени обслуживания спецпользователей, возможно выделить параметры (показатели), по которым необходимо осуществлять оптимизацию плана управления эффективностью и строить исходя из этого стратегию и процедуры управления методами многокритериальной оптимизации либо по Парето, либо скаляризацией и получением одного интегрального показателя [11].

### Литература

1. Легков К.Е. О некоторых подходах к повышению эффективности системы управления в рамках изменения подхода к автоматизации и информации // Мобильные телекоммуникации. – 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-Сотм: 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-Сотм: Телекоммуникации и транспорт. – 2012. – Т.6, №6. – С. 22-26.
4. Легков К.Е., Донченко А.А. Вероятность потери пакета в беспроводных сетях со случайным множественным доступом к среде передачи // Т-Сотм: Телекоммуникации и транспорт. – 2011. – Т.5, №5. – С.32-33.
5. Легков К.Е., Донченко А.А., Садовов В.В. Современные технологии беспроводного широкополосного доступа 802.16Е и LTE: перспективы внедрения на транспорте // Т-Сотм: Телекоммуникации и транспорт. – 2010. – Т.4, №2. – С.30-32.
6. Легков К.Е., Донченко А.А. Беспроводные MESH сети специального назначения // Т-Сотм: 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-Сотм: Телекоммуникации и транспорт. – 2009. – Т.3, №2. – С.40-41.

**КРЫМСКИЙ** 

**ТРАНСПОРТНЫЙ ФОРУМ**

**24-25 июля 2014, г. Алушта, Крым**

**РЕГИСТРАЦИЯ УЧАСТНИКОВ:**

**+7 (495) 646-01-51**  
**+7 (812) 448-08-48**

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

## QUESTION OF EFFICIENCY CONTROL IN SPECIAL PURPOSE INFOCOMMUNICATION SYSTEMS

**Legkov K.E.**, *Military space academy of a name A.F. Mozhayskogo, deputy chief of chair of technologies and means of technical providing and operation of automated control systems (armies), Candidate of Technical Sciences, constl@mail.ru*

**Burenin A.N.**, *Military space academy of a name A.F. Mozhayskogo, associate professor of technologies and means of technical providing and operation of automated control systems (armies), Candidate of Technical Sciences, associate professor, constl@mail.ru*

### Abstract

Questions of the organization of management processes by an infocommunication network of a special purpose (ICN SP) the difficult infocommunication systems which were a part providing maintenance at demanded level of indicators of quality of service of specialusers and directed on direct change of parameters, defining quality indicators of functioning ICN SP ? management of efficiency are considered. The purpose is formation of models and procedures of management by efficiency ICN SP which is reached by consideration ICN SP as object of management, its representations in the form of the multilevel model, each of which levels provides the corresponding services, characteristic for this level. In article it is shown that for performance of the tasks assigned to ICN SP, especially in the conditions of a power and information antagonism, it is required that it provided the reasonable ranged list of the guaranteed communication services of the relevant services: telephony, the data transmission (DT), the e-mail (EM), the file exchange (FE), video conferencing (VC) of, etc. demanded quality for what it is necessary to solve a multicriteria optimizing problem. The conclusion that multilevel management ICN SP in difficult conditions is impossible without flexible expeditious distribution of services provided to specialusers in the real scale of time is drawn. Thus ensuring flexibility, scalability and possibility of building of the nomenclature of demanded services at management ICN SP is impossible without the rational organization of procedures of management of a complex of offered services. On the basis of a choice of quality indicators and criteria of efficiency of functioning ICN SP statements of problems of the management providing functioning ICN SP with demanded indicators of quality of service, and identification of necessary conditions for creation of the main mechanisms of the solution of private problems of the management which set guarantees formation of mechanisms of the solution of the main objective – management of efficiency ICN SP are offered. The entered concept a condition of management ICN SP which has allowed rather strictly to consider options of achievement of the objectives, put before ICN SP and to connect them with management procedures, and also to formulate a number of optimizing tasks for creation of procedures of optimum control by efficiency of its functioning. The basic results are the received mechanisms and procedures of management by efficiency ICN SP which can form base for creation of concrete algorithms of management and the corresponding special software of complexes of means of automation of management information system ICN SP.

**Keywords:** *information communication system, quality of service, service, management, services, efficiency.*

### 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*, 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*, 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*, 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*, vol. 4, no. 2, pp. 30-32.
6. Legkov, K & Donchenko, A 2009, 'Wireless MESH networks of a special purpose', *T-Comm*, 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*, vol. 3, no. 2, pp. 40-41.



# ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА КОМПЛЕКТОВ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИМУЩЕСТВА СВЯЗИ ДЛЯ РЕМОНТА ТЕХНИКИ СВЯЗИ С БОЕВЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

**Воловиков В.С.,**

Военная академия связи  
имени С.М. Буденного,  
bbcvc@yandex.ru

**Семенов С.С., д.т.н., профессор,**

Военная академия связи  
имени С.М. Буденного,  
semsem@yandex.ru

## Ключевые слова:

восстановление военной техники связи, комплект военно-технического имущества связи, эксплуатационные отказы, боевые повреждения, методика формирования, модель огневого воздействия.

## АННОТАЦИЯ

**В**ажным направлением процесса эксплуатации техники связи и автоматизированных систем управления в военное время является восстановление ее работоспособности. При этом техническое состояние образцов будет характеризоваться как эксплуатационными отказами, так и боевыми повреждениями. Опыт учений показывает несостоятельность системы технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления при решении задач восстановления техники даже с эксплуатационными отказами, не говоря уже о возможных многочисленных боевых повреждениях. Одной из основных причин такого состояния дел является отсутствие такой составляющей материального обеспечения процесса восстановления, как комплекты военно-технического имущества связи. Актуальность рассматриваемого вопроса позволила сформулировать цель исследования, его объект и предмет. Цель исследования – совершенствование системы восстановления военной техники связи. Объектом исследования является система восстановления военной техники связи, а предметом – процесс формирования комплектов военно-технического имущества связи для восстановления военной техники связи. Проведенный анализ существующего положения дел

в данной предметной области позволил сформулировать требования к формируемому комплекту и задачу на разработку необходимого методического обеспечения оценки и расчета рационального состава рассматриваемых запасов. Вопросы, связанные с влиянием надежных характеристик техники связи на ее работоспособность, в настоящее время освещены достаточно полно. Поэтому создание запасов с данных позиций потребует, по мнению авторов лишь небольшой корректировки. Основным результатом работы стало обоснование необходимости разработки модели огневого воздействия противника на образцы военной техники связи. Данная модель станет основным инструментом, который позволит получить исходные данные для методики обоснования номенклатуры и количественного состава формируемых комплектов. Решением частных задач мы не только достигнем цели исследования, но и поспособствуем развитию других направлений повышения эффективности функционирования системы восстановления. В частности, используя разработанную модель, можно будет обосновать систему требований к показателям качества и критериям оценки эффективности других структурных элементов системы восстановления, таким как ремонтные органы и средства технического обеспечения процесса восстановления.

В последнее время современные цифровые образцы техники связи и автоматизированных систем управления (ТС и АСУ) приобрели исключительно важное значение для устойчивого и оперативного управления войсками. Последние учения продемонстрировали, что большинство задач по предоставлению услуг связи должностным лицам полевых пунктов управления решалось именно ими [1].

