

№ 2 (76) март-апрель 2013

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Государственный университет —
учебно-научно-производственный комплекс» (Госуниверситет – УНПК)

Редакционный совет

Голенков В.А., председатель
Радченко С.Ю., заместитель председателя
Борзенков М.И., секретарь

Астафичев П.А., Иванова Т.Н., Киричек А.В.,
Колчунов В.И., Константинов И.С.,
Новиков А.Н., Попова Л.В., Степанов Ю.С.

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

Архипов О.П. (Орел, Россия)
Аверченков В.И. (Брянск, Россия)
Бок Т. (Мюнхен, Федеративная Республика Германия)
Гайндрик К. (Кишинев, Молдова)
Долгий А. (Сент-Этьен, Франция)
Еременко В.Т. (Орел, Россия)
Иванников А.Д. (Москва, Россия)
Ипатов О.С. (Санкт-Петербург, Россия)
Колоколов Ю.В. (Ханты-Мансийск, Россия)
Коськин А.В. (Орел, Россия)
Маркарян Г. (Ланкастер, Великобритания)
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)
Поляков А.А. (Москва, Россия)
Распопов В.Я. (Тула, Россия)

Сдано в набор 15.02.2013 г.

Подписано в печать 26.02.2013 г.

Формат 60x88 1/8.

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.

Заказ №

*Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе*

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»

302030, г. Орел, ул. Московская, 65

Подписной индекс 15998

по объединенному каталогу

«Пресса России»

Материалы статей печатаются в авторской редакции.

**Право использования произведений предоставлено
авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части
ГК РФ.**

Журнал входит в **Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий**, определенных ВАК для
публикации трудов на соискание ученых степеней
кандидатов и докторов наук.

Рубрики номера

1. Математическое
и программное обеспечение
вычислительной техники
и автоматизированных систем.....5-12
2. Математическое и компьютерное
моделирование.....13-57
3. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах58-80
4. Телекоммуникационные системы
и компьютерные
сети.....81-122
5. Информационная безопасность и защита
информации.....123-136

Редакция

О.И. Константинова

А.А. Митин

Адрес учредителя журнала

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

(4862) 42-00-24; www.gu-unpk.ru;

E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40

(4862) 43-40-39; www.gu-unpk.ru;

E-mail: isit@ostu.ru

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.

Св-во о регистрации средства массовой
информации ПИ № ФС77-47350 от 03.11.2011 г.

©Госуниверситет – УНПК, 2013

№ 2 (76) March-April 2013

The journal is published since 2002, leaves six times a year
The founder – State University – Education-Science-Production Complex

Editorial council

Golenkov V.A., president
Radchenko S.Y., vice-president
Borzenkov M.I., secretary

Astafichev P.A., Ivanova T.N., Kirichek A.V.,
Kolchunov V.I., Konstantinov I.S.,
Novikov A.N., Popova L.V., Stepanov Y.S.

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

Arhipov O.P. (Orel, Russia)
Averchenkov V.I. (Bryansk, Russia)
Bok T. (Munich, Federal Republic of Germany)
Gaidrik K. (Kishinev, Moldova)
Dolgij A. (Saint-Etienne, France)
Eremenko V.T. (Orel, Russia)
Ivannikov A.D. (Moscow, Russia)
Ipatov O.S. (St. Petersburg, Russia)
Kolokolov J.V. (Khanty-Mansiysk, Russia)
Koskin A.V. (Orel, Russia)
Markaryan G. (Lancaster, Great Britain)
Podmasteriev K.V. (Orel, Russia)
Polyakov A.A. (Moscow, Russia)
Raspopov V.Ya. (Tula, Russia)

*It is sent to the printer's on 15.02.2013,
26.02.2013 is put to bed
Format 60x88 1/8.*

*Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies
The order № _____*

*It is printed from a ready dummy layout
on polygraphic base of State University – ESPC
302030, Orel, Moskovskaya street, 65*

*Index on the catalogue
«Pressa Rossii» 15998*

In this number

1. Software of the computer facilities
and the automated systems.....5-12
2. Mathematical modeling
and computer simulation.....13-57
3. An information technologies in socio-
economic and organizational-technical
systems.....58-80
4. Telecommunication systems
and computer
networks.....81-122
5. Information and data
security.....123-136

The editors

Konstantinova O.I.
Mitin A.A.

The address of the founder of journal

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 29
(4862) 42-00-24; www.gu-unpk.ru;
E-mail: unpk@ostu.ru

The address of the editorial office

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40
(4862) 43-40-39; www.gu-unpk.ru;
E-mail: isit@ostu.ru

*Journal is registered in Federal Service for
Supervision in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications.
The certificate of registration
ПИ № ФС77-47350 from 03.11.2011.*

© State University – ESPC, 2013

Journal is included into the list of the Higher Attestation
Commission for publishing the results of theses for
competition the academic degrees.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

<i>А.В. ТЮТЯКИН, Е.А. СЕМАШКО, А.А. КОНДРАШИН, А.В. ДЕМИДОВ</i> Анализ возможностей программного обеспечения обработки, архивирования и защиты изображений в распределенных системах технической диагностики.....	5-12
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>А.А. ДВИЛЯНСКИЙ, М.Н. БУРКОВ, А.Н. ЧУРЬБАНОВ</i> Проектирование цифровых систем с использованием интегрированной аппаратно-программной платформы на базе программируемых логических интегральных схем.....	13-21
<i>А.А. КОЛПАКОВ</i> Оптимизация генетических алгоритмов при использовании вычислений на графических процессорах на примере задачи нулевых битовых векторов.....	22-28
<i>И.В. ЛОГИНОВ</i> Методика оценивания информационно-телекоммуникационных услуг сторонних поставщиков на всем жизненном цикле.....	29-38
<i>В.Г. ПОКРОВСКИЙ</i> Программный комплекс структурной оптимизации стержневых несущих конструкций на основе импликативной алгебры выбора.....	39-48
<i>М.А. ТАРАСОВА, А.В. КОСЬКИН</i> Концепция построения экономико-математической модели рациональной ресурсной базы инженерного образования.....	49-58

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

<i>В.И. РАКОВ</i> Генезис и обусловленности вопросов контроля технических средств и правления.....	59-73
<i>С.П. СЕМЕНОВ, Я.Б. ТАТАРИНЦЕВ</i> Исследование эффективности многокомпонентной информационной среды управления образовательным учреждением.....	74-81

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

<i>В.Т. ЕРЕМЕНКО, Д.В. АНИСИМОВ, С.А. ЧЕРЕПКОВ, А.А. ЛЯКИШЕВ, П.А. ЧУПАХИН</i> Моделирование пропускной способности сегмента беспроводной сети АСУП на базе стандарта 802.11.....	82-86
<i>А.Е. МИРОНОВ, А.Н. ПЕРЕВЕРЗЕВ</i> Модель звена мультисервисной сети с ограниченной надежностью канального ресурса.....	87-93
<i>А.В. ПАНКРАТОВ</i> Модифицированный алгоритм декодирования Витерби.....	94-98
<i>И.С. ПОЛЯНСКИЙ, И.В. ЛОГИНОВА, И.И. БЕСЕДИН, М.М. ФРОЛОВ</i> Распределение однородного непрерывного ограниченного ресурса в иерархических системах транспортного типа с древовидной структурой.....	99-106
<i>А.П. ФИСУН, Ю.Ф. БЕЛЕВСКАЯ</i> Актуальные проблемы правового информационного общества в контексте развития теорий информационно- коммуникационных технологий.....	107-113
<i>С.В. ШИНАКОВ</i> Методика декодирования блоковых кодов в мультиплексных каналах связи.....	114-123

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

<i>Д.О. МАРКИН, В.В. КОМАШИНСКИЙ</i> Контентная фильтрация трафика в компьютерных сетях.....	124-131
<i>Д.С. МИШИН, С.В. ЕРЕМЕНКО</i> Методологические аспекты противодействия неправомерному доступу в системах передачи данных.....	132-137

CONTENT

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

<i>A.V. TIUTIAKIN, E.A. SEMASHKO, A.A. KONDRASHIN, A.V. DEMIDOV</i> Analysis of images processing, compression and protection software in distributed systems of technical diagnostics.....	5-12
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

<i>A.A. DVILYANSKIJ, M.N. BURKOV, A.N. CHURBANOV</i> Design digital system using integrated hardware-software platform on programmable logic device base.....	13-21
<i>A.A. KOLPAKOV</i> Optimising the use of genetic algorithms for computing graphics processors for the problem of zero bit vector.....	22-28
<i>I.V. LOGINOV</i> The estimating methodic for IT-services of outsourcing vendors on all lifecycle.....	29-38
<i>V.G. POKROVSKIJ</i> The software complex of structural optimization of load-bearing bar constructions on the basis of the implicative algebra of choice.....	39-48
<i>M.A. TARASOVA, A.V. KOSKIN</i> Construction concept economic-mathematical model of rational resource base of engineering education.....	49-58

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

<i>V.I. RAKOV</i> Genesis and conditionality of questions of the control of means of management.....	59-73
<i>S.P. SEMYONOV, YA.B. TATARINCEV</i> Investigation of the effectiveness of multicomponent information administration environment of educational institutions.....	74-81

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

<i>V.T. EREMENKO, D.V. ANISIMOV, S.A. CHEREPKOV, A.A. LYAKISHEV, P.A. CHUPAXIN</i> Simulation of flow segment wireless cam based on the standard 802.11.....	82-86
<i>A.E. MIRONOV, A.N. PEREVERSEV</i> Model management multiservice network with limited reliability channel resource.....	87-93
<i>A.V. PANKRATOV</i> Modified Viterby decoding algorithm	94-98
<i>I.S. POLYANSKIJ, I.V. LOGINOVA, I.I. BESEDIN, M.M. FROLOV</i> Distribution of uniform continuous limited resources hierarchical systems of transport type with a tree structure.....	99-106
<i>A.P. FISUN, YU. A. BELEVSKAYA</i> Current issues legal information society in the context of the theories on information and communication technologies.....	107-113
<i>S.V. SHINAKOV</i> Procedure of decoding of block codes in multiplex channels.....	114-123

INFORMATION AND DATA SECURITY

<i>D.O. MARKIN, V.V. KOMASHINSKIJ</i> Content filtering in computer networks	124-131
<i>D.S. MISHIN, S.V. EREMENKO</i> Methodological aspects of counteraction to wrongful access to data transmission systems.....	132-137

УДК 681.518.5

А.В. ТЮТЯКИН, Е.А. СЕМАШКО, А.А. КОНДРАШИН, А.В. ДЕМИДОВ

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАБОТКИ, АРХИВИРОВАНИЯ И ЗАЩИТЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

В статье предложена функциональная архитектура программного обеспечения обработки, архивирования и защиты изображений в распределенных системах технической диагностики, основанная на клиент-серверной архитектуре с автоматизированным выбором профилей указанных процедур. Дан сравнительный анализ аналогичного по функциональным возможностям программного обеспечения.

Ключевые слова: системы технической диагностики; обработка изображений; сжатие изображений; защита данных; клиент-серверная архитектура; профиль.

ВВЕДЕНИЕ

Системы диагностики состояния технических объектов широко распространены в разнообразных областях промышленности, строительства и транспорта. Широко распространенным классом данных систем являются характеризуемые следующими основными особенностями:

- исходными данными для принятия диагностических решений служат полутонные изображения объектов диагностики, получаемые методами рентгенографии, ультразвуковой локации и т.п.;
- получение исходных данных и их анализ, как правило, осуществляются различными лицами и разнесены во времени или/и в пространстве, что обуславливает необходимость хранения исходных данных в архивах или/и передачи их по каналам связи;
- как размеры исходных файлов данных, так и количество этих файлов в архивах достаточно велики и составляют порядка единиц мегабайт и от нескольких сотен до нескольких тысяч соответственно;
- недопустимы какие-либо потери информативных данных при обработке и хранении.

Настоящая статья посвящена вопросам реализации программного обеспечения (ПО) диагностических систем указанного класса. Основными процедурами, реализуемыми данным ПО, являются следующие:

- обработка изображений (подавление шумов, повышение контрастности и т.п.) с целью приведения их качества к уровню, необходимому для принятия корректных диагностических решений;
- сжатие изображений с целью минимизации объема их архивов, а также времени их передачи по каналам связи;
- защита данных от несанкционированного просмотра, редактирования или удаления, в том числе, разграничение прав доступа к данным лиц, осуществляющих сбор и анализ диагностической информации.

Указанные процедуры отличаются большим разнообразием возможных профилей (типов, характеристик, параметров и опциональных возможностей) средств их реализации, от корректности выбора которых существенно зависит достоверность диагностики, эффективность использования ресурсов системы и защиты данных. До настоящего времени выбор профилей осуществлялся или на этапе проектирования ПО, или пользователями системы в процессе ее эксплуатации. При использовании первого из названных подходов затруднителен или невозможен выбор профилей, приемлемых при всех возможных сочетаниях параметров и характеристик диагностических изображений. В свою очередь, при

возложении данной задачи на пользователей велика вероятность того, что выбранные ими профили не окажутся предпочтительными (то есть не обеспечат максимально возможный коэффициент сжатия, максимальную эффективность обработки и защиты данного изображения), т.к. они обычно не являются квалифицированными специалистами в области обработки, сжатия и защиты изображений.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Исходя из вышесказанного, актуальной является задача создания ПО обработки, архивирования и защиты графической информации в распределенных системах технической диагностики, обеспечивающего реализацию указанных процедур с профилями, наиболее предпочтительными для каждого конкретного изображения. В [1-3] показано, что рациональным подходом к решению данной задачи является автоматизированный выбор профилей из их базы в режиме интерактивного взаимодействия с пользователями системы, на основании требований к ней, действующей нормативной документации, а также параметров и характеристик диагностического изображения. На основании данного подхода разработан пакет ПО обработки, архивирования и защиты изображений с автоматизированным выбором профилей в распределенных системах технической диагностики. Структура данного ПО представлена на рисунке 1.

ПО имеет клиент-серверную архитектуру. Клиентом системы является графическое пользовательское приложение, с которым работает оператор системы. Сервером является приложение, обеспечивающее работу системы и административные функции.

Задачами сервера являются:

- ведение базы данных пользователей, прав доступа, изображений и журналов операций;
- хранение изображений и проверка их целостности (автоматическая при доступе либо принудительная при проверке целостности всего архива);
- обслуживание клиентских приложений.

Задачами клиентских приложений, в свою очередь, являются наиболее «дорогие» операции с точки зрения вычислительных ресурсов:

- обработка изображений (автоматизированная, в режиме интерактивного взаимодействия со специалистом, осуществляющим их анализ);
- архивирование (сжатие) изображений (с автоматическим выбором профиля).

Это упрощает масштабирование ПО и позволяет использовать один сервер для обслуживания нескольких клиентов.

Взаимодействие клиента и сервера осуществляется по протоколу HTTP, что позволяет использовать систему на уже имеющейся сетевой инфраструктуре и интегрировать программный комплекс с использованием имеющихся сетей предприятия. Также это облегчает развертывание ПО и упрощает разработку и сопровождение системы диагностики.

ПО выполнено в виде трех основных модулей, реализующих функции:

- обработки изображений;
- архивирования изображений;
- административного модуля.

Административный модуль выполнен в виде веб-приложения. Его основными функциями являются следующие:

- добавление, удаление редактирование учетных записей пользователей и администраторов системы, а также изменение привилегий доступа;
- добавление в хранилище файлов или удаление из него изображений, имеющих статус «оригинала», а также обработанных пользователем;
- хранение оригиналов и обработанных изображений в течение необходимого срока;
- обеспечение функционирования клиентских приложений, работающих на других компьютерах.

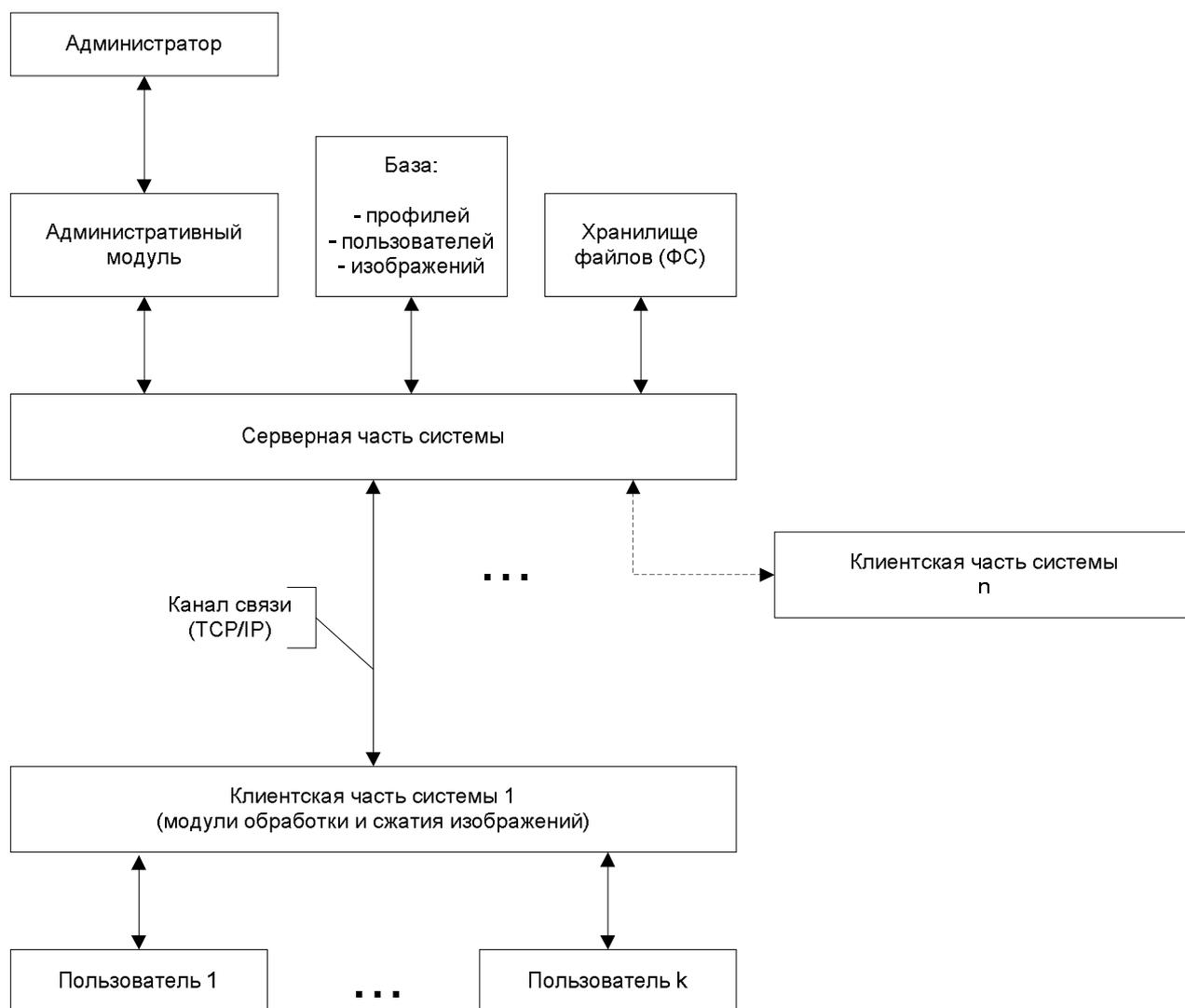


Рисунок 1 – Архитектура распределенной системы технической диагностики

Правом доступа к административному модулю, естественно, обладает только администратор системы (рис. 1).

Модуль обработки реализует следующие основные функции:

- подавление/устранение неинформативных составляющих (шумов и помех) изображения;
- улучшение качества изображения (повышение контрастности и резкости границ его элементов, преобразование гистограммы яркостей и т.п.);
- выбор профилей реализации перечисленных функций, осуществляемый в режиме интерактивного взаимодействия с пользователем.

Процесс интерактивного взаимодействия реализуется путем представления программным обеспечением пользователю результатов обработки изображения с применением различных вариантов профилей, с выбором из них пользователем наиболее приемлемых для принятия диагностических решений.

Модуль архивирования реализует функции сжатия диагностических изображений. Сжатие с учетом недопустимости потерь диагностической информации осуществляется на основании только алгоритмов архивирования графической информации без потерь. Профили сжатия в отличие от профилей обработки выбираются автоматически из их базы (рис. 1) как функция от интегрального показателя классификации изображения, определяемого, в свою очередь, как функция от его спектральных и статистических характеристик, методом

линейного дискриминантного анализа [4]. При этом пользователю оставляется возможность выбора профиля сжатия «вручную» из предлагаемого списка.

ПО защиты изображений распределено по всем трем вышеперечисленным модулям. На данный модуль целесообразно возложить:

- защиту изображений от несанкционированного доступа [5], реализуемую на основе алгоритмов криптографического кодирования (AES, MD5, SHA1, RSA, DSA и др.), встроенных в программную библиотеку OpenSSL;
- контроль целостности изображений путем хранения и передачи вместе с файлами изображений их хэш-сумм [5] (в соответствии с алгоритмами MD5 и/или SHA1);
- обеспечение безопасности клиент-серверного взаимодействия в рамках системы посредством использования протоколов HTTPS и TLS.

В качестве дополнительных мер по защите информации в рамках системы могут присутствовать пользователи следующего статуса: «оператор» и «аналитик».

В функции пользователя со статусом «оператор» входит сбор и внесение первичных данных в систему, при этом ему запрещена какая-либо обработка исходных изображений, т.е. основным ограничением для оператора является запрет на нарушение целостности.

Пользователь со статусом «аналитик» обладает более широкими полномочиями в рамках системы, в том числе, ему доступны следующие операции:

- извлечение из архива копии изображения при сохранении его оригинала;
- последующая обработка с целью приведения качества изображения к уровню, необходимому для его анализа;
- анализ подвергнутого обработке изображения с целью принятия диагностических решений.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

В таблице 1 представлены результаты сравнительного анализа предлагаемого пакета ПО с наиболее близкими к нему из известных по назначению и функциональным возможностям. При этом в таблице 1 представлено не только ПО, непосредственно ориентированное на применение в системах технической диагностики, но также потенциально применимое в них ПО, изначально разработанное для систем медицинской диагностики.

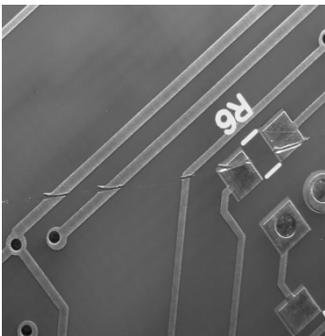
Таблица 1 – Результаты сопоставления предлагаемого ПО с ближайшими аналогами

Пакет ПО	Процедура	Базовые особенности реализации	Основные характеристики
Пакет ПО для УФ - дефектоскопии CoroSOFT [6]	Обработка	Выбор основных профилей пользователем	Приемлемые профили могут быть не найдены или время их поиска может быть недопустимо велико
	Сжатие	Выбор профиля пользователем из числа предоставляемых форматом JPEG	Проигрыш в коэффициенте сжатия до нескольких раз по сравнению с автоматическим выбором профиля из всего множества известных
	Защита	Присутствует только функция обеспечения целостности данных	
Пакет ПО для	Обработка	Аналогично пакету CoroSOFT	

обработки диагностических изображений RT–SP. v2.5 [7]	Сжатие	Выбор профиля пользователем из числа предоставляемых форматом TIFF	Аналогично пакету CoroSFT
	Защита	Аналогично пакету CoroSFT	
Пакет ПО для обработки диагностических изображений ОПТИМЕД [8]	Обработка	Аналогично пакету CoroSFT	
	Сжатие	Выбор профиля пользователем из числа предоставляемых форматами GIF, TIFF, JPEG и JPEG2000	Аналогично пакету CoroSFT
	Защита	Аналогично пакету CoroSFT	
Предлагаемый пакет ПО	Обработка	Автоматизированный выбор профилей в режиме диалога с пользователем	Обеспечивается выбор профилей, наиболее приемлемых для анализа
	Сжатие	Автоматический выбор профиля в зависимости от характеристик изображения	Выбор профиля, обеспечивающего максимально возможный коэффициент сжатия каждого конкретного изображения
	Защита	Комплексное обеспечение целостности данных, их защиты от несанкционированного доступа и безопасности клиент-серверного взаимодействия	

В качестве примера, поясняющего эффективность предлагаемого подхода, в таблице 2 приведены коэффициенты сжатия ряда типовых диагностических изображений, обеспечиваемые известными пакетами ПО (при каждом из предоставляемых ими форматов представления сжатого изображения) и предлагаемым ПО (при автоматическом выборе профиля сжатия). Профили (форматы), соответствующие каждому из коэффициентов сжатия, приведены в скобках.

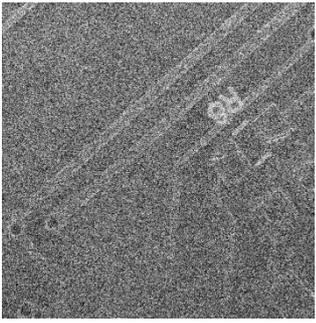
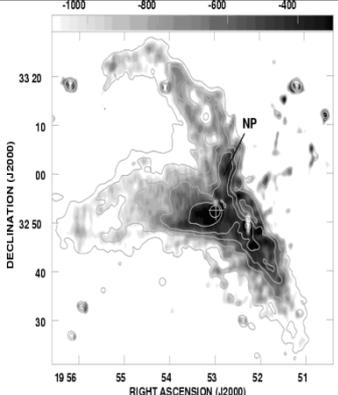
Таблица 2 – Примеры коэффициентов сжатия диагностических изображений, обеспечиваемые предлагаемым ПО и его ближайшими аналогами

Изображение	Коэффициент сжатия, обеспечиваемый пакетом ПО:			
	CoroSFT	RT–SP. v2.5	ОПТИМЕД	предлагаемым
	3,07 (JPEG ¹)	1,01 (TIFF-RLE) 1,01 (TIFF-LZ)	1,01 (TIFF-RLE) 1,01 (TIFF-LZ) 1,77 (GIF ¹) 3,07 (JPEG ¹) 3,06 (JPEG2000 ²)	3,78 (GRALIC ³)

¹ Профиль по умолчанию, сжатие с потерями

² Профиль по умолчанию, сжатие без потерь

³ Автоматически выбранный профиль

	<p>0,64 (JPEG¹)</p>	<p>1,01 (TIFF-RLE) 1,01 (TIFF-LZ)</p>	<p>1,01 (TIFF-RLE) 1,01 (TIFF-LZ) 0,79 (GIF¹) 0,64 (JPEG¹) 1,01 (JPEG2000²)</p>	<p>1,96 (PAQ³)</p>
	<p>2,58 (JPEG¹)</p>	<p>0,99 (TIFF-RLE) 0,99 (TIFF-LZ)</p>	<p>0,99 (TIFF-RLE) 0,99 (TIFF-LZ) 7,63 (GIF¹) 2,58 (JPEG¹) 3,77 (JPEG2000²)</p>	<p>18,5 (GRALIC³)</p>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая архитектура ПО обработки, архивирования и защиты графической информации в распределенных системах технической диагностики обеспечивает:

- выбор профилей реализации указанных процедур, наиболее приемлемых при каждом конкретном сочетании требований к системе диагностики и параметров диагностического изображения, независимо от квалификации как разработчиков, так и пользователей системы, что, в свою очередь, обеспечивает максимально возможную достоверность диагностики при прочих равных условиях;
- работу нескольких пользователей системы одновременно;
- учет и ведение журналов доступа к системе и использования ее функций;
- единое пространство хранения и учета обработанных и оригинальных изображений;
- резервное копирование и восстановление данных;
- масштабирование системы (увеличение количества пользователей, объема архива и интенсивности добавления/изменения объектов) с минимальными затратами;
- адаптацию ПО с минимальными затратами для работы в конкретной системе технической диагностики.

Описанные архитектурные решения успешно применены при создании ПО ряда систем технической диагностики промышленного и научно-исследовательского назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В.Т., Тютякин А.В., Семашко Е.А. Выбор операционных моделей обработки, архивирования и защиты изображений в распределенных системах технической диагностики // Информационные системы и технологии, 2011. – № 3(65). – С. 115-119.
2. Еременко В.Т., Тютякин А.В., Кондрашин А.А. Методика выбора характеристик фильтров изображений в системах технической диагностики // Контроль. Диагностика, 2011. – № 10. – С. 46-52.

3. Тютякин А.В., Семашко Е.А., Демидов А.В. Функциональная модель исследования алгоритмов сжатия изображений в системах технической диагностики // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2011. – № 5(289). – С. 102-108.
4. Ким Дж., Мюллер Ч., Клекка У. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
5. Мафтик С. Механизм защиты в сетях ЭВМ: пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 216 с.
6. CoroCAM 504 // UViRCO Technologies. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.corocam.su/static/corocam_504 (дата обращения: 15.06.2012).
7. ViMeN // Медицинская Сеть Реального Времени. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.course-as.ru/download/pdf/rt-sp.pdf> (дата обращения: 15.06.2012).
8. Программное обеспечение (система обработки медицинских изображений) // Оптимед. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.optimed.ru/index.php?area=prod&part=59> (дата обращения: 15.06.2012).

Тютякин Александр Васильевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: avt@rbcmail.ru

Семашко Евгений Александрович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, ассистент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: semashkoostu@gmail.com

Кондрашин Алексей Андреевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: fvalley@mail.ru

Демидов Александр Владимирович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: a.demidov@ostu.ru

A.V. TIUTIAKIN (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department «Electronics, Computer Science and Information Security»*)

E.A. SEMASHKO (*Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Department «Electronics, Computer Science and Information Security»*)

A.A. KONDRASHIN (*Post-graduate Student of Department «Electronics, Computer Science and Information Security»*)

A.V. DEMIDOV (*Post-graduate Student of Department «Electronics, Computer Science and Information Security»*)
State University – ESPC, Orel

ANALYSYS OF IMAGES PROCESSING, COMPRESSION AND PROTECTION SOFTWARE IN DISTRIBUTED SYSTEMS OF TECHNICAL DIAGNOSTICS

The architecture of images processing, compression and protection software in distributed systems of technical diagnostics is considered. The approach is based on the client-server architecture with automated selection of above-mentioned procedures profiles.

Keywords: *systems of technical diagnostics; images processing; images compression; data protection; client-server architecture; profile.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eryomenko V.T., Tyutyakin A.V., Semashko E.A. Vy'bor operacionny'x modelej obrabotki, arxivirovaniya i zashhity' izobrazhenij v raspredelyonny'x sistemax texniceskoj diagnostiki // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 3(65). – S. 115-119.
2. Eryomenko V.T., Tyutyakin A.V., Kondrashin A.A. Metodika vy'bora xarakteristik fil'trov izobrazhenij v sistemax texniceskoj diagnostiki // Kontrol'. Diagnostika, 2011. – № 10. – S. 46-52.
3. Tyutyakin A.V., Semashko E.A., Demidov A.V. Funkcional'naya model' issledovaniya algoritmov szhatiya izobrazhenij v sistemax texniceskoj diagnostiki // Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' texniki i texnologii, 2011. – № 5(289). – S. 102-108.
4. Kim Dzh., Myuller Ch., Klekka U. i dr. Faktorny'j, diskriminantny'j i klasterny'j analiz: per. s angl. – M.: Finansy' i statistika, 1989. – 215 s.
5. Maftik S. Mexanizm zashhity' v setyax E'VM: per. s angl. – M.: Mir, 1993. – 216 s.
6. CoroCAM 504 // UViRCO Technologies. [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://www.corocam.su/static/corocam_504 (data obrashheniya: 15.06.2012).
7. VIMeN // Medicinskaya Set' Real'nogo Vremeni. Sistem. trebovaniya: Adobe Acrobal Reader. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.course-as.ru/download/pdf/rt-sp.pdf> (data obrashheniya: 15.06.2012).
8. Programmnoe bespechenie (sistema obrabotki medicinskix izobrazhenij) // Optimed. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.optimed.ru/index.php?area=prod&part=59> (data obrashheniya: 15.06.2012).

А.А. ДВИЛЯНСКИЙ, М.Н. БУРКОВ, А.Н. ЧУРБАНОВ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНТЕГРИРОВАННОЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ
НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ**

Рассмотрена возможность проектирования цифровых систем с использованием высокопроизводительного вычислительного модуля, представляющего собой интегрированную аппаратно-программную платформу на базе программируемых логических интегральных схем.

Ключевые слова: *интегрированная среда разработки; аппаратная платформа; программируемые логические схемы; цифровой фильтр с бесконечной импульсной характеристикой; передаточная характеристика.*

Повышение эффективности внедрения цифровой техники в инфокоммуникационных сетях различного назначения требует широкого использования средств вычислительной техники и новых методов проектирования. По велению рынка разработчики стремятся производить продукцию на основе увеличения функциональных возможностей, повышения технических характеристик, снижения стоимости, потребляемой мощности и меньших размеров. Для реализации этого используются современные субмикронные технологические процессы с целью изготовления печатных плат малой площади с большим числом интегральных схем (ИМС), что позволяет решать задачу повышения степени интеграции и минимизации размеров электронных средств.

Исследование в области методов и средств проектирования цифровых систем (ЦС) показало необходимость развития средств высокоуровневого проектирования. Это связано с высокими темпами развития современной цифровой аппаратуры, появлением новых подходов к проектированию ЦС: реконфигурируемых устройств, систем на кристалле и т.д. В настоящее время большое применение при разработке цифровых систем находят программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), в частности, программируемые пользователем вентильные матрицы (Field Programmable Gate Array – FPGA), которые могут реконфигурироваться многократно, что значительно снижает затраты на разработку новых ЦС. Для разработки конкретных схем используются специально созданные интегрированные среды разработки, в которых для ввода могут использоваться специализированные языки описания проектов или универсальные схемные редакторы. Использование ПЛИС обеспечивает максимальную гибкость при необходимости модификации аппаратуры и позволяет сократить процесс проектирования и отладки ЦС.

Рассмотрим процедуру проектирования ЦС на примере цифрового фильтра (ЦФ) с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтра) 4-го порядка с прямой канонической транспонированной структурой 2 типа, состоящей из звеньев 2-го порядка (Direct Form II Transposed, Second-order-sections) на основе аналогового фильтра-прототипа – фильтра Баттерворта с помощью интегрированной среды разработки (Integrated development embedded) IDE QUARTUS II, представляющей собой комплекс инструментов и средств расширения функциональных возможностей проектирования и отладки, выполненных в виде аппаратно-программных модулей, предназначенных для разработки высокопроизводительных ЦС.

Среда IDE QUARTUS II при помощи графического схемного редактора (или языков VHDL), компилятора, редактора для размещения разработанной схемы на логику целевой системы, средства анализа временных характеристик разрабатываемой системы, редактора временных диаграмм для тестирования и отладки разрабатываемой системы, программатора для переноса конфигурации системы из проекта в ПЛИС позволяет создавать цифровые

схемы, содержащие в своем составе несколько сотен тысяч логических элементов. Проект создается по нисходящей иерархической системе проектирования с помощью схемотехнического редактора. Вначале формируется общая блок-схема верхнего уровня иерархии, затем выполняются описания отдельных составляющих проекта. По завершению данных операций файлы проекта объединяются. Затем выполняется его компиляция, загрузка проекта в аппаратное средство разработки и отладки ЦС на ПЛИС и управление проектом.

Аппаратные средства разработки и отладки ЦС на ПЛИС представляют собой платформы, предназначенные для разработки высокопроизводительных ЦС в различных прикладных областях ЦОС, и поддерживают все этапы проектирования: ввод проекта, его компиляцию, моделирование на вентильном уровне, тестирование и отладку проектируемой системы.

Лидерами в области разработки и отладки ЦС на ПЛИС являются фирмы Altera и Xilinx, которые представляют аппаратные платформы для разработки и отладки ЦС на ПЛИС на основе программируемой и реконфигурируемой логики. Примером аппаратного средства разработки и отладки ЦС на ПЛИС является набор разработчика DK START 3C25N на базе ПЛИС EP3C25F324C6N семейства Cyclone III фирмы Altera, основными возможностями которого являются:

- возможность совместной разработки и отладки аппаратной и программной частей ЦС в рамках одного проекта;
- поддержка различных способов описания аппаратной части разрабатываемой системы;
- применение разнообразных средств отладки аппаратной и программной частей создаваемых систем;
- формирование моделей аппаратной части для последующей верификации.

Набор включает комплект аппаратных, программных средств и документации для проектирования ЦС на ПЛИС. Соединение DK START 3C25N с персональным компьютером выполняется через порт USB-Blaster (J2), электропитание подается через переходник $\approx 220\text{ В}/=12\text{ В}$ с максимальным током 6 А (рис. 1).

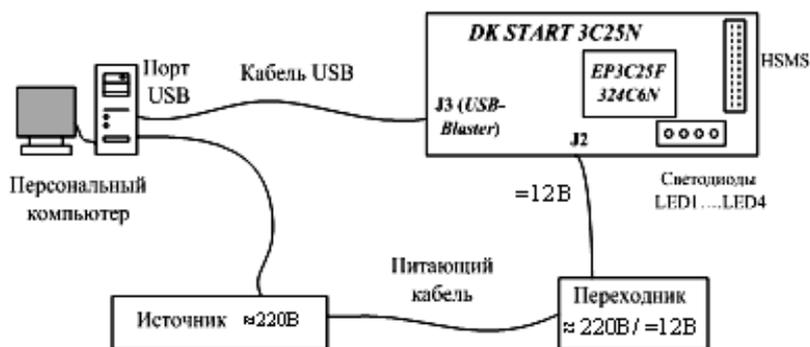


Рисунок 1 – Схема соединения DK START 3C25N с персональным компьютером

Взаимодействие основных компонентов аппаратно-программного комплекса разработки цифровых систем в рамках применения IDE QUARTUS II представлено на рисунке 2.

Загрузка программы в ПЛИС выполняется встроенным интерфейсом USB-Blaster. Доступ к аппаратным ресурсам платы осуществляется с помощью IDE QUARTUS II. Для ввода/вывода сигналов, подключения дополнительных плат и наращивания вычислительных ресурсов служит разъем HSMC. Установленные на плате микросхемы памяти позволяют проверять функционирование разработанного цифрового устройства.

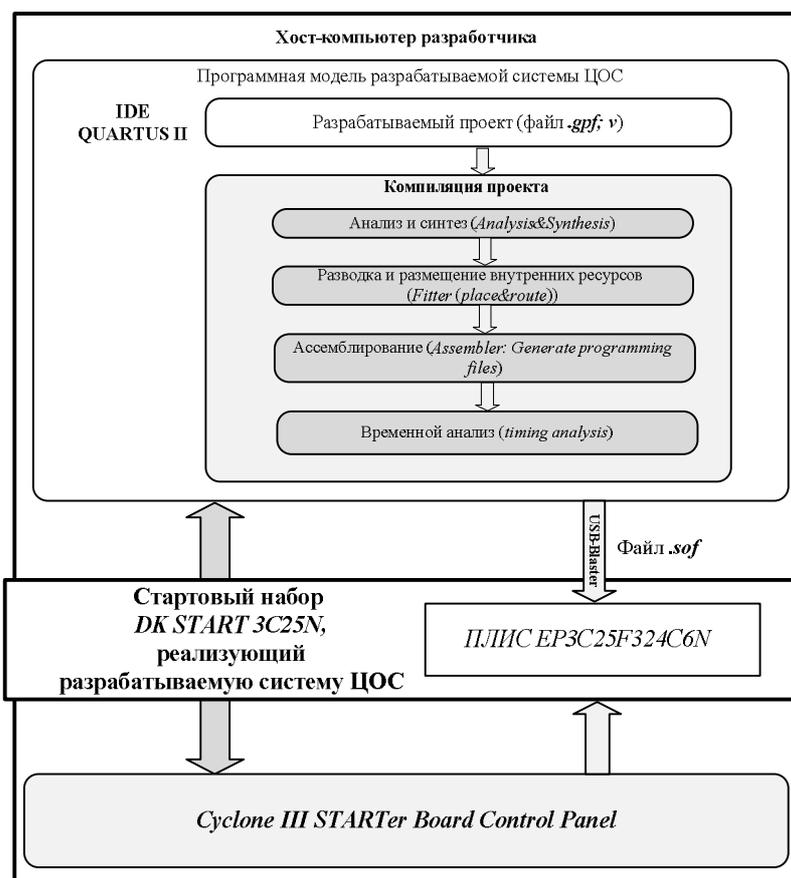


Рисунок 2 – Взаимодействие основных компонентов аппаратно-программного комплекса разработки цифровых систем в рамках применения IDE QUARTUS II

Характеристики аппаратного средства разработки и отладки ЦС на ПЛИС DK START 3C25N представлены в таблице 1.

Таблица 1– Характеристика DK START 3C25N

НАИМЕНОВАНИЕ	ХАРАКТЕРИСТИКА
Плата	Altera Cyclone III EP3C25 с ПЛИС EP3C25F324C6N
Программное обеспечение	IDE QUARTUS II
Языки ввода проекта	VHDL, Verilog и AHDL
Подсистема памяти	<ul style="list-style-type: none"> – 1 Мбайт статической синхронной оперативной памяти SRAM (SSRAM); – 16 Мбайт параллельной Flash-памяти для хранения конфигурации на базе процессора Intel P30/P33; – возможность программного подключения оперативной памяти DDR SDRAM объемом 32 Мбайт для расширения вычислительных ресурсов
Цифровой вход/выход (Digital I/O)	<ul style="list-style-type: none"> – HSMC-коннектор, так же предназначенный для подключения дополнительных плат или DK с целью наращивания вычислительных ресурсов (опционально).
Вспомогательные средства	<ul style="list-style-type: none"> – импульсный источник питания LTM4603EV-1; – USB-Blaster – обеспечивает аппаратный интерфейс между ПЛИС Cyclone III EP3C25F324C6N и компьютером, выполняет загрузку готового проекта в ПЛИС через шину USB со скоростью до 8 Мбит/с; – встроенный синхрогенератор 50 МГц, предназначенный для формирования тактовой частоты ПЛИС.

Рассмотрим структуры фильтров, формирующих исследуемый фильтр.

1. Каноническая структура 1-го типа рекурсивного цифрового фильтра (РЦФ) второго порядка. Для ее обоснования представим передаточную функцию (ПФ) фильтра в виде:

$$H(z) = \frac{1}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}} \cdot (b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}) = H_1(z) \cdot H_2(z),$$

что соответствует последовательному соединению базового РЦФ второго порядка с передаточной функцией:

$$H_1(z) = \frac{Z[v(nT)]}{Z[x(nT)]} = \frac{1}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}},$$

и базового НРЦФ второго порядка с передаточной функцией:

$$H_2(z) = \frac{Z[y(nT)]}{Z[v(nT)]} = b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}.$$

Соответствующие линейные разностные уравнения (ЛРУ) выражаются следующим образом:

$$\begin{aligned} v(nT) &= x(nT) - a_1 v(nT - T) - a_2 v(nT - 2T); \\ y(nT) &= b_0 v(nT) + b_1 v(nT - T) + b_2 v(nT - 2T), \end{aligned}$$

где $v(nT)$ – дополнительный дискретный сигнал.

Тогда, используя базовые РЦФ и НРЦФ второго порядка с прямыми структурами, можно представить каноническую структуру 1-го типа РЦФ второго порядка (рис. 3).

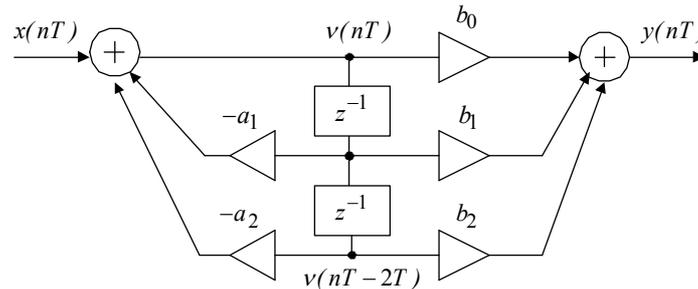


Рисунок 3 – Каноническая структура 1-го типа РЦФ второго порядка

Преобразование прямой канонической структуры 1-го типа РЦФ, связанное с изменением порядка операций задержки и суммирования, приводит к транспонированной структуре фильтра, схема которого представлена на рисунке 4. Полученная структура характеризуется минимально возможным количеством элементов задержки, но требует большего, чем при канонической структуре 1-го типа, количества сумматоров.

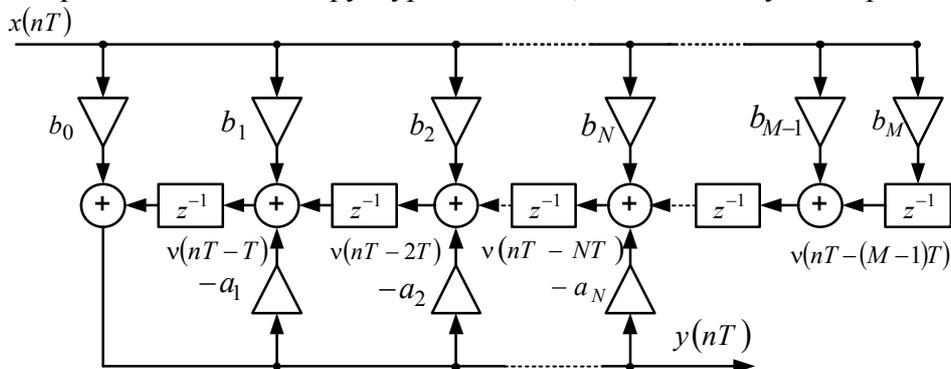


Рисунок 4 – Каноническая структура 2-го типа РЦФ второго порядка

Эта структура основана на эквивалентном представлении ПФ, которая определяется следующим выражением:

$$H(z) = \left(\sum_{k=0}^{N-1} b_k z^{-k} \right) \cdot \left(1 + \sum_{m=1}^{M-1} a_m z^{-m} \right)^{-1}.$$

Полагая $N=M$, умножим обе части на $\left(1 + \sum_{m=1}^{M-1} a_m z^{-m} \right)^{-1}$ и выразим ПФ в следующем

виде:

$$H(z) = \sum_{k=0}^{N-1} b_k z^{-k} - H(z) \sum_{m=1}^{M-1} a_m z^{-m}$$

$$\begin{cases} H(z) = b_0 + z^{-1}H_1(z), \\ H_1(z) = [b_1 - a_1H(z)] + z^{-1}H_2(z), \\ H_2(z) = [b_2 - a_2H(z)] + z^{-1}H_3(z), \\ \dots \\ H_{M-1}(z) = [b_{M-1} - a_{M-1}H(z)]. \end{cases} \quad (1)$$

2. Каскадная структура ЦФ часто используется для построения фильтров больших порядков и представляет собой последовательное соединение фильтров низших порядков, реализованных в виде прямой или канонической структур. Передаточная функция каскадных ЦФ определяется на основании (1). Реализация цифрового БИХ-фильтра 4-го порядка с прямой канонической транспонированной структурой 2-го типа, состоящей из звеньев 2-го порядка (Direct Form II Transposed, Second-order-sections) на основе аналогового фильтра-прототипа – фильтра Баттерворта с *DSP*-блоком (Digital Signal Processor block) представлена на рисунке 5.

Реализация представленного фильтра в IDE QUARTUS II осуществляется с помощью языка VHDL (Very high speed integrated circuits Hardware Description Language), представляющего собой язык описания устройств на сверхбольших интегральных схемах (СБИС). VHDL поддерживается инструментальными средствами синтеза и системами автоматизированного проектирования (САПР) многих производителей программного обеспечения (ПО), которые могут создавать прямо из описания VHDL-проекта его аппаратную реализацию (связанные между собой структуры логических элементов, содержащихся в СБИС), что позволяет выполнять моделирование протекания параллельных процессов в электрических схемах, временной анализ сигналов и их параметров.

Описание исходных алгоритмов функционирования разрабатываемой ЦС и её интерфейса на языках VHDL предполагает автоматическую трансляцию этого описания до уровня логических схем и выполнение разводки и размещения внутренних ресурсов ПЛИС в соответствии с описанным алгоритмом, что обеспечивает высокоуровневое описание сложнейших устройств, ускоряет процесс проектирования, поддерживает создание библиотек, в которых компоненты могут многократно использоваться в последующих проектах.

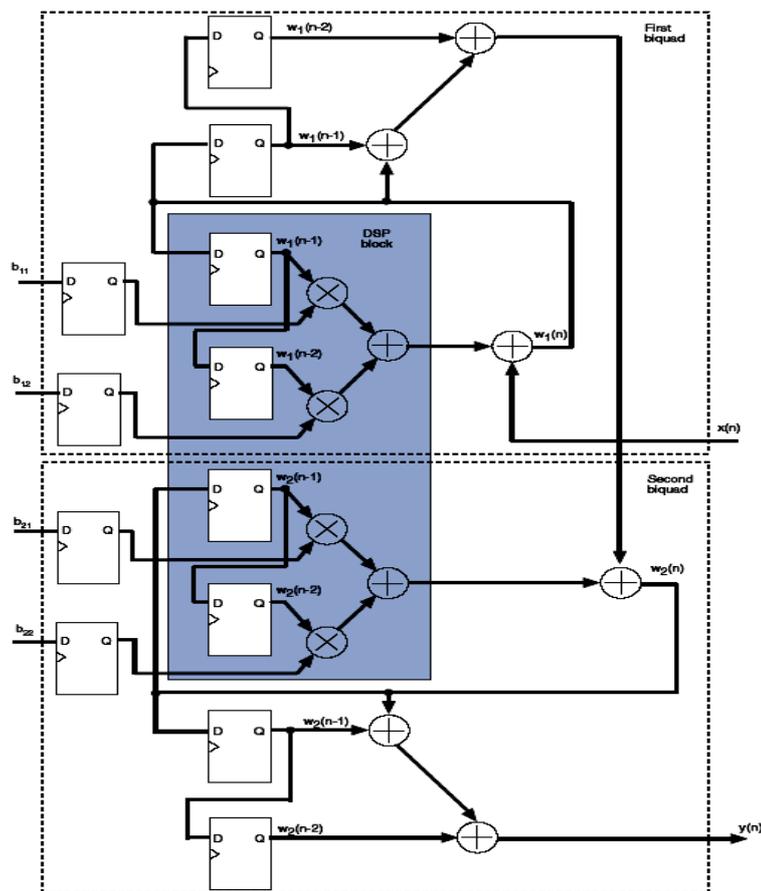


Рисунок 5 – Каскадная структура РЦФ четвертого порядка

С целью формирования параметров передаточных функций для каскадного представления фильтра в соединение секций второго порядка (SOS – second-order-sections) используем программный код MatLab:

```
[b,a] = butter(4, 2Fc/fd);
[SOS,G] = tf2sos(b,a);
Hd = dfilt.df2tsos(SOS,G); % Create a dfilt object
h = fvtool(Hd);           % Plot magnitude response
set(h,'Analysis','freq') % Display frequency response,
```

где b,a – векторы-строки коэффициентов передаточной функции цифрового фильтра, $[SOS,G]$ – матрица коэффициентов фильтра и усиления, каждая строка которой соответствует одной секции и имеет структуру $[b_0, b_1, b_2, a_0, a_1, a_2]$.

Полученные результаты отображаются в окне Workspace среды MatLab в виде соответствующих матриц (рис. 6).

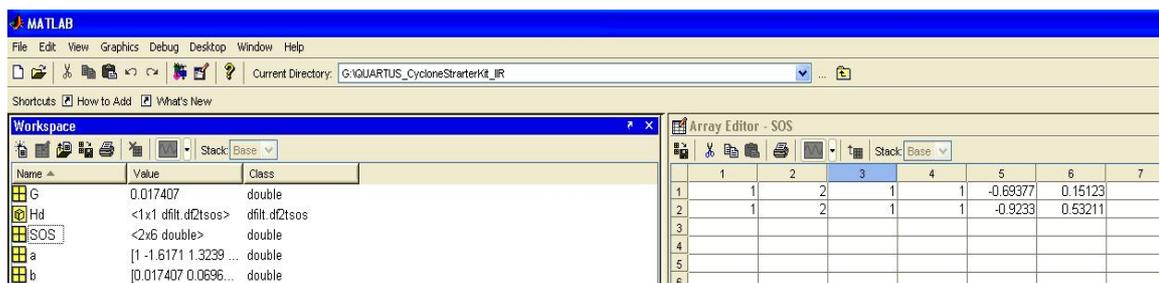


Рисунок 6 – Матрица коэффициентов фильтра и усиления РЦФ четвертого порядка

Вид проекта, реализующий цифровой фильтр с бесконечной импульсной характеристикой с прямой канонической транспонированной структурой 2 типа, состоящей

из звеньев 2-го порядка (Direct Form II Transposed, Second order sections) на основе аналогового фильтра-прототипа – фильтра Баттерворта, разработанного в IDE QUARTUS II, путем преобразования программного кода в схмотехнический модуль (File CreatyUpdate Creaty Symbol Files for Current File) представлен на рисунках 7 и 8.

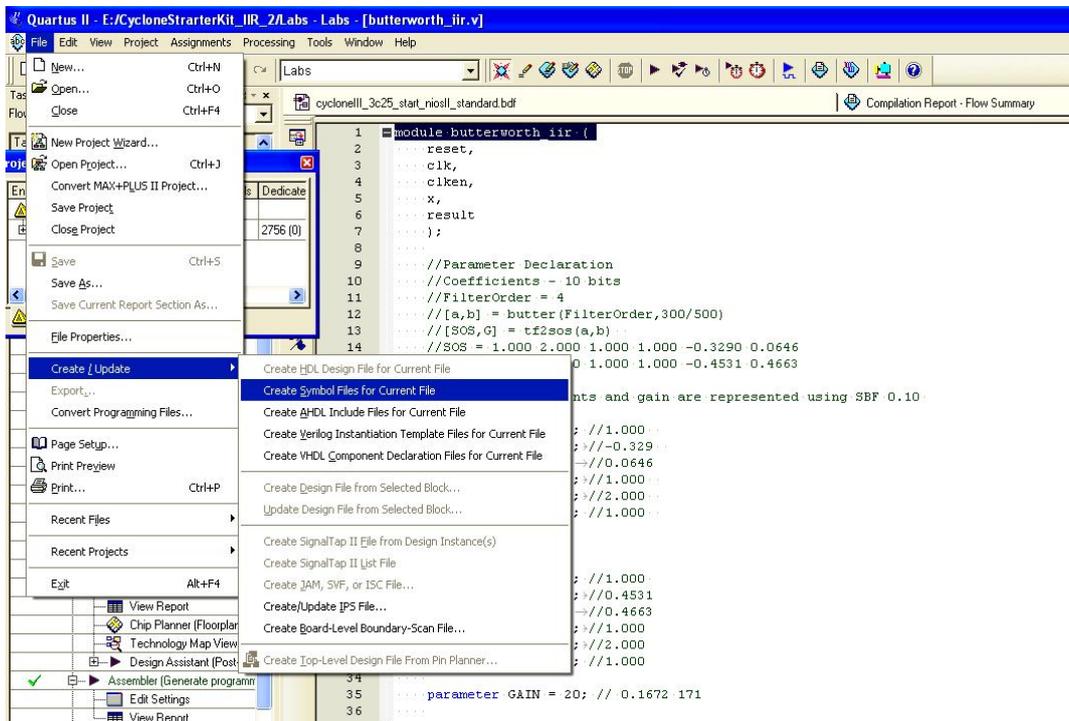


Рисунок 7– Вид проекта, реализующий цифровой фильтр с бесконечной импульсной характеристикой с прямой канонической транспонированной структурой 2 типа, состоящей из звеньев 2-го порядка

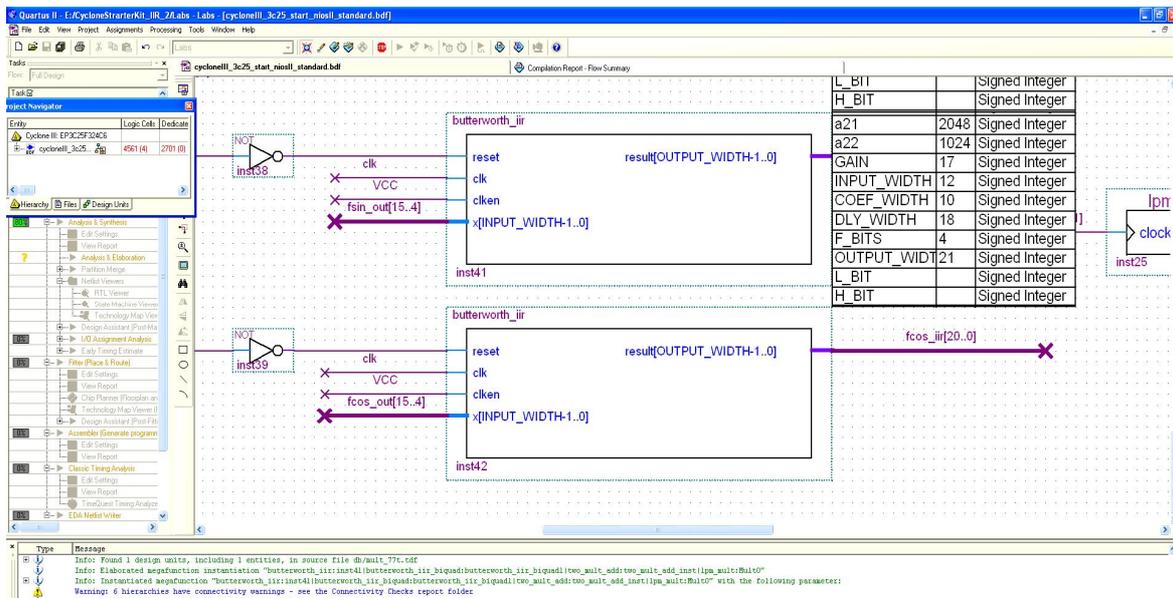


Рисунок 8 – Результат преобразования программного кода в схмотехнический модуль

Результат работы цифрового фильтра можно оценить с помощью программы Adobe Audition 3.0. Цифровой спектральный анализ сигналов, подвергнутых цифровой фильтрации,

спроектированный в IDE QUARTUS II цифровым фильтром и реализованный в DK START 3C25N, представлен на рисунке 9.

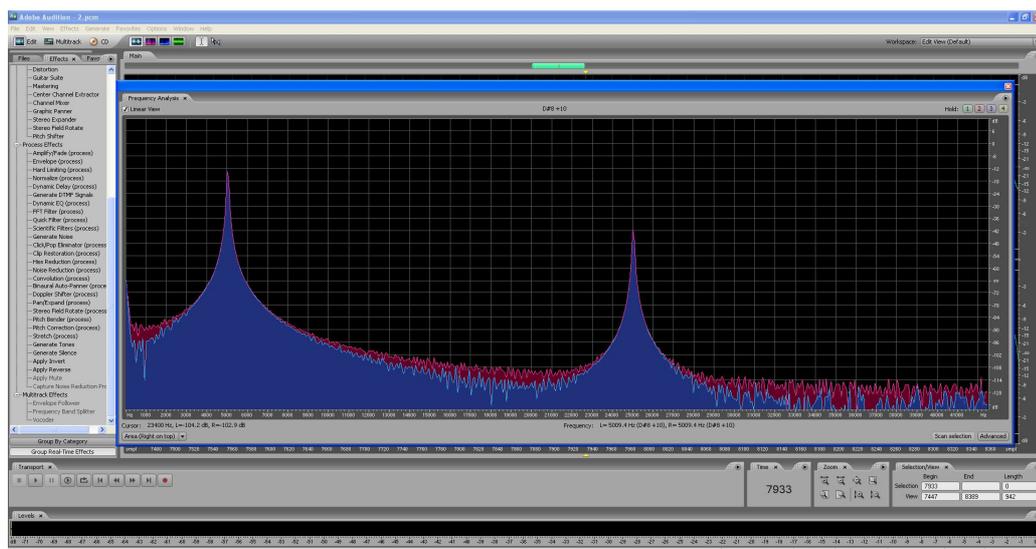


Рисунок 9 – Цифровой спектральный анализ сигналов, подвергнутых цифровой фильтрации фильтром, спроектированным в IDE QUARTUS II и реализованным в DK START 3C25N

Таким образом, в связи с существующей тенденцией повышения эффективности внедрения цифровых систем и устройств в инфокоммуникационные приложения возможности применения новых методологий при их разработке показывает необходимость упора именно на высокоуровневое технологическое проектирование и широкое использование средств вычислительной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабак В.П. VHDL: справочное пособие по основам языка / В.П. Бабак, А.Г. Корченко, Н.П. Тимошенко, С.Ф. Филоненко и др. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. – 224 с.: ил.
2. Двилянский А.А. Микропроцессоры цифровой обработки сигналов: пособие / А.А. Двилянский, О.О. Басов, А.А. Рыболовлев. – Орел: Академия ФСО России, 2010. – 131 с.
3. Грушвицкий Р.И. Проектирование систем на микросхемах с программируемой структурой: учебное пособие для ВУЗов / Р.И. Грушвицкий, А.Х. Мурсаев, Е.П. Угрюмов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
4. Комолов Д.А. Системы автоматизированного проектирования фирмы Altera Max+Plus II Quartus II. Краткое описание и самоучитель / Р.А. Мьялк, А.А. Зобенко, А.С. Филиппов. – М.: ИП РадиоСофт, 2002. – 352 с.
5. Стешенко В.Б. ПЛИС фирмы Altera: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 576 с.

Двилянский Алексей Аркадьевич

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, преподаватель
E-mail: advil@mail.ru

Бурков Максим Николаевич

Академия ФСО России, г. Орел
Научный сотрудник

Чурбанов Андрей Николаевич

Академия ФСО России, г. Орел
Научный сотрудник

A.A. DVILYANSKIY (Candidate of Engineering Sciences, Teacher)

M.N. BURKOV (Research Associate)

A.N. CHURBANOV (*Research Associate*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

**DESIGN DIGITAL SYSTEM
USING INTEGRATED HARDWARE-SOFTWARE PLATFORM
ON PROGRAMMABLE LOGIC DEVICE BASE**

Possibility of design digital systems using high-efficiency computing module representing the integrated hardware-software platform on programmable logic device is considered.

Keywords: *integrated development embedded; hardware platform; programmed logic schemes; digital filter with the infinite pulse characteristic; transfer characteristic.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Babak V.P. VHDL: spravochnoe posobie po osnovam yazy'ka / V.P. Babak, A.G. Korchenko, N.P. Timoshenko, S.F. Filonenko i dr. – M.: Izdatel'skij dom «Dode'ka-XXI», 2008. – 224 s.: il.
 2. Dvilyanskij A.A. Mikroprocessory' cifrovoj obrabotki signalov: posobie / A.A. Dvilyanskij, O.O. Basov, A.A. Ry'bolovlev. – Oryol: Akademiya FSO Rossii, 2010. – 131 s.
 3. Grushviczkij R.I. Proektirovanie sistem na mikrosxemax s programmiruemoj strukturoj: uchebne posobie dlya VUZov / R.I. Grushviczkij, A.X. Mursaev, E.P. Ugryumov. – SPb.: BXV-Peterburg, 2006.
 4. Komolov D.A. Sistemy' avtomatizirovannogo proektirovaniya firmy' Altera Max+Plus II Quartus II. Kratkoe opisanie i samouchitel' / R.A. Myal'k, A.A. Zobenko, A.S. Filippov. – M.: IP RadioSft, 2002. – 352 s.
 5. Steshenko V.B. PLIS firmy' Altera: e'lementnaya baza, sistema proektirovaniya i yazy'ki opisaniya apparatury'. – M.: Izdatel'skij dom «Dode'ka-XXI», 2007. – 576 s.
-

**ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ
НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ
НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ НУЛЕВЫХ БИТОВЫХ ВЕКТОРОВ**

В статье анализируется эффективность реализации задачи о нахождении нулевого битового вектора с применением параллельных вычислений с использованием графических процессоров. Показаны преимущества и недостатки существующих методов проведения вычислений с использованием видеокарт.

Ключевые слова: *GPGPU; CUDA; OpenCL; параллельные вычисления; генетические алгоритмы; производительные системы; оценка времени.*

Многие генетические алгоритмы требуют больших объемов вычислений, которые можно выполнять параллельно (например, вычисления значений функции приспособленности различных особей). В данной статье анализируется задача о нахождении нулевого битового вектора и две технологии (CUDA и OpenCL) параллельных вычислений с использованием видеокарт. Целью работы является исследование изменения эффективности работы алгоритма при использовании различных аппаратных решений.

В связи с особенностями архитектуры видеокарты имеют значительно больше вычислительных элементов (ядер), чем центральный процессор. Правда, сами ядра имеют сравнительно простую архитектуру и для программирования их необходимо использовать специализированные языки программирования и среды разработки.

Технологии вычисления на видеокартах хорошо зарекомендовали себя во многих областях [1]. Поэтому возникает вопрос о применимости этих технологий для реализации генетических алгоритмов.

Существуют работы, посвященные исследованию применимости технологии CUDA для генетических алгоритмов, например, [2]. Кроме того, некоторые исследователи пытались совместить использование распределенных систем и технологию CUDA [3, 4]. Во многих случаях был получен значительный прирост производительности по сравнению с традиционной реализацией.

В то же время некоторые исследователи скептически относятся к столь большому приросту производительности. В частности, в статье [5] показано, что во многих случаях эффективное использование ресурсов современных процессоров позволяет сократить разрыв в производительности до 2,5 раз.

Задача настоящей работы состоит в экспериментальном исследовании реализации генетических алгоритмов с использованием технологий CUDA и OpenCL. Постановка задачи подразумевает:

- Отказ от рассмотрения распределенных систем.
- Небольшие расходы на модификацию кода для последующего запуска на видеокарте.
- Предсказание рациональности приложенных усилий по переносу кода на видеокарту.
- Обозначение возможных проблем.
- Сравнение технологий CUDA и OpenCL.

В качестве задачи генетического программирования рассмотрена задача про нулевой битовый вектор, в которой можно легко добиться того, чтобы основное время работы занимали параллельные вычисления значений функций приспособленности различных особей, операций скрещивания и мутации. Генетические алгоритмы решения этой задачи хорошо изучены и для некоторых из них получены оценки времени работы [6]. Также она

проста в реализации и используемый алгоритм ее решения имеет свойства, характерные для многих генетических алгоритмов:

- Представление особи в виде битовой строки.
- Малое число логических операций при вычислении функции приспособленности, выполнении мутации и скрещивания.
- Последовательный доступ к памяти.

Операция мутации стандартна для таких особей – изменение значения одного случайного бита. В качестве операции скрещивания используется одноточечный кроссовер.

Функцией приспособленности особи является число единиц в ней. Соответственно, необходимо вывести идеальную особь с нулевой функцией приспособленности. Существует алгоритм, позволяющий вычислять число единиц в 32-битном числе, используя только арифметические операции.

Алгоритм выглядит следующим образом:

- 1) Инициализация популяции двух случайных, но дополняющих друг друга строк;
- 2) Повторять до достижения оптимума, если
 - а) при использовании двух строк в качестве родителей создаются пары потомства только с использованием кроссинговера
 - б) приспособленность потомство лучше, чем приспособленность родителей, то родители заменяются парой потомства.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 1.

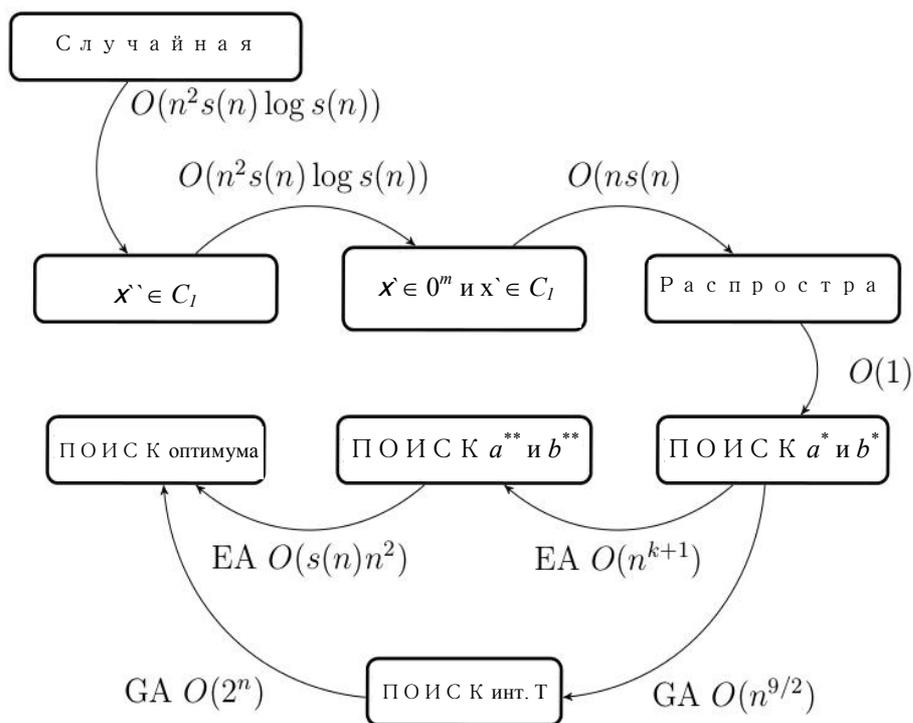


Рисунок 1 – Блок-схема решения задачи нулевых битовых векторов

Для того, чтобы описать прогресс нахождения оптимума, мы можем использовать оценку времени, которая принимает во внимание тот факт, что ожидаемое время выполнения шага меняется с каждым шагом, как и количество возможных путей нахождения блока изменений. Время для нахождения одного из q блоков равно PM/q . Тогда общее время прогресса будет находиться по следующей формуле:

$$T \leq \sum_{b=1}^B \frac{PM}{q_b}, \quad (1)$$

где B – максимальное число шагов для нахождения оптимума, P – число потомков у родителей, M – количество возможных кроссинговеров, q_b – количество путей, которым может быть заменен блок на b -м шаге.

Таким образом, можно записать формулу (1) как $T \leq PMu$, где u – это сумма $1/q$ для всех шагов при нахождении оптимума. Теперь необходимо найти верхнюю границу времени для улучшенного описания прогресса нахождения оптимума в имеющемся алгоритме.

Изначально N – размер задачи в битах. Для того, чтобы использовать формулу $T \leq PMu$, необходимо вычислить u . На первом иерархическом уровне имеется $N/2$ половинных блоков (в наихудшем случае ни один из этих блоков не будет корректным). Любой из этих блоков может быть раскрыт через одну или две точки кроссинговера. Тогда $q_1 = (N/2)$. Теперь на первом уровне осталось $N/2-1$ блоков, значит $q_2 = ((N/2)-1)$. Для всего первого уровня сумма $1/q_1$ будет равна $1/q_{(N/2)} = 1+1/2+1/3+\dots+1/(N/2) \leq \ln(N/2)+1$. Сумма $1/q$ для p -го уровня будет не меньше, чем $\ln(N/2^p)+1$. Общая сумма u для всех уровней имеет вид:

$$u = \sum_{p=1}^{\lg N} \sum_{k=1}^{N/2^p} \left(\frac{1}{k}\right) = \frac{\ln 2}{2} \lg^2 N + \left(1 - \frac{\ln 2}{2}\right) \lg N. \quad (2)$$

Для используемого алгоритма при $P=1$ ожидаемое время нахождения оптимума будет вычисляться по следующей формуле:

$$T \leq M \left(\frac{\ln 2}{2} \lg^2 N + \left(1 - \frac{\ln 2}{2}\right) \lg N \right). \quad (3)$$

Таким образом, сопоставляя результаты по данной задаче, выполним сравнение эффективности выполнения различных видов операций на графическом процессоре.

Также при решении этой задачи выполнение операций мутации и скрещивания особей происходило параллельно.

Конфигурация тестовой машины для OpenCL: Intel Core 2 Quad Q9400 (2.66GHz), 4GB RAM – четыре ядра, пиковая производительность около 40 GFLOP/s, при использовании одного ядра 10 GFLOP/s, ATI Radeon HD 4650 – 320 унифицированных ядер, около 400 GFLOP/s, Windows 7 x64, компилятор MS Visual Studio 2008 в release режиме.

Тестовая машина для CUDA: Intel Core 2 Duo P8400 (2.26Ghz), 4GB RAM – два ядра, около 15 GFLOP/s, NVIDIA GeForce 9300m GS – восемь потоков, около 30 GFLOP/s, Gentoo Linux x64, компилятор gcc 4.3.5 с ключом оптимизации -O3.

Вторая тестовая машина для CUDA: Intel Core 2 Duo E7400 (2.8 Ghz), 4GB RAM – два ядра, около 20 GFLOP/s, Nvidia GeForce GTX460 1Gb 336 потоков, 907.2 GFLOP/s, Debian Linux x64, компилятор gcc 4.3.

Исследовалось среднее время, потраченное на получение нового поколения для различных размеров задачи и числа особей в поколении. Для этого запускалось несколько итераций получения очередного поколения (около 100-1000 запусков), а общее время, потраченное на всю работу алгоритма, делилось на число полученных поколений.

При каждом параметре задачи сравнивалась скорость для однопоточного вычисления на центральном процессоре Intel Core 2 Duo P8400, многопоточного вычисления на четырехъядерном процессоре Intel Core 2 Quad Q9400 с использованием OpenCL, многопоточного вычисления на графическом процессоре видеокарты ATI Radeon HD 4650 с использованием OpenCL, на графических процессорах видеокарт NVIDIA GeForce 9300m GS и NVIDIA GeForce GTX460 с использованием CUDA.

Для задачи варьировалось N – число 32-битных целых в массиве (число бит в векторе в 32 раза превосходит размер массива) и число особей в поколении.

В этой задаче наблюдается рост производительности при использовании всех ядер центрального процессора с помощью OpenCL вплоть до двух раз при увеличении размеров задачи. При фиксированной длине вектора и увеличении размеров поколения проигрыш видеокарт центральному процессору уменьшается.

Видеокарта ATI HD 4650 значительно выигрывает у видеокарты Nvidia 9300m GS, как и должно было быть, учитывая значительно большую теоретическую вычислительную мощность. Кроме того, при $N = 10$ и 1024000 особей в одном поколении ATI HD 4650 выигрывает у однопоточного вычисления на центральном процессоре.

Используя полученные результаты, вычислим эффективность распараллеленных систем. Для этого используем закон Амдала [5].

Таблица 1 – Время генерации одного поколения, задача про нулевой битовый вектор, $N = 10$ (значения приведены в мс)

Процессор	Кол-во особей в поколении				
	128	1024	10240	102400	1024000
CPU – P8400	0,05	0,2	2,5	27,5	469,5
OpenCL CPU - Q9400	0,38	0,56	2,5	22,2	230
OpenCL GPU - ATI HD 4650	0,77	1	3,4	28	277
CUDA GPU - 9300m GS	0,15	0,545	7,5	80	941
CUDA GPU - GTX460	0,08	0,14	1,03	13	237,4

Таблица 2 – Время генерации одного поколения, задача про нулевой битовый вектор, $N = 100$ (значения приведены в мс)

Процессор	Кол-во особей в поколении			
	128	1024	10240	102400
CPU - P8400	0,1	0,75	9,5	106
OpenCL CPU - Q9400	0,45	0,74	4,7	48
OpenCL GPU - ATI HD 4650	1,08	2,5	19,8	189
CUDA GPU - 9300m GS	0,85	6,865	73	719
CUDA GPU - GTX460	0,74	1	7,61	84,2

В данном исследовании однопоточные вычисления проводились на процессоре Intel Core 2 Duo P8400, его результат будет являться временем последовательного выполнения T_1 .

Получив значения эффективности распараллеленных систем, построим графики зависимости показателя эффективности от числа 32-битных целых в массиве и количества особей в поколении.

Как следует из результатов, при решении рассмотренных задач генетического программирования значимого выигрыша в производительности на имеющемся оборудовании удалось добиться не во всех случаях. Это связано с несколькими факторами.

На приведенных графиках видно, что эффективность распараллеленной системы напрямую зависит от исходных данных решаемой задачи. При небольшом количестве 32-битных целых чисел в массиве ($N=10$) наибольшую эффективность показывает использование технологии CUDA и графического ускорителя Nvidia GTX460. Однако прирост производительности в данном случае имеет место только до определенного момента, дальше идет некоторое ее снижение. В случае использования языка OpenCL и проведении вычислений с использованием процессоров Intel Core 2 Quad Q9400 и ATI Radeon HD4650 увеличение производительности имеет более линейный вид, что делает данные связки более сбалансированными.

В случае увеличения количества 32-битных целых чисел в массиве ($N=100$) ситуация меняется. При таких исходных данных наибольшую эффективность показывает связка OpenCL – Q9400. Из видеокарт самым производительным решением представляется связка CUDA – GTX460, затем идет OpenCL – HD4650. Значение показателя эффективности видеокарты Nvidia 9300M GS не изменяется при увеличении количества особей в поколении

и остается стабильно низким. Из этого можно сделать вывод, что данное аппаратное решение не подходит для проведения высокопроизводительных вычислений.

В данной статье по большей части использовались одни из самых бюджетных вариантов устройств. Например, пиковое значение производительности видеокарты Nvidia 9300M GS всего в два раза превышает аналогичный показатель для CPU. Если учесть многолетнюю оптимизацию работы процессоров для вычислений общего назначения и молодой возраст технологий вычисления на видеокартах, становится ясно, что на указанном оборудовании прироста в производительности добиться практически невозможно. Лишь достаточно мощная видеокарта GTX460 в полной мере раскрыла потенциал технологии CUDA.

При кажущейся простоте получения прироста производительности для получения существенных результатов необходимо хорошее знание архитектуры видеокарты. Кроме того, производители видеокарт оптимизируют свою продукцию для нужд игровой индустрии, а внутренняя архитектура практически не стандартизирована. Поэтому гарантировать прирост производительности можно лишь в случае мощного устройства и использовании сложных арифметических операций для получения значения функции приспособленности.

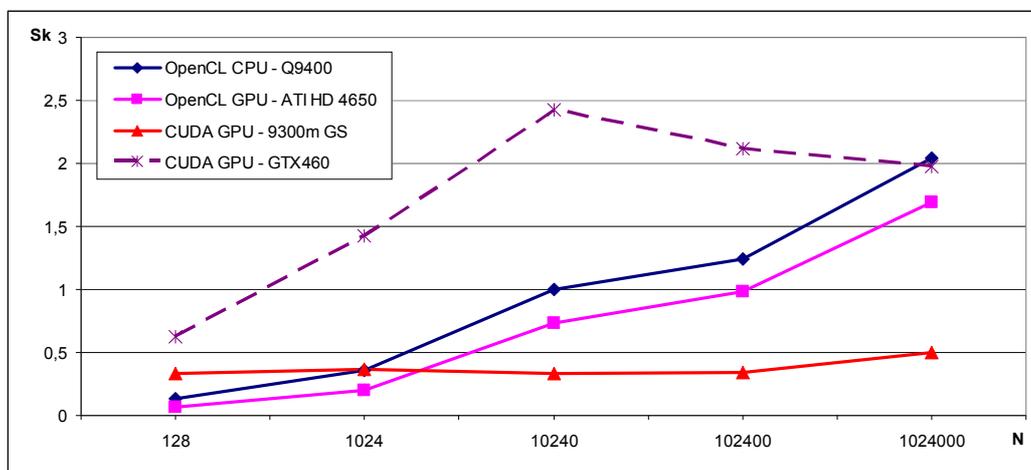


Рисунок 2 – Зависимость показателя эффективности распараллельной системы при $N=10$

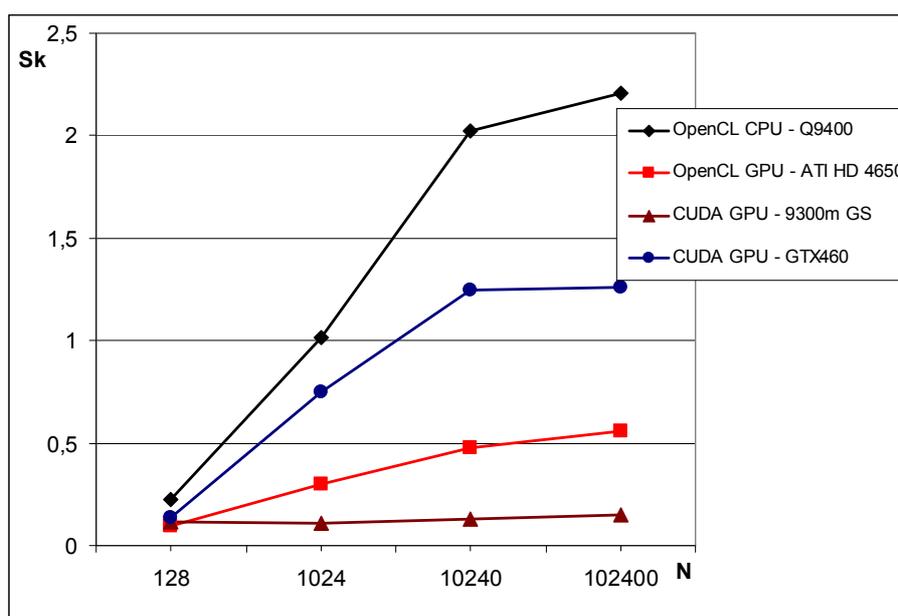


Рисунок 3 – Зависимость показателя эффективности распараллельной системы при $N=100$

Кроме всего прочего, следует избегать большого размера особей. Последнее связано с тем, что при повышении размера особи возрастают расходы на пересылку данных между оперативной памятью и памятью видеокарты. По закону Амдала [6, 7] проблемы такого рода могут практически свести на нет использование большого числа вычислительных устройств. Именно это явилось причиной поражения видеокарты.

Как и ожидалось, в некоторых случаях использование видеокарты позволяет получить существенный прирост производительности без необходимости существенно модифицировать программный код [8].

Интересным результатом является возможность применения технологии OpenCL для более полного использования ресурсов CPU. В то же время данная технология позволяет переносимым образом использовать различные многоядерные устройства, в том числе графические процессоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Langdon W.B. A Many Threaded CUDA Interpreter For Genetic Programming // EuroGP, 2010. – С. 146-158.
2. Harding S.L., Banzhaf W. Fast genetic programming on GPUs // LNCS: Proceedings of the 10th European Conference on Genetic Programming, 2007. – Vol. 4445. – С. 99-101.
3. Harding S.L., Banzhaf W. Distributed genetic programming on GPUs using CUDA // WPABA: Proceedings of the Second International Workshop on Parallel Architectures and Bioinspired Algorithms, 2009. – С. 1-10.
4. Кропотов Ю.А., Догадина Е.П. Разработка программного комплекса для выявления зависимостей характеристик систем массового обслуживания на примере распределения вероятностей состояний вычислительной системы во времени // Методы и устройства передачи и обработки информации: межвуз. сб. научн. тр. / под ред. В.В. Ромашова, В.В. Булкина. – М.: «Радиотехника», 2009. – Вып. 11. – С. 336-340.
5. Догадина Е.П., Кропотов Ю.А., Суворова Г.П. Математическая модель определения вероятностей системы обслуживания // Радиотехника, 2009. – № 11. – С.103-105.
6. Колпаков А.А. Теоретическая оценка увеличения производительности вычислений при распараллеливании процессоров вычислительных систем // В мире научных открытий, 2012. – № 1. – С. 51-52.
7. Догадина Е.П., Суворова Г.П., Кропотов Ю.А. Оценка параметров вычислительных процессов при циклическом планировании // Информационные системы и технологии, 2010. – № 3(59). – С. 12-19.
8. Колпаков А.А., Кропотов Ю.А. Аспекты оценки увеличения производительности вычислений при распараллеливании процессоров вычислительных систем // Методы и устройства передачи и обработки информации, 2011. – № 1(13). – С. 124-127.

Колпаков Александр Анатольевич

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром
Ведущий программист кафедры «Электроника и вычислительная техника»
Тел.: 8 (49234) 7-72-73
E-mail: desT.087@gmail.com

A.A. KOLPAKOV (*Senior Programmer of Department «Electronics and Computer Science»*)
Murom Institute (Branch) State Institution of Higher Professional Education «Vladimir State University named after Alexander and Nicholas Stoletovs», Murom

OPTIMIZING THE USE OF GENETIC ALGORITHMS FOR COMPUTING GRAPHICS PROCESSORS FOR THE PROBLEM OF ZERO BIT VECTOR

The paper analyzes the effectiveness of the implementation of the problem of finding a zero bit vector with the use of parallel computing using graphics cards. The advantages and disadvantages of the existing methods for computing using graphics cards.