Применительно к специальным системам связи проблему поддержания ТС и АСУ в готовности к применению во многом усугубляет несоответствие возможностей сил и средств существующей системы восстановления потребностям войск связи, в частности необеспеченность ремонтных органов комплектами военно-технического имущества связи (КВТИС) для ремонта ТС и АСУ с повреждениями. Конструктивные элементы ТС и АСУ в зависимости от внешних воздействующих факторов, и в первую очередь от огневого воздействия, подвержены разрушениям различной степени. При этом степень разрушения существенным образом зависит от элементной базы, входящей в состав тех или иных типов ТС и АСУ.

Известные задачи, посвященные формированию КВТИС, решались путем оценки предполагаемых потерь на основе процентного соотношения выхода ТС и АСУ в определенный вид ремонта и не рассматривали характеристики стойкости конкретных конструктивных элементов к поражающим факторам оружия. Существующие методики ориентированы на создание комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей определенного вида в первую очередь ориентированные на восстановление ТС и АСУ с эксплуатационными отказами [2]. Для устранения военноподобных и практических противоречий требуется разработка соответствующей методики обоснования рационального номенклатурного и количественного состава КВТИС.

Каждый образец ТС и АСУ (в дальнейшем будем называть объект) с течением времени  $t$  принимает два состояния: работоспособное, когда он способен выполнять свои основные функции, и неработоспособное. В неработоспособное состояние элемент может переходить в нормальных условиях эксплуатации и в результате воздействий противника. Следовательно, в военное время будут иметь место: эксплуатационные отказы – повреждения элемента, вызванные воздействием на него эксплуатационных факторов  $\varepsilon(t)$ , не связанных с воздействием оружия; боевые повреждения – повреждения образца, вызванные воздействием на него оружия и (или) сопутствующих поражающих факторов  $\lambda(t)$ .

Процесс последовательного перехода объекта из одного состояния в другое будем называть процессом восстановления. Состояние объекта  $z(t)$  представляет собой множество, включающее состояния его конструктивных элементов (электронный модуль, измерительные приборы, базовые несущие конструкции, соединительные кабели, антенномачтовые устройства и др.) в момент  $t$ , т.е.  $z(t) = \{z_i(t)\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $i \in I$ ,  $I = \{1, 2, \dots, m\}$ , где  $I$  – упорядоченный перечень индексов элементов объекта,  $m$  – число элементов объекта. Принимаем  $z_i(t) = 0$ , если элемент  $i$  поврежден или отказал в момент  $t$ ,  $z_i(t) = 1$  – в противном случае. Тогда процесс изменения состояния объекта будет заключаться в последовательном повреждении и восстановлении элементов.

Интенсивность воздействия по элементам системы связи характеризуется ее потерями в ТС и АСУ определенного типа за промежуток времени  $\Delta t$  ведения боевых действий равный одним суткам (среднесуточные потери) [3]. Пусть  $t_j$  моменты воздействий противника на объект,  $j = 1, 2, \dots, n$ , где  $n$  – общее число воздействий за одни сутки ведения операции, а  $t_{oi}$  – моменты восстановления поврежденных объектов на интервале  $\Delta t$ . Таким образом,  $t_j$  – моменты воздействий, приводящие к отклонению характеристик объекта от требуемых значений, а  $t_{oi}$  – моменты реализации управляющих воздействий на объект, которые обеспечивают восстановление требуемых характеристик. Процесс изменения состояний объекта осуществляется в результате реализации множества управляющих воздействий (управлений)  $u(t) = \{u_i(t)\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , формируемых органом управления восстановлением объекта.

Успешное решение задач восстановления по восполнению потерь ТС и АСУ на элементах системы связи с началом и в ходе боевых действий возможно только при наличии определенных запасов военно-технического имущества (ВТИ), обеспечивающих работу ремонтных органов по компенсации возможных потерь. В соответствии с руководящими документами [4] данные запасы составляют заблаговременно создаваемые КВТИС, обеспечение ремонтных органов которыми должно реализовываться системой снабжения на основе прогноза потерь ТС и АСУ. Рациональный состав КВТИС, напрямую зависящий от качества прогнозной оценки потерь, будет определять качество процесса восстановления ТС и АСУ в ходе боевых действий и эффективность функционирования системы технического обеспечения связи и автоматизированных систем управления (ТОС и АСУ) в целом.

При описании процесса формирования КВТИС целесообразно использовать не все бинарные переменные  $z_i(t)$ , а только перечень индексов  $r(t) \subset I$  элементов, которые будут находиться в состоянии отказа  $r_{oi}$  или получат повреждения  $r_{pi}$  в момент  $t_r$ , т.е. элементов, для которых  $z_i(t) = 0$ . В этом случае процесс формирования КВТИС можно представить как многошаговый дискретный процесс, задаваемый индексами  $r_j = r(t_j)$  поврежденных элементов. Иначе говоря, в момент времени  $t_1$  первого воздействия мы имеем множество поврежденных элементов  $r_1 = I$ .

На момент времени  $t_n$  последнего воздействия противника мы будем иметь множество поврежденных элементов с индексами

$$R(\Delta t) = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}. \quad (1)$$

В определенный момент  $t_r$ , не превышающий требуемого времени восстановления  $T_{в.т.р.}$  ( $t_r \leq T_{в.т.р.}$ ), должно завершиться восстановление элементов.

Зная суточные потери элементов после  $n$  воздействий, определяемые выражением (1), можно создать необходимые запасы для их восстановления. Необходимо отметить, что под процессом восстановления объекта будем понимать совокупность операций по замене его поврежденных конструктивных элементов работоспособными аналогами из состава КВТИС, т.е. будет иметь место агрегатный метод ремонта.

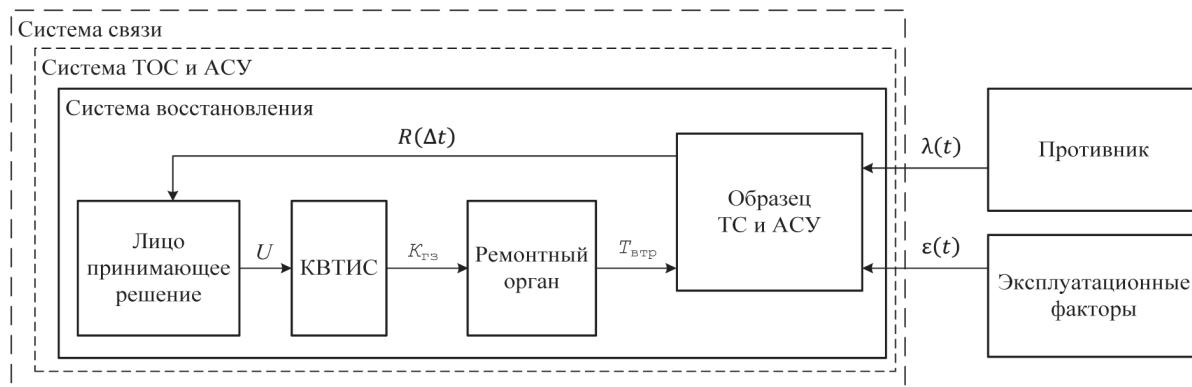


Рис. 1. Структура процесса формирования КВТИС

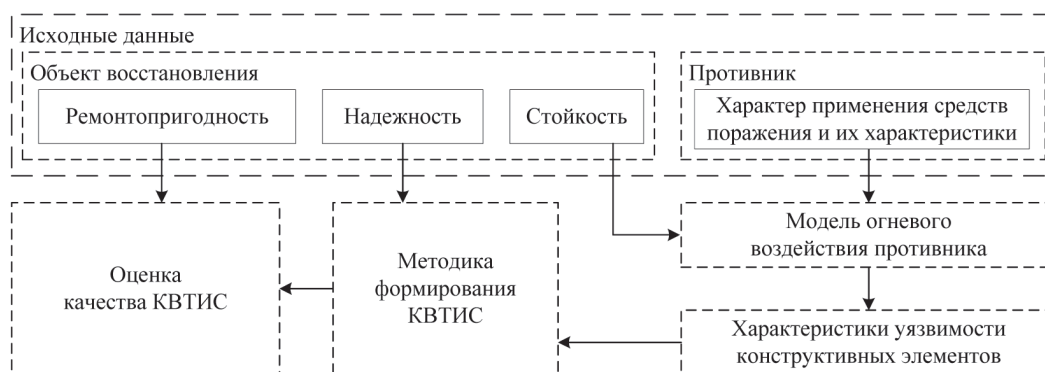


Рис. 2. Общая схема решения задачи

Таким образом, упрощенная структура процесса формирования КВТИС может быть представлена в виде (рис. 1).