Keywords: *GPGPU; CUDA; OpenCL; parallel computation, genetic algorithms, productive systems, estimation of time.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Langdon W.B. A Many Threaded CUDA Interpreter For Genetic Programming // EuroGP, 2010. – S. 146-158.
2. Harding S.L., Banzhaf W. Fast genetic programming on GPUs // LNCS: Proceedings of the 10th European Conference on Genetic Programming, 2007. – Vol. 4445. – C. 99-101.
3. Harding S.L., Banzhaf W. Distributed genetic programming on GPUs using CUDA // WPABA: Proceedings of the Second International Workshop on Parallel Architectures and Bioinspired Algorithms, 2009. – C. 1-10.
4. Kropotov Yu.A., Dogadina E.P. Razrabotka programmnogo kompleksa dlya vy'yavleniya zavisimostej xarakteris sistem massovogo obsluzhivaniya na primere raspredeleniya veroyatnostej sostoyanij vy'chislitel'noj sistemy' vo vremeni // Metody' i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii: mezhvuz. sb. nauchn. tr. / pod red. V.v. Romashova, V.V. Bulkina. – M.: «Radiotexnika», 2009. – Vy'p. 11. – S. 336-340.
5. Dogadina E.P., Kropotov Yu.A., Suvorova G.P. Matematicheskaya model' opredeleniya veroyatnostej sistemy' obsluzhivaniya // Radiotexnika, 2009. – № 11. – S.103-105.
6. Kolpakov A.A. Teoreticheskaya ocenka uvelicheniya proizvoditel'nosti vy'chislit'ny'x pri raspallelivanii processorov vy'chislitel'ny'x sistem // V mire nauchny'x otkry'tij, 2012. – № 1. – S. 51-52.
7. Dogadina E.P., Suvorova G.P., Kropotov Yu.A. Ocenka parametrov vychislitel'ny'x processov pri ciklicheskom planirovanii // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2010. – № 3(59). – S. 12-19.
8. Kolpakov A.A., Kropotov Yu.A. Aspekty' ocenki uvelicheniya proizvoditel'nosti vy'chislit'ny'x pri raspallelivanii processorov vy'chislitel'ny'x sistem // metody' i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii, 2011. – № 1(13). – S. 124-127.

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСЛУГ СТОРОННИХ ПОСТАВЩИКОВ НА ВСЕМ ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ

В работе рассмотрена методика оценивания информационно-телекоммуникационных услуг, поставляемых сторонними поставщиками, с учетом всего жизненного цикла. Методика заключается в анализе интегрированного предполагаемого целевого эффекта, оцениваемого полезностью применения услуги для предприятия, и суммарной ресурсоемкости с учетом внедрения ИТ-сервиса в состав АСУ предприятия на протяжении всего жизненного цикла. Методика позволяет рассчитывать прогнозные оценки эффективности применения услуги и на основании этого осуществлять выбор направлений модернизации ИТ-инфраструктуры.

***Ключевые слова:** ИТ-услуга; оценивание; жизненный цикл; ИТ-инфраструктура; управление развитием; эффективность.*

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование средств и методов информатизации и автоматизации бизнес- и технологических процессов связано с расширением практики применения внешних ИТ-сервисов в составе АСУ предприятия. Применение внешних услуг позволяет повысить уровень автоматизации за счет более качественных ИТ-решений, предоставляемых профессиональными организациями в сфере ИТ-обслуживания, а также снизить расходы на поддержание технической составляющей АСУ предприятия. Долгосрочное управление развитием АСУ предприятия предполагает оценивание состояния и эффективности всех объектов управления, в том числе, и внешних ИТ-сервисов. С этой целью в состав системы административного управления на всем жизненном цикле должны быть интегрированы модели оценивания ИТ-услуг, поставляемых внешними поставщиками. Анализ известных моделей оценивания показывает, что они не в полной мере учитывают особенности всего жизненного цикла ИТ-сервисов, что обосновывает актуальность проведения исследования по разработке методики оценивания ИТ-сервисов, поставляемых сторонними ИТ-предприятиями.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ИТ-УСЛУГ, ПОСТАВЛЯЕМЫХ СТОРОННИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Методы оценивания внешних ИТ-сервисов в настоящее время активно исследуются, в первую очередь, для головных исполнителей сложных технических систем (машинного производства), что связано со множеством компонентов, поставляемых сотнями и тысячами поставщиков (при этом должна осуществляться поставка продукции, в том числе, ИТ-компонентов надлежащего качества по принципу «точно в срок») [1]. Расширение практики предоставления внешних ИТ-услуг привело к необходимости адаптации существующего математического аппарата выбора и оценивания сторонних продуктов к факторам и условиям автоматизации предприятий. При решении задач оценивания сторонних ИТ-сервисов требуется дополнительно учитывать оценки самих поставщиков, что определяется существенным развитием в их функционировании, что оказывает влияние на предоставление ИТ-сервисов в рамках всего его жизненного цикла. Основными причинами необходимости оценивания поставщиков являются: уменьшение риска, повышение добавленной стоимости и установление тесных отношений между производителями и потребителями. Задача выбора поставщиков относится к проблемам многокритериального принятия решений при наличии нескольких антагонистических факторов, а их оценивания – к задачам многокритериального оценивания.

Первоначально разработанные методы оценивания, применяемые для выбора сторонних компонентов, сводятся к линейным весовым моделям, категориальным моделям, взвешенным точечным моделям, моделям полной стоимости владения, нейронным сетям, методу главной компоненты, многомерной теории полезности [1]. Для повышения точности оценивания широко применяется интеграция различных методов анализа, в частности, в [2] предложена интеграция методов интерпретивного структурного моделирования (interpretive structural modeling) и аналитических сетей. Дальнейшее развитие методов оценивания связано с внедрением метода анализа иерархий и его расширений с учетом нечеткости данных и критериев (Voting АНР, Fuzzy extended АНР) [3, 4] либо гибридных подходов к оцениванию [5].

В зависимости от условий применения методов оценивания выделяется множество различных подходов к решению задачи оценивания поставщика, связанные с учетом различных ограничений. Модель, ориентированная на потребителя, рассмотренная в [6], требует учета большего внимания потребностям конечных пользователей (в частности, пользователей АСУ предприятия) при оценивании поставщика. Модель, ориентированная на систему автоматизации (конечное решение), рассмотренная в [7], предлагает минимизацию интегрированной стоимости поддержки при ограничениях на качество, сервис и время. Контекстно-зависимая модель [8] предполагает учет опыта при оценивании поставщика и для решения задачи выбора применяет онтологический подход. Шаблонный подход к представлению проблемы оценивания поставщика [9] предполагает ее решение за счет применения шаблонов соглашений (agreement patterns). Доверительный подход к выбору поставщика предполагает значительное внимание учету степени доверия к поставщику [10] в процессе его оценивания.

Большинство применяемых подходов предполагают использование метода анализа иерархий при оценивании поставщиков ИТ-услуг [1, 3, 11]. Он предполагает разработку многоуровневых иерархий, согласно которым оцениваются различные альтернативы. Например, в [11] выделено шесть уровней иерархии, в рамках которых на уровне стратегических оценок выделено два показателя: ресурсы и качество, которые на уровне критериев разворачиваются в капитальные и операционные затраты, техническое и операционное качество, а также качество поставщика. В общем случае количество рассматриваемых показателей оценивания весьма велико (в большинстве исследований рассматривается 15-25 частных показателей). Согласно большинству исследований важность показателей упорядочивается в следующем порядке: цена, точность, качество, возможности поставщика, технические возможности и т.д. [12].

Повышение доли ИТ-сервисов от внешних организаций в составе АСУ предприятия повышают требования к эффективности их оценивания, в том числе, и на ранних стадиях проектирования применения ИТ-сервиса. Это обуславливает необходимость совершенствования моделей оценивания внешних ИТ-сервисов, учитывающих особенности поставщиков, которые бы применялись на этапе технико-экономического обоснования направлений модернизации АСУ предприятия.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОЦЕНИВАНИЯ ПОСТАВЩИКОВ ВНЕШНИХ ИТ-СЕРВИСОВ

В рамках оценивания альтернатив модернизации АСУ предприятия на этапе технико-экономического проектирования требуется решать задачи оценивания эффективности применения сторонних ИТ-сервисов для автоматизации отдельных компонентов. В этом случае задача оценивания сводится не к оцениванию поставщика ИТ-сервиса с требуемыми для развития ИТ-инфраструктуры параметрам, а к выбору альтернативы направления модернизации с учетом привлечения сторонних поставщиков для реализации проекта. Это обуславливает отличие такой постановки задачи оценивания, характерной для большинства случаев модернизации ИТ-инфраструктур крупных предприятий, от типовых задач оценивания, решаемых при выборе поставщика. Поскольку для эффективного управления

АСУ предприятием необходимо в процессе проектирования учитывать эффективность с учетом всего жизненного цикла модернизируемых информатизированных бизнес-процессов, то требуется осуществлять интегральную оценку ресурсоемкости. Такая формулировка задачи сводит ее к многокритериальной задаче разомкнутого оценивания сторонних ИТ-услуг с учетом ресурсоемкости поддержки всего их жизненного цикла. Поскольку для задачи выбора альтернативы требуются оценки предполагаемого целевого эффекта и ресурсоемкости, то рассматриваемая задача сводится к расчету оценок этих двух величин:

$$\hat{\Delta}_{ij}^s = \langle \hat{\Delta}f_{ij}^s; \hat{R}_{ij}^s \rangle, \quad (1)$$

где $\hat{\Delta}f_{ij}^s$ – оценка целевого эффекта от использования ИТ-сервиса s -го поставщика в j -м проекте i -го направления модернизации АСУ предприятия; \hat{R}_{ij}^s – оценка ресурсоемкости поддержки решений поставщика на всем жизненном цикле.

МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ ВНЕШНИХ ИТ-УСЛУГ С УЧЕТОМ ПОДДЕРЖКИ ВСЕГО ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

В рамках исследования предполагается, что поставляемые поставщиками ИТ-услуги будут в целом различными, то есть приносить различный целевой эффект (что и имеет место быть в большинстве практических случаев). Рассмотрим представление информатизированного бизнес-процесса (как модернизируемого компонента АСУ предприятия) в виде последовательности следующих друг за другом модернизированных бизнес-процессов (или поколений этого бизнес-процесса), представленный на рисунке 1.

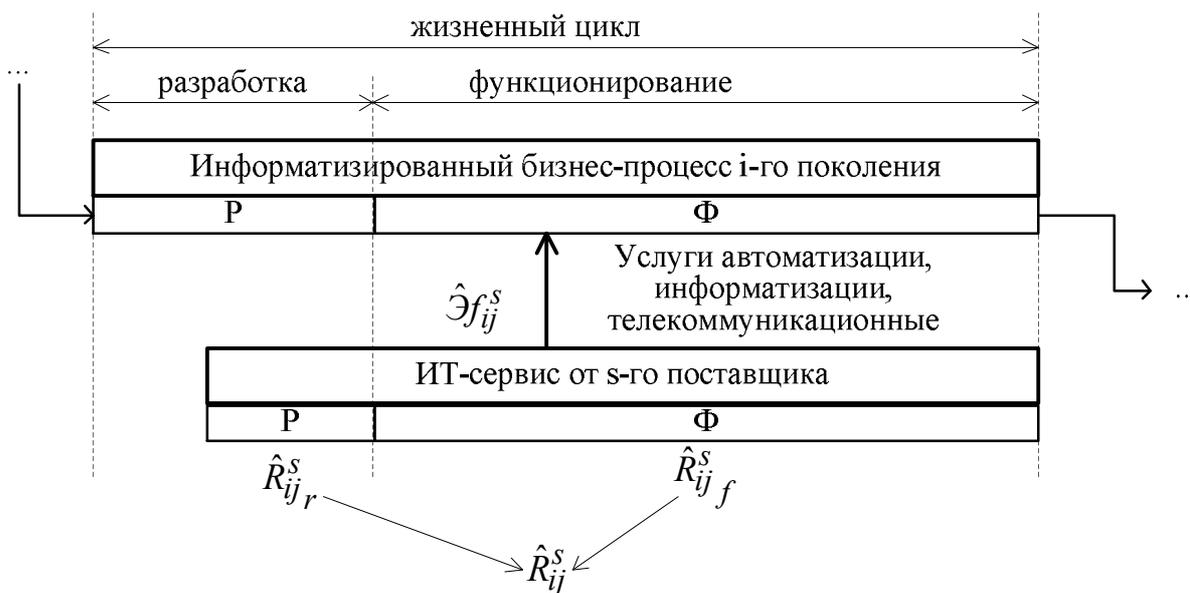


Рисунок 1 – Схема применения ИТ-услуг внешнего поставщика для автоматизации информатизированного бизнес-процесса

ИТ-услуга, поставляемая внешним поставщиком, реализует одну или несколько услуг автоматизации, информатизации и телекоммуникаций. Возможности от применения такой услуги позволяют более эффективно реализовывать информатизированный бизнес-процесс. В связи с этим целевой эффект от внедрения внешней ИТ-услуги отображает потенциально возможный эффект от реализации всех мероприятий реинжиниринга рассматриваемого типового бизнес-процесса. Ресурсоемкость поддержки ИТ-услуги определяется ресурсоемкостью реализации двух макроэтапов: на этапе разработки проекта применения ИТ-услуги и на этапе ее использования по назначению. Соответственно для определения оценок (1) в рамках указанной модели предлагается применять метод многокритериального

анализа, основанной на системе показателей (рис. 2). Выбор частных показателей определяется результатом проведенного анализа типовых задач оценивания, а также работами [2, 12]. Рассмотрим оценивание каждого компонента по отдельности.

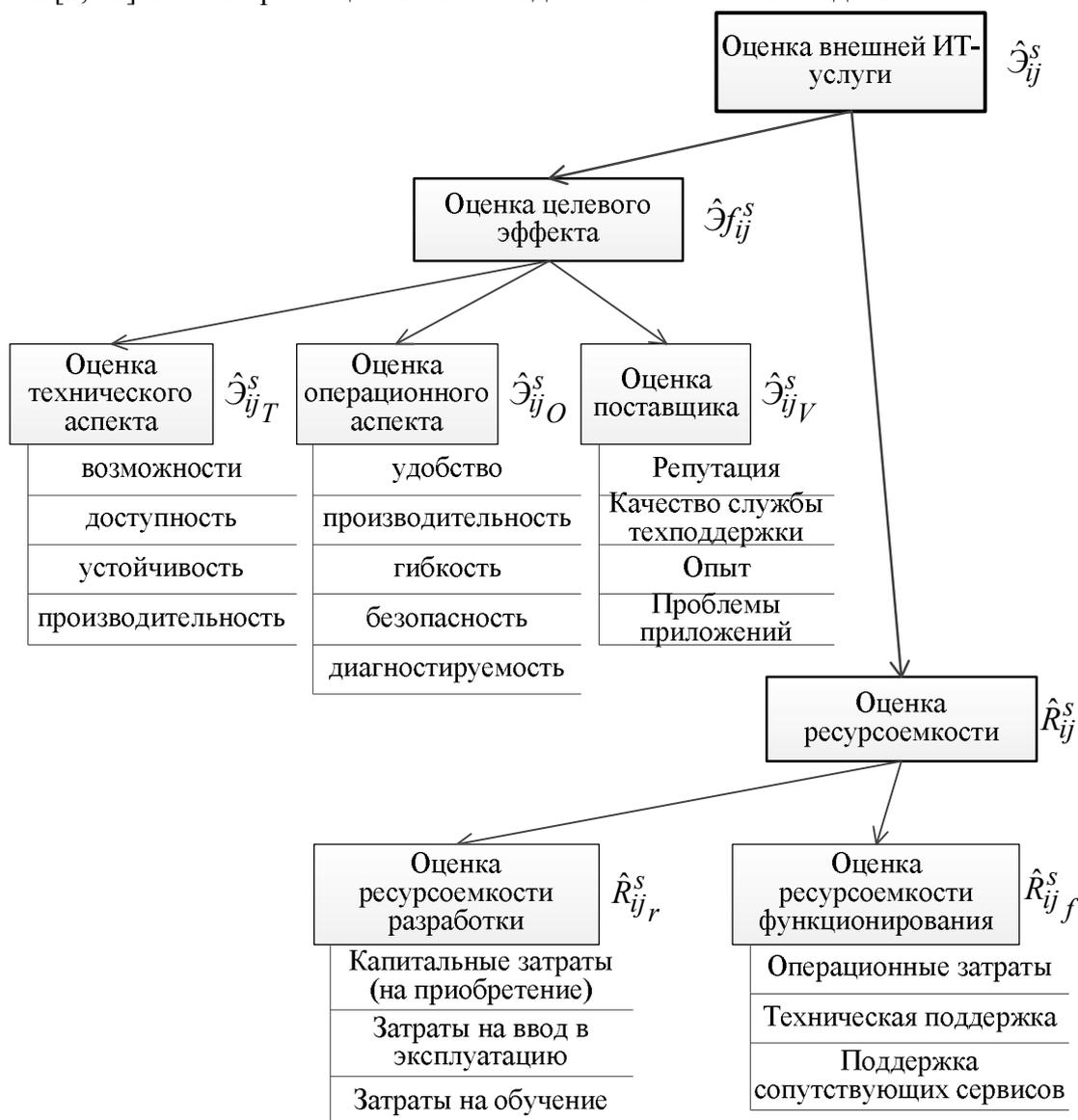


Рисунок 2 – Модель оценивания ИТ-услуги внешнего поставщика

Эффект от применения ИТ-услуги в составе АСУ предприятия можно оценивать в виде ценности результата модернизации для предприятия. Зависимость ценности модернизации от времени представляет собой функцию полезности [13]. Использование функций полезности возможно для случаев невозможности представления частных оценок эффекта от мероприятий реинжиниринга информатизированных бизнес-процессов с использованием методов инвестиционного анализа.

С учетом переходных процессов на всем жизненном цикле потенциально достижимая суммарная полезность зависит от технического и операционного аспекта предоставления ИТ-сервиса, а также особенностей поставщика и определяется по формуле:

$$\hat{\Delta}_{ij}^s = f(\hat{\Delta}_{ijT}^s; \hat{\Delta}_{ijO}^s; \hat{\Delta}_{ijV}^s) = \int_{t_{\text{ввод}}}^{t_{\text{выгод}}} \hat{u}^{ijs}(t) dt, \quad (2)$$

где $\hat{\Delta}_{ijT}^s$ – оценка технического аспекта ИТ-услуги; $\hat{\Delta}_{ijO}^s$ – оценка операционного аспекта; $\hat{\Delta}_{ijV}^s$ – оценка поставщика; $\hat{u}^{ijs}(t)$ – зависимость полезности применения ИТ-услуги от

времени. Максимально-возможный уровень полезности u_{\max} определяется оценкой повышения технической эффективности эксплуатации модернизированного информатизированного бизнес-процессов. Значения частных аспектов влияют на потенциально-возможный уровень целевого эффекта u_{\max}^k (рис. 3) от реализации ИТ-услуги путем введения соответствующих поправочных коэффициентов: k_V – коэффициент, учитывающий особенности поставщика; k_T – коэффициент, учитывающий технический аспект предоставления сервиса; k_O – коэффициент, учитывающий операционный аспект предоставления сервиса $u_{\max}^k(t)$:

$$u_{\max}^k = u_{\max} \times k_V \times k_T \times k_O. \quad (3)$$

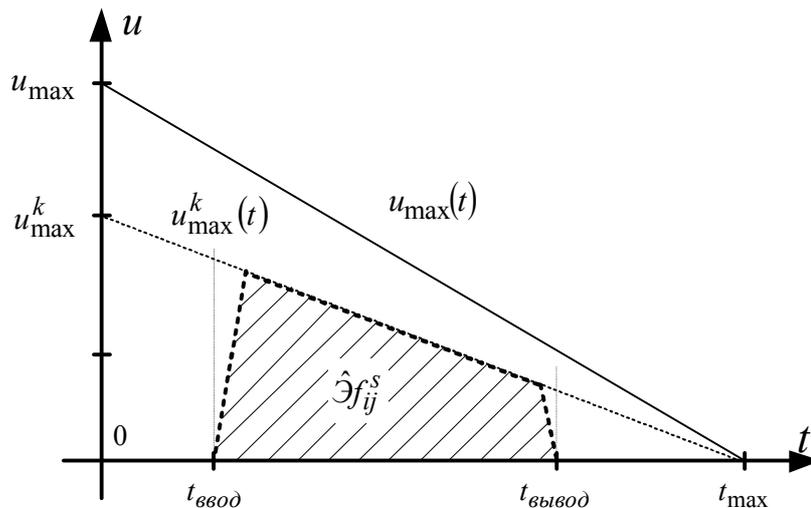


Рисунок 3 – Оценка потенциального положительного эффекта от применения ИТ-услуги внешнего поставщика

Оценки поправочных коэффициентов определяются на основе частных критериев с использованием аддитивной свертки. Значения коэффициентов определяются в зависимости от условий применения для ИТ-инфраструктуры конкретного предприятия. Для целей работы предлагается применять линейно убывающие на отрезке функции полезности с целью определения суммарного эффекта. Определение значений коэффициентов реализуется на основе применения лингвистических оценок, шкалы которых разрабатываются для каждого ИТ-подразделения предприятия. Расчет оценок эффекта от применения ИТ-услуги заключается в расчете площади заштрихованной фигуры, представленной на рисунке 3, и может быть произведен по формуле:

$$\hat{\mathcal{E}}_{ij}^s = \int_{t_{\text{ввод}}}^{t_{\text{вывод}}} \hat{u}_{\max}^k(t) dt. \quad (4)$$

При условии значительного превышения длительности использования ИТ-сервиса над временем ввода и вывода из эксплуатации, возможно использование приближенных расчетов:

$$\hat{\mathcal{E}}_{ij}^s \approx \frac{1,5 \times \hat{u}_{\max}^k(t_{\text{ввод}}) + 0,5 \times \hat{u}_{\max}^k(t_{\text{вывод}})}{2} (t_{\text{вывод}} - t_{\text{ввод}}) \quad (5)$$

Оценки ресурсоемкости применения внешней ИТ-услуги складываются из двух оценок – оценок ресурсоемкости ввода внешней ИТ-услуги в эксплуатацию и оценок ресурсоемкости поддержки ее жизненного цикла [14]. Также необходимо учитывать как

внешние оценки ресурсоёмкости, например, стоимость ИТ-услуги (известные с высокой точностью на стадии технико-экономического анализа), так и внутренние, расчет которых весьма сложен из-за недостатка проектных данных. Суммарная ресурсоёмкость \hat{R}_{ij}^s включает в свой состав ресурсоёмкость приобретения ИТ-сервиса \hat{R}_{ij}^{sV} и ресурсоёмкость \hat{R}_{ij}^{sIT} ее внедрения в состав ИТ-инфраструктуры предприятия:

$$\hat{R}_{ij}^s = \hat{R}_{ij}^{sV} + \hat{R}_{ij}^{sIT} . \quad (6)$$

В соответствии с методом аналогии предлагается соотносить оцениваемую внутреннюю ресурсоёмкость применения внешней ИТ-услуги для автоматизации бизнес-процесса с известным проектом-аналогом, реализованным ранее в ИТ-службе предприятия, с учетом эффектов новизны, масштаба и важности проекта. Различие в особенностях расхода ресурсов на двух макроэтапах (реализации проекта модернизации и сопровождения модернизированного бизнес-процесса) обосновывает необходимость использования двух типов проектов-аналогов:

- аналогов проектов реинжиниринга, для которых характерен расход трех видов ресурсов: материалов r_m , трудовых r_l и оперативного времени r_t ;
- аналогов системы затрат ресурсов (в рамках процессов сопровождения) на поддержку функционирования автоматизированных бизнес-процессов на всем жизненном цикле, которые включают в свой состав материалы и трудовые ресурсы.

$$\hat{R}_{ij}^s = \hat{R}_{ij_r}^s + \hat{R}_{ij_f}^s . \quad (7)$$

$$R = r_t + r_m + r_l . \quad (8)$$

Оценка интегральной ресурсоёмкости рассчитывается как сумма оценок внутренних и внешних оценок ресурсоёмкости применения ИТ-услуги на всем жизненном цикле:

$$\hat{R}_{ij}^s = \left(\hat{R}_{ij_r}^{sV} + \hat{R}_{ij_r}^{sIT} \right) + \left(\hat{R}_{ij_f}^{sV} + \hat{R}_{ij_f}^{sIT} \right) \quad (9)$$

Конечным результатом оценивания является тройка значений ресурсоёмкости по частным показателям:

$$\hat{R}_{ij}^s = \langle \hat{r}_t; \hat{r}_l; \hat{r}_m \rangle . \quad (10)$$

Поскольку оценки ресурсоёмкости по своей сути являются нечеткими, то их результат в рамках работы представляется необходимым представлять с применением интервальных чисел.

Результатом рассматриваемой модели оценивания является совокупность оценок эффекта, выражаемого потенциальной полезностью применения внешней ИТ-услуги конкретного поставщика (4), и ресурсоёмкости, представленной интервальными оценками трудоемкости, материалоемкости и времени ввода в эксплуатацию (9).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ВНЕШНИХ ИТ-УСЛУГ В ПРОЦЕССЕ АДМИНИСТРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Для принятия решения по выбору направления модернизации АСУ предприятия требуются оценки существующих альтернатив. Из-за множества возможных направлений модернизации (АСУ крупных предприятий включают в свой состав сотни информатизированных бизнес-процессов, каждый из которых может быть модернизирован с применением ИТ-услуг внешних поставщиков) механизмы получения таких оценок должны быть автоматизированы. С этой целью в состав системы оценивания на этапе технико-экономического анализа требуется включать модели оценивания ИТ-услуг внешних поставщиков, реализуемые в виде программных комплексов. Подсистема оценивания является составной частью системы административного управления развитием АСУ

предприятия на всем жизненном цикле [15]. В ее состав входят информационные модели объектов управления, предназначенные для их спецификации. Для совершенствования процессов управления в состав системы оценивания внедряются рабочие технологические модели, предназначенные для оценивания состояния и эффективности управляемых объектов, в том числе, и внешних ИТ-сервисов. На вход системы оценивания внешней ИТ-услуги (рис. 4) поступают данные из базы данных поставщиков (информация о поставщике ИТ-услуги), множества альтернатив модернизации АСУ предприятия (проект альтернативы и проект внешней ИТ-услуги), базы данных выполненных проектов реинжиниринга (аналоги процессов ввода в эксплуатацию ИТ-проекта и услуги технического процесса ее сопровождения на всем жизненном цикле).

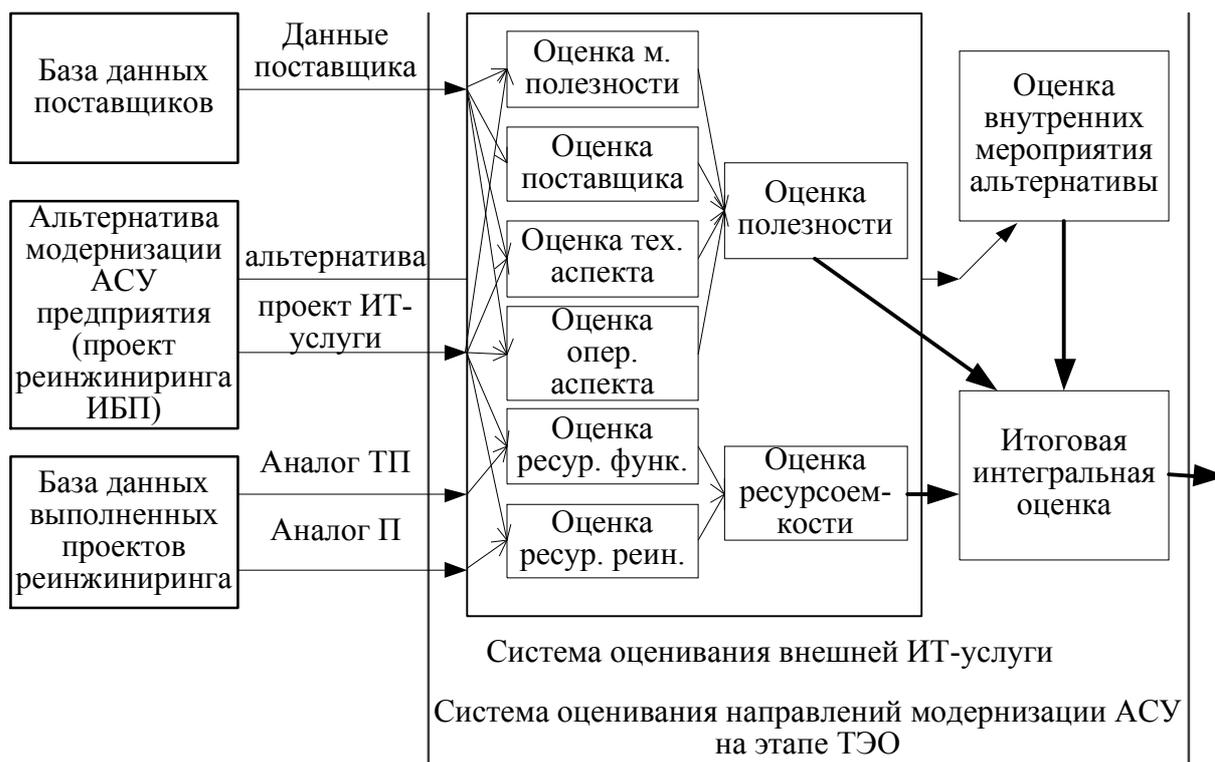


Рисунок 4 – Схема применения модели оценивания эффективности внешних ИТ-услуг для модернизации АСУ предприятия

В рамках системы оценивания внешней ИТ-услуги, реализующей представленную модель оценивания, рассчитываются оценки эффективности в виде максимальной полезности и оценочные значения параметров ресурсоёмкой. Оценка весов частных показателей осуществлялась на основе системы критериев, задаваемая экспертно на основе анализа результатов экспертного выбора ИТ-услуг внешних поставщиков. Полученные оценки эффекта определяют максимально возможный эффект от реализации альтернативы и учитываются при определении планируемой полезности от внедрения информатизированного бизнес-процесса нового поколения. Оценки ресурсоёмкости от использования ИТ-услуги складываются с оценками ресурсоёмкости дополнительных мероприятий модернизации согласно проекту альтернативы. Автоматизация расчета коэффициентов на основе задаваемых оценок позволяет повысить оперативность получения разомкнутых оценок применения внешней ИТ-услуги, предоставляемой сторонним поставщиком, и использовать такие оценки в системе административного управления развитием ИТ-инфраструктуры.

ВЫВОДЫ

В работе рассмотрена задача оценивания ИТ-услуги, поставляемой внешними поставщиками, применяемой для модернизации АСУ предприятия. Проведенный анализ позволил свести ее к задаче разомкнутого оценивания ИТ-услуг с учетом ресурсоемкости ее жизненного цикла. Для решения задачи предложена модель оценивания, заключающаяся в совместной оценке положительного эффекта от применения ИТ-услуги на всем жизненном цикле на основе интегрированной полезности, и ресурсоемкости поддержки всего жизненного цикла применения ИТ-услуги в рамках АСУ предприятия на основе интервальных чисел. Предложенная модель реализована в рамках системы административного управления АСУ предприятием для оценивания эффективности внешних ИТ-услуг в процессе модернизации. Результаты применения показали повышение оперативности получения оценок в условиях значительной мощности множества альтернатив. Направления дальнейших исследований связаны с повышением точности определения целевого эффекта и расхода ресурсов для обеспечения более качественного выбора направления модернизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Farzad Tahriri, Mohammad Rasid Osman, Aidi Ali, Rosnah Mohd Yusuff. A review of Supplier Selection Methods in Manufacturing Industries // Suranaree J. Sci. Technol. – Vol. 15. – № 3; July-September 2008. – P. 201-208.
2. Lin Ya-Ti, Lin Chia-Li, Yu Hsiao-Cheng, Tzeng Gwo-Hshiang. A Novel Hybrid MCDM Approach for Outsourcing Vendor Selection: A Case Study for a Semiconductor company in Taiwan // Expert System with Applications. – Vol. 37. – Issue 7. – July 2010. – P. 4796-4804.
3. Saroj Koul, Rakesh Verma. Dynamic Vendor Selection based on Fuzzy AHP Approach // Journal of Manufacturing Technology Management. – Vol. 22(8): 9. Emerald Publishing – Oct 25, 2011. – P. 963-971.
4. Лещинский Б.С., Конкина Ю.А. Выбор поставщика в условиях разнотипности данных с использованием методов теории нечетких множеств // Вестник Томского государственного университета. – Экономика, 2008. – № 2. – С. 44-51.
5. Huan-Jyh Shyur, Hsu-Shih Shih. A Hybrid MCDM model for Strategic vendor selection // Mathematical and Computer Modelling, 2006. – № 44. – P. 749-761.
6. Ramune Kugyte, Laimona Sliburyte. A Standardized Model of Service Provider Selection Criteria for Different Service Types: a Consumer-oriented Approach // ISSN 1392-2785. Engineering Economics, 2005. – № 3(43). – P. 56-63.
7. Sohail S. Chaudhry, Zhonglin Lei, Shiwei He. Vendor Selection Problem: New Formulation and Solution Approach // IADS International Conference Applied Computing, 2006. – P. 437-441.
8. Murat Sensoy, Pinar Yolum A Context-Aware Approach For Service Selection Using Ontologies // AAMAS, 2006. – May 8-12. – Hakodate, Hokkaido, Japan. – P. 931-931.
9. Jose Javier Duran, Carlos A. Iglesias. A Pattern Approach to Modeling the Provider Selection Problem // ICAART 2010 – Proceedings of the International Conference on Agents and Artificial Intelligence. – Vol. 2. – Agents, Valencia, Spain, January 22-24, 2010. – 8 p.
10. Holger Billhardt, Ramon Hermoso, Sascha Ossowski, Roberto Centeno. Trust-based Service Provider Selection in Open Environments // SAC'07 March 11-15. 2007. Seoul, Korea. – P. 1375-1380
11. Maggie C.Y. Tam, Rao V.M. Tummala. An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunication System // Omega, 2001. – № 29. – P. 171-182.
12. Charles A. Weber, John R. Current, Benton W.C. Vendor Selection Criteria and Methods // European Journal of Operational Research, 1991. – P. 2-18.
13. Логинов И.В. Планирование процессов обработки запросов в однородной вычислительной сети АСУП на основе функций полезности // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета, 2010. – № 32. – С. 105-109.
14. Бунова Е.В., Буслаева О.С. Оценка эффективности внедрения информационных систем // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Серия «Управление, вычислительная техника и информатика», 2012. – № 1. – С. 158-164.

15. Гришаков В.Г., Логинов И.В. Представление систем административного управления АСУП в виде виртуальных предприятий // Информатика и системы управления, 2011. – № 3. – С. 125-132.

Логинов Илья Валентинович

Академия ФСО России, г. Орел

Кандидат технических наук

Тел.: 8 910 303 80 60

E-mail: liv@academ.msk.rsnet.ru

I.V. LOGINOV (*Candidate of Engineering Sciences*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

THE ESTIMATING METHODIC FOR IT-SERVICES OF OUTSOURCING VENDORS ON ALL LIFECYCLE

The estimating methodic for IT-services, provides outsourcing vendors, with all its lifecycle are viewed in the article. The methodic consist in analysis of integrated estimated goals effect, estimating by IT-service utility for enterprise, and integral resource requirements of IT-service integrating into MIS enterprise system on all lifecycle. The methodic allow to estimate prediction value of IT-service effectiveness and helps to selecting IT-infrastructure modernization directions on this estimation.

Keywords: *IT-service; estimating; lifecycle; IT-infrastructure; development management; effectiveness.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Farzad Tahriri, Mohammad Rasid Osman, Aidi Ali, Rosnah Mohd Yusuff. A review of Supplier Selection Methods in Manufacturing Industries // Suranaree J. Sci. Technol. – Vol. 15. – № 3; July-September 2008. – P. 201-208.
 2. Lin Ya-Ti, Lin Chia-Li, Yu Hsiao-Cheng, Tzeng Gwo-Hshiung. A Novel Hybrid MCDM Approach for Outsourcing Vendor Selection: A Case Study for a Semiconductor company in Taiwan // Expert System with Applications. – Vol. 37. – Issue 7. – July 2010. – P. 4796-4804.
 3. Saroj Koul, Rakesh Verma. Dynamic Vendor Selection based on Fuzzy AHP Approach // Journal of Manufacturing Technology Management. – Vol. 22(8): 9. Emerald Publishing – Oct 25, 2011. – P. 963-971.
 4. Leshhinskij B.S., Konkina Yu.A. Vy'bor postavshhika v usloviyax raznotipnosti danny'x s ispol'zovaniem metodov teorii nechyotkix mnozhestv // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. – E'konomika, 2008. – № 2. – S. 44-51.
 5. Huan-Jyh Shyr, Hsu-Shih Shih. A Hybrid MCDM model for Strategic vendor selection // Mathematical and Computer Modelling, 2006. – № 44. – P. 749-761.
 6. Ramune Kugyte, Laimona Sliburyte. A Standardized Model of Service Provider Selection Criteria for Different Service Types: a Consumer-oriented Approach // ISSN 1392-2785. Engineering Economics, 2005. – № 3(43). – P. 56-63.
 7. Sohail S. Chaudhry, Zhonglin Lei, Shiwei He. Vendor Selection Problem: New Formulation and Solution Approach // IADS International Conference Applied Computing, 2006. – P. 437-441.
 8. Murat Sensoy, Pinar Yolum A Context-Aware Approach For Service Selection Using Ontologies // AAMAS, 2006. – May 8-12. – Hakodate, Hokkaido, Japan. – P. 931-931.
 9. Jose Javier Duran, Carlos A. Iglesias. A Pattern Approach to Modeling the Provider Selection Problem // ICAART 2010 – Proceedings of the International Conference on Agents and Artificial Intelligence. – Vol. 2. – Agents, Valencia, Spain, January 22-24, 2010. – 8 p.
 10. Holger Billhardt, Ramon Hermoso, Sascha Ossowski, Roberto Centeno. Trust-based Service Provider Selection in Open Environments // SAC'07 March 11-15. 2007. Seoul, Korea. – P. 1375-1380
 11. Maggie C.Y. Tam, Rao V.M. Tummala. An Application of the AHP in Vendor Selection of a Telecommunication System // Omega, 2001. – № 29. – P. 171-182.
 12. Charles A. Weber, John R. Current, Benton W.C. Vendor Selection Criteria and Methods // European Journal of Operational Research, 1991. – P. 2-18.
 13. Loginov I.V. Planirovanie processov obrabotki zaprosov v odnorodnoj vy'chislitel'noj seti ASUP na osnove funkciy poleznosti // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotexnicheskogo universiteta, 2010. – № 32. – S. 105-109.
-

14. Bunova E.V., Buslaeva O.S. Ocenka e'ffektivnosti vnedreniya informacionny'x sistem // Vestnik Astraxanskogo gosudarstvenngo texnicheskogo universiteta. – Seriya «Upravlenie, vy'chislitel'naya texnika i informatika», 2012. – № 1. – S. 158-164.
15. Grishakov V.G., Loginov I.V. Predstavlenie sistem administrativnogo upravleniya ASUP v vide virtual'ny'x predpriyatij // Informatika i sistemy' upravleniya, 2011. – № 3. – S. 125-132.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СТЕРЖНЕВЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ИМПЛИКАТИВНОЙ АЛГЕБРЫ ВЫБОРА

Рассматривается способ построения моделей пространственных стержневых конструкций для исследования напряжённо-деформированного состояния конструкций электронной аппаратуры и решения задач структурной оптимизации. Описан подход к построению математических моделей конструкций с нефиксированным количеством переменных проектирования. Приведён способ формирования систем разрешающих уравнений для вычисления смещений в узлах сеточной модели конструкции. Решена задача оптимизации структуры конструкции.

Ключевые слова: *напряжённо-деформированное состояние; конструкции электронной аппаратуры; автоматизация проектирования; инженерный анализ конструкций; оптимизация конструкций.*

В условиях возрастающей конкуренции перед современным производством стоит задача сокращения сроков подготовки производства новых изделий при одновременном обеспечении качества выпускаемой продукции. Решить указанную задачу можно, применяя математическое и компьютерное моделирование, а также средства автоматизации проектно-конструкторских работ. В настоящее время работы по проектированию нового изделия совмещают с работами по моделированию различных воздействий, которым оно может подвергаться в процессе эксплуатации. Такое моделирование может быть осуществлено с помощью программно-технических комплексов автоматизированного проектирования, построенных на основе применения численных методов анализа физических процессов в конструкциях проектируемых изделий при заданных воздействиях.

Развитие информационных технологий проектирования привело к появлению на рынке большого количества программно-технических комплексов автоматизации проектно-конструкторских работ и инженерного анализа конструкций (CAD- и CAE-систем). Теперь уже невозможно осуществить чёткое разделение этих программных продуктов по функциональному назначению (твёрдотельное геометрическое моделирование и подготовка проектно-конструкторской документации или инженерный анализ проектируемых изделий). Все современные программно-технические средства проектирования содержат в себе полный набор CAD/CAE решений. Среди прочих систем автоматизации проектно-конструкторских работ и инженерного анализа можно назвать такие, как Autodesk Inventor, CATIA, IronCAD, SolidWorks, T-FLEX CAD, SCAD, NX Nastran, MSC.Nastran, APM WinMachine, Creo Parametric (ранее Pro/ENGINEER), Pro/MECHANICA. Независимо от того, как были изначально позиционированы указанные программные комплексы на рынке, все они содержат в своём составе модули, позволяющие выполнять функции инженерного анализа проектируемых изделий при различных воздействиях. Все эти программные продукты реализуют технологии конечно-элементного анализа и обладают сходными характеристиками. Среди них стоит выделить такие программные системы, как NX Nastran и MSC.Nastran. По заявлениям разработчиков этих программных продуктов с помощью программных систем NX Nastran и MSC.Nastran возможно решение задач анализа чувствительности объекта проектирования ко вносимым в процессе проектирования изменениям в конструкцию. При этом возможна модификация как параметров конечно-элементной модели (свойств конечных элементов), так и геометрической формы объекта проектирования, что соответствует задаче параметрической оптимизации проектируемой конструкции.

Существующие в настоящее время системы инженерного анализа конструкций, построенные на основе применения конечно-элементных моделей с фиксированным количеством переменных проектирования, позволяют решать задачи моделирования

конструкций, структура которых однозначно определена и задана. Изменение конструктивных параметров проектируемого изделия не требует существенной модификации математической модели объекта проектирования, если исключить случай генерирования новой конечно-элементной сетки. Только при изменении структуры проектируемой конструкции возникает необходимость в изменении самой математической модели объекта проектирования, что влечёт за собой изменение количества переменных проектирования. Модификация математической модели объекта проектирования возможна при использовании соответствующего аппарата предметно-ориентированной логики, на основе которого можно строить логико-алгебраические выражения, позволяющие вводить и исключать переменные и функции и как создавать математические модели с нефиксированным количеством переменных проектирования.

В настоящее время актуальна задача разработки программно-технических комплексов автоматизированного проектирования и имитационного моделирования конструкций, позволяющих решать задачи структурной оптимизации. Для решения задач оптимизации проектируемых изделий, обладающих дискретной структурой, необходимо применять математические модели с нефиксированным количеством переменных проектирования.

Разработана математическая модель пространственной стержневой системы с нефиксированным количеством переменных проектирования и программный комплекс в виде системы имитационного моделирования для решения задач структурной оптимизации стержневых несущих конструкций. Модель позволяет осуществлять целенаправленное преобразование структуры проектируемых конструкций электронной аппаратуры, рассматриваемых как стержневые, таких, как стойки, каркасы, рамы, шасси в соответствии с заданными эксплуатационными воздействиями и конструкторско-технологическими ограничениями.

Реализация процесса структурной оптимизации стержневых несущих конструкций связана со введением элементов или стержней в систему или их исключением. Введение и исключение элементов, в свою очередь, связано с введением и исключением переменных и функций, в частности, переменных проектирования. Эти операции могут быть реализованы с использованием соответствующего аппарата предметно-ориентированной логики, наиболее полно представленного в работах Л.И. Волгина [1, 2]. Для решения проблемы выбора в задачах анализа и оптимизации конструкций используются операции импликативной алгебры выбора, что позволило формализовать задачи модификации модели стержневой системы на основе введения и исключения переменных проектирования. Порождающее выражение импликативной алгебры выбора:

$$z = \left(\alpha_1 y_1^\mu + \alpha_2 y_2^\mu + \dots + \alpha_n y_n^\mu \right)^{\frac{1}{\mu}}, \quad (1)$$

где α_i – весовые коэффициенты; μ – степенные коэффициенты; y_i — математические объекты или предметные переменные.

При $\mu = 1$, $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$, $\alpha_i \in \{0, 1\}$, $i = \overline{1, n}$ порождающее выражение имеет следующий вид:

$$z = (\alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 + \dots + \alpha_n y_n). \quad (2)$$

Это базовое выражение импликативной алгебры выбора. Аппаратная реализация таких операций может быть выполнена на основе так называемого релятора Волгина, в состав которого входят аналоговый ключ и компаратор (устройство сравнения сигналов) [1].

Базовые операции импликативной алгебры выбора могут иметь как логическую, так и алгебраическую форму записи:

– предикатная дизъюнкция, или предикатная сумма, сложение (\vee)

$$z_1 = \vee(\alpha_1, \alpha_2)(y_1, y_2) = \alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 = 0,5[(y_1 + y_2)(\alpha_1 + \alpha_2) + (y_1 - y_2)(\alpha_1 - \alpha_2)]; \quad (3)$$

– предикатная конъюнкция, или умножение (\wedge , $\&$)

$$z_2 = \wedge_{(\alpha_1, \alpha_2)}(y_1, y_2) = \alpha_2 y_1 + \alpha_1 y_2, \quad (4)$$

где α_1, α_2 – предикатные переменные; $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$, $\alpha_i \in \{0, 1\}$, $i = \overline{1, n}$, y_1, y_2 — предметные переменные.

В качестве предметной переменной может использоваться, например, матрица-вектор переменных, описывающих элемент стержневой системы. Для частного случая, когда стержень должен быть удален или введен, $\alpha_2 = 1 - \alpha_1 = \overline{\alpha_1}$ и $y_2 = 0$. В этом случае выражение для предикатной дизъюнкции имеет вид:

$$\begin{aligned} z_1 &= \vee_{(\alpha_1, \alpha_2)}(y_1, y_2) = \alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 = \\ &= 0,5[(y_1)(\alpha_1 + \overline{\alpha_1}) + (y_1)(\alpha_1 - \overline{\alpha_1})] = 0,5[y_1 + y_1(\alpha_1 - \overline{\alpha_1})] = \alpha_1 y_1 \end{aligned} \quad (5)$$

или

$$z_1 = \vee_{\alpha_1}(y_1) = \alpha_1 y_1. \quad (6)$$

Формула (6) является частным случаем предикатной дизъюнкции или выбора или исключения одной предметной переменной y_i по значению одной предикатной переменной α_i . Для этого случая используется запись вида $\vee_{\alpha_i}(y_i)$ или $\alpha_i y_i$.

Использование аппарата импликативной алгебры выбора позволяет формализовать задачи модификации модели стержневой системы, основанной на введении и исключении переменных проектирования и функций состояния.

Разработанная модель пространственной стержневой системы отличается возможностью автоматического формирования как матрицы жёсткости, так и систем уравнений, описывающих линейные и угловые смещения. Используется модель области проектирования пространственных стержневых систем, метод конечных элементов, положения теории эволюционного моделирования. Для описания структуры конструкции применяется аппарат импликативной алгебры выбора, что, в свою очередь, позволяет формализовать процедуры структурной оптимизации конструкций электронной аппаратуры, рассматриваемых как стержневые. Пошаговая оптимизация проводится по результатам вычисления и исследования напряженно-деформированного состояния стержневых элементов.

Для задания проекта стержневой системы необходимо выбрать переменные проектирования. Переменными проектирования элементов стержневой системы являются: геометрические параметры поперечных сечений стержней, координаты, характеризующие размеры и ориентацию, физико-механические характеристики материала конструкции:

$$\bar{b} = [K, X, \Phi]^T, \quad (7)$$

где K – конструктивные параметры; X – координаты; Φ – физико-механические характеристики материала.

Переменные состояния определяются из уравнений, описывающих поведение стержневой системы. Переменными состояниями являются составляющие смещений торцевых граней стержня:

$$\bar{z} = \left[U_m, V_m, W_m, \Theta_{X_m}, \Theta_{Y_m}, \Theta_{Z_m}, U_n, V_n, W_n, \Theta_{X_n}, \Theta_{Y_n}, \Theta_{Z_n} \right], \quad (8)$$

где U_m, \dots, Θ_{Z_m} – составляющие линейных и угловых смещений конца m стержня в глобальной системе координат, связанной с конструкцией;

U_n, \dots, Θ_{Z_n} – составляющие линейных и угловых смещений конца n стержня в той же глобальной системе координат (рис. 1).

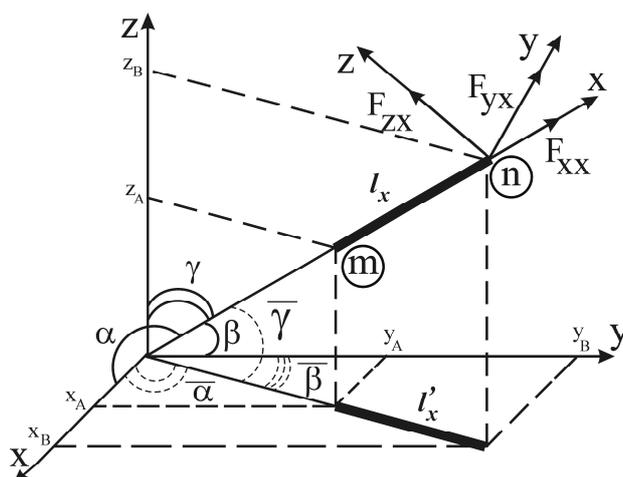


Рисунок 1 – Стержневой элемент объёма в глобальной системе координат

Для конкретной задачи оптимизации может быть получена одна целевая функция. Значения остальных переменных рассматриваются как ограничения. В качестве критерия оптимизации может быть принят критерий минимума массы конструкции:

$$\min M = \sum m_{k,i,j};$$

при ограничениях, обусловленных прочностью и жёсткостью конструкции:

$$\sigma_{расч} \leq [\sigma_{дон}]; n = \frac{\sigma_{пред}}{\sigma_{расч}} \geq [n_{дон}]; u_{расч} \leq u_{дон};$$

где $\sigma_{расч}$ – расчётное механическое напряжение в элементе конструкции;

$[\sigma_{дон}]$ – допускаемое механическое напряжение для конкретного материала;

$\sigma_{пред}$ – предельное допускаемое механическое напряжение для материала;

n – достигнутый коэффициент запаса;

$[n_{дон}]$ – допускаемый коэффициент запаса;

$u_{расч}$ – расчётное значение деформации;

$u_{дон}$ – допускаемое значение деформации.

Модель строится следующим образом. Используется понятие области проектирования как области автоматического формирования расчетной модели конструкции. Область решения является подобластью области проектирования и рассматривается как область с дискретной структурой и переменными границами, в которой определены искомые функции и для которой могут быть найдены значения целевой функции.

В процессе эволюции или адаптации происходит изменение конфигурации области решения таким образом, что для одной или нескольких несвязанных областей достигается экстремум целевой функции. Область проектирования охватывает область решения. Дискретная модель стержневой системы строится в области проектирования, которая заполняется сеткой. Узлам сетки ставятся в соответствие соединения стержней, связям — элементы системы или стержни. Считается, что каждый стержень конструкции является отдельным дискретным элементом.

При объединении отдельных элементов в систему узловые реакции суммируются. Разрешающие уравнения строятся в глобальной системе координат автоматически по заданной конфигурации области проектирования и структуре исследуемой или проектируемой конструкции. Каждый стержень системы характеризуется ориентацией в глобальной системе координат. Матрица жёсткости стержневого элемента вычисляется по его координатам в глобальной системе координат, геометрическим характеристикам сечения, физико-механическим характеристикам материала. Формирование уравнений

осуществляется в области проектирования, которая является описанием способа объединения элементов или стержней в стержневую систему.

Формирование систем разрешающих уравнений осуществляется в области проектирования автоматически в соответствии с разработанным алгоритмом. Разрешающие уравнения в перемещениях позволяют получить значения искомых функций (линейных смещений, углов поворотов сечений) [3].

Узловые реакции A_e^{gUr} определяются как скалярное произведение матрицы-вектора составляющих узловых смещений и матрицы-вектора узловых составляющих жёсткостей:

$$\sum_1^{N_e} A_e^{gUr} = \overline{K^{gUr}} \cdot \overline{T^{gU}}, \quad (9)$$

где $\overline{K^{gUr}}$ – матрица-вектор узловых составляющих жёсткостей; $\overline{T^{gU}}$ – матрица-вектор составляющих узловых смещений; e – номер прилегающей к узлу связи, $e=1 \dots N_e$; N_e – количество прилегающих к узлу связей; g_U – номер типа узла, $g_U=1, 2, 3, 4, 5$; r – порядковый номер степени свободы связи; $r=1 \dots 12$, где 1 соответствует смещению U узла номер один стержня по направлению X ; 2 – смещению V по направлению Y ; 3 – смещению W по направлению Z ; 4 – углу поворота Θ_X для узла вокруг оси координат X ; 5 – углу поворота Θ_Y узла вокруг оси координат Y ; 6 – углу поворота Θ_Z узла вокруг оси координат Z ; 7 – смещению U узла номер два стержня по направлению X и т.д.

Вводится понятие матрицы-вектора узловых составляющих жёсткостей. Обычно понятие жёсткости соотносится с элементом конструкции, в данном случае со стержнем. Однако поскольку вычисления производятся относительно узловых значений, то характеристики конструкции, в том числе, характеристика жёсткости, также приводятся к узловым значениям.

Матрица-вектор узловых составляющих жёсткостей:

$$\overline{K^{gUr}} = \left[\overline{k_{(1)}^{gUr}}, \dots, \overline{k_{(e)}^{gUr}}, \dots, \overline{k_{(N_e)}^{gUr}} \right]. \quad (10)$$

Компонент матрицы-вектора узловых составляющих жёсткостей соответствует матрице-вектору составляющих жёсткостей стержня:

$$\overline{k_e^{gUr}} = \overline{K_V^{gUer}}, \quad (11)$$

где $\overline{K_V^{gUer}}$ – матрица-вектор составляющих жёсткостей стержня; выглядит это следующим образом:

$$\overline{K_V^{gUer}} = \left[\overline{k_{V(1)}^{gUer}}, \dots, \overline{k_{V(p)}^{gUer}}, \dots, \overline{k_{V(N_p)}^{gUer}} \right], \quad (12)$$

где p – номер линейного или углового смещения конца стержня, которому соответствует компонент $\overline{k_{V(p)}^{gUer}}$ матрицы-вектора составляющих жёсткостей стержня, $p=1 \dots N_p$; N_p – количество линейных и угловых смещений в матрице-векторе составляющих смещений стержня, $N_p=12$. Верхний индекс обозначает собственно вектор соответствующего подмножества, нижний – компоненты вектора.

Компонент матрицы-вектора составляющих жёсткостей стержня:

$$\overline{k_{V(p)}^{gUer}} = \overline{k_{M(r,p)}^{gUe}} \cdot \overline{\alpha_{L(r)}^{gUe}}, \quad (13)$$

где $k_{M(r,p)}^{gU^e}$ – компонент вектор-строки матрицы жёсткости стержня, r – номер строки, а p – номер столбца в матрице жёсткости стержня, $\alpha_{L(r)}^{gU^e}$ – предикатные переменные, соответствующие выбору или наличию признака шарнирного соединения (для алгебраической формы записи $\alpha_{L(r)}^{gU^e}=0$, если стержень под номером e закреплен шарнирно, $\alpha_{L(r)}^{gU^e}=1$ в противном случае, $\alpha_{L(r)}^{gU^e} \in \{0,1\}$) [4].

Способ шарнирного соединения следует учитывать только при формировании четвертой, пятой и шестой вектор-строк матрицы жёсткости стержня, поскольку именно они учитываются при формировании уравнений для вычисления углов поворота вокруг координатных осей X , Y и Z . Поэтому для $r=1,2,3$ – $\alpha_{L(r)}^{gU^e}=1$. Для $r=4,5,6$ – $\alpha_{L(r)}^{gU^e} \in \{0,1\}$.

Положение узла определяется глобальными координатами X , Y , Z и целочисленными I , J , K соответствующими их нумерации в области проектирования.

Для описания стержневой системы формируются массивы признаков: существование элементов; химический состав материала; форма сечения; сортамент (для сортового проката геометрические характеристики сечений хранятся в базе данных). Также формируются массивы координат узлов, узловых сил и моментов, геометрических характеристик сечений (для несортового проката), распределенных нагрузок, признаков шарнирных соединений, признаков закрепления (запрет линейных смещений и поворотов сечений). Если для какой-либо связи признак существования равен нулю, связь считается пустой, в противном случае выполняется процедура формирования матрицы жёсткости элемента, которая далее используется для формирования матрицы жёсткости конструкции [5, 6].

Вычисление матрицы жёсткости начинается с определения геометрического положения стержня в глобальной системе координат. По координатам стержней, геометрическим характеристикам сечений и физико-механическим характеристикам материалов, а также с учетом вышеперечисленных признаков вычисляются матрицы жёсткости элементов. По матрицам жёсткости отдельных стержней компонуется матрица жёсткости всей конструкции. По заданным в узлах сеточной модели силовым воздействиям или моментам вычисляются линейные и угловые смещения в глобальной системе координат. Полученные данные используются для определения напряжений и деформаций в элементах конструкции. По напряженно-деформированному состоянию стержневых элементов и прочностным характеристикам используемых материалов проводится оценка прочности конструкции.

При структурной оптимизации конструкции осуществляется введение стержней или связей в область проектирования или их исключение. Для решения задач структурной оптимизации первоначально может выбираться стержневая система с избыточным количеством элементов. Введение в область проектирования новых элементов возможно при наличии свободных узлов. Слабонагруженные элементы могут быть удалены. Оптимизация осуществляется по следующим теориям прочности: энергетической, октаэдрических напряжений, предельных состояний (теории Мора). Цель оптимизации состоит в получении равнонапряженной конструкции или конструкции минимальной массы.

Решена задача оптимизации структуры конструкции. Исходная структура представляет собой объёмную конструкцию, выполненную из стержневых элементов в виде труб квадратного сечения со стороной 40 мм. Сеточная модель исходной заготовки представлена на рисунке 2. Также на этом рисунке условно изображены силовые воздействия, локализованные в узлах сеточной модели. Схема размещения силовых воздействий подобрана таким образом, чтобы локализовать механические напряжения и деформации в центральной зоне исходной конструкции. Этот искусственный приём

позволяет выделить в конструкции массив элементов, несущих значительную механическую нагрузку, и путём проведения пошаговой оптимизации преобразовать исходную избыточную по элементам заготовку в стандартную конструкцию. Внизу сеточной модели условно изображены опоры, которые предотвращают вертикальное смещение конструкции по направлению оси Y . Силовые воздействия по направлениям осей X и Z одинаковы, поэтому уравновешивают друг друга.

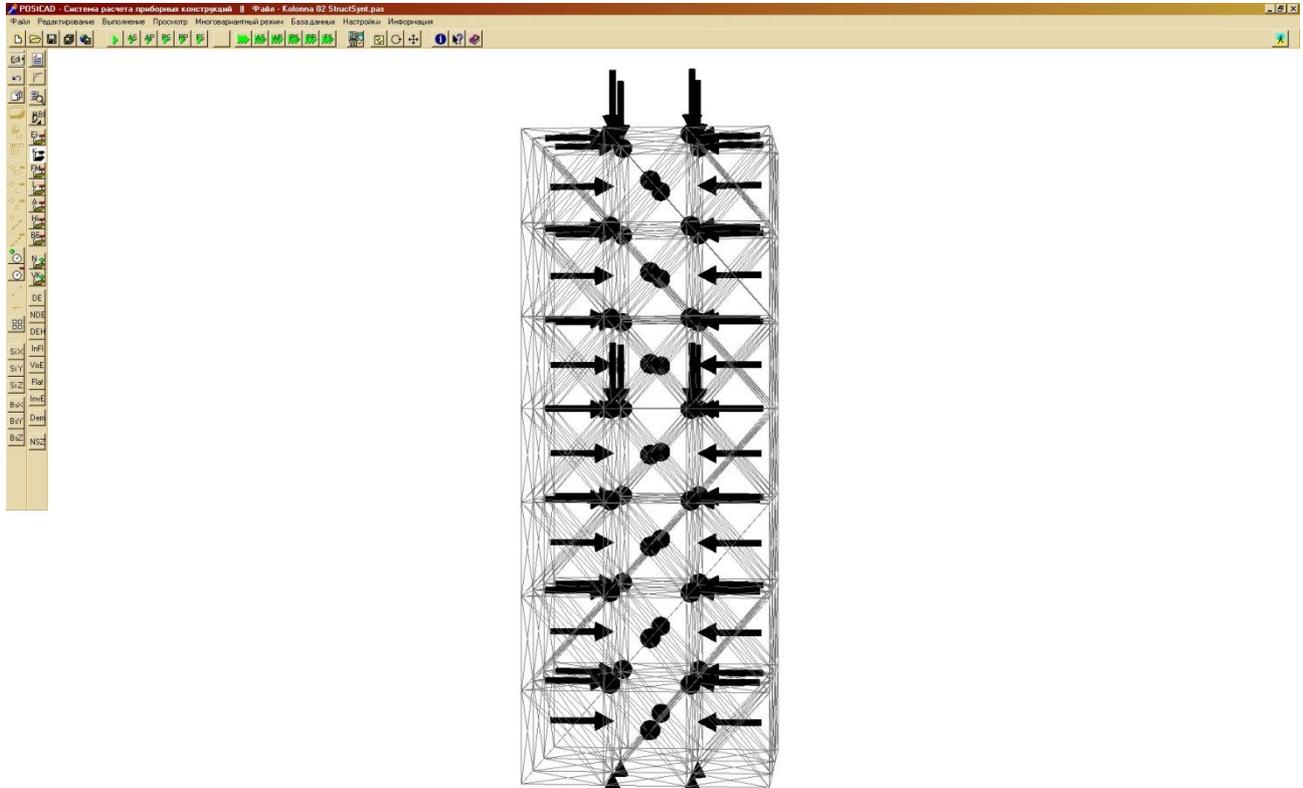


Рисунок 2 – Сеточная модель стержневой конструкции в главном окне программного комплекса

Исходные данные при решении задачи оптимизации структуры конструкции:

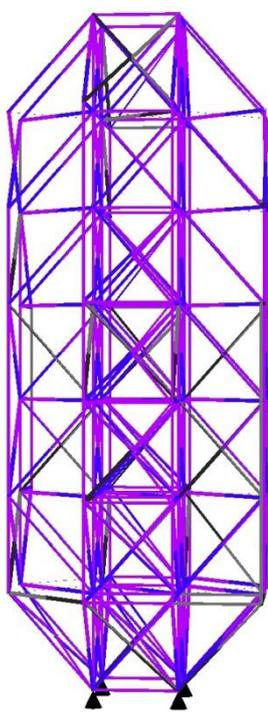
- количество стержней в заготовке, (шт.) – 1768;
- масса, (кг) – 916,4;
- узловые значения силовых воздействий по направлению оси X , (Н) – 1400;
- узловые значения силовых воздействий в верхнем поясе конструкции по направлению оси Y , (Н) – 1500;
- узловые значения силовых воздействий в среднем поясе конструкции по направлению оси Y , (Н) – 900;
- узловые значения силовых воздействий по направлению оси Z , (Н) – 1400;
- длина исходной конструкции по оси X , (м) – 1,5;
- высота исходной конструкции по оси Y , (м) – 4;
- глубина исходной конструкции по оси Z , (м) – 1,5;
- размеры сечений стержней, (мм) – 40 X 40;
- форма сечений стержней – квадрат;
- материал стержней – сталь Ст3.

Результаты проведения процедуры структурной оптимизации конструкции:

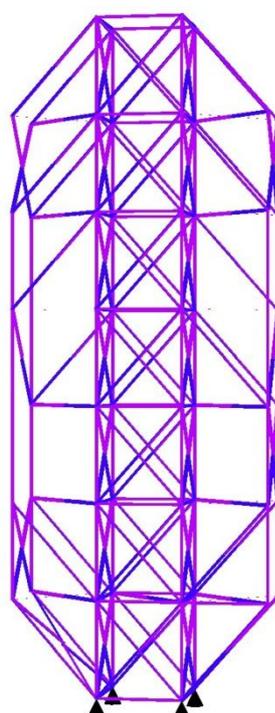
- количество стержней (шт.) – 168;
- масса (кг) – 89;
- максимальная перегрузка (%) – 10,74 от допустимой;

– максимальный прогиб (%) – 0,039 (норма – 0,1).

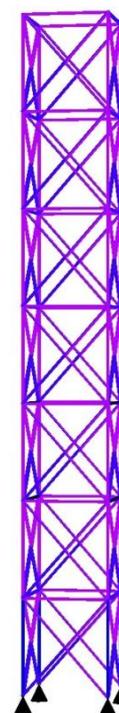
Оптимизация структуры конструкции выполнялась в пошаговом режиме с выбором уровня механических напряжений в стержневых элементах, который был верхней границей напряжений в элементах, подлежащих удалению. На рисунке 3 изображена структура конструкции, которая была получена после выполнения шестидесятого шага процедуры структурной оптимизации. После выполнения сто сорокового шага процедуры структурной оптимизации была получена структура, изображённая на рисунке 4. Результат решения задачи оптимизации структуры конструкции представлен на рисунке 5. Дальнейшее изъятие стержневых элементов из конструкции приводит к ухудшению её прочностных характеристик, поэтому структура, изображённая на рисунке 5, является конечной. Подобные несущие конструкции могут использоваться в качестве опорных мачт для антенн радиолокационных станций. Масса антенн в данном случае моделируется силовыми воздействиями по направлению оси Y , приложенными в верхнем и среднем поясах конструкции (рис. 2).



*Рисунок 3 –
Шестидесятый шаг
структурной
оптимизации
конструкции*



*Рисунок 4 –
Сто сороковой шаг
структурной
оптимизации
конструкции*



*Рисунок 5 –
Сто девяносто третий
шаг структурной
оптимизации
конструкции.
Конечная структура*

Алгоритм, реализованный в разработанной системе имитационного моделирования, позволяет моделировать действия проектировщика и преобразовывать исходную несовершенную заготовку в конструкцию, отвечающую заданным механическим воздействиям и конструкторско-технологическим ограничениям. Разработанная модель пространственной стержневой системы позволяет реализовать процедуры структурной оптимизации конструкций электронной аппаратуры, рассматриваемых как стержневые.

С помощью аппарата импликативной алгебры выбора возможно создавать формализованное описание проектных процедур структурной оптимизации конструкций, оптимальных для заданных эксплуатационных воздействий. Система имитационного моделирования, построенная на основе применения аппарата импликативной алгебры выбора и математических моделей с нефиксированным количеством переменных

проектирования, позволяет выполнять целенаправленное преобразование исходной заготовки в оптимальную конструкцию, обладающую, например, минимальной массой при заданных конструкторско-технологических ограничениях. Применение разработанной системы имитационного моделирования, позволит существенно снизить затраты времени и средств на проектирование стержневых несущих конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волгин Л.И. Непрерывная логика и ее схмотехнические применения. Пять лекций по курсу «Логические основы и модели нейронных сетей». – Ульяновск: УлГТУ, 1996.
2. Волгин Л.И., Левин В.И. Непрерывная логика. Теория и применение. – Таллин: Изд-во Академии наук Эстонии, 1990.
3. Покровский В.Г. Математическая модель для решения задач параметрической и структурной оптимизации стержневых конструкций // Информационные технологии в проектировании и производстве: науч.-техн. журнал. – ГУП «ВИМИ», 2000. – № 4. – С. 58-60.
4. Курносое В.Е., Покровский В.Г. Предикатная алгебра выбора в задачах проектирования нагруженных конструкций радиоаппаратуры и приборов // Проблемы исследования и проектирования машин: сборник статей Международной научно-технической конференции. – Пенза: ПДЗ, 2005. – С. 23-28.
5. Покровский В.Г. Система имитационного моделирования стержневых конструкций радиоэлектронных средств // Цифровые модели в проектировании и производстве РЭС: труды университета. Межвузовский сборник научных трудов / под ред. профессора Н.К. Юркова. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2005. – Вып. 12. – С. 92-101.
6. Покровский В.Г. Программный комплекс синтеза конструкций на основе эволюционных дискретных моделей // Современные технологии в машиностроении: сборник статей XII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2008. – С. 147-151.

Покровский Владимир Геннадьевич

ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия», г. Пенза

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительные машины и системы»

Тел.: (841-2) 49-61-56

E-mail: svg0106@mail.ru

V.G. POKROVSKIJ (*Candidate of Engineering Sciences,
Docent of Department «Computing Machines and Systems»*)
Penza State Technological Academy, Penza

THE SOFTWARE COMPLEX OF STRUCTURAL OPTIMIZATION OF LOAD-BEARING BAR CONSTRUCTIONS ON THE BASIS OF THE IMPLICATIVE ALGEBRA OF CHOICE

The article is devoted to the method of building of spatial bar constructions models for investigating of the stress-strain state of electronic equipment constructions and for reaching goals of structural optimization. The approach of making of mathematical models of constructions with non-fixed number of design variables is described in the article. The method of forming of determinative equations systems for calculating of displacements in the units of grid model construction is shown. The problem of construction structure optimization is solved.

Keywords: *the stress-strain state; electronic equipment constructions; design automation; engineering analysis of constructions\$ constructions optimization.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Volgin L.I. Neprery'vnaya logika i eyo sxmotexnicheskie primeneniya. Pyat' lekciy po kursu «Lgicheskie osnovy' i modeli nejronny'x setej». – Ul'yanovsk: UIGTU, 1996.
 2. Volgin L.I., Levin V.I. Neprery'vnaya logika. Teoriya i primenenie. – Tallin: Izd-vo Akademii nauk E'stonii, 1990.
-

3. Pokrovskij V.G. Matematicheskaya model' dlya resheniya zadach parametriceskoj i strukturnoj optimizacii sterzhnevy'x konstrukcij // Informacionny'e tehnologii v proektirovanii i proizvodstve: nauch.-tehn. zhurnal. – GUP «VIMI», 2000. – № 4. – S. 58-60.
4. Kurnosov V.E., Pokrovskij V.G. Predikatnaya algebra vy'bora v zadachax proektirovaniya nagruzhenny'x konstrukcij radioapparatury i priborov // Problemy' issledovaniya i proektirovaniya mashin: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-texniceskoj konferencii. – Penza: PDZ, 2005. – S. 23-28.
5. Pokrovskij V.G. Sistema imitacionnogo modelirovaniya sterzhnevy'x konstrukcij radioelektronny'x sredstv // Cifrovye modeli v prektirovanii i proizvodstve RE'S: trudy' universiteta. Mezhvuzovskij sbornik nauchny'x trudov / pod red. professora N.K. Yurkova. – Penza: Izd-vo PGU, 2005. – Vy'p. 12. – S. 92-101.
6. Pokrovskij V.G. Programmny'j kompleks sinteza konstrukcij na osnove e'volucionny'x diskretny'x modelej // Sovremenny'e tehnologii v mashinostroenii: sbrnik statej XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticeskoj konferencii. – Penza: Privolzhskij dom znaniy, 2008. – S. 147-151.

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАЦИОНАЛЬНОЙ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В статье представлены и обоснованы научные положения концепции построения экономико-математической модели рациональной ресурсной базы с целью повышения эффективности и качества инженерного образования. Для достижения поставленной цели необходимо разработать на основе информационно-синергетического подхода многоуровневую систему экономического мониторинга ресурсной базы; на основе диалектического и системного подходов разработать процесс формирования системы знаний, умений и навыков при использовании ресурсной базы и на основе структурирования профессиональных компетенций; разработать многофункциональную систему контроля системы знаний, умений и навыков при использовании ресурсной базы; выполнить анализ методов и подходов к моделированию ресурсной базы с целью установить метод математического моделирования.

***Ключевые слова:** инженерное образование; образовательная система, рациональная ресурсная база; структурирование компетенций; многоуровневая система экономического мониторинга; синергетика; математическое моделирование.*

ВВЕДЕНИЕ

Инженерное образование России определяет развитие современной техники и технологий, инноваций в науке и создании наукоемких производств. Инженерные ВУЗы играют все более заметную роль в разработке современных технологий и выполнении научно обоснованных технических проектов, в формировании национальных инновационных производственных систем. Все это указывает на то, что экономика страны и ее технический потенциал всецело зависят от качества инженерного образования [1].

Основой качества инженерного образования является глубокая фундаментальная подготовка и обучение на основе последних достижений науки. Императивом этих двух принципов является создание современной учебно-научно-производственной базы (ресурсной базы) обучения. Можно с уверенностью сказать, что учебно-научно-производственная база является решающим фактором обеспечения качества всего высшего технического образования [2].

Ресурсная база является важной составляющей учебно-научного потенциала ВУЗа, обуславливающая как саму возможность проведения учебных занятий и научных исследований и разработок, так и их результативность. Рост ее определяется не только размерами и структурой инвестиций, но и их использованием. Использование основных фондов в высшей школе находит свое отражение и в показателях эффективности воспроизводства высококвалифицированных специалистов и научных исследований. Взаимосвязь между показателями использования основных фондов и эффективностью воспроизводства специалистов с высшим образованием выражается в том, что с ростом фондовооруженности высшей школы совершенствуются количественная и качественная сторона воспроизводства специалистов.

Отличительной особенностью современного этапа развития ВПО является увеличение значимости практического обучения студентов и создание в связи с этим принципиально новой учебно-научно-производственной базы. В структуре профессиональных образовательных программ этот вид подготовки должен составлять не менее 50-60% от общего бюджета времени. В связи с этим ВУЗы покупают оборудование, которое обеспечивало бы соответствующий уровень подготовки специалиста; при этом увеличивается стоимость затрат и появляется возможность снижения экономической отдачи образования. Это связано еще и с тем, что стоимость оборудования год от года возрастает.

Известно два подхода к решению проблемы снижения затрат по приобретению и эксплуатации оборудования, повышения эффективности образования.

Первый подход связан с существенными изменениями в структуре ВУЗов. В последнее время в системе высшего образования страны отмечается устойчивая тенденция – непрерывно создаются новые формы интеграции образования с наукой и производством: корпоративные университеты, технопарки, инкубаторы новых технологий, инновационно-технологические центры, инновационно-промышленные комплексы и т.д.

В рамках подобных структур расширяется спектр совместно выполняемых научно-образовательно-производственных проектов, научных исследований и разработок, формируется единое образовательное пространство. Такое создание и использование развивающейся учебно-научно-производственной базы уменьшает экономический показатель – фондоотдачу, которая определяется как отношение объема основных средств к численности занятого ими персонала, стоимости научного оборудования – к численности исследователей. При этом снижаются затраты ВУЗа, повышается экономический показатель отдачи образования, т.е. повышается эффективность образования.

Несомненным достижением «политики интеграции» является синергетический эффект взаимного усиления, который проявляет себя в принципиально новом качестве интеллектуальных продуктов, создаваемых в рамках каждой из подсистем целостной системы «образование – наука – производство».

Второй подход связан с системой управления экономикой и финансами ВУЗа. Основой дальнейшей интенсификации деятельности ВУЗов и повышения ее результативности являются интенсивные факторы, связанные с перестройкой деятельности ВУЗа как хозяйствующего субъекта на основе новейших информационных, управленческих и финансовых технологий. К ним относится совершенствование хозяйственного механизма ВУЗа на основе экономических принципов и информационных технологий.

На снижение затрат обучения и успешное использование бюджетных средств направлены следующие положения экономической политики ВУЗа [3, 4]:

- постоянный финансовый анализ и контроль использования средств;
- рациональное использование материального потенциала;
- научно разработанная система бухгалтерского учёта;
- научно обоснованная эффективная система учёта затрат (на образовательную деятельность, научные исследования, административно-хозяйственное, материально-техническое и информационно-техническое обеспечение деятельности ВУЗа);
- чёткое разделение прав и ответственности по уровням управления, подразделениям и центрам ответственности;
- наличие научно обоснованных финансово-экономических инструментов;
- наличие интегрированной учетно-аналитической информационной системы ВУЗа.

Однако оба подхода, направленные на снижение затрат, связанных с приобретением и эксплуатацией оборудования, не отражают при этом изменения в качестве образования и тем более не отражают качество освоения инструментально-профессиональных компетенций на каждом этапе обучения.

Данная проблема ставит задачу разработки параметра образовательной системы, который свяжет экономические показатели (затраты на приобретение и эксплуатацию оборудования) и качество освоения инструментально-профессиональных компетенций на каждом этапе обучения и конкурентоспособности выпускника ВУЗа. Для решения задачи целесообразно разработать экономико-математическую модель рациональной ресурсной базы инженерного образования. Концептуальной основой такой модели являются научные положения, представляющие собой синтез таких наук, как информатика, философия, социология и экономика образования в условиях реформы высшего образования России, связанных с принятым курсом на присоединение к Болонскому процессу.

ОБОСНОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ КОНЦЕПЦИИ

Подписание Россией Болонского соглашения позволило реформировать все сферы образования и создать на этой основе новую модель образовательного пространства (рис. 1). Новая модель образовательной системы ВУЗа представлена как [5]:

- двухуровневая система образования;
- система зачетных единиц;
- модульная технология обучения;
- методологическая основа обучения – компетентностный подход;
- система качества образования;
- мобильность студентов, ППС, АУП.



Рисунок 1 – Структурная схема модели нового образовательного пространства России

Следствием построения такой модели являются реформы всей системы ВПО: реформы рынка труда, бюджетной и социальной сферы, административная реформа, реформа общественного сектора. Реформы ВПО оказывают существенное влияние на все сферы государства: политику, экономику, социальную сферу, культуру.

Методологической основой новой модели образования является компетентностный (системно-деятельный) подход [6]. Главная интенция компетентностного подхода – усиление практической ориентации образования. Основой компетентностной модели выпускника является перечень компетенций, сформированный на базе требований ФГОС и пожеланий работодателей и определяющий цели реализации проектируемой основной образовательной программы ВУЗа. Освоение компетенций происходит как при изучении отдельных учебных дисциплин, циклов, модулей, так и тех дидактических единиц, которые интегрируются в общепрофессиональные и специальные дисциплины. Поэтому важно структурировать каждую компетенцию и описать ее до того уровня понимания, который позволит правильно спроектировать образовательную программу или ее часть, направленную на формирование данной компетенции [7]. При этом целесообразно применить диалектический и системный подходы при формировании компетенций специалиста данного направления с учетом их структуры (табл. 1).

Таблица 1 – Структурные компоненты компетенций [8]

Описание компетенции	Название компонентов				
знания	КОГНИТИВНЫЙ				
умения, навыки, способы действия	функциональный	процессуальный	операционно-деятельный	деятельный	операционный
отношения к деятельности, ценностные ориентиры, ответственность	ценностно-этический	оценочный	ценностно-смысловой	личностный	личностный
мотивы, позиции, установки, готовность	–	мотивационно-личностный			
личностные качества, способности	–		–		

Для оценки качества освоения компетенции в процессе профессиональной подготовки на каждом этапе ее формирования (для каждой изучаемой дисциплины из учебного плана) необходимо построить соответствующий цикл качества. Важное место в обеспечении качества занимает ресурсная база, ее состояние и соответствие требованиям ФГОС [9].

В концепциях модернизации российского образования на период до 2010 года укрепление и модернизация ресурсной базы и инфраструктуры образовательных учреждений поставлены в число стратегических направлений развития профессионального образования. В решении этих вопросов ВУЗы используют принцип институциональной независимости (принцип автономии образовательного учреждения). Под автономией высшего учебного заведения понимается его самостоятельность в подборе и расстановке кадров, осуществлении учебной, научной, финансово-хозяйственной и иной деятельности, т.е. степень самоуправления, которая необходима высшему учебному заведению для эффективного принятия решения в отношении своей уставной деятельности.

Развитием двух указанных выше подходов к решению проблемы снижения затрат по приобретению и эксплуатации оборудования, повышения эффективности образования является создание рациональной учебно-научно-производственной базы обучения. Основой этой концепции является принцип автономии образовательного учреждения.

Смысл создания рациональной учебно-научно-производственной базы обучения состоит в том, что рациональность ресурсного обеспечения отражает связь качества учебно-научно-производственной базы и качества обучения, освоения компетенций [10]. Для оценки расходов ВУЗа на создание ресурсной базы разрабатывается многоуровневая система экономического мониторинга состояния и поддержки отдельно учебной, научной, производственной базы. Она объединяет экономические показатели технического и эксплуатационного состояния оборудования, а также экономические показатели образовательных услуг, установленные с учетом структурирования компетенций и количества зачетных единиц на проведение лабораторных, научных и практических работ в

соответствии с ООП ВУЗа по данному направлению. Такой экономический мониторинг позволит получить объективную оценку состояния учебно-научно-производственной базы. Качество обучения целесообразно оценить на основе многоуровневой системы контроля по освоению компетенций. При этом возникает необходимость в структурировании профессиональной компетенции, выделяя профессионально-инструментальную часть компетенции, которая отвечает за освоение практических навыков и умений при работе на учебном, научном оборудовании в лабораториях и при прохождении профессиональных практикумов.

Таким образом, рациональность – это интегрированный показатель, обусловленный принципом институциональной независимости, он определяется как отношение расходов на создание ресурсной базы к расходам, полученным по результатам успешно прошедших контрольные задания студентов в денежном выражении, с учетом расходов на одного студента. Рациональность устанавливает экономическую эффективность расходов средств федерального бюджета, выделенных на финансирование ресурсной базы ВУЗа, следовательно, и эффективность обучения по данному направлению. Следствием рассматриваемого замысла является создание инновационной системы обучения.

Разработку такого подхода целесообразно выполнять в направлении создания на основе многоуровневого экономического мониторинга и многоуровневой системы контроля, экономико-математической модели учебно-научно-производственной базы. Экономико-математическая модель рациональной учебно-научно-производственной базы создаст систему не только качественных, но и количественных показателей ее состояния, поддержки и управления.

Формирование вербальной модели системы образования позволяет выделить ее характерные особенности.

1. ВУЗ – крупная организация с большим количеством структурных подразделений и отделов (рис. 2). Этой организации присущи свойства системы: наличие составных элементов и структуры, интегративных качеств, функциональных характеристик, целостности, коммуникативных свойств, историчности и преемственности, управления. Среди перечисленных признаков выделяются те, что определяют уровень целостности (качество) системы, который зависит от: целеустремленности, т.е. связи всех элементов с целью, полноты набора компонентов, тесноты взаимосвязи и числа связей между элементами системы, полноты функционирования всех элементов системы [11].

2. Система образования обладает особенностями, которые позволяют изучать ее с позиции методологии синергетики как открытую, самоорганизующуюся, нелинейную систему, способную достигать состояния неустойчивости, обладать как источниками, так и стоками энергии, вещества, информации [12].

Ключевым понятием синергетики является понятие параметра порядка, т.е. такого параметра, который определяет поведение системы [13]. На вербальном уровне такими параметрами могут быть положения Болонского соглашения:

- 1) фундаментальность образования на основе интеграции науки и образования;
- 2) междисциплинарность образования;
- 3) непрерывность образования на основе саморазвития;
- 4) творческий характер обучения;
- 5) информатизация образования;
 - a. качество и эффективность образования.

С позиции синергетики университет как образовательное учреждение можно определить как сложный структурированный объект, обладающий границами, которые постоянно пронизываются разнонаправленными информационными потоками.

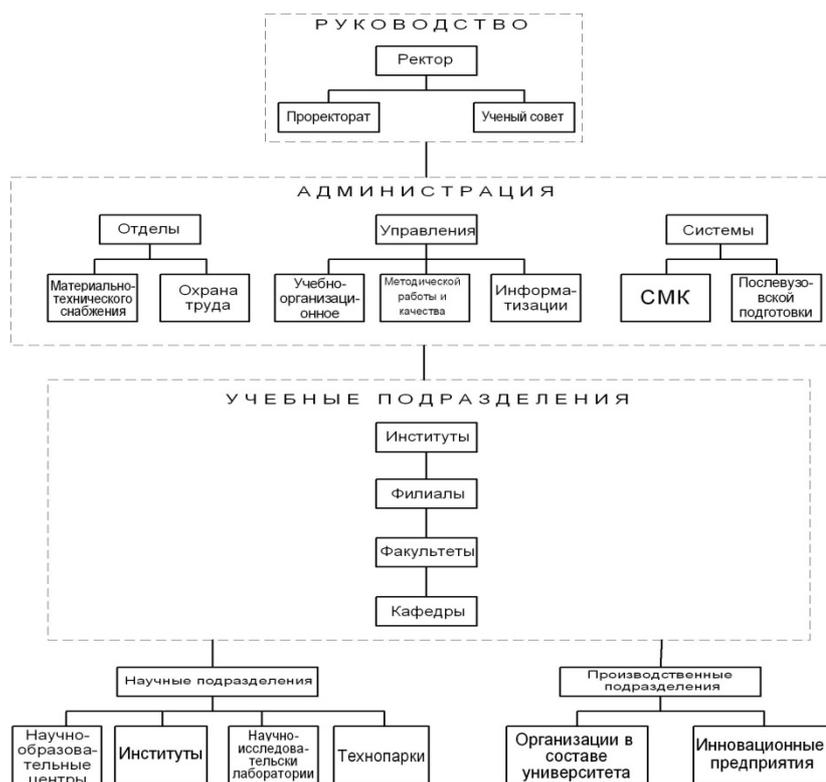


Рисунок 2 – Структура образовательной системы ВУЗа

3. Университеты призваны вырабатывать и передавать новое научное знание, то есть по своей природе они являются информационными системами. Все информационные системы имеют важнейшую характеристику – эффективность. Эффективность информационной системы, в том числе, и образовательной, определяется выбором цели и отбором средств, адекватных для ее достижения. Другими словами, эффективность образовательной системы определяется не тем, сколько информации в ней сообщается и с какой интенсивностью, а тем, насколько обучение и воспитание способствуют достижению определенных целей [17].