Процесс формирования КВТИС осуществляется в результате реализации множества управляющих воздействий, формируемых лицом принимающим решение. Так как КВТИС составляют запасы, создаваемые заблаговременно на основе прогноза повреждений, результат управляющих воздействий  $U$  не будет зависеть от времени  $t$  и запишется в виде  $U = \{u_i\}$ .

Каждое управление будем характеризовать подмножеством индексов поврежденных элементов  $r_i$ . Из этого следует, что совокупность  $u_i$  представляет собой результат управленческого решения, сформированный в виде описи КВТИС, включающей перечень запасных частей, требуемых для восстановления поврежденных элементов объекта после воздействия на него в моменты времени  $t_i$ .

В соответствии с выбранным управлением  $u_i = r_i$  необходимо, чтобы номенклатурный и количественный состав КВТИС совпадал с перечнем индексов  $R(\Delta t)$  элементов, которые в соответствии с прогнозом будут находиться в поврежденном состоянии, т.е.  $U = R(\Delta t)$ . Представляется, что недостаточно лишь спрогнозировать потери в ходе боевых действий. Необходимо, в соответствии с определенным весовым коэффициентом каждого элемента (коэффициент  $k_i$ , который определяет ценность элемента), из всей совокупности  $R(\Delta t)$  выбрать такие элементы, разрешенный суммарный объем которых соответствовал бы по номенклатурному и количественному составу оптимального КВТИС.

Тогда управляющие воздействия по формированию КВТИС будут представлять собой функцию следующего вида

$$U = f(R(\Delta t), k_i). \quad (2)$$

Таким образом, для эффективного применения методов выработки решений при формировании рационального состава КВТИС необходимо решить следующие основные задачи.

1. Разработать методический аппарат, позволяющий формировать рациональный состав КВТИС с учетом внешних воздействий на ТС и АСУ и эксплуатационных факторов.

2. Разработать методический аппарат для оценки потерь ТС и АСУ, т.е. формализовать процесс воздействия поражающих факторов на конструктивные элементы ТС и АСУ, который позволит получить исходные данные для решения первой задачи.

При выборе показателей эффективности необходимо ориентироваться на задачи, решаемые системой восстановления при обеспечении системой ТОС и АСУ требуемой укомплектованности войск связи готовой к использованию по предназначению ТС и АСУ.

В качестве универсального критерия, оценивающего вклад КВТИС в повышение эффективности функционирования системы восстановления, целесообразно использовать функцию устойчивости образца ТС и АСУ  $v(\Delta t)$  [5], которая определяет вероятность работоспособного состояния ТС и АСУ в условиях всех видов воздействий по выражению

$$v(\Delta t) = K_{\Gamma} \cdot \varphi(\Delta t),$$

где  $K_{\Gamma}$  – коэффициент готовности, определяющий вероятность работоспособного состояния ТС и АСУ в любой момент времени в нормальных условиях эксплуатации;  $\varphi(\Delta t)$  – функция живучести ТС и АСУ, определяющая вероятность его неповрежденного состояния в условиях разрушающих воздействий.

Отличия  $\varphi(\Delta t)$  от  $K_{\Gamma}$  определяют специфику исследования влияния показателя достаточности КВТИС на  $v(\Delta t)$  через время восстановления отказавших (поврежденных) элементов. В качестве показателя достаточности КВТИС выберем коэффициент его готовности  $K_{\Gamma, \text{ср}}$ , представляющий собой вероятность того, что в промежуток времени  $\Delta t$  отказ комплекта, заключающийся в невозможности удовлетворить поступившую заявку на запасной элемент, не произойдет.

Таким образом, структура задачи по оценке требуемых запасов КВТИС может быть представлена в виде (рис. 2).

Данная задача, в сравнении с известными постановками и методами решения задач создания КВТИС, имеет следующие особенности:

- учет при формировании запасов как эксплуатационных отказов элементов ТС и АСУ, так и воздействие на них поражающих факторов оружия;
- разработка модели огневого воздействия на ТС и АСУ;

– зависимость функции (2) от интенсивности воздействия и важности восстанавливаемых элементов.

В качестве вывода следует отметить, что учет указанных особенностей при формировании КВТИС позволит повысить эффективность функционирования как системы восстановления ТС и АСУ, так и системы ТОС и АСУ в целом.

### Литература

1. Воловиков В.С., Чихачев А.В. Анализ системы восстановления военной техники связи и направления ее совершенствования. Труды военно-морского политехнического института – СПб.: ВМПИ, 2014. – С.75-79.
2. Воловиков В.С. Комплекты военно-технического имущества связи: проблемы создания и пути решения. Сборник научных статей академии 5971. – СПб.: ВА МТО, 2013. – С.31-38.
3. Отчет о НИР «Рубеж – 2025» / – СПб.: ВАС, 2013. – 47 с.
4. О порядке эшелонирования, накопления и содержания неприкосновенных запасов ВТИ для ремонта ВВТ общевойсковой назначения в Советской Армии и Военно-Морском Флоте на военное время. – М.: МО, 1986. – 136 с.
5. Воловиков В.С. Модель процесса восстановления военной техники связи в условиях военного времени / Сборник материалов Девятой Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления». – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2014. – С.19-28.

## THE APPROACH TO A JUSTIFICATION OF RATIONAL REPAIR COMPLETE SETS FOR MILITARY COMMUNICATIONS EQUIPMENT COMBAT DAMAGE REPAIR

**Vladimir Volovikov**, Military Academy of Communications  
Department of technical communications providing and automation  
postgraduate student, [bbcvcv@yandex.ru](mailto:bbcvcv@yandex.ru)

**Sergey Semenov**, Military Academy of Communications  
Department of technical communications providing and automation  
professor, [semsem@yandex.ru](mailto:semsem@yandex.ru)

### Abstract

An important direction of the operation of communication equipment in time of war is to restore her health. In this case, the technical condition of the samples will be characterized as operational failures and damage. Experience shows the inconsistency of the system of maintenance for solving recovery techniques even with operational failures, not to mention the many possible combat injuries. One of the main reasons for this state of affairs is the lack of a component material support the recovery process, as sets military equipment connection. The urgency of the issue led to the formulation objective of the study, its object and subject. The purpose of the research – to improve the system for recovery in military hardware connection. The object of study is the recovery of military communication equipment, and the subject – the process of formation of sets of military equipment due to restore military communications. The analysis of the existing situation in this domain allowed us to formulate requirements for formed sets and the problem in the development of the necessary methodological support of the assessment and calculation of rational consideration of stocks. Issues related to the influence of reliability characteristics of communications technology on its performance, now covered adequately. Therefore, the creation of reserves, with these positions require,

according to the authors only small adjustments. The main result was the rationale for the development of a model of fire impact on the enemy military equipment connection. This model will be a key tool that will provide baseline data for the study methodology nomenclature and quantity of generated sets. Solution of particular problems, we not only reach the objectives of the study, but also be able to develop other ways of increasing the efficiency of the repair system. In particular, using a model that can justify a system of performance requirements and quality criteria for evaluating the effectiveness of other structural elements of the recovery, such as repairing bodies and the technical support of the repair process.