Вербальная модель позволяет сделать вывод о том, что для изучения образовательной системы с целью разработки экономико-математической модели учебно-научно-производственной базы целесообразно использовать информационно-синергетический подход [14]. Суть этого подхода сводится к двум положениям. Первое – информация есть многостадийный, необратимый процесс. Второе – информационные процессы являются механизмами самоорганизации сложных открытых систем.

В работах по математическому моделированию образовательная система часто представляется как совокупность множества взаимосвязанных элементов, образующих определенную целостность [15, 16, 17]. Изменение одного из компонентов влечет за собой изменение всех остальных, система разрушается. Для того, чтобы задать систему, необходимо не только выявить ее элементы, но и определить совокупность связей между ними. В данном случае все структурные компоненты такой системы находятся как в прямой, так и в обратной зависимости. При этом утверждается, что построение всеохватывающей модели такой сложной социальной системы вряд ли возможно. Вместе с тем, отдельные подсистемы и процессы возможно описать, формализовать и анализировать, используя аналитические и имитационные модели с целью прогнозирования развития, выявления связей, оценки показателей.

Можно предположить, что к таким образовательным подсистемам относится и учебно-научно-производственная база ВУЗа. Однако учитывая, что образовательная система обладает синергетическими свойствами, необходимо исследовать выделенную подсистему

на наличие бифуркаций и устойчивости равновесного состояния [18]. Вопросу стабильности (устойчивости) общества уделяется большое внимание в социологии. Так, например, Парсонс пишет, что «термин «стабильность» эквивалентен более специфическому понятию стабильного равновесия, которое в другом отнесении может быть как статичным, так и подвижным. Система стабильна или находится в относительном равновесии, если отношение между ее структурой и процессами, протекающими внутри нее, и между ней и окружением таково, что свойства и отношения оказываются неизменными» [19]. Таким образом, в соответствии с синергетическими представлениями хаос, оставаясь антиподом порядка, приобретает функцию творческого начала: он становится условием самоорганизации. Подчеркивая это парадоксальное свойство нелинейных систем, С.П. Курдюмов отмечает, что «диссипация – это не зло, не фактор разрушения, а важное свойство процессов самоорганизации», необходимое для выхода на аттрактор [20]. Под аттрактором в синергетике понимается относительно устойчивое состояние системы, которое как бы притягивает (от лат. *attrahere* – притягивать) к себе различные «траектории» развития системы. Понятие «аттрактор» близко к понятию «цель», направленность поведения нелинейной системы. Попадая в «конус» аттрактора, система неизбежно эволюционирует к этому относительно устойчивому состоянию. Аттрактором или целью для подсистемы рациональной ресурсной базы является параметры качество и эффективность образования.

Доминирующей тенденцией сегодня является взаимопроникновение всех видов моделирования, симбиоз различных информационных технологий в области моделирования, особенно для сложных приложений и комплексных проектов по моделированию [21]. Так, например, имитационное моделирование включает в себя концептуальное моделирование (на ранних этапах формирования имитационной модели); логико-математическое моделирование (включая методы искусственного интеллекта) для целей описания отдельных подсистем модели, а также в процедурах обработки и анализа результатов вычислительного эксперимента и принятия решений; технология проведения, планирования вычислительного эксперимента с соответствующими математическими методами привнесена в имитационное моделирование из физического моделирования; наконец, структурно-функциональное моделирование используется при создании стратифицированного описания многомодельных комплексов.

В сфере современных информационных технологий имитационное моделирование приобретает в мировых научных исследованиях и практической деятельности крайне весомое значение. С помощью имитационного моделирования эффективно решаются задачи самой широкой проблематики, в том числе, моделирования и прогнозирования образовательных систем.

Учитывая, что система образования состоит из большого количества подсистем и взаимосвязей между ними, перспективной исследований является формализованное описание образовательной системы на основе подсистем, определение и описание взаимосвязей между подсистемами, выявление управляющих параметров подсистемы ресурсной базы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при построении экономико-математической модели рациональной ресурсной базы инженерного образования необходимо учитывать следующие концептуальные положения:

- целью создания экономико-математической модели рациональной учебно-научно-производственной базы обучения является повышение эффективности и качества образования;
- образовательная система является синергетической системой;
- учебно-научно-производственная база является подсистемой образовательной системы, необходимо выполнять проверку ее способностей выходить на аттрактор и обладать свойствами линейности и относительной равновесностью.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- разработать на основе информационно-синергетического подхода многоуровневую систему экономического мониторинга ресурсной базы;
- на основе диалектического и системного подходов разработать процесс формирования системы знаний, умений и навыков при использовании ресурсной базы и на основе структурирования профессиональных компетенций;
- разработать многофункциональную систему контроля системы знаний, умений и навыков при использовании ресурсной базы;
- выполнить анализ методов и подходов к моделированию ресурсной базы с целью установить метод математического моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высшее образование в России. Аналитический доклад / коллектив авторов под руководством проф. В.Л. Глазычева. – [Электронный ресурс]. – URL: www.glazychev.ru/projects/obrdocl/2004- obrdocl. htm.
2. Тарасова М.А. Инженерное образование. Состояние и развитие учебно-научно-производственной базы: монография. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет–УНПК», 2013. – 227 с.
3. Мальцева Г.И. Исследование организационно-экономических моделей управления ВУЗом в условиях модернизации образования / Г.И. Мальцева, Т.Г. Уварова, К.С. Солодухин и др.; под ред. Г.И. Мальцевой. – Владивосток: Владивост. гос. ун-т экон. и сервиса, 2005. – 78 с.
4. Митина О.В. Затраты на обучение в механизме финансовой политики государственного учреждения высшего профессионального образования: дис. канд. экон. наук. Спец. 08.00.10 «Финансы, денежное обращение и кредит» // Владивосток, 2005. – 148 с.
5. Байденко В.И., Селезнева Н.А. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования нового поколения как комплексная норма качества высшего образования: общая концепция и модель. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. – 43 с.
6. Пустовой Н., Зима Е. Формирование компетенций современного инженера в условиях перехода на двухуровневую систему // Высшее образование в России, 2008. – № 10. – 3 с.
7. Алисултанова Д.Е. Компетентностный подход к инженерному образованию: монография. – Издательство «Академия Естествознания», 2010. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rae.ru/monographs/114>.
8. Афанасьева О.С. Структурные элементы компетенций в исследованиях Российских ученых. – Международная академия наук и высшего образования, 2011. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://gisap.eu/ru/node/1329>.
9. Пучков Н.П. Формирование системы обеспечения качества подготовки специалиста в условиях технического ВУЗа: 13.00.02 «Теория и методика профессионального образования»: автореферат дис. на соиск. д-ра. пед. наук. – М.: РГБ ОД, 71:04-13/159. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.disserr.com/contents/115081.html>.
10. Тарасова М.А. Экономический аспект развития учебно-научно-производственной базы инженерного образования // «Международный журнал экспериментального образования», 2012. – 17 с.
11. Шамова Т.И. Управление образовательными системами: учеб. пособие / Т.И. Шамова, Т.М. Давыденко, Г.Н. Шибанова; под ред. Т.И. Шамовой. – 3-е изд., стер. – М.: Издат. центр «Академия», 2006. – 384 с.
12. Федорова М.А. Педагогическая синергетика как основа моделирования и реализации деятельности преподавателя высшей школы: дисс. канд. пед. наук: 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования». – Ставрополь, 2004. – 169 с.
13. Солодова Е.А. Новые модели в системе образования: синергетический подход, уч. пособие / предисл. Г.Г. Малинецкого. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://spkurdyumov.narod.ru/solodova20.htm>.
14. Мелик-Гайгасян И. Моделирование образовательных систем: исследовательская программа // Высшее образование России, 2008.– № 9. – 89 с.

15. Назойкин Е.А. Мультиагентное имитационное моделирование образовательного процесса накопления знаний: дис. канд. техн. наук: 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». – Москва, 2011. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.dissercat.com>.
16. Щипанов В.В. Математическое моделирование образовательных процессов: монография / В.В. Щипанов, Ю.К. Чернова, С.А. Крылова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 101 с.
17. Меньшиков И.В. Проектирование развития образовательных систем. Синергетический подход: учебное пособие / И.В. Меньшиков, В.А. Харитонова // Институт развития образования Удмуртского государственного университета, Ижевская гимназия № 56. – Ижевск, 2003. – [Электронный ресурс]. – URL: spkurdyumov.narod.ru>62school4.htm.
18. Музыка О.А. Бифуркации в природе и обществе: естественно-научный и социосинергетический аспект // Современные наукоемкие технологии, 2011. – № 1. – С. 87-91.
19. Лаптев А.А. Математическое моделирование социальных процессов // Математические структуры и моделирование. – Омск: ОмГУ, 1999. – № 3. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.univer.omsk.su/MEP/diplap/dipl.htm>
20. Букалова Г.В. Формирование компетентности специалиста в свете философской рефлексии и синергетического подхода // Образование и общество, 2008. – № 4. – 51 с.
21. Аврашков П.П. Анализ методов и подходов к моделированию компонентов сложных организационно-технических систем / П.П. Аврашков, А.В. Коськин, С.В. Терентьев, А.И. Фролов, Р.А. Ветров // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6(68).и – С. 27-33.

Тарасова Маргарита Александровна

ФГБОУ ВПО «Государственный – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, зав. лабораторией «Новые технологии образования»

Тел.: 8 (4862) 41-98-89

E-mail: martar1@yandex.ru

Коськин Александр Васильевич

ФГБОУ ВПО «Государственный – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, директор УНИИ информационных технологий

Тел.: 8 (4862) 41-98-15

E-mail: koskin@ostu.ru

M.A. TARASOVA (*Candidate of Engineering Sciences,
Head of Laboratory of «New technology education»*)

A.V. KOSKIN (*Doctor of Engineering Science, Professor,
Director of Educational and Research Institute of Information Technology)
State University – ESPC, Orel*)

CONSTRUCTION CONCEPT ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF RATIONAL RESOURCE BASE OF ENGINEERING EDUCATION

The article presents the scientific and reasonable construction of the concept of economic and mathematical model of rational resource base of engineering education in order to improve the efficiency and quality of education. To achieve this goal it is necessary: to work on the basis of information and synergistic approach tiered economic monitoring of the resource base, and on the basis of dialectical and systematic approach to develop the process of formation of the system of knowledge and skills in the use of the resource base, and based on the structuring of professional competencies and to develop the multi-function control system systems of knowledge and skills in the use of the resource base, perform the analysis methods and approaches to the modeling of the resource base in order to establish a method of mathematical modeling;

Keywords: *engineering education; education system; rational resource base; structuring skills; multilevel system of economic monitoring; synergetics; mathematical modeling.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Vy'sshee obrazovanie v Rossii: analiticheskij doklad / kolektiv avtorov pod rukvodstvom prof. V.L. Glazy'chyova. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: www.glazychev.ru/projects/obrdocl/2004- obrdocl. htm.
2. Tarasova M.A. Inzhenernoe obrazovanie. Sostyanie i razvitie uchebno-nauchno-proizvodstvennoj bazy': monografiya. – Oryol: FGBOU VPO «Gosuniversitet–UNPK», 2013. – 227 s.
3. Mal'ceva G.I. Issledovanie organizacionno-e'konomicheskix modelej upravleniya VUZom v usloviyax modernizacii obrazovaniya / G.I. Mal'ceva, T.G. Uvarova, K.S. Soloduxin i dr.; pod red. G.I. Mal'cevoj. – Vladivostok: Vladivost. gos. un-t e'kon. i servisa, 2005. – 78 s.
4. Mitina O.V. Zatraty' na obuchenie v mexanizme finansvoj politiki gosudarstvennogo uchrezhdeniya vy'sshego professional'nogo obrazovaniya: dis. kand. e'kon. Spec. 08.00.10 «Finansy', denezhnoe obrashhenie i kredit» // Vladivostok, 2005. – 148 s.
5. Bajdenko V.I., Seleznyova N.A. Gosudarstvenny'j obrazovatel'ny'j standart vy'sshego professional'nogo obrazovaniya novogo pokoleniya kak kompleksnaya norma kachestva vy'sshego obrazovaniya: obshhaya koncepciya i model'. – M.: Issledovatel'skij centr problem kachestva podgotovki specialistov, 2005. – 43 s.
6. Pustovoj N., Zima E. Formirovanie kompetencij sovremennogo inzhenera v usloviyax perexoda na dvuxurovnevuyu sistemu // Vy'sshee obrazovanie v Rossii, 2008. – № 10. – 3 s.
7. Alisultanova D.E. Kompetentnostny'j podxod k inzhenernomu obrazovaniyu: monografiya. – Izdatel'stvo «Akademiya Estestvoznaniya», 2010. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.rae.ru/monographs/114>.
8. Afanas'eva O.S. Strukturny'e e'lementy' kompetencij v issledovaniyax Rossijskix uchyony'x. – Mezhdunarodnaya akademiya nauk i vy'sshego obrazovaniya, 2011. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://gisap.eu/ru/node/1329>.
9. Puchkov N.P. Formirovanie sistemy' obespecheniya kachestva podgotovki specialista v usloviyax texnicheskogo VUZa: 13.00.02 «Teoriya i metodika professional'nogo obrazovaniya»: avtoreferat dis. na soisk. d-ra. ped. nauk. – M.: RGB OD, 71:04-13/159. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.disserr.com/contents/115081.html>.
10. Tarasova M.A. E'konomicheskij aspekt razvitiya uchebno-nauchno-proizvodstvennoj bazy' inzhenernogo obrazovaniya // «Mezhdunarodny'j zhurnal e'ksperimental'nogo obrazovaniya», 2012. – 17 s.
11. Shamova T.I. Upravlenie obrazovatel'ny'mi sistemami: ucheb. posobie / T.I. Shamova, T.M. Davy'denko, G.N. Shibanova; pod red. T.I. Shamovoj. – 3-e izd., ster. – M.: Izdat. centr «Akademiya», 2006. – 384 s.
12. Fyodorova M.A. Pedagogicheskaya sinergetika kak osnova modelirovaniya i realizacii deyatel'nosti prepodavatelya vy'sshej shkoly': diss. kand. ped. nauk: 13.00.08 «Teoriya i metodika professional'nogo obrazovaniya». – Stavropol', 2004. – 169 s.
13. Solodova E.A. Novy'e modeli v sisteme obrazovaniya: sinergeticheskij podxod, uch. posobie / predisl. G.G. Malineckogo. – M.: Knizhy'j dom «LIBROKOM», 2012. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://spkurdyumov.narod.ru/solodova20.htm>.
14. Melik-Gajgasyan I. Modelirovanie obrazovatel'ny'x sistem: issledovatel'skaya programma // Vy'sshee obrazovanie v Rossii, 2008. – № 9. – 89 s.
15. Nazojkin E.A. Mul'tiagentnoe imitacionnoe modelirvanie obrazovatel'nogo processa nakopleniya znaniy: dis. kand. texn. nauk: 05.13.18 «Matematicheskoe modelirvanie, chislenny'e metody' i kompleksty' programm». – Moskva, 2011. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.dissercat.com>.
16. Shhipanov V.V. Matematicheskoe modelirovanie obrazovatel'ny'x processov: monografiya / V.V. Shhipanov, Yu.K. Chernova, S.A. Kry'lova. – Tol'yatti: YGU, 2005. – 101 s.
17. Men'shikov I.V. Proektirovanie razvitiya obrazovatel'ny'x sistem. Sinergeticheskij podxod: uchebnoe posobie / I.V. Men'shikov, V.A. Xaritonova // Institut razvitiya obrazovaniya Udmurtskogo gosudarstvennogo universiteta, Izhevskaya gimnaziya № 56. – Izhevsk, 2003. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://spkurdyumov.narod.ru/62school4.htm>.
18. Muzy'ka O.A. Bifurkacii v prirode i obshhestve: estestvenno-nauchny'j i sociosinergeticheskij aspekt // Sovremenny'e naukoymkie tehnologii, 2011. – № 1. – S. 87-91.
19. Laptev A.A. Matematicheskoe modelirovanie social'ny'x processov // Matematicheskie struktury' i modelirovanie. – Omsk: OmGU, 1999. – № 3. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.univer.omsk.su/MEP/diplap/dipl.htm>
20. Bukalova G.V. Formirovanie kompetentnosti specialista v svete filosofskoj refleksii i sinergeticheskogo podxoda // Obrazovanie i obshhestvo, 2008. – № 4. – 51 s.
21. Avrashkov P.P. Analiz metodov i podxodov k modelirvaniyu komponentov slozhny'x organizacionno-texnicheskix sistem / P.P. Avrashkov, A.V. Kos'kin, S.V. Terent'ev, A.I. Frolov, R.A. Vetrov // Informacionny'e sistemy' i tehnologii, 2011. – № 6(68) – S. 27-33.

ГЕНЕЗИС И ОБУСЛОВЛЕННОСТИ ВОПРОСОВ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ

Обсуждается влияние процессов образования структуры системы управления на содержательность вопросов контроля.

Ключевые слова: система; текущий контроль; контроль системы; проверка на функционирование; управление.

С одной стороны, несмотря на фундаментальность задач контроля их нельзя не относить к «ведомым» (зависимым, обусловленным, определяемым) вопросам оперативного управления (в АСУ), поскольку именно оперативное управление непосредственно направлено на достижение целевой функции системы или целевой функции той точки её структуры, в которой ведётся исследование (управление) [1]. С другой стороны, задачи контроля, учёта и планирования составляют комплекс мероприятий, обеспечивающих и способствующих эффективности оперативного управления. В связи с этим, проблематика контроля методологически и процесс организации контроля структурно (в том числе, и организационно-технически) не могут не определяться организацией процессов управления или процессов принятия управленческих решений.

Другими словами, процесс организации контроля и структурно, и организационно-технически определяется концептуальными представлениями о том, как задаётся, воспринимается или осознаётся система, как представляется порядок (способ, методика) создания (синтеза, проектирования, конструирования, организации) структуры системы управления, а также представлениями причинно-следственных связей, обуславливающих потребность в осуществлении контроля в соответствующем толковании существа самого процесса контроля.

В работе обсуждается влияние процессов образования структуры системы управления на содержательность вопросов контроля.

КЛАССИКА ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Результаты исследований определяются исходными концептуальными посылками [2], которые в данном случае имеют отношение к выражению содержательности термина «система». Семантическая нагрузка каждого «элемента» семиотического задания системы определяет не только понимание, но и возможные языковые формы, которые предопределяют практические представления о последовательности действий при организации процессов управления и контроля.

Этапные моменты в развитии представлений о системах, наращивающих (обогащающих) свою содержательность, принято излагать в следующей последовательности [3]:

а) по профессору фон Бергаланфи, система – это комплекс взаимодействующих компонент и совокупность элементов, находящихся в определённых отношениях друг с другом и со средой:

$$S \stackrel{def}{=} \langle A, R \rangle = \langle \{a_i\}, \{r_j\} \rangle, \quad (1)$$

где S – система, A – множество элементов: $A = \{a_i\}$, R – множество отношений (связей): $R = \{r_j\}$;

б) согласно энциклопедическим основам, система – это нечто составленное или соединённое из частей. При этом принимается некоторая иерархия понятий: элемент включается в компоненту, компонента – в часть или фрагмент; понятие связи относится к статике системы, то есть к её структуре, а понятие отношения характеризует некоторые действия в процессе функционирования системы (в её динамике);

в) если $A = \{a_i\}$, $B = \{b_k\}$ – различные группы (множества) однородных (в себе) элементов, $R = \{r_j\}$ – множество отношений (связей), применяемых только к элементам различных групп и не используемых внутри отдельных множеств A и B , то компоненту $\{a_i r_j b_k\}$ называют синтагмой, а систему определяют соотношениями

$$S \stackrel{def}{=} \langle A, B, R \rangle \text{ или } S \stackrel{def}{=} \langle \{a_i, r_j, b_k\} \rangle; \quad (2)$$

г) при описании системы по доктору Холлу А. в определение системы вводят дополнительно множество свойств $\{Q_A\}$ (атрибуты), уточняя тем самым не только границы элементов и особенности связей и отношений, но и косвенно характеризуя целевые возможности системы и структурные и функциональные характеристики элементов, частей и фрагментов:

$$S \stackrel{def}{=} \langle A, Q_A, R \rangle. \quad (3)$$

Профессор А.И. Уёмов трактует такое определение двояко: 1) $S \stackrel{def}{=} \langle \{a_i\} \cap \{r_j(q_j)\} \rangle$, то есть свойства характеризуют элементы, определение даёт возможность устанавливать системообразующее отношение через свойства объектов, составляющих основу (базу, композицию, состав, субстрат) системы. Отношение $\{r_j(q_j)\}$ «вырезает» из множества элементов те, которые определяются свойствами и системообразующим отношением R ; 2) $S \stackrel{def}{=} \langle \{a_i(q_i)\} \cap \{r_j\} \rangle$, то есть свойства характеризуют отношения, определение даёт возможность определять структуру системы через свойство Q , которому должно удовлетворять системообразующее отношение R . В определении системы «параметр» q_j выделяет элементы, среди которых в систему попадают только те, которые определяются системообразующим отношением R ;

д) при описании системы по профессору Ф.Е. Темникову появляется неявное указание на цель: система – это организованное множество. Такое определение системы поясняет смысловую сторону философского видения системы как совокупности элементов, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих некоторое целостное единство, что способствует формированию более полного методологического представления существа вопроса;

е) система по акад. П.К. Анохину символически представляется выражением:

$$S \stackrel{def}{=} \langle A, R, Z \rangle, \quad (4)$$

где Z – совокупность или структура целей;

ж) описание системы по профессору Ю.И. Черняку, охватывая представления системы по Эшби У.Р. и мысль Оптнера Ст.Л. о том, что система – это способ или средство решения проблемы, трактует её как некое отображение (образ) в сознании исследователя. В определение вводится наблюдатель N как лицо, представляющее объект или процесс как систему при их исследовании или принятии решения. Система рассматривается как отражение в сознании субъекта свойств объектов и их отношений:

$$S \stackrel{def}{=} \langle A, R, Z, N \rangle; \quad (5)$$

з) наиболее широким в семантическом плане определением системы стало её описание с использованием языка L наблюдателя (моделирования):

$$S \stackrel{def}{=} \langle A, R, Z, N, L \rangle. \quad (6)$$

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ

Трудно отказаться от мысли, что содержательность классических соотношений (1-6) будет значительно полнее, тем самым возможность их конструктивного использования будет существенно больше в окружении реальностей восприятия человека, участвующего, способствующего или «препятствующего» функционированию АСУ. Это связано именно с тем, что объективное представление и описание системы (вне человека) если и не бессмысленно, то, по крайней мере, бесполезно по той простой причине, что и представление, и описание, необходимые как раз именно человеку, а не некоей объективной реальности, причём для того, чтобы всё, связанное с управлением, проводилось ради человека, его интересов и представлений.

Человек воспринимает любые материальные образования и явления своей «координатной сеткой» своего пространства органов чувств (совместно с измерительными приборами и средствами технического оснащения, расширяющих эти возможности). Всё то, что имеет большие размерности (своих пространств) воспринимается человеком проекциями в это «человеческое» пространство и именно этим определяется соответствующий уровень объективности. Поэтому в этом плане, безусловно, описание системы по профессору Ю.И. Черняку (и последующие описания с использованием языка наблюдателя) – это методологически существенный шаг в представлении реальностей, хотя соответствующие семиотические выражения не совсем отражают идею системы как некоего отображения (образа) в сознании исследователя: при определении системы наблюдатель и языки вводятся как компоненты системы, в то время как всё, что связано с представлением системы, как и само представление системы, есть плод восприятия и воображения наблюдателя (концептуального), представленные в языковой форме.

Учитывая важность представления системы как элемента восприятия человеком окружающей его реальности и принимая мысль (5) профессора Ю.И. Черняка [4] как исходное методическое указание, при обсуждении представления системы будем основываться на методологических идеях инфографии профессора В.О. Чулкова [5].

Человек воспринимает и оперирует образами. Система как некая (хотя и вполне конкретная) объективная реальность воспринимается человеком как множество образов, причём в разных обстоятельствах по-разному. Этому способствуют два важных обстоятельства.

Первое – это реальность функциональной принадлежности человека. Человек из каких-то соображений (осознанно или нет) управляет своей «функциональной» принадлежностью: то он себя относит к объекту управления, то к среде, в которой развивается процесс управления, то к тому, что находится над объектом и средой, то основывается на чём-то более абстрактном. От этого меняется его роль в восприятии компонент системы управления и процесса управления. Им организуются разнообразные процессы «видения» системы (объекта): из различных «точек» среды; из различных «точек» самого объекта; из различных «точек» процессов «движения наблюдателя» в среде; из различных «точек» процессов «движения наблюдателя» в объекте; из различных «точек» среды в процессе «изменения среды» («изменения обстоятельств вокруг объекта»); из различных «точек» самого объекта в процессе «эволюции объекта» и т.д.

Термин «видение» наполняется различным содержанием от семантически насыщенной фразы естественного языка до формального толкования как некоего отношения, отображения, функции или функционала. Вопреки противоположностям или противоречиям в толковании или содержательности термина «видения», он должен быть носителем важного признака: в процессе «видения» объект «видения» (как результат этого «видения») или объект процесса «видения» должен быть узнаваем, информативен и правдоподобен. При

всем различиям и широте смыслового наполнения термина «видения», эти представления можно разбить на две группы: а) реализованный процесс «видения» предлагает (приводит) человеку цельный (законченный) образ «видения», например, анимационная картинка деления амёбы на экране электронно-лучевой трубки, рентгенограмма, кривые электрокардиограммы, тепловизионные паттерны и т.д.; б) реализованный процесс «видения» предлагает человеку «видимую» ситуацию (обстоятельства, условия), на основе которой человек самостоятельно формирует требуемый мысленный образ и при необходимости осуществляет его отчуждение предлагаемыми средствами технического оснащения (включая ЭВМ, датчики и исполнительные механизмы). Сделать это человек может сознательно или неосознанно, например, на уровне инстинктов, условных или выработанных в процессе обучения рефлексов или тренировок требуемых реакций на внешние или внутренние возмущающие воздействия, условия, состояния, ситуации, события и т.д.

Понятие «точек» среды, «точек» объекта, «точек» процессов, из которых осуществляется процедура «видения», также носит относительно-условный, временный или ситуационный характер. Оно (понятие) может выражать позицию в пространстве, состояние вещества, энергетические возможности, иметь структурную направленность и т.д. Например, осуществление моделирования кругового (трехмерного) осмотра конфигурации объекта по заданной траектории в заданной системе (пространственных) координат, наблюдение (моделирование) изменений (трехмерной) конфигурации объекта в зависимости от времени воздействия на него (моделируемой взрывной) ударной волны, наблюдение голографической картинки (моделируемого) изменения состояния вещества от (моделируемого) изменения энергетического баланса «вещество-среда» и т.д.

Целевой особенностью организуемых процессов «видения» системы (объекта) из различных «точек» является создание такого образа системы, который удовлетворит исследователя. Однако надо сказать, что «такой образ системы» во многом может определяться сиюминутными (личностными) амбициями человека, обстоятельствами исследования или текущими характеристиками локально-организованной среды. Всё это делает конечный образ «в движении», то есть найти его и задать (осуществить отчуждение, например, в лингвистической форме) означает определить некоторый ряд образов (различных результатов отчуждения), подходящих в различных условиях, удовлетворяющих различные концептуальные представления исследователя или демонстрирующих развитие понимания или собственно объекта исследования.

Второе – это реальность образного восприятия человека. Нет сомнений, что человеческое сознание не видит «сущие» (действительные) элементы, «сущие» отношения и связи в явлениях объективной реальности, то есть не «видит» элементы, из которых образуются материальные образования и всевозможные отношения, развивающиеся между элементами материального образования (объекта, процесса). Поэтому для понимания существа образа и логики обстоятельств, в отображении которых он находится, и для мысленного формирования (моделирования) различных трансформаций образа сознание осуществляет некий акт деления (образного расчленения) или детализации образа объективной реальности при его восприятии или осмысливании в зависимости от мировоззренческих возможностей исследователя. Изначальное образное расчленение и детализация могут быть различными в зависимости от обстоятельств, способностей восприятия и концептуальной приверженности наблюдателя.

Каждая детализация (разбиение) $q_i (i=1,2,\dots)$ приводит к организации ограниченного пространства $Q = Q(q_i)$ конкретных базисных образов неких элементов $\{a_j^{q_i} (j=1,2,\dots,k < \infty)\}$ и отношений (связей) $\{r_m^{q_i} (m=1,2,\dots,M < \infty)\}$ (формирующих воспринимаемый образ), прообразы которых будто бы существуют в реальности. В конкретном разбиении $q_i (i=1,2,\dots)$ объект будет иметь конкретное многообразие W^{q_i}

частей внешней среды (локально-организованных сред) $W^{q_i} = W(Q, s_n) \{n = 1, 2, \dots, N < \infty\}$, взаимодействие с которыми соответствующим множеством отношений (операций) $w_t^{q_i} \{t = 1, 2, \dots, T < \infty\}$ отразит реальности функционирующего объекта и которое образует локально-организованные среды исследуемого объекта.

В конкретной детализации (разбиении) $q_i (i = 1, 2, \dots)$ функционирующий в среде объект представится семиотической записью:

$$Q = Q(q_i) = [\{a_j^{q_i} (j = 1, 2, \dots, k < \infty)\}, \{r_m^{q_i} (m = 1, 2, \dots, M < \infty)\}],$$

$$W^{q_i} = W(Q, s_n) \{n = 1, 2, \dots, N < \infty\}, w_t^{q_i} \{t = 1, 2, \dots, T < \infty\}. \quad (7)$$

Взаимодействие объекта с частями внешней среды $W^{q_i} = W(Q, s_n) \{n = 1, 2, \dots, N < \infty\}$ соответствующим множеством отношений $w_t^{q_i} \{t = 1, 2, \dots, T < \infty\}$ может выражаться не только взаимодействием элементов объекта $\{a_j^{q_i} (j = 1, 2, \dots, k < \infty)\}$. Сюда могут включаться различные части объекта как некие композиции элементов и отношений (композиционные образы объекта), также отражающие реальности функционирующего объекта:

$$\{A_u^{q_i} (u = 1, 2, \dots, U < \infty)\} (Q = Q(q_i) \subseteq \bigcup_{u=1}^U A_u^{q_i}) : Q = Q(q_i) = [\{a_j^{q_i} (j = 1, 2, \dots, k < \infty)\},$$

$$\{r_m^{q_i} (m = 1, 2, \dots, M < \infty)\}, \{A_u^{q_i} (u = 1, 2, \dots, U < \infty)\} (Q = Q(q_i) \subseteq \bigcup_{u=1}^U A_u^{q_i}),$$

$$W^{q_i} = W(Q, s_n) \{n = 1, 2, \dots, N < \infty\}, w_t^{q_i} \{t = 1, 2, \dots, T < \infty\}. \quad (8)$$

Представления (7-8) существенно влияют и на порядок организации процессов «видения» объекта при различной функциональной принадлежности человека:

– моделирование процесса «видения» объекта с позиций каждого из $q_i (i = 1, 2, \dots)$, (9)

– моделирование процесса «видения» с позиций каждого из $\{a_j^{q_i} (j = 1, 2, \dots, k < \infty)\}$, (10)

– моделирование процесса «видения» с позиций каждого из $\{r_m^{q_i} (m = 1, 2, \dots, M < \infty)\}$, (11)

– моделирование процесса «видения» объекта с позиций каждого из $\{A_u^{q_i} (u = 1, 2, \dots, U < \infty)\}$, (12)

– моделирование процесса «видения» с позиций каждого из $W^{q_i} = W(Q, s_n) \{n = 1, 2, \dots, N < \infty\}$, (13)

– моделирование процесса «видения» объекта с позиций каждого из $\{w_t^{q_i} (t = 1, 2, \dots, T < \infty)\}$, (14)

– моделирование процесса «многомерного видения» объекта при его наблюдении с позиций различных сочетаний процессов (9-14) и т.д.

В целом, не только (7-8), но и (9-14) определяются разбиением q_i , то есть выделением неких базовых «элементарных» образов $\{a_j^{q_i} (j = 1, 2, \dots, k < \infty)\}$, представительно отображающих качества (свойства, характеристики, особенности) исследуемого объекта (с

позиций наблюдателя) и определяющих содержательность (7) и (8). Вряд ли удастся установить правила построения или выбора базовых «элементарных» образов ввиду возможных различий концептуальных представлений наблюдателя (исследователя). К их очевидным и наиболее общим характеристикам можно отнести следующие:

– целевая направленность (конкретность) образа. Какими бы различными (элементарными или композиционными) образы одного и того же объекта или процесса ни были, какими бы модальностями и критериями качества они бы ни оценивались, эти образы есть воспринимаемые характеристики, особенности или качества наблюдаемого объекта, то существенное, что своим информационно-энергетическим воздействием на наблюдателя вызвало фиксирование и формирование соответствующего образа в сознании (или подсознании). Образ должен быть узнаваем, информативен и правдоподобен с позиций наблюдателя;

– ограниченность образа. Трудно сомневаться в ограниченности любого мысленного образа, включая «элементарный» образ, хотя бы в силу ограниченности человеческих ощущений: они не могут охватить безграничность и бесконечность, они охватывают то, что находится в границах взаимодействия с ними;

– информационно-энергетическое единство образа самого в себе, образа с объектом, образа с другими образами того же объекта в соответствующем информационно-энергетическом процессе (ИЭП). ИЭП, безусловно, присущ: а) процессам взаимодействия объективной реальности с человеком (если выделить из природы человека как наблюдателя); б) «виртуальной анимации различных образов объекта» в сознании (воображаемые процессы) или подсознании (процессы сновидения); в) динамике выражения информационно-энергетического единства объекта как его организованной (жизнеутверждающей и жизнеорганизующей) энергии. Вероятно, именно ИЭП обуславливает цельность образа в его единстве с объектом [5].

Итак, ввиду многообразия обстоятельств и способностей восприятия существует множество возможных целостных образов (7) или (8) на основе конкретной детализации и соответствующих целостных процессов моделирования каждой отдельной объективной реальности (отдельного материального образования или соответствующего информационно-энергетического процесса). Поэтому уже только от этой множественности образов представление системы вряд ли может ограничиться только одним из соотношений (1-6). Любая система выступает как «множество» (скорее всего, несчётное множество), такое, как (1-6).

Явление (объект, предмет, процесс) воспринимается (человеком) своим вещественно-энергетически-организационным воздействием на человека. Это воздействие не может исходить только от самого явления, равно как и только от его (локально-организованной) среды. Это воздействие есть воздействие от взаимодействующей «системы» явление – его локально-организованная среда (ЛОС). У человека, воспринимающего явление (объект), принципиально формируется не образ самого явления (объекта), а образ композиции или образ смеси (ОК) явления с его различными (локально-организованными) средами в зависимости от конкретных обстоятельств. В различных условиях содержательность ОК как воспринимаемого образа объекта может относиться к разным композициям: «элемент – среда», «часть (объекта) – среда», «объект – среда», «отношение (связь) – среда», «структура (объекта) – среда», «отношение над отношениями – среда», «отношение над частями (объекта) – среда» и т.п. Воспринимая и осмысливая образ композиции под воздействием целенаправленных факторов человек отчуждает (воплощает, моделирует) образы в реальные предметы (объекты) и возвращает отчужденную материальность в виде новых образов, которые он соотносит со всем многообразием уже имеющихся у него образов, что и является исходным (духовным) материалом для его умозаключений. По этим воспринятым или многократно трансформируемым образам исследователем воссоздаётся структура реального объекта и всё, что связано с его функционированием.

Учитывая при этом, что принципиально отсутствуют критерии установления границ (функциональных) между явлением (объектом) и его локально-организованной средой и критерии оценки полноты знаний о том, что определяет содержание собственно явления (объекта) и содержание его локально-организованной среды, можно сделать следующие важные заключения.

Во-первых, всевозможные отношения (связи) объекта со средой являются не столько негативными, сколько структурообразующими отношениями, поскольку именно эти факторы формируют образы явления (объекта) у человека.

Во-вторых, не обязательно дискриминировать зафиксированные (или воссозданные) отношения или «элементы» на их принадлежность объекту или его локально-организованной среде, хотя бы потому, что и сам процесс, и его результаты могут иметь такую же сложность, как и процесс восприятия образа явления.

В-третьих, отсутствие или присутствие признаков в воспринятых образах не означает их реального наличия или отсутствия в объекте. Несмотря на возможности различных трактовок этого момента, очевидна важность принятия равнозначности всех зафиксированных (или воссозданных) отношений или «элементов» в их влиянии на качество жизнедеятельности (функционирования) объекта.

В-четвёртых, воспринимая, осмысливая, отчуждая образы и возвращая образы отчуждённой материальности человек регулирует процесс восприятия композиций для их дальнейшего осмысления.

В процессе регулирования выстраивается ряд ОК, формирующий образ объекта и агрегирующий (наращивающий) его исходное представление теми образами или их фрагментами (совокупностью «рваных» частей), которые соотносятся с целеположением человека. Человек вводит в образ то, на что он нацеливается в своих побуждениях. Он организует процессы «видения» изменяющихся образов, процессы преобразования визуализированных образов в конкретной технической среде средств управления. По существу, многообразие целей находит своё выражение в процессе формирования образа объекта, а затем в процессе отчуждения и формирования структуры объекта.

Таким образом, немного обобщая, можно сказать, что система (для исследователя) – это, во-первых, отчуждение различных образов из их некоторого ряда образов; во-вторых, это отчуждение процесса преобразования образов, в-третьих, это отчуждение некоторого начального разбиения образов и выбранного (установленного) способа трансформации образов для достижения целей и системы, и исследователя. Великий Цвикки Ф. [6] отмечал, что для решения поставленной проблемы система непременно должна представляться различными способами и исследоваться в различных аспектах. Учитывая то, что по самому существу инфографического подхода [5] проектирование – это организация процесса «видения» изменяющихся образов и отношений в соответствующих процессах отчуждения в конкретной технической среде средств управления или проектирование, это процессы преобразования визуализированных образов, можно сказать, что само представление (определение, задание) системы – это выражение процесса проектирования (формирования) структуры требуемой целевой содержательности.

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ

Объект управления – это материальное образование, которое можно характеризовать тремя составляющими: веществом (субстанцией), энергией и организацией (ВЭО). Исходя из понимаемой основополагаемости этих составляющих объекта, можно говорить о принципиальных возможностях воздействия (управления и контроля) на вещественное содержание объекта (его субстанцию), энергетическое содержание объекта и о принципиальных возможностях воздействия на организацию (структурно-информационную компоненту) объекта. Несомненно, эти составляющие неразрывны, органически связаны и взаимообусловлены. Воздействия, адресованные одной составляющей, повлияют в определенной мере и на другие. Возможно, не всегда можно говорить об управлении или в

основном вещественной, или в основном энергетической, или в основном организационной составляющими. Возможно, в реальном управлении иногда более подходят сложные составляющие, такие, как «вещество – энергия», «энергия – организация», «энергия – организация – вещество» и т.д. Но в каждом конкретном контексте аббревиатуру ВЭО можно наделить содержательностью, соответствующей пониманию реальных обстоятельств. Детализация ВЭО составляющих позволяет наметить некий «кирпичик» объекта как элементарную структурную единицу объекта, с которого может начинаться процесс восприятия и представления структуры объекта и процесс управления.

При классификации по масштабу управляемой системы различают два типа управляемых систем: малые и большие. Многообразие определений большой системы может быть сведено к энциклопедической формулировке: система, описание которой не сводится к описанию одного ее элемента с указанием общего числа таких элементов, называется большой или сложной системой [7]. Поскольку приведенное определение не совсем удобно для использования, обычно пользуются практическими признаками, основанными на оценке сложности системы [2], например, определяя её суммой S числа параметров, характеризующих состояния всех элементов системы, числа связей между элементами и числа типов элементов системы. На практике к большим системам относят системы, у которых S превосходит значения 10000-1000000. Считают, что традиционная методология управления (классическая теория автоматического управления) характерна управлению малыми системами [8].

В классификации по масштабу управляемой системы интересны следующие моменты. Во-первых, в ее основе лежат такие понятия, как элемент, состояния элементов, связи между элементами. Во-вторых, несводимость описания системы к описанию элемента в силу относительности деления на элементы означает, что переход от любой составной части к целому идет с появлением новых качеств, с вовлечением неких новых возможностей. Справедливо и обратное: переход от любой более крупной части объекта к более мелкой влечет потерю определенных качеств (способностей) системы. Эти моменты дают основания представлять ВЭО объекта в формальном (и физическом) плане в виде совокупности различных наборов взаимодействующих элементов. При таком взгляде может быть выбрано поле элементов объекта управления, в котором каждый элемент может подвергнуться испытанию стать элементарной структурной единицей управляемого объекта.

При классификации по характеру функционирования управляющих систем функционирование связывается с целями и критериями задачи управления. Возможно использование нескольких видов такой связи. Непосредственное отражение критерия в характер функционирования наиболее показательно при делении: а) на системы авторегулирования, в которых формируются воздействия для поддержания определенных уровней некоторых целевых параметров; б) на оптимальные и экстремальные системы, предназначенные для поиска и поддержания оптимального управляющего воздействия, гарантирующего функционирование объекта управления при экстремальном значении критерия; в) на адаптивные системы, осуществляющие управление при недостаточно точном описании объекта управления, не конкретизированном критерии или критерии, имеющем вид функциональной зависимости. Эта классификация показывает зависимость задач управления от более общих задач функционирования объектов (систем). Формально эта зависимость представляется в виде связи и взаимообусловленности постановки задачи и метода решения. Фактически она определяется существенностью отношений более высокого порядка, чем «элемент – элемент», таких, как «часть объекта – часть объекта», «часть объекта – объект», «объект – элемент», «часть объекта – элемент» в самом процессе управления. В этом плане в роли кирпичиков ВЭО объекта (элементарных структурных единиц управляемого объекта) могут выступать отношения высоких порядков, на которых может образовываться или развиваться непосредственно процесс управления.

Классификация по методологическим признакам возникла ввиду того, что при решении многих задач оказывается полезным признак наличия алгоритма управления.