**Keywords:** repair of military communications equipment, repair complete sets, operational failures, combat damage, the formation method, the model of fire impact.

### References

- 1 Volovikov, V 2013, 'Repair complete sets: the problem of creating and solutions', Academy's transactions, vol. 5971, St. Petersburg, Military Academy of Communications, pp. 31-38.
- 2 Volovikov, V & Chikhachev, A 2014, 'The military communications equipment repair system analysis and directions for its improvement', Proceedings of the Naval Polytechnic Institute, St. Petersburg, pp. 75-79.
- 3 Volovikov, V 2014, 'Model of military communication equipment repair process in wartime conditions', The collection of materials of the Ninth All-Russian scientific and practical conference "Advanced Systems and Control Problems", Taganrog, pp. 19-28.
- 4 1986, "On the order of separation, storage and maintenance of emergency reserves for repair equipment in the Soviet Army and Navy in wartime", Moscow, Department of defences, p. 136.
- 5 2013, The report on the research work "Frontier – 2025", St. Petersburg, Military Academy of Communications, p. 47.

# ТРИ ПРОСТЫХ ПРАВИЛА УСИЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

**Брэдли Д.,**  
Cisco Consulting Services

## Ключевые слова:

*bring your own device (BYOD), Cisco, мобильность, мобильные устройства, информационная безопасность, унифицированная сеть, беспроводная сеть.*

**В**зрывообразное распространение корпоративной мобильности вызывает в компаниях глубокие перемены и порой не обходится без проблем. Одна из наиболее острых – проблема информационной безопасности.

Недавно на сайте Уортонской школы бизнеса я прочитал статью, где утверждается, что в США к 2015 г. количество пользователей, предпочитающих выходить в Интернет с помощью мобильных устройств, превысит число тех, кто предпочитает использовать для этой цели персональные компьютеры. Открытые данные, повышение доступности нашей информации государственным органам и многое другое складывается в мощную тенденцию, ставящую под вопрос безопасность мобильных сетей и устройств. Как поддержать широкое проникновение беспроводных устройств в жизнь сотрудников, избежав проблем с информационной безопасностью?

Один из способов решения этих проблем состоит в соблюдении трех простых (и вместе с тем недостаточно используемых) предосторожностей.

## Используйте пароли

В американских корпорациях часто шутят, что самый распространенный пароль – слово «пароль». Эта шутка кажется смешной лишь до тех пор, пока вы не поймете, что для большинства мо-

бильных устройств установка ЛЮБОГО пароля (пусть даже слова “пароль”) стала бы большим шагом вперед с точки зрения информационной безопасности. Согласно результатам исследования, проведенного аналитической компанией Harris Interactive по заказу СТА и процитированного в упомянутой публикации Уортонской школы бизнеса, более половины пользователей беспроводных устройств вообще не используют для их защиты никаких паролей или персональных идентификационных PIN-кодов. Поскольку угроза для этих устройств со стороны киберпреступников вполне реальна, смартфоны и планшеты обязательно нужно защищать с помощью антивирусного ПО и паролей.

Создав пароль, вы должны правильно его хранить. Глобальное исследование, проведенное компанией McAfee, установило, что 15% опрошенных хранят свои пароли на мобильных телефонах. Более половины опрошенных передают свои пароли другим людям. Конфиденциальность паролей поможет сократить риск в случае, если ваше устройство попадет в руки злоумышленника.

## BYOD

Еще недавно ИТ-руководители могли поддаться своим фобиям и запретить BYOD, то есть использование в работе личных мобильных устройств. Эти дни ушли в прошлое. BYOD уже никуда не денется. Сегодня, когда более 80% компаний BYOD в той или иной степени разрешили, настала пора разработать зрелые стратегии и способы решения проблем, связанных с использованием личных устройств в служебных целях. Полномасштабная стратегия BYOD должна включать внедрение функций безопасности для мобильных устройств, в том числе обязательной

защиты этих устройств с помощью паролей и принудительного стирания информации в удаленном режиме, что позволяет удалять конфиденциальную информацию с жестких дисков в случае кражи или потери устройства. Такие решения в равной степени выгодны сотрудникам, руководителям ИТ-отделов и компаниям.


## Архитектура безопасности

Компании могут укрепить информационную безопасность с помощью объединения проводных, беспроводных и виртуальных частных сетей в единую, хорошо защищенную сетевую инфраструктуру. Унифицированная сеть создает полную прозрачность на уровне систем, позволяя установить, кто находится в сети и чем он в ней занимается. Она осуществляет мониторинг доступа к конфиденциальной информации и оценивает угрозы в режиме реального времени. Кроме того, она упрощает разработку и внедрение политик информационной безопасности в масштабе всей сети.

Компании, желающие укрепить безопасность сетей с более высоким уровнем гетерогенности, смогут решить эту задачу с помощью дополнительных опций. Опасения по поводу информационной безопасности могут замедлить распространение мобильных технологий в бизнесе, но полностью остановить этот процесс им не под силу. При условии внедрения правильных политик и решений для информационной безопасности мобильные устройства могут принести огромную пользу всем организациям, в том числе вашей.

Полная реализация принципа BYOD повышает производительность и сокращает расходы (<http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2013/05/053013b.html>).





Уфа  
18-20  
марта

Форум "БЕЗОПАСНОСТЬ"

Выставка "Безопасность-2014"

X XI специализированная выставка

X IX специализированная выставка

Выставка "Связь. Инфоком-2014"

450080, Уфа, а/я 144, тел./факс: (347) 256-51-80, 256-51-86, 256-58-21  
E-mail: secur@bashexpo.ru, infocom@bashexpo.ru  
www.bashexpo.ru

# АУДИТ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДОМЕННЫХ ИМЕН

**Маркин Д.О.,**  
Академия ФСО России,  
admin@nikitka.net

## **Ключевые слова:**

мониторинг, аудит,  
управление безопасностью,  
информационная безопасность,  
мониторинг безопасности,  
аудит безопасности,  
DNS, система доменных имен.