Задачи, в которых такой алгоритм определен, решаются традиционными способами. Справедливо и обратное. Доказано, что отсутствие алгоритма является существенной характеристикой управления большими системами [8, 9]. Иногда алгоритм управления формулируется неполно, тогда он может быть важной характеристикой адаптивного управления. Поскольку реальные технологические объекты (процессы) являются носителями свойств больших (сложных) систем, то класс задач, для которых алгоритм управления отсутствует, представляет особый интерес для всей практики управления.

Пусть система представляет собой взаимодействие двух объектов, адекватно описываемое языком L . Тогда любые отношения в системе, включая отношения соподчинения (управления) между объектами, будут адекватно выражаться на языке L или ему подобном. Если язык L не сводим к алгоритмическим языкам, то желание получить алгоритм управления может остаться нереализованным. Но это не означает невозможности организации требуемого процесса управления. Чем больше языки охватывают (имеют средства выражения) отношения типа «объект – среда», «часть объекта – среда», «элемент – среда», «структура – среда», тем они более полезны и применимы как языки, отражающие реальные процессы в сложных системах [10]. Свойства языка выражать отношения внутри объекта, отражать реальные процессы функционирования и управления ставят его в особое положение при попытке детализации ВЭО составляющих объекта. Именно язык связывает все составляющие объекта в одно целое, осуществляет информационно-энергетическое взаимодействие объекта с внешним миром, отражает обменные энергетические процессы в объекте и его внутреннее функционирование. С большой долей уверенности можно говорить, что язык и его имитация – это база для построения информационно-энергетической модели объекта.

В целом, оценки позволяют выделить следующий базовый набор характеристик объекта, который может представлять любую его ВЭО компоненту: 1) элементная база, то есть то, из чего образован (составлен, сформирован, изготовлен) объект; 2) внутренние взаимоотношения объекта (состояния элементов, отношения между элементами, включая «элемент – часть», «элемент – целое», «элемент – структура», «часть – часть», «часть – целое»); 3) внешние взаимоотношения («объект – среда», «часть – среда», «элемент – среда», «структура – среда» и т.д.); 4) взаимоотношения различных типов отношений; 5) язык имитации целостности (функционирования) объекта; 6) язык, отражающий информационно-энергетическое взаимодействие объекта с внешним миром; 7) виды энергий, развивающиеся внутри объекта и взаимодействующие с внешним миром в определенном функциональном или языковом представлении; 8) закономерности функционирования объекта в лингвистическом выражении; 9) законы развития объекта в соответствующей языковой трактовке; 10) условия, при которых реализуются законы развития и функционирования.

Есть некоторые основания полагать, что отмеченный набор позволяет представить границы единичных и особенных свойств любого инженерного объекта. Поэтому он может быть выбран в качестве основы при построении моделей объекта управления. Тогда в качестве элементарных структурных единиц объекта может быть выбрана как любая характеристика из предложенного базового набора объекта, так и любая «композиция» этих характеристик, а на них уже будет организовано соответствующее управление. Нетрудно заметить, что различные формализации отдельных элементарных единиц объекта (различная степень детализации и разбиения объекта на части) определяют различные границы объекта управления и зададут множественность его представления. Это также обуславливает многообразие процессов управления объектом даже для одной цели и одного критерия оценки качества функционирования.

Очевидно, что синтез структуры системы управления объектом может проводиться по-разному в зависимости от выбранной элементарной структурной единицы объекта. Простейший порядок формирования структуры может относиться к случаю, когда изначально технически не существует управляющее устройство, а базовый набор образован элементной базой (ЭБ); внутренними (ВО) и внешними (ВВ) взаимоотношениями, а также

взаимоотношениями (ОО) различных типов отношений (отношения над отношениями). Будем исходить из того, что система управления организуется для того, чтобы объект управления обладал определённым набором требуемых качеств (свойств, целевых функций).

Если необходимо обеспечить объект управления наличием определенного свойства (качества), то надо осуществить управление и контроль за каждым «отношением» (элементарной структурной единицей) объекта, которое участвует в формировании этого качества. Управление и контроль каждой требуемой элементарной структурной единицы объекта управления – это необходимый обмен воздействиями с конкретной элементарной структурной единицей, это вещественный, энергетический и информационный обмен с нею, реализованный в виде замкнутого контура управления. Учитывая, что целевые функции системы управления отображаются (выражаются) соответствующими множествами свойств и качеств этой системы, механизм структурообразования представляется процедурой организации контуров управления на соответствующей совокупности элементарных структурных единиц («отношений», участвующих в формировании соответствующих качеств системы). Основываясь на том, что в формировании требуемого качества (свойства) объекта принципиально участвует ограниченное и конечное множество элементарных структурных единиц объекта управления, можно сформулировать тривиальный «механизм» структурообразования системы управления [11].

Во-первых, в управляемом объекте выделяется множество «элементов» ЭБ. Смысловая нагрузка (интерпретация) каждого элемента должна соответствовать или вносить вклад в общую содержательность намеченных качеств (целевой функции) объекта. На множестве выделенных элементов формулируются (устанавливаются, уточняются, фиксируются) требуемые (имеющие место) «отношения» (ВО, ВВ, ОО), соответствующие выделенным элементам, таким образом задаётся соответствующая начальная (текущая) структура объекта, то есть отчуждённый текущий образ объекта. Изменение ЭБ ведёт к изменениям всей совокупности «отношений» {ВО, ВВ, ОО} и к новому представлению объекта (новому отчуждённому образу). При этом наборы регулируемых параметров, управляющих воздействий и комплект технических средств управления в каждом случае будут различными, то есть различным образом объект будут соответствовать различные представления структуры и затем созданные системы управления.

На этом начальном этапе возникает потребность создания моделей различных частей объекта управления (соответственно, и необходимость процесса моделирования) для установления (уточнения) свойств (качеств, функций), обеспечивающихся границами выбранных элементов объекта управления, или для определения их вклада в формирование намеченных качеств (свойств, целевых функций) системы. Другими словами, начальный этап определяет «начальную» проблему контроля: при любых заданных «элементах» объекта управления должна быть обеспечена текущая проверка их функционирования на соответствие тому, что гарантирует достижение требуемых качеств системы.

Во-вторых, выделяются части или фрагменты (совокупности различных частей) структуры объекта, на которых могут быть организованы замкнутые контуры управления сообразно с мыслимой организацией объекта управления и содержательностью намеченных качеств (целевой функции) системы управления. Идеальным вариантом будет выбор таких «элементов», которые обеспечивают требуемый набор качеств системы (отрабатывают его целевую функцию) в своём «естественном» взаимодействии.

Для этих целей можно использовать наиболее простую идею соответствия (морфизма) однотипных (одноименных) характеристик базовых наборов объекта управления и управляющего устройства, связывая в данном случае элементные базы соответствием через элементарную единицу системы (процесса) управления – его замкнутый контур (управления). Так, если $\{a_j^{qi} (j = 1, 2, \dots, k < \infty)\}$ – элементная база объекта, $\{b_{j,r}^{qi} (j = 1, 2, \dots, k < \infty; r \in N)\}$ – часть элементной базы устройства управления, то

соответствие элементных баз может означать образование замкнутых контуров управления $\{a_1^{q_i} - b_{1r}^{q_i}\}, \{a_2^{q_i} - b_{2r}^{q_i}\}, \dots, \{a_k^{q_i} - b_{kr}^{q_i}\}$.

При этом целевым назначением каждого контура управления (соответственно элементов из $\{b_{j,r}^{q_i} (j=1,2,\dots,k < \infty; r \in N)\}$) будет обеспечение исполнения каждым из $\{a_j^{q_i} (j=1,2,\dots,k < \infty)\}$ требуемого качества (свойства) объекта управления (в соответствующей локально-организованной среде) при их «естественном» взаимодействии между собой.

Использование морфизма однотипных (одноименных) характеристик базовых наборов объекта управления и управляющего устройства на уровне связывания их внутренних взаимоотношений ведёт к организации замкнутых контуров над отношениями элементов в сформированных контурах элементной базы. Так, если выделенные на начальном этапе элементы $\{a_j^{q_i} (j=1,2,\dots,k < \infty)\}$ находятся во внутренних взаимоотношениях $\{R_{j_m, j_n}^{q_i} (j_m, j_n = 1, 2, \dots, k)\}$ и эти ВО также влияют или обуславливают некоторые требуемые качества объекта, то после организации контуров управления на элементной базе в системе представляется возможность формирования контуров управления на внутренних отношениях.

Здесь целевым назначением каждого контура управления, образованного на отношениях $(b_{i1,r}^{q_i} b_{i2,r}^{q_i} b_{i3,r}^{q_i} b_{i4,r}^{q_i}, \dots, b_{k-1,r}^{q_i} b_{i4,r}^{q_i})$, будет обеспечение исполнения каждым из $\{R_{j_m, j_n}^{q_i} (j_m, j_n = 1, 2, \dots, k)\}$ изначально требуемого соответствующего качества (свойства) системы (объекта) управления.

На этом этапе проявляется необходимость создания моделей различных частей управляющего устройства (и необходимость процесса моделирования) для установления возможностей отработки целевых назначений каждого контура управления. То есть здесь выделяется следующая группа вопросов контроля: при любых заданных «элементах» объекта управления должна быть обеспечена текущая проверка функционирования не только всех технических средств управления из совокупности $\{b_{j,r}^{q_i} (j=1,2,\dots,k < \infty; r \in N)\}$ на их соответствие некоему требуемому «стандарту», гарантирующему требуемое функционирование контура управления, но и текущая проверка функционирования всех организованных частей и фрагментов структуры управления, например, таких, как $(b_{i1,r}^{q_i}$

$b_{i2,r}^{q_i} b_{i3,r}^{q_i} b_{i4,r}^{q_i}, \dots, b_{k-1,r}^{q_i} b_{i4,r}^{q_i})$.

В-третьих, выделяются те (действующие или планируемые) части или фрагменты (совокупности различных частей) структуры устройства управления, которые должны взаимодействовать с человеком как с ведущим звеном, осуществляющим анализ обстоятельств и принимающим решения, а затем организующим и запускающим процессы управления. Это принципиальный момент реализации, с одной стороны, автоматизированного управления (в частности, в АСУ [12]), с другой – сочленения автоматических структур управления с человеком (например, как в робототехнике [13]). Это касается возможностей автоматизации (управления) элементной базы $\{a_j^{q_i} (j=1,2,\dots,k < \infty)\}$ и внутренних взаимоотношений $\{R_{j_m, j_n}^{q_i} (j_m, j_n = 1, 2, \dots, k)\}$, не все из которых могут быть предметом формализации и допускать управление (автоматическую реализацию) в

замкнутых (технических) контурах управления: возникают реальные потребности в организации диалоговых контуров управления (рис. 1).

В таких условиях появляется необходимость: а) создания моделей (способа, формата, протокола) различного (интерактивного) участия человека в процессах управления, в частности, создания информационных технологий и соответствующего (интеллектуального) интерфейса; б) процесса моделирования уровня профессиональной пригодности человека. В связи с этим выделяется особая группа вопросов контроля по обеспечению текущей (систематической) проверки готовности человека для функционирования в тех точках структуры системы, в которых предусмотрена интерактивность, или проверки деятельности персонала на соответствие определённым нормативам (в простейшем случае должностной инструкции, тесту, результатам работы за определённый период и пр.).

В-четвёртых, выделяются части или фрагменты совместной «структуры» объекта управления и его локально-организованной среды. Как отмечалось, отношения (связи) объекта со средой относятся к структурообразующим отношениям, поэтому контурам управления «элементами» и «частями» локально-организованной среды должна быть отведена соответствующая роль.

Очевидной особенностью организации замкнутых контуров управления на локально-организованную среду является то, что изначально их потребность может быть не прогнозируемой и не планируемой ввиду непрогнозируемости проявления среды. И это может зависеть не только от самой среды, но и от установленного (спроектированного, заданного, определённого) функционирования объекта в среде. Человек-создатель (проектировщик) регулирует процесс восприятия композиций для их дальнейшего осмысления. Объект может «провоцировать» различные проявления среды, которые, в свою очередь, могут требовать реализации (создания) тех или иных контуров управления соответствующей локально-организованной средой (ЛОС). ЛОС – всё то, что способствует или препятствует «нормальному» (требуемому, целесообразному) функционированию системы. «Способствование» или препятствование – это то, что возникает уже в организованном процессе, что не обусловлено организацией процессов управления, то, что только сопутствует с возможностью проявиться или отсутствовать в конкретных средах.

Реальные структуры систем автоматического управления, как правило, ориентированы и на отдельные элементы локально-организованной среды [14, 15], поэтому в таких условиях появляется необходимость: а) создания моделей различных «элементов» локально-организованной среды; б) процесса моделирования адекватных контуров управления локально-организованной средой. Это делает актуальными вопросы обеспечения текущей проверки состояния локально-организованной среды и оценки адекватности выбора требуемых текущими обстоятельствами (состоянием ЛОС) контуров управления средой.

Установление соответствия внешних отношений и взаимоотношений различных типов отношений имеет интересную особенность: часть элементной базы управляющего устройства может замыкаться на внешнюю среду посредством диалоговых контуров управления. Морфизм элементных баз может не исчерпываться элементами, внутренними взаимоотношениями, внешними взаимоотношениями и взаимоотношениями различных типов отношений. Возможна и более сложная иерархия морфизма, заключающаяся, например, в образовании замкнутых контуров между структурными композициями элементов управляющего устройства и объекта управления. При этом существенным является достижение соответствия: отношению в управляемом объекте соответствует символ (элемент, контур) в устройстве управления, отношению высокого порядка (взаимоотношение различных типов отношений) – тоже символ, но как композиция (иерархия) элементов (контуров) управления.

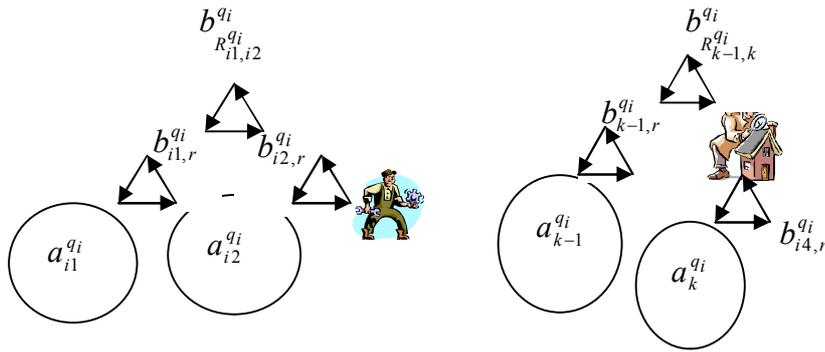


Рисунок 1– Фрагмент общей структуры управления, включающей диалоговые контуры

Пример синтеза тривиальной иерархии структур управления может быть выражен последовательностью:

- система управления как набор контуров управления над каждым элементом объекта управления;
- система управления как набор контуров управления над каждым элементом объекта управления и контуров управления над каждым отношением между элементами объекта управления;
- система управления как набор контуров управления над каждым элементом объекта управления, контуров управления над каждым отношением между элементами объекта управления и контуров управления над существующими контурами управления (контроль отношений над отношениями) и т.д.

Надо заметить, что при многоярусной системе управления в каждом ярусе возможны различные элементарные структурные единицы объекта управления. Можно дополнительно подчеркнуть, что цели функционирования создаваемой системы и участвующего в ней человека сам человек воплощает (реализует) в том, какие контуры управления (на каких «элементах», частях, фрагментах, отношениях какого порядка) он организует при синтезе ив самой структуре системы. Например, при цели автоматизации универсального (управляемого вручную) технологического оборудования в качестве элементарных структурных единиц объекта управления могут быть выбраны электропривод (электродвигатели) и электроавтоматика (пускатели, реле, концевики и пр.) и образованы различные двух- и трёхярусные структуры систем управления.

ВЫВОДЫ

Задание системы процессами формирования её структуры позволяет сформулировать следующие основополагающие вопросы и соответствующие им процессы контроля:

1. При любых заданных (выбранных) «элементах» объекта управления должна быть обеспечена текущая проверка их функционирования на соответствие тому, что гарантирует достижение требуемых качеств системы. Другими словами, в основе организуемых процессов контроля лежат процессы контроля функционирования объекта управления.
2. При любых заданных «элементах» объекта управления должна быть обеспечена текущая проверка функционирования не только используемых технических средств управления на их соответствие некоему требуемому «стандарту», гарантирующему требуемое функционирование организованных контуров управления, но и текущая проверка функционирования всех организованных частей и фрагментов структуры системы управления.
3. При любой конфигурации структуры системы управления должна быть обеспечена текущая проверка готовности персонала к его (текущей) деятельности в установленных

точках интерактивного взаимодействия или проверка деятельности персонала на соответствие нормативам, адекватным этой точке структуры системы управления.

4. В системе должна быть обеспечена текущая проверка состояния локально-организованной среды и оценка адекватности выбора требуемых текущими обстоятельствами контуров управления средой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раков В.И. О структурном контроле технических средств управления // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2005. – № 12. – С. 40-47.
2. Автономов В.Н. Создание современной техники. Основы теории и практики. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
3. Системный анализ в экономике и организации производства / С.А. Валуев, В.Н. Волкова, А.П. Градов и др.: под общей ред. С.А. Валуева, В.Н. Волковой. – Л.: Политехника, 1991. – 398 с.
4. Черняк Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой. – М.: Экономика, 1975. – 191 с.
5. Чулков В.О., Чулков Г.О. Системотехника и системология инфографии. – М.: Международный Межакадемический Союз, 1999. – Ч. 1. – 108 с.
6. Zwicky F. Morphology of Justice in The Space Age and The Boundaries at Outer Space//Automatica Asta, 1969. – № 14. – P. 615-626.
7. Большая Советская Энциклопедия. – М.: СЭ, 1973. – Т. 12. – 623 с.
8. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. – М.: Энергия, 1974. – 136 с.
9. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
10. Неумолотов О.Б., Воропаева И.В., Стогней В.Г. Системный подход проектирования технических систем // Системные проблемы качества математического моделирования информационных, электронных и лазерных технологий. Материалы Международной конференции и Российской научной школы, Москва-Воронеж-Сочи, 2002. – М.: Радио и связь, 2002. – С. 110-115.
11. Раков В.И. МикроСАУ: заметка о структурном подходе к проектированию средств управления // Современ. проблемы строит. материаловедения. Матер. пятых академ. чт. РААСН. Воронежская гос. архитектур.-строит. акад. – Воронеж: ВГАСА, 1999. – С. 363-368.
12. Диалоговые системы в АСУ / под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
13. Gillespie R. Brent, Colgate J. Edward, Peshkin Michael A. A general framework for cobot control // IEEE Trans. Rob. and Autom., 2001. – № 4. – P. 391-401.
14. Namiki Akio, Komuro Takashi, Ishikawa Masatoshi. High-speed sensory-motor fusion based on dynamics matching // Proc.IEEE, 2002. – №7. – P. 1178-1187.
15. Nehmzow U. Quantitative analysis of robot-environment interaction-towards «scientific mobile robotics» // Rob. And Autom. Syst., 2003. – № 1. – P. 55-68.

Раков Владимир Иванович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы»

Тел.: 8 (4862) 76-19-10

E-mail: rakov2010vi@mail.ru

V.I. RAKOV (*Candidate of Engineering Sciences, Professor of Department «Information Systems»
State University – Espc, Orel*)

GENESIS AND CONDITIONALITY OF QUESTIONS OF THE CONTROL OF MEANS OF MANAGEMENT

Influence of processes of formation of structure of a control system on formation of questions of the control is discussed.

Keywords: *system; current check; system check; functional check-out; control (controlling).*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Rakov V.I. O strukturnom kontrole texnicheskix sredstv upravleniya // Pribory' i sistemy'. Upravlenie, kontrol', diagnostika, 2005. – № 12. – S. 40-47.
 2. Avtnomov V.N. Sozdanie sovremennoj texniki. Osnovy' teorii i praktiki. – M.: Mashinstroenie, 1991. – 304 s.
 3. Sistemny'j analiz v e'konomike i organizacii proizvodstva / S.A. Valuev, V.N. Volkova, A.P. Gradov i dr.: pod obshhej red. S.A. Valueva, V.N. Volkovoj. – L.: Politehnika, 1991. – 398 s.
 4. Chernyak Yu.I. Sistemny'j analiz v upravlenii e'konomikoj. – M.: E'konomika, 1975. – 191 s.
 5. Chulkov V.O., Chulkov G.O. Sistemotexnika i sistemologiya infografii. – M.: Mezhdunarodny'j Mezhakademicheskij Soyuz, 1999. – Ch. 1. – 108 s.
 6. Zwicky F. Morphology of Justice in The Space Age and The Boundaries at Outer Space//Automatica Asta, 1969. – № 14. – P. 615-626.
 7. Bol'shaya Sovetskaya E'nciklopediya. – M.: SE', 1973. – T. 12. – 623 s.
 8. Kly'kov Yu.I. Situacionnoe upravlenie bol'shimi sistemami. – M.: E'nergiya, 1974. – 136 s.
 9. Pospelov D.A. Situacionnoe upravlenie: teoriya i praktika. – M.: Nauka, 1986. – 288 s.
 10. Neumolotov O.B., Voropaeva I.V., Stognej V.G. Sistemny'j podxod proektirvaniya texnicheskix sistem // Sistemny'e problemy' kachestva matematicheskogo modelirovaniya informacionny'x, e'lektronny'x i lazerny'x texnologij. Materialy' Mezhdunarodnoj konferencii i Rossijskoj nauchnoj shkoly', Moskva-Voronezh-Sochi, 2002. – M.: Radio i svyaz', 2002. – S. 110-115.
 11. Rakov V.I. MikrSAU: zametka o strukturnom podxode k proektirovaniyu sredstv upravleniya // Sovremen. problemy' stroit. materialovedeniya. Mater. pyaty'x akadem. cht. RAASN. Voronezhskaya gos. arxitekt.-stroit. akad. – Voronezh: VGASA, 1999. – S. 363-368.
 12. Dialogovy'e sistemy' v ASU / pod red. D.A. Pospelova. – M.: E'nergoatomizdat, 1983. – 208 s.
 13. Gillespie R. Brent, Colgate J. Edward, Peshkin Michael A. A general framework for cobot control // IEEE Trans.Rob. and Autom., 2001. – № 4. – P. 391-401.
 14. Namiki Akio, Komuro Takashi, Ishikawa Masatoshi. High-speed sensory-motor fusion based on dynamics matching // P roc. IEEE, 2002. – №7. – P. 1178-1187.
 15. Nehmzow U. Quantitative analysis of robot-environment interaction-towards «scientific mobile robotics» // Rob. And Autom. Syst., 2003. – № 1. – P. 55-68.
-

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ УЧРЕЖДЕНИЕМ

В данной статье проводится исследование модели многокомпонентной информационной среды (МИС) управления образовательным учреждением. В общем виде формулируется задача оценки эффективности функционирования МИС, которая далее сводится к задаче математического программирования. Для постановки оптимизационной задачи используются методы моделирования производственных и экономических систем. Вводятся аналоги таких понятий, как факторы и продукт производства, определяется критерий эффективности.

Ключевые слова: образовательное учреждение; автоматизированная информационная система; интеграция информации; сервис-ориентированная архитектура (СОА); сервисная шина предприятия; системы планирования ресурсов предприятия; корпоративные информационные системы; оценка эффективности информационных технологий и систем; документ; математическая модель; методы оптимизации; математическое программирование; производственная функция Кобба-Дугласа.

В настоящее время для создания эффективной системы управления во многих образовательных учреждениях (ОУ) широко используются автоматизированные информационные системы. В каждом ВУЗе применяются различные подходы к построению единой информационной среды. Это обусловлено, прежде всего, интенсивным развитием современных информационных технологий и отсутствием общепринятого подхода её создания. Таким образом, среди множества возможных вариантов реализации единой информационной среды необходимо выбрать наилучшее решение, учитывая при этом ограничения, накладываемые на экономические и технологические возможности ОУ. Для решения данной задачи предлагается использовать методы математического программирования.

Одним из самых распространённых подходов к автоматизации является выбор для каждого отдельного бизнес-процесса (БП) наиболее подходящего («лучшего», в том числе, и по стоимости) программного продукта. Таким образом, информационную инфраструктуру образовательного учреждения составляют несколько десятков разнородных приложений, которые разрабатываются разными авторами с помощью различных средств реализации, они имеют уникальные модели и форматы описания данных. При этом информация об объектах зачастую дублируется и не всегда актуальна, что приводит к её противоречивости и неполноте.

В этой ситуации для обеспечения полноценного взаимодействия между N отдельными функциональными подсистемами необходимо реализовать $N(N-1)/2$ интеграционных интерфейсов по принципу «точка-точка» (от англ. «point-to-point»), преодолев многочисленные проявления неоднородности, присущей информационным системам [1]. При этом затраты на реализацию информационного обмена будут значительно превышать затраты на развитие функциональности самих подсистем. Кроме того, данный подход характеризуется «сильным связыванием». Каждая информационная система «зависит» от функционирования остальных связанных систем и средств интеграции. И малейшие изменения или сбой в одной из систем останавливает налаженный процесс информационного взаимодействия и требует вмешательства программистов.

Всё это делает актуальными задачи разработки новых моделей единой информационной среды ОУ и новых подходов к реализации информационного обмена.

Одно из логичных решений данной проблемы – внедрение корпоративной информационной системы класса ERP [2], рынок которых, в том числе, и ориентированных

на ВУЗы, представляет сейчас большой выбор. Это позволяет обойти проблему интеграции разнородных приложений, так как внутри единой системы нет дублирования функциональных единиц, а основные БП уже связаны между собой. Однако даже при таком подходе не удастся полностью отказаться от унаследованных приложений, так как ни одна монолитная система не обладает полной функциональностью и не всегда удаётся переложить автоматизацию БП со специализированных приложений в ERP-систему.

Предлагается современную инфраструктуру ОУ представить в виде многокомпонентной информационной среды [3, 4, 5] (рис. 1).

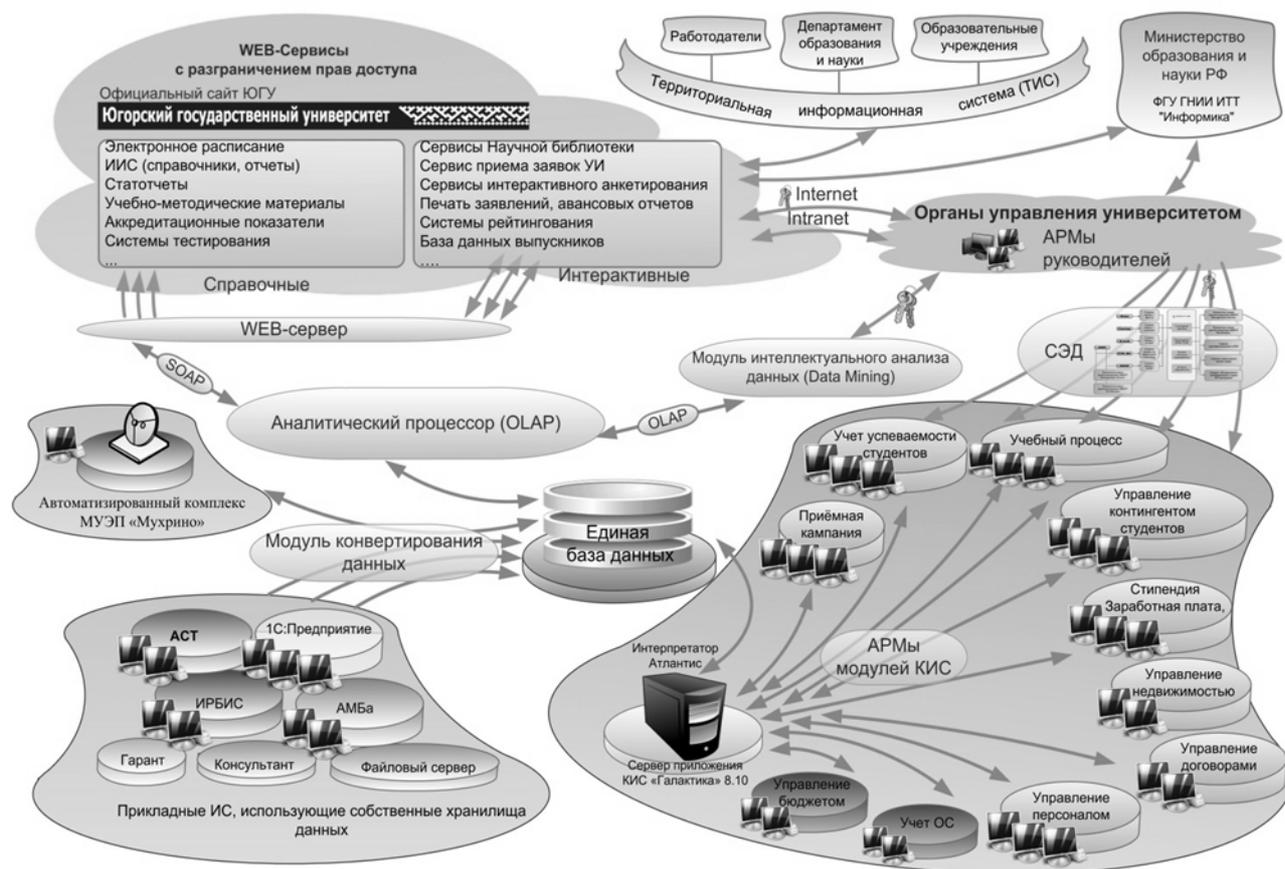


Рисунок 1 – Модель многокомпонентной информационной среды управления ОУ

Перечислим основные компоненты:

1. Корпоративная информационная система класса ERP.
2. Группа унаследованных и узкоспециализированных локальных информационных систем.
3. Модуль интеграции данных и сервисная шина предприятия (Enterprise Service Bus, ESB).
4. Единое хранилище данных.
5. Средства формирования и публикации консолидированной отчётности.

Многокомпонентность подразумевает объединение в единую среду корпоративной информационной системы класса ERP и множества разнородных приложений посредством слабосвязанной интеграции с применением принципов сервис-ориентированной архитектуры и асинхронного обмена сообщениями через сервисную шину предприятия [6].

Асинхронный обмен сообщениями позволяет создать слабосвязанную среду, в которой приложениям не нужно знать подробности того, где найти другие приложения и как с ними связаться. Основной принцип слабого связывания состоит в уменьшении числа допущений, которые делают в отношении друг друга взаимодействующие стороны (компоненты, приложения, службы, программы, пользователи). В противовес

сильносвязанной среде использование слабосвязанного обмена сообщениями уменьшает количество интерфейсов до почти линейного роста, где число интерфейсов соответствует количеству точек присоединения, так как каждый участник многоэтапного бизнес-процесса должен позаботиться только о том, чтобы передать сообщение в систему обмена сообщениями посредством ESB.

Одной из широко распространённых проблем является оценка эффективности функционирования применяемых информационных технологий и систем. Даная проблема широко обсуждается в литературе и в настоящий момент можно выделить несколько групп методов оценки эффективности: затратные методы оценки, методы оценки прямого результата, экспертные методы, группа балансовых методов, методы факторного анализа, квалиметрические подходы. Каждый метод имеет свои предпочтительные области применения и обладает определёнными преимуществами и недостатками.

В данной статье предлагается методика, основанная на методе совокупной стоимости владения (англ. Total cost of ownership) [7], которая позволяет вычислить количественную оценку эффективности использования имеющихся у образовательного учреждения технического оснащения и информационных систем, направленных на автоматизацию основных процессов образовательной деятельности. В качестве критерия эффективности предлагается рассматривать экономию времени на формирование различных документов до и после внедрения МИС. Данный метод охватывает единовременные и повторяющиеся затраты, связанные с приобретением, внедрением и сопровождением технического и программного обеспечения.

Будем рассматривать функционирование МИС как некий производственный процесс, который включает в себя такие операции, как сбор, хранение, обработку данных, а также их вывод в виде структурированной информации, в удобной для пользователей форме, соответствующей официальным и внутрикорпоративным стандартам, принятым в ОУ.

Для функционирования МИС требуются ресурсы, к которым будем относить затраты на техническое, программное и трудовое обеспечение всех этапов разработки, внедрения и поддержки работоспособности МИС. Затраты не могут быть бесконечными, так как ограничены бюджетом образовательного учреждения. Далее термины «факторы производства», «ресурсы» и «затраты» будут употребляться равнозначно.

Аналогом конечного продукта производственного процесса, т.е. результатом процесса функционирования МИС, будем считать фиксированный по ассортименту и количеству набор документов, формируемых в информационных системах, входящих в состав МИС.

Введём следующее определение: «Документ – это структурированная информация, представляющая собой совокупность информационных объектов (таких, как текст, графика, видео и т.д.), которая динамически компонуется из различных источников по запросу пользователя в процессе его интерактивной работы» [8, 9].

Документы, сгенерированные в МИС, содержат реквизиты для их идентификации и могут быть зафиксированы как на материальном, так и на электронном носителе.

Формализуем проблему оценки эффективности функционирования МИС в виде следующей задачи: «Определить набор затрат, который оптимизирует эффективность МИС по генерации фиксированного набора документов при заданном бюджетном ограничении».

Для решения данной задачи необходимо:

1. Выявить основные затраты на обеспечение функционирования МИС.
2. Определить набор документов и количество каждого документа.
3. Выбрать и обосновать методику оценки эффективности МИС по генерации каждого документа.

Пусть X – вектор затрат $X = (x_1, \dots, x_m)$, где $x_j, j = \overline{1, m}$ – количество j -того ресурса, при этом некоторые затраты могут быть выражены в стоимостной форме. Обозначим через w_j стоимость единицы j -того ресурса, тогда $W = (w_1, \dots, w_m)$ – вектор цен используемых в МИС ресурсов. Если какой-либо j -тый ресурс выражен в стоимостной форме, то $w_j = 1$.

Таким образом, $w_j x_j$ – затраты на j -тый ресурс, $WX = \sum_{j=1}^m w_j x_j$ – общие затраты на обеспечение процесса функционирования МИС.

Если Q – часть бюджета образовательного учреждения, направляемая на создание и поддержание МИС, то очевидно, что затраты не должны превосходить выделенного бюджета: $WX \leq Q$.

Обозначим через y_i количество i -того документа, тогда вектор конечного продукта производственного процесса $Y = (y_1, \dots, y_n)$. Далее обозначим через $K = (k_1, \dots, k_n)$ вектор эффективности МИС по генерации документов, где k_i – коэффициент эффективности генераций i -того документа. Методика вычисления коэффициентов эффективности будет описана далее. Пусть нам известна технология производства, которая каждому набору затрат ставит в соответствие набор документов, который можно при этом сгенерировать в МИС. Т.е. задана производственная функция $Y = f(x)$ или в координатной записи

$$y_i = f_i(x_1, \dots, x_m), i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Нетрудно заметить, что произведение $k_i y_i$ определяет эффективность МИС по генерации i -того документа в количестве y_i .

Введём функцию, которую будем называть функцией эффективности функционирования МИС:

$$Z(X, K) = \sum_{i=1}^n k_i f_i(x_1, \dots, x_m). \quad (2)$$

Данная зависимость далее будет служить целевой функцией для рассматриваемой задачи, математическая модель которой в общем виде может быть определена следующим образом:

Требуется найти такой набор затрат (x_1^*, \dots, x_m^*) , удовлетворяющий условиям

$$\begin{aligned} w_1 x_1^* + \dots + w_m x_m^* &\leq Q, \\ x_1^* \geq 0, \dots, x_m^* &\geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

при котором функция эффективности

$$Z(X, K) = \sum_{i=1}^n k_i f_i(x_1^*, \dots, x_m^*) \quad (4)$$

достигает максимума.

На основании выражений (3) и (4) задачу можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} Z(X, K) \rightarrow \max \\ WX \leq Q \\ x_j \geq 0, j = \overline{1, m} \end{cases}. \quad (5)$$

Эта оптимизационная задача относится к классу задач математического программирования, которая может быть решена при помощи численных методов.

Теория моделирования производственных и экономических систем определяет факторы как используемые в производственном процессе ресурсы, каждой комбинации которых соответствует свой определенный результат. В рассматриваемой задаче в качестве аналога понятия факторы производства будут выступать затраты на техническое, программное и трудовое обеспечение. Рассмотрим ключевые затраты.

В первую очередь, для построения и обеспечения функционирования МИС требуется техническое оснащение. Определим набор затрат на закупку сетевого, серверного и пользовательского оборудования, который включает в себя затраты, связанные с:

- приобретением компьютерного оборудования для серверов приложений, баз данных, веб-серверов;
- приобретением коммуникационного оборудования для построения локальной вычислительной сети и обеспечения безопасности доступа к данным;
- обновлением и расширением парка рабочих станций пользователей;
- приобретением прочего вспомогательного компьютерного и периферийного офисного оборудования (принтеры, ксероксы, факсы, средства резервирования данных и т.п.)

Затраты на закупку программного обеспечения и права их использования включают в себя следующие затраты на приобретение системного и серверного программного обеспечения:

- операционная система для серверов;
- операционная система для рабочих станций;
- система управления базами данных.

А также затраты на приобретение прикладного и специализированного программного обеспечения:

- лицензии на ERP-систему;
- лицензий на дополнительное программное обеспечение, например:
 - 1) система консолидированной отчетности, включая OLAP-средства;
 - 2) система разработки и распространения произвольных отчетов;
 - 3) система электронного документооборота.

Максимальные затраты обычно наблюдаются в первый год построения МИС и связаны с первоначальными закупками оборудования и операционных систем. В последующие годы уровень затрат на обновление и расширение технического оснащения зависит от темпов развития функционалов МИС. Также следует учитывать износ и амортизацию используемого оборудования.

К ключевым затратам также следует отнести затраты на оплату труда сотрудников, обеспечивающих работоспособность и настройку информационных систем (системные администраторы, программисты, инженеры, техники и другие сотрудники ИТ-отделов), а также пользователей, непосредственно работающих с информационными системами.

Во многих экономико-математических моделях производства все факторы (x_1, x_2, \dots, x_m) объединяются в два агрегированных x_1 и x_2 . Чаще всего в качестве x_1 выступает объем используемого в течение года основного капитала, а в качестве x_2 – количество единиц затрачиваемого в течение года живого труда, исчисляемые обычно в стоимостном выражении. Пример агрегирования при помощи линейных отображений описывают в своих работах С.А. Ашманов [10] и Б.Г. Клейнер [11].

В качестве производственной функции (1) предлагается использовать двухфакторную функцию Кобба-Дугласа, которая имеет вид:

$$Y = Ax_1^\alpha x_2^\beta, \quad (6)$$

где Y – объем выпущенной продукции (в стоимостном или натуральном выражении), A – коэффициент, отражающий уровень технологической производительности, показатели α и β – выведенные в результате анализа практики степенные коэффициенты эластичности объема производства Y по фактору производства, то есть по капиталу x_1 и труду x_2 . Они показывают, как возрастет производство, если производственный фактор увеличится на 1 единицу.

Пусть D – множество всех документов, генерируемых в МИС. Обозначим через $d_i \in D, i = \overline{1, n}$ документ как элемент этого множества. Будем считать, что множество D имеет фиксированный перечень документов, т.е. n не изменяется из года в год.

Всё множество документов можно разбить на два подмножества: внутренние D^{In} и внешние D^{Out} , т.е. $D = D^{In} \cup D^{Out}$. Определим признаки, по которым будем относить каждый документ $d_i \in D$ к определённому подмножеству D^{In} или D^{Out} .

Первую группу D^{In} составляют внутривозрастные документы и отчёты, жизненный цикл которых замкнут внутри одного или небольшого числа подразделений, предназначенные для управления и текущего контроля деятельности ОУ. Ко второй группе D^{Out} будем относить внешнюю статистическую отчётность, сформированную внутри ОУ, но предназначенную для удовлетворения потребностей внешних пользователей, исходя из разнообразия их интересов.

Коэффициенты $k_i, i = \overline{1, n}$ эффективности генерации документов $d_i, i = \overline{1, n}$ в МИС определяются выражением вида

$$k_i = \frac{(t_i^{Hand} - t_i^{MIS})}{t_i^{Hand}}, i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

где t_i^{MIS} – среднее время на формирование одного документа $d_i \in D$ в МИС, t_i^{Hand} – среднее время на формирование одного документа $d_i \in D$ в «ручном» режиме, т.е. без применения МИС.

Значения t_i^{MIS} и t_i^{Hand} могут быть определены на основании экспериментов, опроса пользователей или экспертной оценки и зависят от трудоёмкости формирования документов для пользователя. Это обусловлено тем, что часть информации должна быть введена пользователем непосредственно в процессе формирования документа. А также тем, что часть информации передаётся в документ на основании интерпретации ранее введённых данных различными функциями и процедурами обработки. Для статистических отчётов дополнительно возникает проблема контроля полноты и корректности включения всех данных за определённый промежуток времени.

Значение коэффициентов $k_i, i = \overline{1, n}$ будем рассматривать как критерий эффективности МИС по генерации документов. Если процесс генерации какого-либо документа d_i ещё не автоматизирован в МИС, то значение параметра t_i^{MIS} приравнивается к значению t_i^{Hand} и в этом случае коэффициент эффективности $k_i = 0$. Если для каждого документа d_i известно количество y_i и значения t_i^{MIS} и t_i^{Hand} ($i = \overline{1, n}$), то можно вычислить значения целевой функции (2).

Таким образом, эффективность многокомпонентной информационной среды управления образовательным учреждением предлагается исследовать посредством математической модели (5), которая рассматривает процесс функционирования МИС как производственный процесс. В качестве факторов производства выступают технические, программные и трудовые ресурсы, выраженные в стоимостной форме. А в качестве критерия эффективности выбрана экономия времени на формирование различных документов до и после внедрения МИС.

Процесс функционирования МИС описывается при помощи производственной функции Кобба-Дугласа (6), конкретный вид которой может быть получен при помощи нелинейной регрессионной модели, построенной на основании статистических данных прошлых лет. Методом наименьших квадратов и деления отрезка пополам определяются значения параметров A, α и β , доставляющие наименьшую ошибку аппроксимации. Решение оптимизационной задачи (5) может быть найдено при помощи численных методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черняк Л. Интеграция данных: синтаксис и семантика. – Открытые системы, 2009. – № 10. – С. 24-30.
2. Бочаров Е.П., Колдина А.И. Интегрированные корпоративные информационные системы: принципы построения. Лабораторный практикум на базе системы «Галактика»: учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 288 с.: ил.
3. Семенов С.П., Татаринцев Я.Б. Автоматизированная система контроля данных по кадровому составу ВУЗа и контингенту студентов. – Системы управления и информационные технологии, 2009. – № 3.2(37). – С. 279-282.
4. Семенов С.П., Татаринцев Я.Б. Модель комплексной управленческой информационной среды образовательного учреждения // Материалы IV-й Международной научно-технической конференции, 2010. – Том 4. – С. 136-142.
5. Семенов С.П. Методы интеграции данных в многокомпонентной информационной среде образовательного учреждения. – Материалы четырнадцатой региональной конференции по математике (МАК-2011), 2011. – С. 67-69.
6. Семенов С.П., Татаринцев Я.Б. Обеспечение слабой связанности интегрируемых информационных систем посредством асинхронного обмена сообщениями через сервисную шину // Вестник Югорского государственного университета, 2011. – № 3(22). – С. 45-50.
7. Методы и модели информационного менеджмента: учеб. пособие / Д.В. Александров, А.В. Костров, Р.И. Макаров, Е.Р. Хорошева; под ред. А.В. Кострова. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 336 с.: ил.
8. Швецова-Водка Г.Н. Общая теория документа и книги: учеб. пособие. – М.: Рыбари. – К.: Знания, 2009. – 487 с.
9. Федеральный закон № 77-ФЗ «Об обязательном экземпляре документов» от 23.11.1994 г. (с изменениями, внесенными Федеральным законом от 26.03.2008 № 28-ФЗ).
10. Ашманов С.А. Математические модели и методы в экономике. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 199 с.: ил.
11. Клейнер Г.Б. Методы анализа производственных функций. – М.: Информэлектро, 1980.

Семенов Сергей Петрович

ФГБОУ ВПО «Югорский государственный университет», г. Ханты-Мансийск
Кандидат физико-математических наук, доцент, зав. кафедрой «Компьютерное моделирование и информационные технологии»
Тел.: 8 (3467) 35-77-15
E-mail: ssp@ugrasu.ru

Татаринцев Ярослав Борисович

ФГБОУ ВПО «Югорский государственный университет», г. Ханты-Мансийск
Ведущий программист отдела информационных технологий
Тел.: 8 (3467) 35-77-20
E-mail: tyb@ugrasu.ru

S.P. SEMYONOV (*Candidate of Physico-mathematical Sciences, Associate Professor, Head of Department «Computer modeling and information technology»*)

Y.A.B. TATARINCEV (*Senior Programmer of Department of Information Technology*)
Ugra State University, Khanty-Mansiysk

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF MULTICOMPONENT INFORMATION ADMINISTRATION ENVIRONMENT OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS

The given article investigates the model of multi-component information administration environment (MIE) of an educational institution. In general, the task to estimate MIE effectiveness is formulated, which further comes to the problem of mathematical programming. Modeling techniques for industrial and economic systems are applied to pose an optimization problem. Analogues notions to such as production factors and product are proposed, efficiency criterion is defined.

Keywords: *educational institution; automated information data system; information integration; service-oriented architecture (SOA); enterprise service bus (ESB); enterprise resource planning system (ERP); corporate information systems (CIS); evaluating the effectiveness of information technology and systems; document; mathematical model; methods of optimization; mathematical programming; Cobb-Douglas production function.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Chernyak L. Integraciya danny'x: sintaksis i semantika. – Otkry'ty'e, 2009. – № 10. – S. 24-30.
 2. Bocharov E.P., Koldina A.I. Integrirovanny'e korporativny'e informacionny'e sistemy': principy' postroeniya. Laboratorny'j praktikum praktikum na baze sistemy' «Galaktika»: ucheb. posobie. – M.: Finansy' i statistika, 2005. – 288 s.: il.
 3. Semyonov S.P., Tatarincev Ya.B. Avtomatizirovannaya sistema kontrlya danny'x po kadrovomu sostavu VUZa i kntingentu studentov. – Системы управления и информационные технологии, 2009. – № 3.2(37). – С. 279-282.
 4. Semyonov S.P., Tatarincev Ya.B. Модель комплексной управленческой информационной среды образовательного учреждения // Материалы IV-й Международной научно-технической конференции, 2010. – Том 4. – С. 136-142.
 5. Semyonov S.P. Metody' integracii danny'x v mnogokomponentnoj informacionnoj srede obrazovatel'nogo uchrezhdeniya. – Materialy' chety'rnadcatoj regional'noj konferencii po matematike (MAK-2011), 2011. – S. 67-69.
 6. Semyonov S.P., Tatarincev Ya.B. Obespechenie slaboj svyazannosti integriruemy'x informacionny'x sistem posredstvom asinxronnogo obmena soobshheniyami cherez servisnuyu shinu // Vestnik Yugrskogo gosudarstvennogo universiteta, 2011. – № 3(22). – S. 45-50.
 7. Metody' i modeli infrmacionnogo menedzhmenta: ucheb. posobie / D.V. Aleksandrov, A.V. Kostrov, R.I. Makarov, E.R. Xorosheva; pod red. A.V. Kostrova. – M.: Finansy' i statistika, 2007. – 336 s.: il.
 8. Shvecova-Vodka G.N. Obshhaya teoriya dokumenta i knigi: ucheb. posobie. – M.: Ry'bari. – K.: Znaniya, 2009. – 487 s.
 9. Federal'ny'j zakon № 77-FZ «Ob obyazatel'nom e'kzempliare dokumentov» ot 23.11.1994 g. (s izmeneniyami, vnesyonny'mi Federal'ny'm zakonom ot 26.03.2008 № 28-FZ).
 10. Ashmanov S.A. matematicheskie modeli i metosy' v e'konomie. – M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1980. – 199 s.: il.
 11. Klejner G.B. Metody' analiza proizvodstvenny'x funkcyj. – M.: Informe'lektro, 1980.
-

В.Т. ЕРЕМЕНКО, Д.В. АНИСИМОВ, С.А. ЧЕРЕПКОВ,
А.А. ЛЯКИШЕВ, П.А. ЧУПАХИН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕГМЕНТА БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ АСУП НА БАЗЕ СТАНДАРТА 802.11

В статье предложен подход к расчету фактической пропускной способности сегмента беспроводной сети АСУП на базе стандарта 802.11 на основе аналитических выражений.

Ключевые слова: аналитическая модель; беспроводные сети; пропускная способность.

ВВЕДЕНИЕ

Основным требованием к современным беспроводным сетям предприятий является высокоскоростной доступ пользователей и конечного оборудования к вычислительным ресурсам как локального вида, так и удаленным распределенным ресурсам (включая облачные технологии хранения и обработки данных), которые могут быть территориально распределены и имеют различные технологии доступа. На современном этапе развития беспроводных технологий решения построения сети предприятия на основе стандартов 802.11 позволяют обеспечить все необходимые службы и сервисы для полноценной работы.

Использование проводных сетей теряет свою актуальность в связи с высокой стоимостью их реализации, отсутствием возможности быстрого изменения пространственной конфигурации сети, а также с существующим уровнем пропускной способности беспроводных сетей, их приемлемой безопасностью и помехозащищенностью. Беспроводные сегменты сетей АСУ получили широкое распространение на предприятиях различного вида и основным требованием к ним является обеспечение требуемого качества информационного обмена при динамическом изменении конфигурации сети [1]. Работа рассматриваемых беспроводных сетей определяется стандартами 802.11, описывающих их функционирование на физическом и канальном уровнях взаимодействия. Данные стандарты используют общий алгоритм работы на канальном уровне – CSMA/CA (множественный доступ с контролем несущей и избеганием коллизий), но различаются между собой на физическом. Использование общего метода доступа позволяет построить обобщенную аналитическую модель для всех стандартов семейства 802.11.

Одной из основных характеристик любой сети является пропускная способность. В беспроводной сети, в зависимости от условий функционирования, она будет меняться. Существующие стандарты не определяют механизма изменения пропускной способности в беспроводных сетях. Его реализуют производители сетевого оборудования. Для построения модели канала беспроводной сети АСУП необходимо учитывать следующие требования стандарта [2]:

- каждая абонентская станция имеет список базовых скоростей, на которых она может работать с точкой доступа;
- ни один кадр не может быть передан на скорости, больше номинальной, определенной стандартом;
- каждая базовая зона обслуживания должна поддерживать список базовых рабочих скоростей, которые, в свою очередь, должна поддерживать каждая станция, желающая к ней присоединиться;
- любой кадр, адресованный группе станций, должен быть передан на базовой скорости, чтобы станция-адресат из этой группы смогла его принять;
- контрольные кадры, начинающие обмен кадрами данных, должны передаваться на одной из базовых скоростей, чтобы станция-адресат могла ответить кадром подтверждения приема данных на той же скорости.

В связи с этим возникает актуальность разработки аналитической модели, позволяющей учесть особенности реализации беспроводного канала связи и обеспечить расчёт его фактической пропускной способности.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КАНАЛА СЕГМЕНТА БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Типичный канал сегмента беспроводной сети стандарта IEEE 802.11 представляет собой среду передачи между абонентским устройством и точкой доступа. В такой сети основным элементом является точка доступа, так как через неё происходит обмен данными между компонентами организуемой локальной сети, а также возможно подключение к различным внешним сетям.

Механизмы стандарта 802.11 предусматривают использование полудуплексных приёмопередатчиков, поэтому в беспроводных сетях 802.11 станция не может обнаружить коллизию во время передачи. Решается эта проблема путем использования метода доступа CSMA/CA. Он заключается в следующем: станция, желающая передавать, тестирует канал; если не обнаружено активности в течение интервала времени DIFS (DCF interframe space), ожидает случайный промежуток времени, определяемый таймером случайной задержки (random backoff timer); в случае, если канал всё ещё свободен, станция начинает передачу. В случае успешной доставки кадра принимающая станция ожидает интервал времени SIFS (short interframe space) и затем посылает кадр подтверждения ACK (acknowledge), а если подтверждение ACK отсутствует, передающая станция делает предположение, что произошла коллизия и кадр данных передаётся снова через случайный промежуток времени [3].

Таймер случайной задержки случайным образом выбирает значение в диапазоне от 0 до значения, соответствующего ширине окна конкуренции. Случайное значение представляет собой количество канальных интервалов по стандарту 802.11, в течение которых станция уже после освобождения среды в окне конкуренции должна воздержаться от передачи [3]. Если несколько станций соревнуются за доступ к каналу и у одной из станций канальный интервал заканчивается, она начинает передавать, а другие станции переводятся в режим ожидания. В течение канального интервала станции проверяют, свободна ли среда; если среда свободна, уменьшают значения счётчика, в противном случае приостанавливают процедуру и замораживают текущие значения счётчиков. Когда среда освобождается вновь, эти станции соревнуются с уже имеющимися значениями канальных интервалов.

Канальный уровень сетей стандарта 802.11 определяет два режима передачи с предварительной установкой соединения и без неё. Режим с предварительной установкой соединения использует метод Request to Send/Clear to Send (RTS/CTS), в котором посылающая станция передаёт кадр RTS и ждёт ответа точки доступа с кадром CTS. Сигнал CTS заставляет все станции в сети отложить свои передачи на время завершения сеанса связи и получения кадра ACK передающей станцией. Использование метода RTS/CTS опционально и задаётся на стадии инициализации сети.

Схема передачи кадров в режиме RTS/CTS представлена на рисунке 1.

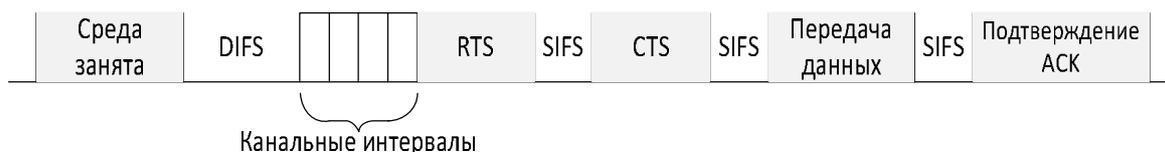


Рисунок 1 – Схема передачи кадров в режиме RTS/CTS

Схема передачи кадров без использования режима RTS/CTS представлена на рисунке 2.

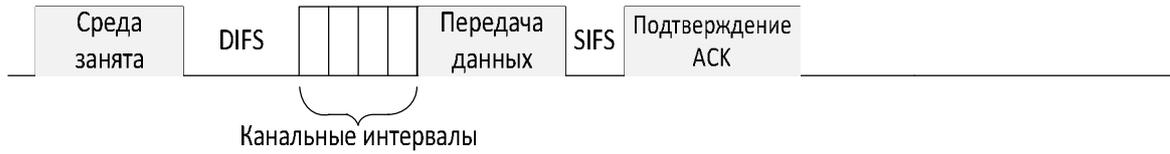


Рисунок 2 – Схема передачи кадров без использования режима RTS/CTS

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАНАЛА

Как было рассмотрено выше, возможны два режима передачи – как с использованием метода RTS/CTS, так и без него.

Время передачи кадра с использованием метода RTS/CTS будет иметь следующий вид:

$$t = t_{DIFS} + t_{wait} + t_{RTS} + 3t_{SIFS} + t_{CTS} + t_{data} + t_{ACK}, \quad (1)$$

где t_{DIFS} – интервал времени DIFS; t_{wait} – канальный интервал; t_{RTS} – время передачи кадра RTS; t_{SIFS} – интервал времени SIFS; t_{CTS} – время передачи кадра CTS; t_{data} – время передачи кадра данных; t_{ACK} – время передачи кадра ACK.

Время ожидания подтверждения передачи кадра ACK в этом случае будет:

$$t_{ACKwait} = 2t_{SIFS} + t_{RTS} + t_{CTS}. \quad (2)$$

Время передачи кадра без использования метода RTS/CTS будет иметь следующий вид:

$$t = t_{DIFS} + t_{wait} + t_{data} + t_{SIFS} + t_{ACK}. \quad (3)$$

Время ожидания подтверждения передачи кадра ACK в этом случае будет:

$$t_{ACKwait} = 2t_{SIFS} + t_{data} + t_{ACK}. \quad (4)$$

Время передачи данных по беспроводному каналу с учётом коллизий можно представить следующим образом:

$$t_c = t + \frac{N_c}{N_c + N_f} (t_{ACKwait} + t_{wait}), \quad (5)$$

где t – время передачи данных по беспроводному каналу без коллизий; N_c – количество не переданных кадров (коллизий); N_f – количество успешно переданных кадров; $t_{ACKwait}$ – время ожидания подтверждения передачи кадра ACK.

Пропускная способность беспроводного канала без коллизий в зависимости от длины кадра S может быть записана следующим образом:

$$\lambda = \frac{S}{t_c}, \quad (6)$$

где S – размер кадра, передаваемого по каналу.

Исходя из этого, пропускная способность беспроводного канала с коллизиями будет иметь следующий вид:

$$\lambda = \frac{S}{t_c} = \frac{S}{t + \frac{N_c}{N_c + N_f} (t_{ACKwait} + t_{wait})}. \quad (7)$$

По полученным выражениям (6) и (7) можно получить фактическую пропускную способность канала беспроводной сети как без учета, так и с учётом коллизий. Полученные результаты отображены на рисунке 3.

Полученные зависимости показывают, что фактическая пропускная способность беспроводного канала стандарта 802.11 в среднем в 3 раза ниже номинальной во всем диапазоне изменения длин передаваемых кадров данных.

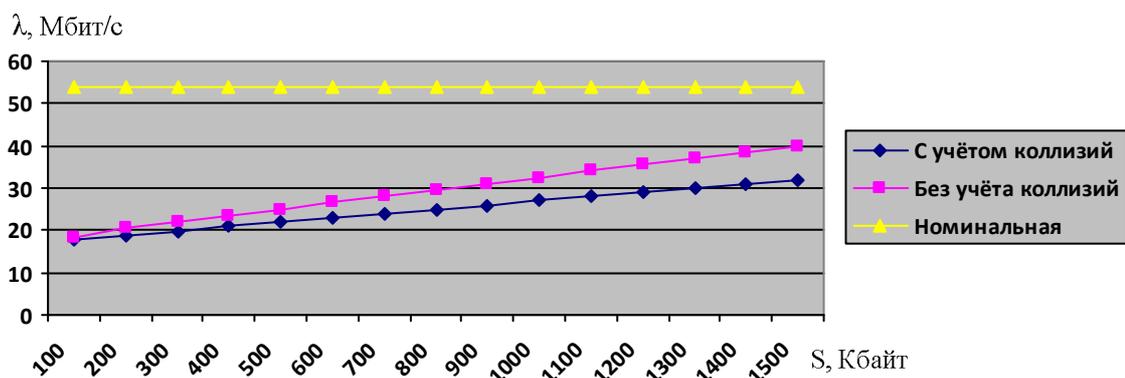


Рисунок 3 – Зависимость фактической пропускной способности канала беспроводной сети от размера кадра при номинальной пропускной способности 54 Мбит/с

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В беспроводной среде на передаваемый сигнал оказывается негативное влияние множеством факторов – это и помехи, и низкий уровень сигнала, и коллизии, возникающие при приеме-передаче кадров данных. Все это существенно влияет на пропускную способность сети. Фактическая пропускная способность рассматриваемого канала, существенно отличается от номинальной пропускной способности физического канала.

Анализ полученных выражений показывает, что на фактическую пропускную способность оказывают влияние такие параметры, как размер передаваемого кадра, время передачи данных по беспроводному каналу. В случае с пропускной способностью беспроводного канала с коллизиями следует отметить, что немаловажную роль будет играть такой параметр, как количество коллизий.

Предлагаемая аналитическая модель позволяет рассчитывать фактическую пропускную способность канала беспроводного сегмента сети предприятия с учётом возникающих коллизий и получать необходимые проектные решения при её создании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко В.Т., Анисимов Д.В., Плащенков Д.А., Краснов Д.А., Черепков С.А., Георгиевский А.Е. Решение задач управления сетевыми ресурсами в условиях динамического изменения конфигурации беспроводной сети АСУП // Информационные системы и технологии, 2012. – № 6. – С. 114-119.
2. Brian P. Crow, Indra Widjaja, Jeong Geun Kim, Prescott T. Sakai. IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks // IEEE Communications Magazine, September 1997. – P. 116-126.
3. Педжман Рошан, Джонатан Лиэри. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 304 с.

Еременко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: wladimir@orel.ru

Анисимов Дмитрий Владимирович

Академия ФСО, г. Орел

Научный сотрудник

Тел.: 8 920 286 86 35

E-mail: dimadikiy@mail.ru

Черепков Сергей Анатольевич

Академия ФСО, г. Орел

Преподаватель
Тел.: 8 953 615 84 01
E-mail: perspectiva2010@mail.ru

Лякишев Александр Александрович
ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 919 777 06 64
E-mail: stiplchez@list.ru

Чупахин Павел Анатольевич
Академия ФСО, г. Орел
Преподаватель
Тел.: 8 910 304 89 37
E-mail: cpa@bk.ru

V.T. ERYOMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Department «Electronics, Computer Facilities and Information Security»
State University – ESPC, Orel*)

D.V. ANISIMOV (*Research Associate*)

S.A. CHEREPKOV (*Teacher*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

A.A. LYAKISHEV (*Post-graduate Student of the Department «Electronics, Computer Facilities and
Information Security»
State University – ESPC, Orel*)

P.A. CHUPAXIN (*Teacher*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

SIMULATION OF FLOW SEGMENT WIRELESS CAM BASED ON THE STANDARD 802.11

This paper proposes an approach to the calculation of the actual bandwidth wireless network segment on the basis of CAM 802.11 based on analytical expressions.

Keywords: *analytic model; wireless network; throughput.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eryomenko V.T., Anisimov D.V., Plashhenkov D.A., Krasnov D.A., Cherepkov S.A., Georgievskij A.E. Reshenie zadach upravleniya setevy'mi resursami v usloviyax dinamicheskogo izmeneniya konfiguracii besprovodnoj seti ASUP // *Informacionny'e sistemy' i texnologii*, 2012. – № 6. – S. 114-119.
2. Brian P. Crow, Indra Widjaja, Jeong Geun Kim, Prescott T. Sakai. IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks // *IEEE Communications Magazine*, September 1997. – P. 116-126.
3. Pedzhman Roshan, Dzhonatan Lie'ri. Osnvy' postroeniya besprovodny'x lokal'ny'x setej standarta 802.11: per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2004. – 304 s.

МОДЕЛЬ ЗВЕНА МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ С ОГРАНИЧЕННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА

Качество обслуживания вызовов в мультисервисной сети связи зависит не только от имеющегося объема канального ресурса, но и от его конечной надежности. В статье предложена модель процесса функционирования звена мультисервисной сети, позволяющая учитывать влияние ограниченной надежности сетевых ресурсов на QoS (Quality of Service, качество обслуживания). В основе модели лежит тот факт, что качество обслуживания гетерогенного трафика оценивается числом только исправного передаточного ресурса звена мультисервисной сети связи (МСС).

Ключевые слова: *канальный ресурс; мультисервисная сеть; надежность; качество обслуживания.*

Развитие инфокоммуникационных технологий, создание на их базе мультисервисных сетей связи (МСС) дало возможность предоставления широкого перечня услуг абонентам. Обеспечение качества обслуживания (Quality of Service, QoS) сервисов в таких сетях является сложной и многомерной задачей. Качество услуги с точки зрения пользователя на этапе установления соединения может оцениваться по разным показателям, в том числе, по доступности. Отказ в доступе может произойти по различным причинам, одной из которых является дефицит канального ресурса, имеющий конечную надежность.

В настоящее время наибольшая часть сетей построена на основе кабельных линий связи. Согласно [1], аварии в кабельной линии дают наибольший вклад в суммарное время неработоспособности системы связи (примерно 95% всего времени неработоспособности системы). О необходимости учета надежности, в том числе, и при оценке качества предоставления услуг, упоминается в [2]. Практика показывает, что для повышения надежности сетей требуется множество альтернативных путей передачи информации. Для того, чтобы обеспечить эти пути, необходимо иметь достаточно разветвленную физическую инфраструктуру. Примером таких сетей могут служить сети компактных европейских стран, построенные по распределенному принципу. Только в этом случае различные маршруты будут разделены не только логически, но и физически. Иначе возможно прохождение логических маршрутов в общей кабеле, обрыв которого приведет к неработоспособности всех проходящих по нему путей [2]. Особенность сетей связи России, в частности, Междугородней телефонной сети связи общего пользования (МТФС ОП), базирующейся на коммутации каналов, заключается в том, что в них используется иерархический принцип построения, что сказывается на их надежности. Даже при увеличении ее связности надежность ее, к сожалению, не повысится, так как данная сеть в своей восточной части базируется на ресурсы магистральной транспортной сети SDH, которая вытянута в виде узкой полосы с запада на восток и не позволяет иметь более двух независимых обходов.

Использование сетей и служб на основе IP выдвигает целый ряд проблем. В рекомендации МСЭ-Т G.1000 указываются такие, как отсутствие апробированных, надежных и масштабированных механизмов для решения целого ряда задач, в частности, быстрого и полного восстановления связности на уровне IP после серьезных простоев (или атак) в сильно загруженных сетях [2]. Таким образом, в условиях перехода к мультисервисным сетям, к применению SLA (Service Level Agreement, соглашение об уровне качества услуг) необходимо жесткое обеспечение требований к QoS. В сложившейся ситуации следует учитывать конечную надежность элементов сети при обеспечении качества обслуживания пользователей.

Таким образом, актуальной является задача описания процесса функционирования звена мультисервисной сети связи с учетом отказов передаточного ресурса. В [3] предложен метод, позволяющий при оценке QoS учесть возникающие отказы в моносервисных

(телефонных) сетях, однако распространение этого метода на мультисервисные сети невозможно из-за принципиально разного трафика этих сетей. В [4] приведена модель мультисервисной сети, позволяющая рассчитать QoS сервисов при условии идеально надежного сетевого ресурса. Предлагаемая модель процесса функционирования звена мультисервисной сети связи позволяет рассчитывать QoS с учетом отказов в передаточном ресурсе звена.

За основу расчета примем тот факт, что реальная пропускная способность системы определяется числом только исправных канальных единиц, образующих физическую структуру системы. Таким образом, определение пропускной способности системы с ненадежным канальным ресурсом, по сути, сводится к нахождению фактической структуры и расчету пропускной способности уже известными методами для систем с абсолютно надежными элементами [3].

Схема модели процесса функционирования звена мультисервисной сети связи с учетом отказов единиц канального ресурса представлена на рисунке 1.

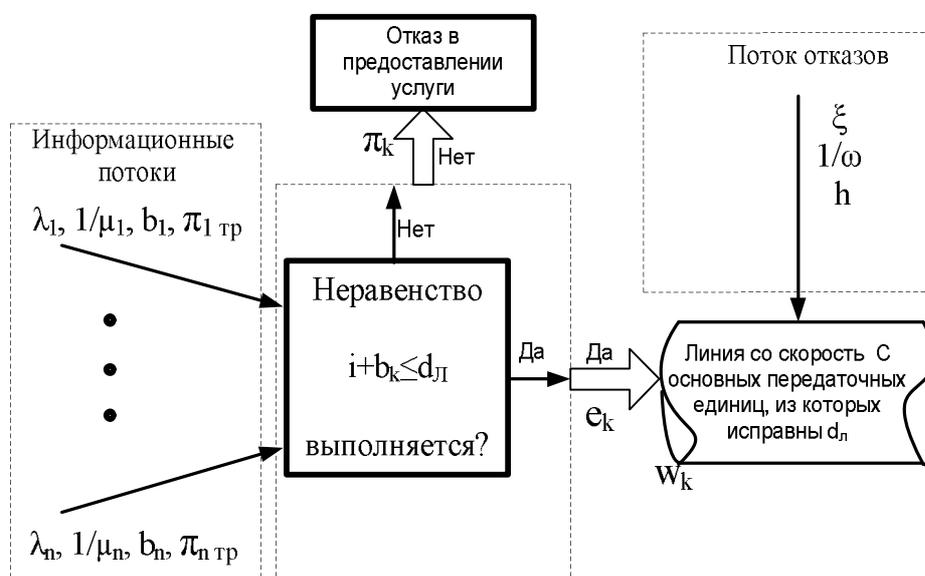


Рисунок 1 – Схема модели процесса функционирования звена мультисервисной сети с ненадежным канальным ресурсом

Рассматривается модель $\vec{I} / \vec{M} / V / L$. В данной модели предполагается поступление на звено многомерного потока: информационных потоков и отказов. Информационные потоки аппроксимируются моделями простейшего потока. Поток отказов также аппроксимируется моделью простейшего потока. Внутренних блокировок в звене нет, следовательно, причины потерь вызовов будут обусловлены лишь занятостью единиц канального ресурса информационными потоками, либо отказами. Реализуемый на звене способ обслуживания с потерями определяет тип характеристик качества обслуживания, в частности, долю потерянных заявок. Порядок занятия единиц канального ресурса случайный. Требуется определить долю потерянных заявок в случае выхода из строя единиц канального ресурса. Предположим, что единицы канального ресурса выходят из строя намного реже, чем поступают вызовы, тогда мы имеем два независимых процесса [3]. Пусть в модели первый процесс представляет обслуживание n потоков заявок на выделение канального ресурса для передачи сообщений, порожденных разнообразными коммуникационными приложениями: речь, видео, данные и т.д. Поступающие потоки пронумерованы цифрами от 1 до n , поступление заявок каждого потока осуществляется с

интенсивностью λ_k , где $k = 1, 2, \dots, n$. Пусть $\frac{1}{\mu_k}$ – среднее время занятия канального ресурса обслуживанием одной заявки k -го потока, а b_k – число единиц ресурса линии, необходимого для обслуживания одной заявки k -го потока. Будем предполагать, что время передачи сообщения для каждого из потоков имеет экспоненциальное распределение с параметром μ_k . К каждому потоку предъявляются требования по качеству обслуживания вызовов, которые будем оценивать долей потерянных заявок $\pi_{k\delta}$. При этом π_k – доля реально потерянных заявок k -го потока, w_k – средняя величина занятого канального ресурса обслуживанием заявок k -го потока, а e_k – среднее число заявок. Передаточный ресурс звена оценивается скоростью C , выраженной в единицах канального ресурса, необходимой для обслуживания поступающих заявок. Информационные потоки обслуживаются переменным числом $d_{\bar{e}}$ исправных канальных единиц. Второй процесс представляет выходы из строя и восстановления канальных единиц, при этом число неисправных канальных единиц будет равно $\tilde{N} - d_{\bar{e}}$. Пусть одна неисправность занимает h единиц ресурса линии. Будем предполагать, что поступление потока неисправностей подчиняется закону Пуассона с интенсивностью ξ . Пусть $\frac{1}{\omega}$ – среднее время восстановления h единиц канального ресурса. Будем предполагать, что интенсивность восстановления h единиц канального ресурса имеет экспоненциальное распределение с параметром ω . Значения b_k , h и \tilde{N} положительные числа. Для того, чтобы выразить значения поступающей нагрузки и неисправностей в эрлангах, запишем следующие выражения:

$$Z_k = \frac{\lambda_k}{\mu_k}, \quad (1)$$

$$A_o = \frac{\xi}{\omega}, \quad (2)$$

где Z_k – интенсивность поступающей нагрузки k -го потока (число заявок, поступающих за среднюю длительность одного занятия), выраженная в эрлангах, $k = 1, 2, 3, \dots, n$, а A_o – интенсивность поступающих отказов (число отказов, поступающих за среднюю длительность одного восстановления), выраженная в эрлангах.

Планирование пропускной способности звена связано с оценкой скорости линии с конечной надежностью, требуемой для обслуживания поступающих заявок с заданным качеством. Для вычисления доли потерянных заявок при использовании канального ресурса с конечной надежностью зафиксируем число сообщений каждого потока и количество неисправностей. Возникновение неисправностей, приводящих к выходу из строя h единиц канального ресурса, можно объяснить тем, что информационные потоки, входящие в рассматриваемое звено, проходят через всю сеть, возникновение неисправности на каком-то ее участке приведет к выходу из строя данных канальных единиц и на рассматриваемом звене.

По причине того, что нахождение в каждом из состояний является независимым событием, вероятность потерь для k -го потока с учетом обобщения [3, 4] и сделанных преобразований будет определяться по следующей формуле:

$$\pi_k = \sum_{d_{\bar{e}}=0}^{\tilde{N}} (p_o(C - d_{\bar{e}})) \cdot \sum_{i=d_{\bar{e}}-b_k+1}^{d_{\bar{e}}} p(i). \quad (3)$$

Значения w_k и e_k по аналогии с [4] находятся по формулам:

$$w_k = Z_k b_k (1 - \pi_k), \quad e_k = \frac{w_k}{b_k}.$$

Построим алгоритм оценки необходимого объема канального ресурса, воспользовавшись для этого результатами работ [3-5]. Как правило, такая задача на практике возникает на стадии проектирования сети или в процессе её эксплуатации. Соответствующая схема вычислений считается традиционной [4]:

1) Задаются исходные данные:

значения параметров: $n, Z_k, b_k, h, A_o, \pi_{k\delta\delta}$;

2) Производится расчет π_k с использованием рекурсии. Для этого следует:

1. Приравнять значение ненормированной вероятности нахождения системы в нулевом (свободном состоянии) к единице

$$P(0) = 1;$$

2. Рассчитать значения ненормированных вероятностей $P(i), i = 1, 2, \dots, \tilde{N}$ через $P(0)$, последовательно увеличивая значение i в указанных пределах по следующей формуле

$$P(i) = \frac{1}{i} \cdot \sum_{k=1}^n Z_k \cdot b_k \cdot P(i - b_k) \cdot I(i - b_k \geq 0), \quad i = 1, 2, \dots, \tilde{N}.$$

При каждом фиксированном значении i значения выражений $P(i - b_k) \cdot I(i - b_k \geq 0), k = 1, 2, \dots, n$, участвующих в записи правой части суммы, либо уже представлены через $P(0)$ при $i - b_k \geq 0$, либо равны 0 для $i - b_k < 0$.

Аналогичным образом рассчитаем значения ненормированных вероятностей $P_o(j) = P_o(\tilde{N} - d_{\bar{e}}), j = 1, 2, \dots, \tilde{N}; d_{\bar{e}} = \tilde{N} - 1, \tilde{N} - 2, \dots, 1$ через $P_o(0) = 1$, последовательно уменьшая значение $d_{\bar{e}}$ в указанных пределах по следующей формуле:

$$P_o(\tilde{N} - d_{\bar{e}}) = \frac{1}{\tilde{N} - d_{\bar{e}}} \cdot A_o \cdot h \cdot P_o(\tilde{N} - d_{\bar{e}} - h) \cdot I(\tilde{N} - d_{\bar{e}} - h \geq 0),$$

$$\tilde{N} - d_{\bar{e}} = 1, 2, \dots, \tilde{N}.$$

При каждом фиксированном значении $\tilde{N} - d_{\bar{e}}$ значения выражений $P_o(\tilde{N} - d_{\bar{e}} - h) \cdot I(\tilde{N} - d_{\bar{e}} - h \geq 0)$, либо уже представлены через $P_o(0)$ при $\tilde{N} - d_{\bar{e}} - h \geq 0$, либо равны 0 для $\tilde{N} - d_{\bar{e}} - h < 0$.

3. Определить величину нормировочных констант:

$$N = \sum_{i=0}^{\tilde{N}} P(i); \quad N_o = \sum_{j=0}^{\tilde{N}} P_o(j);$$

4. Рассчитать нормированные значения вероятностей $p(i)$ и $p_o(j)$:

$$p(i) = \frac{P(i)}{N}; \quad p_o(j) = \frac{P_o(j)}{N_o};$$

5. Вычислить величины π_k :

$$\pi_k = \sum_{d_{\bar{e}}=0}^{\tilde{N}} (p_o(\tilde{N} - d_{\bar{e}})) \cdot \sum_{i=d_{\bar{e}}-b_k+1}^{d_{\bar{e}}} p(i), \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

3) Значение полученного значения π_k сравнивается с нормированной величиной $\pi_{k\delta\delta}$.

При $\pi_k > \pi_{k\delta}$ канального ресурса недостаточно, его объем увеличивается на единицу и расчеты повторяются. При $\pi_k \leq \pi_{k\delta}$ процесс расчета завершается.

Для проверки адекватности работы алгоритма рассмотрим звено моносервисной сети с исходными данными: $n = 1$, $b_1 = h = 1$, $Z_1 = 6$, $A_o = 0,02$, $\pi_{1\delta} = 0,035$. Определим необходимый минимальный объем канального ресурса \tilde{N} .

Расчеты показывают, что для качества обслуживания вызовов не хуже 0,035 требуется 11 единиц канального ресурса, что аналогично результатам, полученным при использовании формул, приведенных в [3].

Рассмотрим звено мультисервисной сети со следующими исходными данными: $n = 10$, $b_1 = 1$, $b_2 = 2$, $b_3 = 3$, $b_4 = 4$, $b_5 = 5$, $b_6 = 6$, $b_7 = 7$, $b_8 = 8$, $b_9 = 9$, $b_{10} = 10$, величина интенсивности общего предложенного трафика $Z_{i\ddot{a}i} = 120$ ЭрлК разделяется на

отдельные потоки заявок с интенсивностями, определяемыми из соотношения $Z_k = \frac{A}{nb_k}$,

$Z_1 = 12$, $Z_2 = 6$, $Z_3 = 4$, $Z_4 = 3$, $Z_5 = 2,4$, $Z_6 = 2$, $Z_7 = 1,71$, $Z_8 = 1,5$, $Z_9 = 1,33$, $Z_{10} = 1,2$, $h = 1$, $A_o = 1$ ЭрлК. Необходимо оценить значение π_k при имеющемся канальном ресурсе $\tilde{N} = 105$.

Так как проведение проверки аналитической модели на реальном объекте не представлялось возможным, была разработана имитационная модель звена мультисервисной сети в среде AnyLogic 6 Professional. Заданные исходные данные были введены в имитационную модель. Время обслуживания заявок каждого потока для удобства принято за единицу. Сравнение доли потерянных заявок каждого из потоков для этих двух моделей и для известной модели, рассмотренной в [4] без учета неисправностей, представлено в таблице 1.

Графики зависимости вероятности потерь заявок от величины канального ресурса с конечной надежностью при заданных выше исходных данных для предлагаемой модели представлены на рисунке 2.

Таблица 1 – Показатели качества обслуживания заявок

A_o (ЭрлК)	$Z_{i\ddot{a}i}$ (ЭрлК)	№ потока	Z_k (ЭрлК)	Показатели качества обслуживания		
				Без учета отказов	С учетом отказов	Имитационная модель с учетом отказов
1	120	1	12	0,047	0,049	0,049
		2	6	0,093	0,096	0,097
		3	4	0,139	0,143	0,143
		4	3	0,183	0,188	0,188
		5	2,4	0,226	0,232	0,233
		6	2	0,268	0,275	0,275
		7	1,71	0,306	0,317	0,315
		8	1,5	0,349	0,357	0,355
		9	1,33	0,387	0,396	0,394
		10	1,2	0,424	0,433	0,432

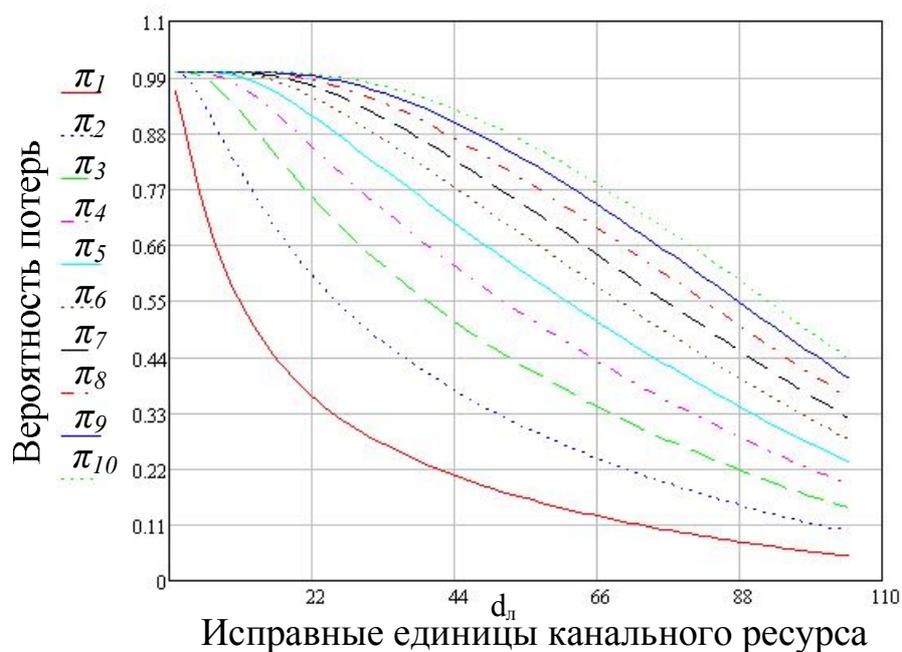


Рисунок 2 – Зависимость вероятности потерь заявок от величины канального ресурса с конечной надежностью

Анализ результатов показывает, что при использовании предложенной модели полученные значения показателей качества обслуживания выше примерно на 4%, чем без учета конечной надежности канального ресурса. В свою очередь, для обеспечения QoS в условиях отказов передаточных ресурсов потребуется больше единиц канального ресурса по сравнению с расчетами для случая, когда делается предположение о идеально надежном сетевом ресурсе. Исследования показывают, что чем меньше интенсивность поступающих отказов, тем меньше их влияние на качество обслуживания гетерогенного трафика. В случае, если для приведенного выше примера интенсивность отказов принять равной нулю, то показатели QoS будут иметь такие же значения, как для модели без учета отказов. Таким образом, предлагаемая модель и алгоритм позволяют учитывать конечную надежность канального ресурса при совместном обслуживании разнотипных заявок. Для ведомственных мультисервисных сетей связи функционирующих в условиях различных дестабилизирующих воздействий оценку качества обслуживания вызовов следует проводить с учетом этого влияния. Аналогичным образом можно построить модель и алгоритм для звена мультисервисной сети при конечном числе источников нагрузки. Таким образом, представленные в статье модель и алгоритм решают задачи анализа и синтеза МСС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Reliability and availability of analogue cable transmission systems and associated equipments // ITU-T Recommendation G. 602, 1993.
2. Нетес В.А. Надежность сетей связи в период перехода к NGN // Вестник связи, 2007. – № 9.
3. Кожанов Ю.Ф. Расчет и проектирование электронных АТС. – Москва: «Радио и связь», 1991. – 141с.
4. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 392 с.
5. Степанов С.Н., Костров А.В. Модель звена мультисервисной сети с обобщенной схемой резервирования // Т-Comm Телекоммуникации и транспорт, спецвыпуск «Технологии информационного общества», 2009. – Часть 1. – С. 18-20.

Миронов Александр Егорович
Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры

Переверзев Алексей Николаевич
Академия ФСО России, г. Орел
Адъюнкт
Тел.: 8 910 303 86 58

A.E MIRONOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department*)

A.N. PEREVERZEV (*Adjunct*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

MODEL MANAGEMENT MULTISERVICE NETWORK WITH LIMITED RELIABILITY CHANNEL RESOURCE

It is pointed out that quality of service in multiservice network depends on its finite reliability. The model of multiservice network operation taking into account the dependence relation between reliability and quality of service is proposed. It is specially noted that quality of service of heterogeneous traffic is estimated by correct resource of multiservice network section.

Keywords: *channel resource; multiservice network; reliability; quality of service.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Reliability and availability of analogue cable transmission systems and associated equipments // ITU-T Recommendation G. 602, 1993.
 2. Netes V.A. Nadyozhnost' setej svyazi v period perexoda k NGN // Vestnik svyazi, 2007. – № 9.
 3. Kozhanov Yu.F. Raschyot i proektirvanie e'lektronny'x ATS. – Moskva: «Radio i svyaz'», 1991. – 141с.
 4. Stepanov S.N. Osnovy' teletrafika mul'tiservisny'x setej. – M.: E'ko-Trendz, 2010. – 392 s.
 5. Stepanov S.N., Kostrov A.V. Model' zvena mul'tiservisnoj seti s obobshhyonnj sxemoj rezervirovaniya // T-Comm Telekommunikacii i transport, specvy'pusk «Texnologii informacionnog obshhestva», 2009. – Chast' 1. – S. 18-20.
-

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ДЕКОДИРОВАНИЯ ВИТЕРБИ

Предложен алгоритм декодирования сверточных кодов, включающий способ оценивания динамически изменяющихся во времени статистических характеристик дискретного источника ошибок на основе использования оценок элементов векторов ошибок в выживших путях алгоритма Витерби и алгоритм декодирования сверточных кодов по максимуму апостериорной вероятности.

Ключевые слова: алгоритм декодирования; дискретный канал связи; источник ошибок; распределение вероятностей векторов ошибок.

Развитие современных систем передачи информации (СПИ) характеризуется разработкой и внедрением новых эффективных методов передачи и приема информации, позволяющих обеспечить заданный уровень достоверности приема сообщений. Одним из перспективных направлений решения задачи повышения достоверности приема сообщений в СПИ является учет статистических характеристик источников сообщений (ИС) в уплотненных каналах и источника ошибок (ИО) в дискретном канале связи (ДКС).