## **АННОТАЦИЯ**

Представлено описание системы аудита безопасности в системе управления сетевого взаимодействия на основе системы доменных имен. Представлен также алгоритм работы данной системы, обоснована его принципиальная реализуемость. На основе предложенных показателей эффективности функционирования предлагаемой системы показаны ее преимущества перед известными системами аудита безопасности. Описана типовая структура компьютерной сети, реализующая предлагаемую систему, и представлены результаты апробации системы на испытательном стенде. Основным результатом работы является алгоритм функционирования системы аудита безопасности на основе использования системы доменных имен. Использование системы доменных имен в целях осуществления аудита безопасности позволяет значительно увеличить степень охвата элементов локальных и глобальных сетей, подвергаемых аудиту, а также обеспечить более полный набор контролируемых параметров сетевого взаимодействия. Результаты проведенного исследования подтверждены наличием авторского патента на изобретение и свидетельством об официальной регистрации программы для ЭВМ. В настоящее время локальные и глобальные сети информационных систем требуют реализации непрерыв-

ного процесса административного управления. При этом функции администрирования затрагивают, как проблемы, связанные с производительностью и надежностью работы сети, так и с ее безопасностью. Поскольку полностью исключить возможность возникновения нештатных ситуаций невозможно, решение заключается в том, чтобы обнаруживать проблемы на наиболее ранних стадиях, и получать о них наиболее подробную информацию. Для реализации этого решения чаще всего используют метод мониторинга системы и ее безопасности. Безопасность локальной сети (в более общем смысле – защищенность ее от внешних и внутренних вредоносных действий) обеспечивается двумя методами: аудитом и контролем. Предлагается система аудита безопасности в системе управления безопасностью сетевого взаимодействия на основе использования системы доменных имен. Разнообразие классов угроз информационной безопасности (ИБ), реализуемых с использованием особенностей функционирования протоколов межсетевого взаимодействия, требует от службы администрирования ИБ корпоративных информационных систем, как соответствующих программно-аппаратных комплексов мониторинга и оценивания состояния ИБ в этом направлении, так и соответствующих методик их использования в различных, динамически возникающих ситуациях.

В условиях функционирования системы управления безопасностью сетевого взаимодействия является наличие класса угроз ИБ, определяемых стандартами [3, 4] и другими, являются сетевые угрозы, то есть классы угроз, реализуемых с использованием протоколов межсетевого взаимодействия. Особенностью предлагаемой системы аудита безопасности является использование системы доменных имен. К числу угроз, использующих систему доменных имен, относятся угрозы, основанные на модификации пакетов DNS-транзакций, которые относятся к классу угроз, направленных на создание в сети ложного маршрута. Их потенциальная опасность заключается в возможности перехвата данных, передающихся между клиентами сетевых сервисов и серверами этих сервисов. Таким образом, в руках злоумышленников могут оказаться аутентификационные данные сотрудников организации для доступа к ресурсам конкретного сервиса.

Необходимо отметить, что практическое отсутствие реализаций программно-аппаратных комплексов, а также методик мониторинга и оценивания класса угроз ИБ, основанных на модификации пакетов DNS-транзакций, при потенциально высокой опасности реализации в корпоративных информационных системах атак типа: анализ сетевого трафика; подмена доверенного объекта сети; навязывание ложного маршрута; внедрение ложного объекта сети и соответствующих этим атакам угроз, определяет основное противоречие, устранение которого возможно путем реализации предлагаемой системы аудита и мониторинга угроз ИБ сетевого взаимодействия.

### 1. Показатели эффективности системы управления безопасностью сетевого взаимодействия

В качестве показателя результативности предлагается использовать защищенность сетевого взаимодействия клиента и информационных сервисов, использующих систему доменных имен, выражаемую вероятностью надежной защиты информации:

$$P = \prod_{i=1}^N P_i, \quad (1)$$

где  $P_i$  – вероятность защищенности информации на  $i$ -м объекте, участвующем в сетевом взаимодействии;  $N$  – количество объектов, для которых осуществляется управление информационной безопасностью.

Защищенность информации на  $i$ -м объекте зависит от защищенности информации в каждом состоянии (режиме работы) каждого объекта. Таким образом, защищенность информации на  $i$ -м объекте выражается:

$$P_i = 1 - \prod_{k=1}^M (1 - P_{ik}), \quad (2)$$

где  $P_{ik}$  – вероятность защищенности информации на  $i$ -м объекте в  $k$ -м состоянии (режиме работы) автоматизированной системы;  $M$  – количество состояний автоматизированной системы.

В классическом случае задача по обеспечению безопасного сетевого взаимодействия решается путем установки межсетевого экрана (МСЭ) в защищаемом сегменте сети, как правильно, локальной. При этом количество элементов компьютерной сети  $N_{nrom}$  на которые распространяется политика безопасности МСЭ, ограничена размерами защищаемого сегмента.

Предлагаемая система управления безопасностью сетевого взаимодействия (СУБСВ) позволяют вне зависимости от топологии сети и расположения точки мониторинга (межсетевого экрана) и клиентов осуществлять управление информационной безопасностью и мониторинг сетевого взаимодействия. Количество охватываемых такой системой мониторинга элементов сети –  $N_{сисм}$  и, очевидно, что  $N_{сисм} > N_{nrom}$ . Кроме того, данная система позволяет осуществлять управление информационной безопасностью и мониторинг сетевого взаимодействия как на этапе установления соединения, так и на этапе информационного обмена клиента и информационных служб, осуществлять фильтрацию трафика с учетом любых значимых полей сетевых пакетов, управление доступом клиентов к информационным службам после установления соединения, фильтрацию трафика на наличие сведений конфиденциального характера и сведений, составляющих государственную тайну. Таким образом, если в качестве критерия эффективности выбрать защищенность информации, то с учетом формул (1) и (2) его можно представить в виде:

$$P_{сисм} = \prod_{i=1}^{N_{сисм}} (1 - \prod_{k=1}^{M_{сисм}} (1 - P_{ik})) > P_{nrom} = \prod_{i=1}^{N_{nrom}} (1 - \prod_{k=1}^{M_{nrom}} (1 - P_{ik})),$$

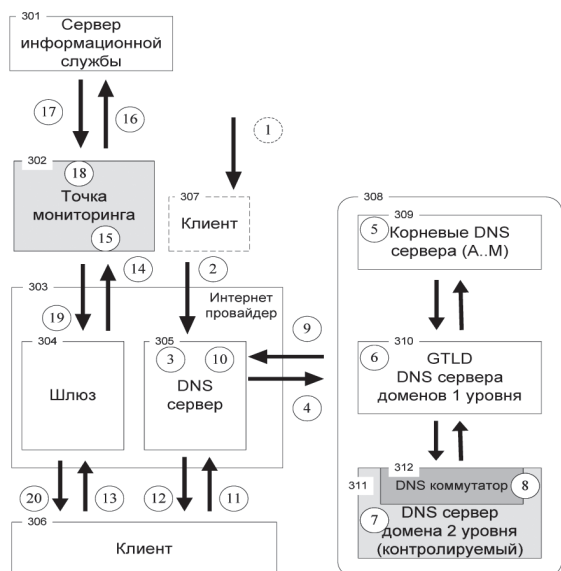
где  $P_{сисм}$  – вероятность надежной защиты информации в предлагаемой системе,  $P_{nrom}$  – вероятность надежной защиты информации в системах-прототипах, используемых в рамках локальных сетей.

### 2. Алгоритм работы системы управления информационной безопасностью сетевого взаимодействия

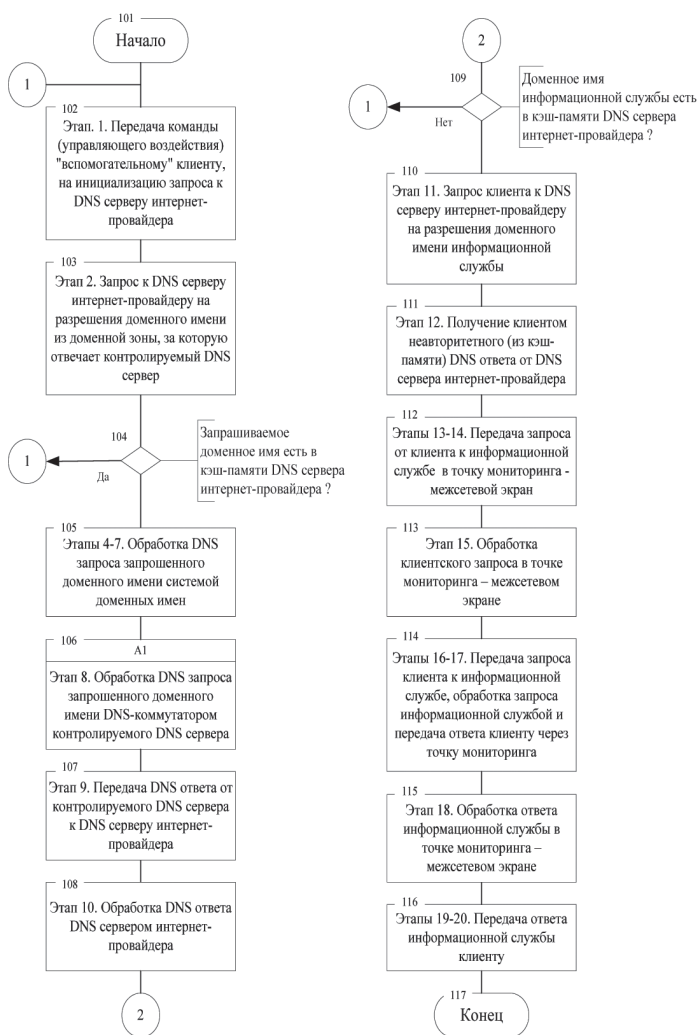
В состав типовой компьютерной сети, реализующей предлагаемую систему, входят следующие элементы:

1. Клиентская ПЭВМ (Клиент).
2. Интернет-провайдер (в составе: кэширующий DNS сервер, шлюз).
3. Вспомогательный клиент.
4. Система доменных имен.
5. Точка мониторинга (межсетевого экран, фильтр, прокси-сервер).
6. Сервер информационной службы.

Пример типовой представлен на рис. 1. В качестве клиента могут выступать как ПЭВМ пользователей компьютерной сети, так и различные службы (например, FTP, WEB, SMTP, POP). В качестве информационных служб выступают любые службы, использующие систему доменных имен. К ним относятся, например, WEB, FTP, EMAIL, POP, SMTP, IMAP. На рис. 2 представлен алгоритм работы системы управления безопасностью сетевого взаимодействия, реализуемого типовой компьютерной сетью, представленной на рис. 1.



**Рис. 1.** Структурная схема типовой компьютерной сети, реализующей функционирование СУБСВ на основе использования системы доменных имен



**Рис. 2.** Алгоритм работы системы управления безопасностью сетевого взаимодействия на основе использования системы доменных имен

Для успешной реализации предлагаемой системы удаленного мониторинга и управления информационной безопасностью сетевого взаимодействия на основе использования системы доменных имен необходимо выполнение ряда условий:

1. Существует контролируемый DNS-сервер, отвечающий за какую-либо (любую) зону системы доменных имен.
2. Клиент обслуживается интернет-провайдером с кэширующим DNS-сервером либо известен иной DNS-сервер, услугами которого пользуется клиент, и данный сервер является кэширующим.
3. В момент получения DNS-ответа от контролируемого DNS-сервера в кэше DNS-сервера интернет-провайдера отсутствует запись с целевым DNS-именем узла информационной службы.
4. В точке мониторинга существует база IP-адресов и доменных имен целевых информационных служб, в отношении которых ведется мониторинг и управление сетевым взаимодействием с клиентом.

Для инициализации процесса мониторинга необходимо осуществить запрос на разрешение DNS-имени из зоны, за которую отвечает контролируемый DNS-сервер. Благодаря этому, появляется возможность сформировать DNS-ответ на полученный запрос с заданными параметрами.

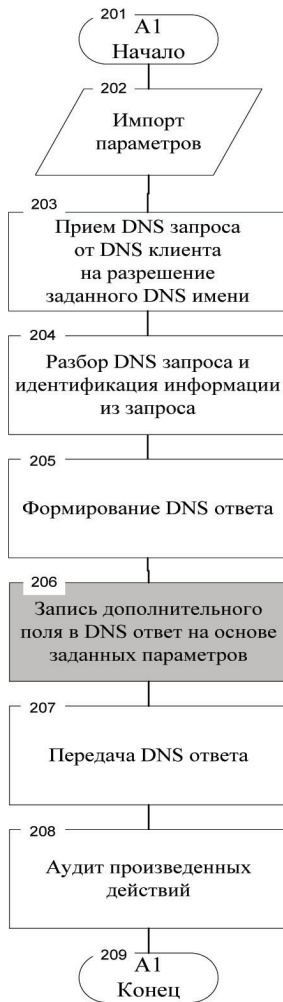
Согласно рекомендациям RFC 1034 [1], RFC 1035 [2], устанавливающих порядок функционирования, спецификацию и применение системы доменных имен, при формировании DNS-ответа допускается добавление, так называемых полей "Additional".

Данные поля необходимы для записи IP-адресов вспомогательных узлов различных типов, в том числе, для предотвращения повторного обращения к DNS-серверу, в случаях, когда по определенным причинам, основной узел, запись которого передается в поле "Answer", оказывается недоступным. В случае применения предлагаемой системы, в поле "Additional" записывается IP-адрес, ставящийся в соответствие доменному имени целевой информационной службе, но реально принадлежащий точке мониторинга – межсетевому экрану.

Реализация данных функций в предлагаемой системе возложена на так называемый DNS-коммутатор, алгоритм работы которого представлен на рис. 3 и реализован в авторской программе для ЭВМ [6].

Новизна предлагаемого решения по реализации алгоритма работы системы управления информационной безопасностью сетевого взаимодействия подтверждается наличием авторского патента [5]. После того как в процессе разрешения заданного DNS-имени кэширующий DNS-сервер интернет-провайдера (ISP) получает DNS-ответ, то при отсутствии записей в своей кэш-памяти соответствующих записям из дополнительных полей DNS-ответа, он помещает эти записи в кэш-память.

Таким образом, в кэш-память DNS-сервера интернет-провайдера помещаются записи, устанавливающие соответствие доменных имен информационных служб, для которых будет осуществляться мониторинг, и IP-адреса, принадлежащего точке мониторинга.



**Рис. 3.** Алгоритм работы DNS коммутатора в составе контролируемого DNS-сервера

С этого момента, в случае, если клиент формирует DNS-запрос на разрешение имени узла целевой информационной службы с доменными именем, хранящимся в кэше провайдера и сохраненного из дополнительных полей, полученных после обработки DNS-запроса "вспомогательного" клиента, то DNS-сервер интернет-провайдера формирует и отправляет DNS ответ клиенту на основе данных из своего кэша. Таким образом, клиент получает разрешение доменного имени запрошенной информационной службы с IP-адресом, полученным от контролируемого DNS-сервера и хранящемся в момент обработки запроса клиента интернет-провайдером в кэш-памяти провайдера. При этом IP-адрес принадлежит не целевой информационной службе, запрашиваемой клиентом, а точке мониторинга. Соответственно, далее, обращение клиента к целевой информационной службе происходит по IP-адресу, принадлежащему точке мониторинга. При обращении клиента по полученному IP адресу к точке мониторинга, в которой на основании predetermined параметров сетевой политики безопасности производится ряд управляющих воздействий. К этим действиям относятся:

1. Разбор полученной от клиента транзакции.
2. Выработка и применение управляющих воздействий.

3. Аудит полученных транзакций и произведенных действий.

4. Формирование на основе данных полученной клиентской транзакции запроса к информационной службе.

В точке мониторинга – МСЭ осуществляется преобразование сетевых адресов (Network Address Translation – NAT), что позволяет обеспечить его "прозрачную" работу с точки зрения клиента и целевой информационной службой.

### 3. Апробация результатов разработки алгоритма системы управления безопасностью сетевого взаимодействия

Апробация представленных результатов производилась с использованием испытательного стенда в виде компьютерной сети, представленной на рис. 1.

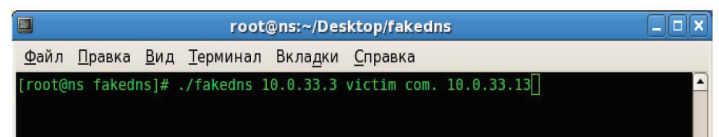
В состав компьютерной сети входят:

1. DNS-сервер на базе программного обеспечения BIND 9.4, отвечающий за зону ".a", с доменным именем "ns.a".
2. DNS-сервер на базе программного обеспечения BIND 9.4, отвечающий за зону ".b", с доменным именем "ns.b".
3. Клиентская ПЭВМ с IP адресом 10.0.33.13.
4. Точка мониторинга – межсетевой экран с IP-адресом 10.0.33.13.

Между всеми объектами компьютерной сети настроено сетевое взаимодействие. Принцип работы компьютерной сети заключается в следующем.

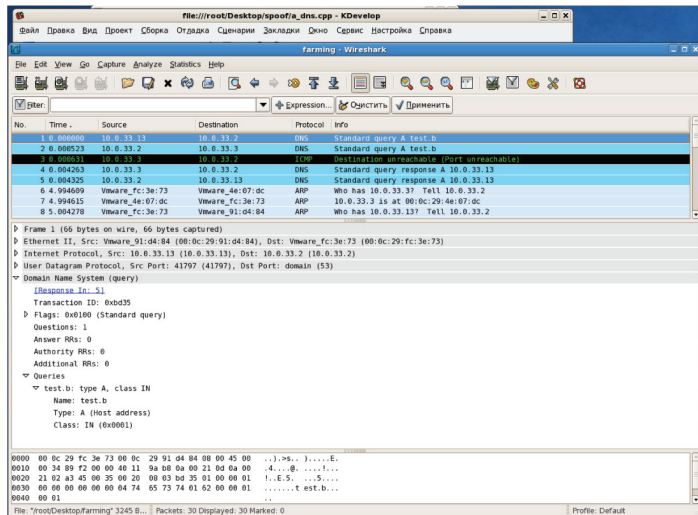
Между DNS-серверами пересылка зон настроена таким образом, что получая запрос на разрешения доменного имени из зоны, за который отвечает другой DNS-сервер, текущий DNS-сервер формирует и отправляет к нему повторный DNS-запрос и, получив от него ответ, формирует и отправляет DNS-ответ клиенту, сформировавшему первый запрос, одновременно помещая в свою кэш-память ответ от второго DNS-сервера. Таким образом, моделируется работа DNS-сервера интернет-провайдера.

На первом этапе на DNS-сервере, отвечающем за зону ".b" запускается, скрипт "fakedns", реализующий работу DNS-коммутатора. В задачу скрипта входит обработка полученного DNS-запроса на разрешение доменного имени из зоны ".b" и добавление в DNS-ответ дополнительного поля "Additional" для заданного доменного имени (в примере – "victim.com"), соответствующим целевой информационной службе, для которой будет осуществляться мониторинг и управление безопасностью сетевого взаимодействия с клиентом, и с заданным IP-адресом (в примере – "10.0.33.13"), соответствующим точке мониторинга – межсетевому экрану. Запуск скрипта "fakedns" с заданными параметрами, моделирующий работу DNS-коммутатора осуществляется командой, представленной на рис. 4.



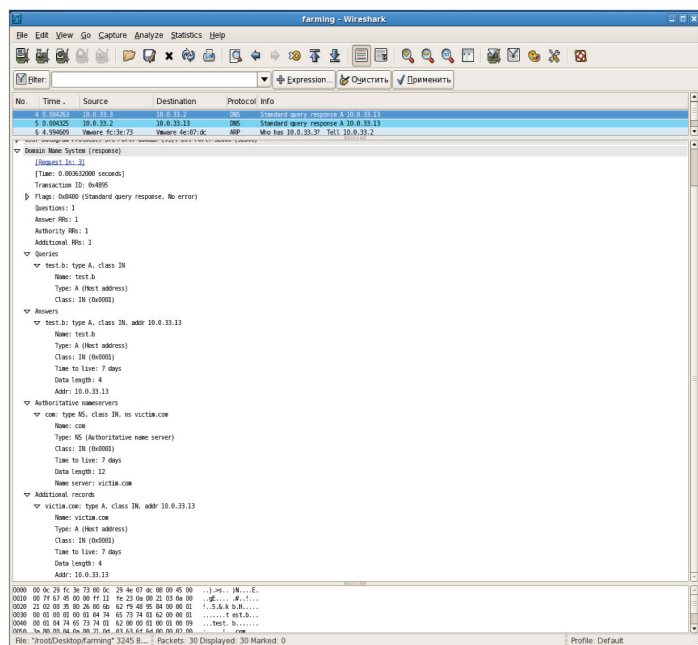
**Рис. 4.** Команда на запуск DNS-коммутатора

На втором этапе происходит формирование и передача DNS-запроса для доменного имени "test.b" от клиента в систему доменных имен, состоящему из DNS-сервера "ns.a" и DNS-сервера "ns.b". При этом первичным DNS-сервером (DNS-сервером интернет-провайдера) для клиента является DNS-сервер "ns.a". Структура запроса представлена на рис. 5.



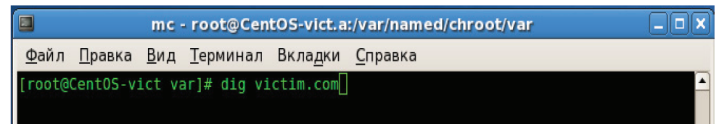
**Рис. 5.** Структура пакета DNS-запроса для доменного имени "test.b" от клиента в систему доменных имен

На третьем этапе формируется и передается DNS-ответ для доменного имени "test.b" с дополнительным полем "Additional" и заданным доменным именем "victim.com", соответствующий информационному службе, которому поставлен в соответствие заданный IP-адрес "10.0.33.13", соответствующий точке мониторинга. Структура пакета DNS ответа в данном случае выглядит так, как представлено на рис. 6.



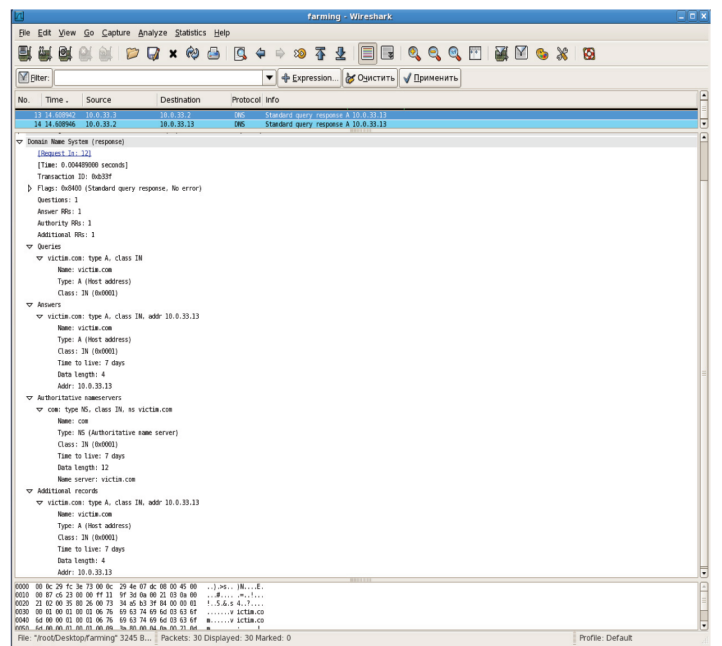
**Рис. 6.** Структура пакета DNS-ответа для доменного имени "test.b" с дополнительным полем "Additional" и заданным доменным именем "victim.com"

На четвертом этапе осуществляется проверка наличия в кэш-памяти DNS сервера "ns.a" доменного имени "victim.com", соответствующего информационной службе, но с IP адресом, соответствующем точке мониторинга – "10.0.33.13". Проверка осуществляется командой, представленной на рис. 7.



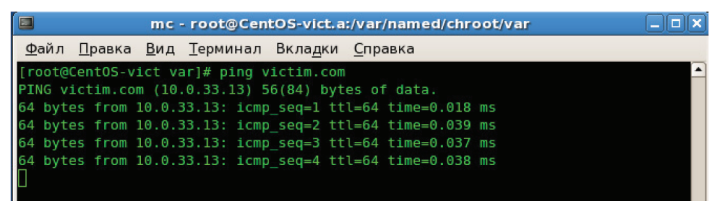
**Рис. 7.** Проверка наличия в кэш-памяти DNS-сервера "ns.a" доменного имени "victim.com"

На пятом этапе принимается ответ о наличии в кэш-памяти DNS-сервера "ns.a" доменного имени "victim.com". Структура DNS-ответа представлена на рис. 8.



**Рис. 8.** Структура DNS-ответа о наличии в кэш-памяти DNS-сервера "ns.a" доменного имени "victim.com"

Очевидно, что при дальнейшем обращении клиента к узлу "victim.com" по IP-адресу из полученного DNS-ответа, обращение будет происходить по IP адресу, заданному в параметрах к скрипту "fakedns" и соответствующему точке мониторинга – межсетевому экрану. Проверка данного факта осуществляется командой, представленной на рис. 9.



**Рис. 9.** Проверка соответствия IP-адреса узла "victim.com" заданному в процессе функционирования DNS-коммутатора "fakedns"

**Выводы и направления дальнейших исследований**

На основе проведенного эксперимента можно сделать вывод, что, при выполнении перечисленных условий и благодаря использованию системы доменных имен и добавлению дополнительного поля "Additional" в DNS-коммутаторе при обработке запроса на разрешение доменного имени целевой информационной службы, возникает возможность осуществления контроля сетевого взаимодействия клиента и заданных информационных служб вне зависимости от их расположения и топологии компьютерной сети. Появляется возможность мониторинга и контроля сетевого взаимодействия клиента и заданных информационных служб на этапе установления сеанса соединения и на этапе информационного обмена, что позволяет обеспечить фильтрацию трафика на наличие сведений конфиденциального характера и сведений, составляющих государственную тайну, предотвращение несанкционированного доступа к информации. В рамках направлений дальнейших исследований предлагается:

1. Реализовать предложенную систему в действующей сети Интернет с использованием технологий виртуального хостинга либо физических серверов.

2. Проверить работу предложенной системы при взаимодействии с DNS-серверами интернет-провайдеров, использующих различное программное обеспечение, выявить пределы применимости системы, существующие ограничения и условия использования в действующей сети Интернет.

3. Реализовать предложенную систему в качестве прото-типа системы удаленного мониторинга, контроля доступа и управления информационной безопасностью сетевого взаимодействия выделенной корпоративной сети организации.

Особенностями предлагаемой системы являются:

1. Реализация доступа к информационному обмену удаленных пользователей и удаленных информационных ресурсов.

2. Возможность получения доступа и мониторинг трафика удаленных пользователей и информационных ресурсов, использующих SSL/TLS (работающих по протоколу HTTPS).

3. "Прозрачный" режим работы точки мониторинга.

4. Отсутствие нарушений в режиме функционирования и структуре распределенной инфокоммуникационной сети (ИТКС провайдера, программно-аппаратная среда провайдера и пользователя, программно-аппаратная среда серверов информационных ресурсов).

5. Независимость от расположения пользователей и информационных ресурсов.

**Литература**

1. RFC 1034 Domain Names – Concepts And Facilities / P. Mockapetris, ISI, November 1987.

2. RFC 1035 Domain Names – Implementation And Specification / P. Mockapetris, ISI, November 1987.

3. ГОСТ Р 51275–2006. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения. – Введ. 2006.12.27. – Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2007. – 8 с. – (Национальный стандарт РФ).

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель. – М. – 47 с.

5. Пат. 2503059 Российская Федерация: МПК G06F 15/173, H04L 29/12. Способ удаленного мониторинга и управления информационной безопасностью сетевого взаимодействия на основе использования системы доменных имен / Д.О. Маркин, М.С. Аксментов; заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. – 2012123556; заявл. 06.06.2012; 27.12.2013, Бюл. №36.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013612870 Российская Федерация: DNS-коммутатор / Д.О. Маркин; заявл. 09.01.2013; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 14.03.2013 г.

**SECURITY AUDIT IN THE SYSTEM OF SECURITY NETWORKING CONTROL BASED ON USING DOMAIN NAME SYSTEM**

**Markin D.O.**, postgraduate student Academy FSD of Russia, Oryol, admin@nikitka.net

**Abstract**

The paper presents description of security audit system in the system of security networking control based on using domain name system. The algorithm of the system operation is shown; its principal feasibility is justified. Basing on the offered efficiency indicators of system operation it's shown the proposed system advantages over the known security audit systems. The typical structure of compute network that implements the proposed system is described in details and also the results the system testing on the test bench are presented. The main authors result got in this paper is the algorithm of security audit system operation based on using domain name system. The use of the domain name system in order to implement security audit allows to significantly increasing items as local area network as global network too. Also it provides more complete set of controlled parameters using during security audit. The results of the study confirmed by the author's the patent for the invention and certificate of the computer program official registration.

**Keywords:** Monitoring, auditing, security management, information security, monitoring security, audit security, DNS, domain name system.

**References**

1. RFC 1034 Domain Names – Concepts And Facilities / P. Mockapetris, ISI, November 1987.
2. RFC 1035 Domain Names – Implementation And Specification / P. Mockapetris, ISI, November 1987.
3. GOST R 51275-2006. Information Security. The object of information. Factors affecting information. General provisions. Introduced. 2006.12.27. Moscow: Federal Agency on Technical Regulation and Metrology, 2007. 8 p. (Russian Federation National Standard).
4. GOST R ISO/MEK 15408-1 Information technology. Methods and means of security. Evaluation criteria for information technology security. Part 1. Introduction and General model. Moscow. 47 p. (Russian Federation National Standard).
5. Patent. 2503059 Russian Federation: G06F 15/173, H04L 29/12. Method of remote monitoring and information security networking management based on using domain name system / D.O. Markin, M.S. Aksmentov; the applicant and the patentee Academy of FSD of Russia. №2012123556; declared. 06.06.2012; 27.12.2013, Newsletter. №36.
6. The certificate on the computer program state registration № 2013612870 Russian Federation. DNS-switch / D.O. Markin; declared. 09.01.2013; registered in the Register of computer programs 14.03.2013.

## 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.

## 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.