Вопросы использования статистической избыточности ИС в задачах повышения достоверности приема дискретных сообщений достаточно подробно рассмотрены в [1], а вопросы описания ИО – в [2]. Однако возможности учета статистических характеристик ИС и ИО на этапе декодирования помехоустойчивых кодов пока остаются недостаточно исследованными.

Несмотря на активное внедрение турбокодов [3], применение СК с декодированием по алгоритму Витерби [4, 5], оптимального по критерию максимального правдоподобия, является фактически стандартом [6]. Повышение эффективности таких СПИ требует применения декодеров, более полно учитывающих динамически изменяющуюся во времени статистическую информацию относительно распределения вероятностей (РВ) информационного процесса и мешающего воздействия [7]. Однако использование известного алгоритма декодирования СК по критерию максимума апостериорной вероятности (МАН) [3] на практике затрудняется вследствие отсутствия априорной информации относительно законов РВ оцениваемых случайных процессов – потоков сообщений и ошибок.

Таким образом, возникает проблема получения оценок распределения вероятности ИС и ИО для повышения достоверности приема сообщений от систем связи, применяющих СК. Одним из путей решения проблемы преодоления априорной неопределенности относительно РВ оцениваемых случайных процессов является учет информации о надежности решений декодера. Рассмотрим предложенный в [8] новый способ оценивания вероятностей комбинаций ошибок на основе анализа информации, получаемой из декодера СК. Использование полученных оценок в алгоритме по критерию максимума апостериорной вероятности позволяет повысить достоверность декодирования сверточных кодов.

СПОСОБ ОЦЕНИВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА ОШИБОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ОЦЕНОК ВЫЖИВШИХ ПУТЕЙ ДЕКОДЕРА ВИТЕРБИ

Одним из наиболее перспективных направлений развития теории и практики помехоустойчивого кодирования является турбокодирование [3], основанное на итеративном подходе, при котором производится обмен решениями и оценками надежности решений между несколькими декодерами. Однако для использования итеративного подхода код должен быть построен особым образом, причем обязательным элементом конструкции кода является перемежитель. Особенностью предложенного способа является возможность его

применения к СК без изменения конструкции кода, которое требуется для преобразования кода в турбокод, и внедрения в код дополнительной избыточности.

В известных алгоритмах декодирования СК Витерби и максимума апостериорной вероятности (МАН) используется информация о метриках выживших путей (ВП), а информация о восстановленных декодером последовательностях кодированных символов $\hat{X}_t = (\hat{x}_{t,0}, \dots, \hat{x}_{t,\tau-1})$, соответствующих ВП с заданной глубиной декодирования τ для t -ых начальных моментов построения путей, представленных на рисунке 1, не учитывается.

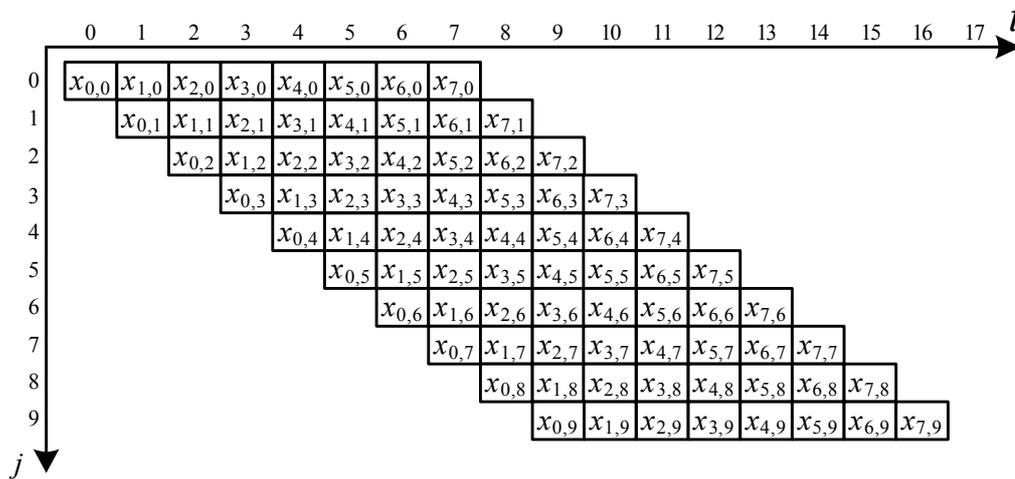


Рисунок 1 – Формирование оценок вероятностей ошибок при декодировании сверточных кодов на глубине декодирования $\tau = 8$

Суть предложенного способа заключается в вычислении на основе $\{\hat{X}_t\}$ оценок вероятностей дибит на t -ой позиции потока ошибок $\hat{p}(c_l, t), c_l \in \{00, 01, 10, 11\}$ в соответствии с выражением

$$\hat{p}(c_l, t) = \frac{1}{\tau} \sum_l^3 \sum_{j=t-\tau}^t f(\hat{e}_{t-j,j}, c_l), \quad (1)$$

где $f(a, b)$ – индикаторная функция, принимающая значение 1 (0) при равенстве (неравенстве) дибит в выживших путях

$$f(a, b) = \begin{cases} 1, & \text{если } a = b \\ 0, & \text{если } a \neq b \end{cases} \quad (2)$$

При этом $\hat{e}_{t-j,j}$ – оценка дибита потока ошибок на позиции $t-j$ в ВП j

$$\hat{e}_{t-j,j} = y_t \oplus \hat{x}_{t-j,j}, \quad (3)$$

где y_t – дибит цифрового потока на входе декодера;

$\hat{x}_{t-j,j}$ – дибит на позиции $t-j$ в ВП j .

Рассмотренный способ позволяет оценить надёжности получаемых в декодер СК решений относительно ВП на основе статистической обработки информации о ВП. Полученные оценки надёжностей несложно использовать в процедуре итеративного декодирования СК на основе алгоритма МАН.

При этом рассмотренный способ фактически не накладывает ограничений на характер оценок на выходе демодулятора, т.е. применим как в случае «жесткого», так и «мягкого» выхода демодулятора.

Далее полученные с помощью рассмотренного способа оценки вероятностей ВО согласно идеологии итеративного декодирования используются в декодере, реализующим критерий МАН. Рассмотрим принцип декодирования СК по критерию МАН.

ДЕКОДИРОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ КОДОВ ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМУМА АПОСТЕРИОРНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ

Алгоритм декодирования, реализующий критерий МАВ [3]:

$$\hat{b} = \arg \max_i \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^M p(b_i) p(\hat{b}_j / b_i), \quad (4)$$

где b_i – переданное сообщение;

\hat{b} – сообщение на выходе декодера, позволяющее учитывать статистические свойства ИС и ИО при обеспечении возможности реализации алгоритма декодирования с полиномиальной вычислительной сложностью за счет использования принципа динамического программирования Беллмана [9].

Суть алгоритма декодирования МАВ для СК заключается в нахождении наиболее вероятного пути по решетке кода. Путь представляет собой последовательность ребер на решетке кода. Вероятность ребра определяется выражением

$$p_{reb} = p(x_i) p(y_d \oplus x_i), \quad (5)$$

где $p(x_i)$ – вероятность появления последовательности x_i на выходе кодера;

$p(e_s) = p(y_d \oplus x_i)$ – вероятность комбинации ошибки e_s , являющейся результатом сложения в поле $GF(2)$ принятой комбинации y_d и x_i , соответствующей рассматриваемому ребру, а вероятность пути в текущем ребре на решетке СК представлена выражением

$$p'(K) = p_{reb} p(K'), \quad (6)$$

где $p(K')$ – вероятность прохождения пути через узел K' решетки на предыдущем ярусе. В соответствии с критерием (4) правило выбора выжившего пути (ВП) из двух путей, ведущих в узел для СК со скоростью кода $R = 0,5$, ведущих в узел K , определяется выражением

$$K = \arg \max_{K=K1}^{K2} \sum p'(K), \quad (7)$$

где $K1, K2$ – узлы решетки СК, из которых возможен переход в узел K , а правило выбора ВП из множества ВП, ведущих в каждый из узлов на шаге τ , определяется выражением

$$K_{opt} = \arg \max_{K=0}^{2^n-1} \sum p'(K). \quad (8)$$

При этом путь определяется номером узла решетки кода, которым он заканчивается.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ДЕКОДИРОВАНИЯ ВИТЕРБИ

Согласно идеологии итеративного подхода к декодированию помехоустойчивых кодов, предлагается модифицировать известный алгоритм Витерби для канала с жестким выходом демодулятора в трехэтапный алгоритм декодирования, включающий на первом этапе декодер Витерби, отличающийся от известного алгоритма возможностью выдачи на выход информации относительно выживших путей, на втором этапе – оценитель статистических характеристик векторов ошибок в различные моменты времени, на третьем этапе – декодер по критерию МАВ. Структурная схема модифицированного алгоритма представлена на рисунке 2.

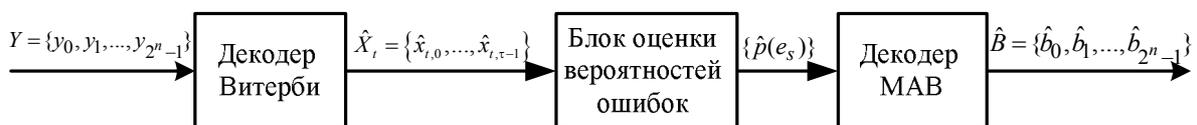


Рисунок 2 – Структурная схема модифицированного алгоритма Витерби

В каналах с мягким выходом демодулятора на первом этапе следует использовать декодер по критерию МАВ. Предложенный алгоритм декодирования предусматривает две итерации, реализуемые декодерами Витерби и МАВ. Это обусловлено результатами анализа эффективности представленного алгоритма, полученными на основе имитационного и натурального моделирования. Как выяснилось, предложенный алгоритм обладает свойством «насыщения», выражающимся в зависимости вероятности ошибки от глубины декодирования τ . Фактически оказалось возможным произвести «обмен» числа итераций на значение глубины декодирования, что является более эффективным с точки зрения вычислительной сложности. В заключении рассмотрим полученные результаты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ эффективности предложенного алгоритма, проведенный как на основе натурального эксперимента, так и методом имитационного моделирования, позволил установить, что для наиболее распространенного несистематического СК (133, 171) в диапазоне отношений сигнал/шум на входе демодулятора 3,5-4,5 дБ энергетический выигрыш в среднем составляет 1,4 дБ. Анализ вычислительной сложности алгоритма показал его незначительное (примерно в 2,7 раза) увеличение относительно алгоритма Витерби, что позволило сделать вывод о возможности реализации алгоритма на основе современных программируемых логических интегральных схем (например, XC6VLX760 фирмы Xilinx) для потоков с технической скоростью передачи до 50 Мбит/с.

Предложенный алгоритм позволяет повысить достоверность приема сообщений в каналах систем передачи информации со сверточным кодированием на основе учета статистических характеристик источника ошибок в дискретном канале связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ростовцев Ю.Г. Исследование методов повышения достоверности связи за счет использования статистической избыточности сигналов. – Л.: ЛВИКА, 1965. – 279 с.
2. Блох Э.Л., Попов О.В., Турин В.Я. Модели источника ошибок в каналах передачи цифровой информации. – М.: Связь, 1971. – 312 с.
3. Карташевский В.Г., Мишин Д.В. Прием кодированных сигналов в каналах с памятью. – М.: Радио и связь, 2004. – 239 с.
4. Кларк Дж., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. – М.: Радио и связь, 1987. – 384 с.
5. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. – М.: Техносфера, 2005. – 320 с.
6. CDM-600 Open Network Satellite Modem (2.4 kbps – 20 Mbps) Installation and Operation Manual For Firmware Version 2.0.1 or higher. – Электр. опт. диск. (CD-ROM).
7. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А.Г. Зюко, А.И. Фалько, И.П. Панфилов и др.; под ред. А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
8. Конышев М.Ю., Панкратов А.В., Просолупов С.А. Методика декодирования сверточных кодов в негауссовых каналах связи // Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Радиотехника, электроника и связь». – Омск, 2011. – С. 181-191.
9. Таха Х. Введение в исследование операций: в 2-х книгах. – Кн. 1. – М.: Мир, 1985. – 479 с.

Панкратов Алексей Владимирович
Академия ФСО России, г. Орел
Преподаватель
Тел.: 8 920 803 14 90

MODIFIED VITERBY DECODING ALGORITHM

The algorithm of chain codes decoding, including the procedure of estimation of fluctuating discrete error source statistical properties by means of estimations of error vectors elements in Viterby algorithm surviving paths use and the maximum of posteriori probability algorithm.

Keywords: *decoding algorithm; discrete communication channel; errors source; error vectors distribution of probability.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Rostovcev Yu.G. Issledovanie metodov povы'sheniya dostovernosti svyazi za schyot ispol'zovaniya statisticheskoy izby'tochnosti signalov. – L.: LVIKA, 1965. – 279 s.
2. Blox E'.L., Popov O.V., Turin V.Ya. Modeli istochnika oshibok v kanalax peredachi cifrovoj informacii. – M.: Svyaz', 1971. – 312 s.
3. Kartashevskij V.G., Mishin D.V. Priyom kodirovanny'x signalov v kanalax s pamyat'yu. – M.: Radio i svyaz', 2004. – 239 s.
4. Klark Dzh., Kejn Dzh. Kodirovanie s ispravleniem oshibok v sistemax cifrovoj svyazi. – M.: Radio i svyaz', 1987. – 384 s.
5. Morelos-Saragosa R. Iskusstvo pomexoustojchivogo kodirovaniya. Metody', algoritmy', primenenie. – M.: Texnosfera, 2005. – 320 s.
6. CDM-600 Open Network Satellite Modem (2.4 kbps – 20 Mbps) Installation and Operation Manual For Firmware Version 2.0.1 or higher. – E'lektr. opt. disk. (CD-ROM).
7. Pomexoustijchivost' i e'ffektivnost' sistem peredachi informacii / A.G. Zyuko, A.I. Fal'ko, I.P. Panfilov i dr.; pod red. A.G. Zyuko. – M.: Radio i svyaz', 1985. – 272 s.
8. Kony'shev M.Yu., Pankratov A.V., Prosolupov S.A. Metodika dekodirovaniya svyortochny'x kodov v negaussovy'x kanalax svyazi // Sbornik tezisov dokladov mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoy konferencii «Radiotexnika, e'lektronika i svyaz'». – Omsk, 2011. – S. 181-191.
9. Taxa X. Vvedenie v issledovanie operacij: v 2-x knigax. – Kn. 1. – M.: Mir, 1985. – 479 s.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОДНОРОДНОГО НЕПРЕРЫВНОГО
ОГРАНИЧЕННОГО РЕСУРСА
В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТНОГО ТИПА
С ДРЕВОВИДНОЙ СТРУКТУРОЙ**

В статье поставлена оптимизационная задача распределения однородного непрерывного ограниченного ресурса в иерархической системе транспортного типа, имеющей корневую древовидную структуру. Разработан алгоритм, основанный на решении численными методами второго порядка поставленной многомерной оптимизационной задачи при наличии ограничений. Работоспособность алгоритма проверена на конкретных примерах.

Ключевые слова: алгоритм; однородный непрерывный ограниченный ресурс; корневое ориентированное дерево.

ВВЕДЕНИЕ

Широкий класс прикладных задач распределения ресурсов формально относится к задачам оптимального распределения ограниченных ресурсов в иерархических системах транспортного типа с древовидной структурой (распределение мощностного ресурса OLT между абонентскими терминалами в PON сетях, распределение мощности или частоты между облучающими элементами (кластерами облучающих элементов) диаграммообразующей схемы фазируемой антенной решетки и др.). Сущность оптимального распределения ресурсов в иерархических системах заключается в нахождении таких допустимых объемов ресурсов, при которых принимают экстремальные значения критерии оптимальности, определяющие эффективность функционирования системы [1- 3].

Целью статьи является разработка алгоритма оптимального распределения однородных непрерывных ограниченных ресурсов в иерархической системе транспортного типа с древовидной структурой, основанного на решении методами второго порядка, многомерной оптимизационной задачи при наличии ограничений [4].

СОДЕРЖАТЕЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ

В общем виде иерархическая система транспортного типа представлена совокупностью элементов, разделяемых на три множества: пункты производства, промежуточные пункты и пункты потребления однородного ресурса, функциональная взаимосвязь между которыми представлена в виде древовидной структуры. Задача распределения однородного ограниченного ресурса в иерархической системе транспортного типа заключается в определении оптимального плана перевозок, обеспечивающего эффективное функционирование системы и заключающегося в нахождении оптимальных объемов производства T_{i_1} ресурса i_1 -м пунктом производства ($i_1 = \overline{1, N_1}$, где N_1 – общее число пунктов производства однородного непрерывного ресурса в иерархической системе); объемов потребления t_{i_3} ресурса i_3 -м пунктом потребления ($i_3 = \overline{1, N_3}$, где N_3 – общее число пунктов потребления однородного непрерывного ресурса в иерархической системе), с учетом ограничений на максимально допустимый объем производства T'_{i_1} ресурса i_1 -м пунктом производства; минимально и максимально допустимые объемы потребления t''_{i_3} и t'_{i_3} ресурса i_3 -м пунктом потребления; пропускную способность C_{i_2} при перевозке ресурса через i_2 -е промежуточные пункты ($i_2 = \overline{1, N_2}$, где N_2 – общее число пунктов перевозки однородного непрерывного ресурса в иерархической системе).

ФОРМАЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

С учетом вышесказанного оптимальное распределение однородного непрерывного ограниченного ресурса в иерархической системе транспортного типа с древовидной структурой является задачей параметрического синтеза иерархической системы, формальная постановка которой запишется в виде многокритериальной оптимизационной задачи:

$$\max t_1; \max t_2; \dots \max t_{N_3}, \quad (1)$$

при условии, что

$$\sum_{i_3=1}^{N_3} t_{i_3} = \sum_{i_1=1}^{N_1} T_{i_1}; \quad T_{i_1} \leq T'_{i_1}; \quad \tau_{i_2} \leq C_{i_2}; \quad t''_{i_3} \leq t_{i_3} \leq t'_{i_3}, \quad (2)$$

в случае, когда

$$\sum_{i_3=1}^{N_3} t''_{i_3} \leq \sum_{i_1=1}^{N_1} T'_{i_1} \leq \sum_{i_3=1}^{N_3} t'_{i_3}, \quad (3)$$

где τ_{i_2} – объем ресурса, поступающего на вход i_2 -го промежуточного пункта.

Согласно [1-3], представим структуру иерархической системы транспортного типа в виде ориентированного связного графа $G(V, E)$ без петель и параллельных рёбер (корневого ориентированного дерева) [5], представленного совокупностью непустого множества V вершин и множества E ребер двухэлементных подмножеств множества V [6]:

$$G(V, E) \stackrel{Def}{=} \langle V; E \rangle, \quad V \neq \emptyset, \quad E \subset V \times V \ \& \ \forall e \in E \ (|e| = 2), \quad (4)$$

где $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$, а $E = \{e_1, e_2, \dots, e_M\}$, $|V| = N$, $|E| = M$ (N и M – общее число вершин и ребер графа). Причем в рассматриваемой постановке задачи множество V вершин графа $G(V, E)$ представлено совокупностью непересекающихся подмножеств: 1) V_s – пунктов производства (корней ориентированного дерева); 2) V_p – промежуточных пунктов (промежуточных вершин ориентированного дерева); 3) V_e – пунктов потребления (листьев ориентированного дерева), т. е. $V = V_s \cup V_p \cup V_e$, с условием $V_s \cap V_p \cap V_e = \emptyset$ и $|V_s| = N_1$, $|V_p| = N_2$, $|V_e| = N_3$, $N = N_1 + N_2 + N_3$.

Под совокупностью (объединением) подмножеств множества вершин-пунктов производства V_s и промежуточных пунктов V_p будем понимать подмножество делителей $V_d = V_s \cup V_p$ однородного непрерывного ресурса. Тогда вес ребер из множества E , являющихся истоками из вершин подмножества V_d , определяется величиной соответствующих коэффициентов деления с выхода делителей $E' = (e'_1, e'_2, \dots, e'_M)^T$. Обозначим через $F(i) \subset E$ подмножество множества ребер графа $G(V, E)$, являющихся истоками из i -й вершины, причем $E = \bigcup_{i=1}^N F(i)$ и $\bigcap_{i=1}^N F(i) = \emptyset$. Тогда с учетом вышесказанного сущность решения задачи оптимального распределения однородного непрерывного ограниченного ресурса в иерархической системе транспортного типа с древовидной структурой заключается в определении весов ребер (коэффициентов деления) истоков из вершин подмножества V_d по критерию

$$f(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M) = (-1) \cdot \sum_{i_3=1}^{N_3} \mathbf{t}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)_{i_3} \rightarrow \min_{\substack{e'_1, \dots, e'_M \in E \\ T_1, \dots, T_{N_1} \in T}} \quad (5)$$

с учетом ограничений (2-3) и дополнительного ограничения, накладываемого на коэффициенты деления k -х ($k=1, \overline{K}$), где K – общее число вершин графа $G(V, E)$, принадлежащих подмножеству V_d делителей (веса рёбер) определяемые выражением

$$\sum_{j=1}^{J_k} e_j^k = 1; e_j^k \in F(k); |F(k)| = J_k; F(k) \subset E; k = \overline{1, K}. \quad (6)$$

Геометрия решения задачи представлена на рисунке 1.

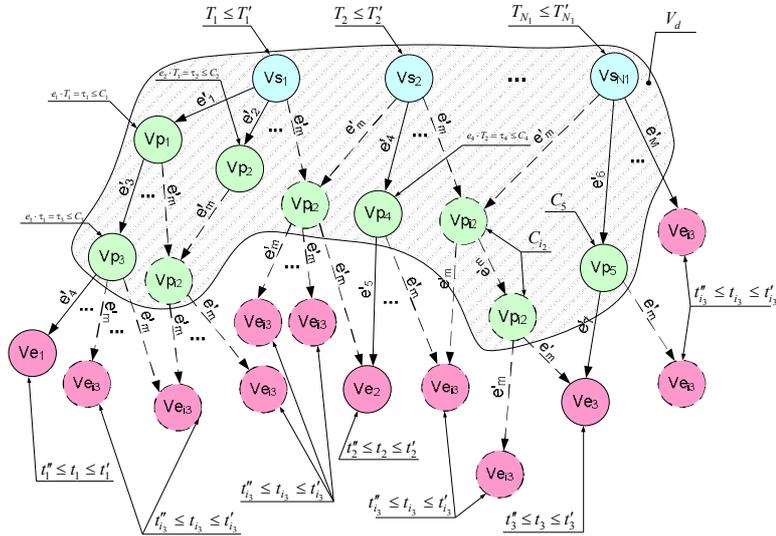


Рисунок 1 – Геометрия решения задачи распределения однородного непрерывного ограниченного ресурса в иерархической системе транспортного типа с древовидной структурой

Для определения векторной функции выражения (5) $\mathbf{t}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)$, i_3 -й элемент которой характеризует величину распределяемого в i_3 -й пункт потребления однородного непрерывного ресурса t_{i_3} , введем следующие обозначения.

Ориентированный граф $G(V, E)$ будем задавать матрицами инцидентий для прямого и обратного потоков \mathbf{H}^{in} и \mathbf{H}^{out} соответственно [6]:

$$\mathbf{H}_{i,m}^{\text{in}} = \begin{cases} 1, & \text{если вершина } v_i \text{ инцидентна ребру } e_m \text{ и является ее концом;} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}; \quad (7)$$

$$\mathbf{H}_{i,m}^{\text{out}} = \begin{cases} -1, & \text{если вершина } v_i \text{ инцидентна ребру } e_m \text{ и является ее началом;} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}. \quad (8)$$

Для ориентированного графа $G(V, E)$ определим матрицу \mathbf{S}^r , являющуюся матрицей достижимости для пути кратности r (r задает число ребер, проходя через которые из вершины v_i есть путь в вершину v_p):

$$\mathbf{S}_{i,p}^r = \begin{cases} 1, & \text{если существует путь из } v_i \text{ в } v_p \text{ с } r \text{ ребрами;} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}. \quad (9)$$

Поскольку граф $G(V, E)$ является ориентированным связным графом без петель и параллельных рёбер, то согласно [6] величина r ограничена значением R , определяющим максимально возможное число ребер, проходя через которые существует путь из i -й вершины в p -ю. Величина R определяется максимально допустимым числом переходов, для которых норма матрицы $\mathbf{S}_{i,p}^r$ не равна нулю, т.е. $\mathbf{S}_{i,p}^r \neq 0$, а $\mathbf{S}_{i,p}^{r+1} = 0$.

Введем векторную функцию $\mathbf{v}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)$, i -й элемент ($i = \overline{1, N}$) которой определяет вес i -й вершины, т.е. в рассматриваемой постановке задачи характеризует объем ресурса передаваемого в i -ю вершину графа $G(V, E)$, определяемую как

$$\mathbf{v}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M) = \left[\sum_{i=1}^N \left(\left[\mathbf{H}^{\text{in}} \cdot \text{diag}(\boldsymbol{\gamma}_R(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)) \right] \times \right)^{(i)} + \right. \\ \left. \times (-1 \cdot \mathbf{H}^{\text{out}})^T \right. \\ \left. + \mathbf{v}'(T_1, \dots, T_{N_1}) \right], \quad (10)$$

где $\mathbf{v}'(T_1, \dots, T_{N_1})$ – векторная функция, i -й элемент которой определяет величину ресурса производимого i -й вершиной графа $G(V, E)$; $\boldsymbol{\gamma}_R(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)$ – R -я векторная функция рассчитывается согласно рекуррентной формуле

$$\boldsymbol{\gamma}_R(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M) = \left(\sum_{m=1}^M \left[\boldsymbol{\beta}(e'_1, \dots, e'_M) \cdot \mathbf{H}^{\text{in}} \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \text{diag}(\boldsymbol{\gamma}_{R-1}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)) \right] \right)^{\langle m \rangle} + \\ + \boldsymbol{\gamma}_1(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M) \quad (11)$$

В выражении (11) начальное значение функции $\boldsymbol{\gamma}_1(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)$ и матричная функция $\boldsymbol{\beta}(e'_1, \dots, e'_M)$, определяются равенствами

$$\boldsymbol{\gamma}_1(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M) = \sum_{i=1}^N \left[\boldsymbol{\beta}(e'_1, \dots, e'_M) \cdot \text{diag}(\mathbf{v}'(T_1, \dots, T_{N_1})) \right]^{(i)}; \\ \boldsymbol{\beta}(e'_1, \dots, e'_M) = \left[(-1 \cdot \mathbf{H}^{\text{out}}) \cdot \text{diag}((e'_1, e'_2, \dots, e'_M)^T) \right]^T. \quad (12)$$

В выражениях (10-12) $\text{diag}(\bullet)$ – оператор преобразования произвольного вектора размерностью N в диагональную матрицу $N \times N$.

Тогда элементы векторной функции $\mathbf{v}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)$, принадлежащие подмножеству пунктов потребления ресурса V_e , определяют i_3 -е элементы искомой векторной функции $\mathbf{t}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)$ максимизируемого выражения (5):

$$\mathbf{t}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)_{i_3} = \mathbf{v}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)_{\mathbf{Q}_{i_3}}, \quad (13)$$

где \mathbf{Q} – вектор размерностью N_3 , i_3 -е элементы которого определяют номера вершин графа $G(V, E)$ составляющих подмножество пунктов потребления ресурса V_e .

В свою очередь элементы векторной функции $\mathbf{v}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)$, принадлежащие подмножеству промежуточных пунктов V_p , определяют i_2 -е элементы векторной функции $\boldsymbol{\tau}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)$ ограничения (2):

$$\boldsymbol{\tau}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)_{i_2} = \mathbf{v}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)_{\mathbf{I}_{i_2}}, \quad (14)$$

где \mathbf{I} – вектор размерностью N_2 , i_2 -е элементы которого определяют номера вершин графа $G(V, E)$ составляющих подмножество промежуточных пунктов V_p .

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Решение задачи (5) минимизации дважды дифференцируемой целевой функции $f(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)$ с учетом ограничений (2-3, 6) в виде равенств и неравенств и топологии (7-8) осуществляется обобщенным методом множителей Лагранжа [7] с учетом необходимых условий Куна-Таккера [7], которые позволяют определить стационарные точки в задаче нелинейного программирования с ограничениями. В данной постановке задачи функция Лагранжа запишется в виде

$$\begin{aligned}
L(\mathbf{T}, \mathbf{e}', \boldsymbol{\lambda}_1, \dots, \boldsymbol{\lambda}_5, \lambda_6, \mathbf{S}_1, \dots, \mathbf{S}_4) = & f(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M) - \\
& - \lambda_6 \cdot \left[\sum_{i_3=1}^{N_3} t_{i_3} - \sum_{i_1=1}^{N_1} T_{i_1} \right] - \sum_{k=1}^K \left[(\boldsymbol{\lambda}_5)_k \cdot \left(\sum_{j=1}^{J_k} e_j^{k'} - 1 \right) \right] - \sum_{i_1=1}^{N_1} [(\boldsymbol{\lambda}_1)_{i_1} \cdot (T_{i_1} - T'_{i_1} + (\mathbf{S}_1^2)_{i_1})] - \\
& - \sum_{i_2=1}^{N_2} [(\boldsymbol{\lambda}_2)_{i_2} \cdot (\boldsymbol{\tau}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)_{i_2} - C_{i_2} + (\mathbf{S}_2^2)_{i_2})] - \\
& - \sum_{i_3=1}^{N_3} \left[(\boldsymbol{\lambda}_3)_{i_3} \cdot (\mathbf{t}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)_{i_3} - t_{i_3}'' - (\mathbf{S}_3^2)_{i_3}) - \right. \\
& \left. - (\boldsymbol{\lambda}_4)_{i_3} \cdot (\mathbf{t}(T_1, \dots, T_{N_1}, e'_1, \dots, e'_M)_{i_3} - t_{i_3}' + (\mathbf{S}_4^2)_{i_3}) \right] \rightarrow \min_{\substack{e'_1, \dots, e'_M \in E \\ T_1, \dots, T_{N_1} \in T \\ \boldsymbol{\lambda}_1, \dots, \boldsymbol{\lambda}_5, \lambda_6 \in \Lambda \\ \mathbf{S}_1, \dots, \mathbf{S}_4 \in \Omega}}
\end{aligned} \quad (15)$$

Решение безусловной оптимизационной задачи (15) производится методом Ньютона-Рафсона [7], требующего расчета вектора градиента $\nabla L(\mathbf{T}, \mathbf{e}', \boldsymbol{\lambda}_1, \dots, \boldsymbol{\lambda}_5, \lambda_6, \mathbf{S}_1, \dots, \mathbf{S}_4)$ функции Лагранжа и матрицу Гессе $\mathbf{H}(\mathbf{T}, \mathbf{e}', \boldsymbol{\lambda}_1, \dots, \boldsymbol{\lambda}_5, \lambda_6, \mathbf{S}_1, \dots, \mathbf{S}_4)$. Аналитическое представление элементов вектора градиентов и матрицы Гессе функции Лагранжа (15) не составляет большого труда и выполняется как операция взятия производных от функций по векторному аргументу [8]. Стратегия метода Ньютона-Рафсона [4] состоит в построении последовательности точек \mathbf{X}^p , \mathbf{e}'^p , $\boldsymbol{\lambda}_1^p, \dots, \boldsymbol{\lambda}_5^p, \dots, \lambda_6^p$, $\mathbf{S}_1^p, \dots, \mathbf{S}_4^p$, $p = 0, 1, \dots$, (в общем векторном представлении $\{\mathbf{X}^p\}$) таких, что $L(\mathbf{X}^{p+1}) < L(\mathbf{X}^p)$. Точки последовательности $\{\mathbf{X}^p\}$ вычисляются по известному правилу [4]

$$\mathbf{X}^{p+1} = \mathbf{X}^p - l_p \cdot [\mathbf{H}(\mathbf{X}^p)]^{-1} \cdot \nabla L(\mathbf{X}^p), \quad (16)$$

где величина шага l_p определяется из условия

$$\omega(l_p) = L[\mathbf{X}^p - l_p \cdot [\mathbf{H}(\mathbf{X}^p)]^{-1} \cdot \nabla L(\mathbf{X}^p)] \rightarrow \min_{l_p}. \quad (17)$$

Решение задачи (17) осуществляется численно гибридным методом одномерной безусловной оптимизации, представляющим собой комбинацию методов нулевого порядка Фибоначчи [7] и параболической интерполяции [7], обладающим высокой надежностью и гарантированной сходимостью. Причем скорость сходимости в окрестности точки минимума целевой функции (17) сверхлинейная. Пример реализации подобного алгоритма подробно рассмотрен в [10].

Построение последовательности $\{\mathbf{X}^p\}$ заканчивается, когда либо $\|\nabla L(\mathbf{X}^p)\| < \varepsilon_1$, либо $\|\mathbf{X}^{p+1} - \mathbf{X}^p\| < \varepsilon_2$, либо число итераций $p \geq P$, где ε_1 и ε_2 – малые положительные числа, определяющие погрешность вычисления, а P – предельное число итераций.

Начальные приближения объемов производства ресурса i_1 -м пунктом производства $T_{i_1}^*$ задается равным максимально допустимому ($T_{i_1}^* = T'_{i_1}$), а вектор весов ребер

$$\mathbf{e}^* = (e_1^*, e_2^*, \dots, e_M^*)^T \text{ истоков из вершин подмножества } V_d \text{ определяются согласно равенству}$$

$$\mathbf{e}^* = \boldsymbol{\mu}_R(V_1^*, \dots, V_N^*) / \boldsymbol{\Psi}(V_1^*, \dots, V_N^*), \quad (18)$$

где $\boldsymbol{\mu}_R(V_1^*, \dots, V_N^*)$ и $\boldsymbol{\Psi}(V_1^*, \dots, V_N^*)$ – векторные функции, определяемые соответствующими выражениями

$$\begin{aligned}
\boldsymbol{\mu}_R(V_1^*, \dots, V_N^*) = & \left(\sum_{m=1}^M \left[(\mathbf{H}^{\text{in}})^T \cdot (-1 \cdot \mathbf{H}^{\text{out}}) \times \right. \right. \\
& \left. \left. \times \text{diag}(\boldsymbol{\mu}_{R-1}(V_1^*, \dots, V_N^*)) \right] \right)^{\langle m \rangle} / \boldsymbol{\chi}(V_1^*, \dots, V_N^*) + \boldsymbol{\mu}_1(V_1^*, \dots, V_N^*); \\
\boldsymbol{\Psi}(V_1^*, \dots, V_N^*) = & \sum_{i=1}^N \left[(-1 \cdot \mathbf{H}^{\text{out}})^T \cdot \text{diag} \left(\sum_{n=1}^N [(-1 \cdot \mathbf{H}^{\text{out}}) \cdot \text{diag}(\boldsymbol{\mu}_R(V_1^*, \dots, V_N^*))]^{\langle n \rangle} \right) \right]^{\langle i \rangle}.
\end{aligned} \quad (19)$$

Здесь начальное значение функции $\mu_1(V_1^*, \dots, V_N^*)$ и функция $\chi(V_1^*, \dots, V_N^*)$ определяются:

$$\mu_1(V_1^*, \dots, V_N^*) = \left(\sum_{i=1}^N \left[(\mathbf{H}^{\text{in}})^T \cdot \text{diag}(\mathbf{V}^*) \right]^{(i)} \right) / \chi(V_1^*, \dots, V_N^*);$$

$$\chi(V_1^*, \dots, V_N^*) = \sum_{i=1}^N \left[(\mathbf{H}^{\text{in}})^T \cdot \text{diag} \left(\sum_{n=1}^N \left[\mathbf{H}^{\text{in}} \cdot (-1 \cdot \mathbf{H}^{\text{out}})^T \right]^{(n)} \right) \right]^{(i)}.$$
(20)

В выражениях (18-20) i -е элементы V_i^* исходных весов вершин вектора $\mathbf{V}^* = (V_1^*, \dots, V_N^*)$ определяются отношением

$$V_{Q_{i_3}}^* = (t'_{i_3} + t''_{i_3}) / 2,$$
(21)

а остальные элементы вектора $\mathbf{V}^* = (V_1^*, \dots, V_N^*)$ равны нулю.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Рассмотрим результат работы предложенного алгоритма на примере распределения однородного непрерывного ограниченного ресурса в иерархической системе транспортного типа с древовидной структурой, представленной на рисунке 2.

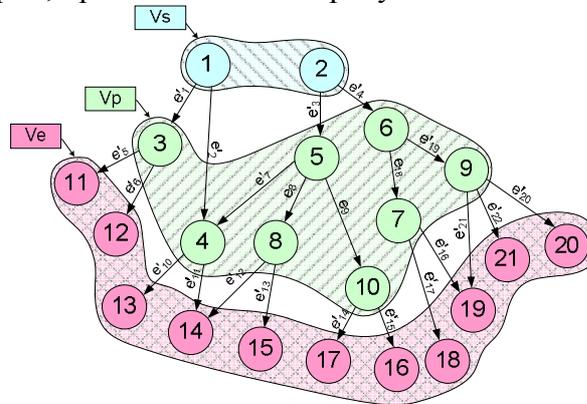


Рисунок 2 – Пример иерархической системы транспортного типа с древовидной структурой

В данном случае решение задачи заключается в распределении однородного ограниченного ресурса T , производимого пунктами производства 1 и 2 через промежуточные пункты 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10 между пунктами потребления ресурса 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21. При этом максимальный объем производства ресурса первым пунктом производства равен 10, т.е. $T_1' = 10$, а вторым пунктом равен 9, т.е. $T_1'' = 9$. Пропускная способность промежуточных пунктов одинакова и равна 10 ($C_{i_2} = 10$, $i_2 = \overline{1, N_2}$). Максимально и минимально допустимые объемы потребляемого ресурса пунктами потребления одинаковы и равны 2 и 1 ($t'_{i_3} = 2$ и $t''_{i_3} = 1$, $i_3 = \overline{1, N_3}$). Согласно выражению (10), для предложенной задачи получаем векторную функцию, определяющую веса i -х вершин графа: $\mathbf{v}(T_1, T_2, e'_1, \dots, e'_{22})^T = (T_1, T_2, T_1 \cdot e'_1, T_1 \cdot e'_2 + T_2 \cdot e'_7, T_2 \cdot e'_3, T_2 \cdot e'_4, T_2 \cdot e'_4 \cdot e'_{18}, T_2 \cdot e'_3 \cdot e'_8, T_2 \cdot e'_4 \cdot e'_{19}, T_2 \cdot e'_3 \cdot e'_9, T_1 \cdot e'_1 \cdot e'_5, T_1 \cdot e'_1 \cdot e'_6, T_1 \cdot e'_2 \cdot e'_{10} + T_2 \cdot e'_3 \cdot e'_7 \cdot e'_{10}, T_1 \cdot e'_2 \cdot e'_{11} + T_2 \cdot e'_3 \cdot e'_7 \cdot e'_{11} + T_2 \cdot e'_3 \cdot e'_8 \cdot e'_{12}, T_2 \cdot e'_3 \cdot e'_8 \cdot e'_{13}, T_2 \cdot e'_3 \cdot e'_9 \cdot e'_{15}, T_2 \cdot e'_3 \cdot e'_8 \cdot e'_{14}, T_2 \cdot e'_4 \cdot e'_{18} \cdot e'_{17}, T_2 \cdot e'_4 \cdot e'_{16} \cdot e'_{18} + T_2 \cdot e'_4 \cdot e'_{19} \cdot e'_{21}, T_2 \cdot e'_4 \cdot e'_{19} \cdot e'_{20}, T_2 \cdot e'_4 \cdot e'_{19} \cdot e'_{22})$.

На первом этапе решения задачи в соответствии с правилом (18) получаем начальные приближения вектора весов ребер $(\mathbf{e}'^*)^T = (0.515, 0.485, 0.273, 0.727, 0.5, 0.5, 0.176, 0.353, 0.471, 0.667, 0.333, 0.333, 0.667, 0.5, 0.5, 0.333, 0.667, 0.375, 0.625, 0.4, 0.2, 0.4)$.

На втором этапе оптимального распределения однородного ограниченного ресурса в результате решения безусловной задачи минимизации (15) методом Ньютона-Рафсона на

конечной p -ой итерации получим результирующие искомые вектора $(\mathbf{T}^p)^T = (8, 9)$ и $(\mathbf{e}^{ip})^T = (0.5, 0.5, 0.333, 0.667, 0.5, 0.5, 0, 0.333, 0.667, 0.5, 0.5, 0, 1, 0.5, 0.5, 0.328, 0.672, 0.376, 0.624, 0.401, 0.197, 0.401)$, элементы которых определяют оптимальные объемы производства ресурса пунктами производства и веса ребер (коэффициенты деления) истоков из вершин подмножества V_d . Элементы вектора весов вершин равны $\mathbf{v}^T = (8, 9, 4, 4, 3, 6, 2.254, 1, 3.746, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 1, 1.514, 1.478, 1.504, 1.504)$. При этом значение минимизируемой целевой функции (8) равно -17.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный алгоритм оптимального распределения ограниченного непрерывного ресурса в иерархической системе транспортного типа с древовидной структурой позволяет с заданной погрешностью вычисления за конечное число итераций определить искомые объемы производимого и потребляемого ресурса для широкого класса технических и экономических задач. Предложенный в статье итерационный способ определения начального приближения безусловной оптимизационной задачи (18) позволяет рассчитать начальные значения последовательности $\{\mathbf{X}^p\}$, принадлежащие области допустимых значений задачи распределения ресурсов в иерархической системе транспортного типа. Такая ситуация, в свою очередь, позволяет методами второго порядка (Ньютона, Ньютона–Рафсона, Марквардта и др.), обладающими, согласно [4] и исследованию, проведенному в [7], наилучшей скоростью сходимости, способностью численно решить исходную задачу оптимального распределения ресурса с высокой надежностью и гарантированной сходимостью [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прилуцкий М.Х. Распределение однородного ресурса в иерархических системах древовидной структуры. Труды международной конференции «Идентификация систем и задачи управления SICPRO 2000». – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2000 – С. 2038-2049.
2. Прилуцкий М.Х., Картомин А.Г. Поточковые алгоритмы распределения ресурсов в иерархических системах. Электронный журнал «Исследовано в России», 2003. – С. 444-452.
3. Афраймович Л.Г., Прилуцкий М.Х. Многоиндексные задачи распределения ресурсов в иерархических системах // Автоматика и телемеханика, 2006. – № 6. – С. 194-205.
4. Полак Э. Численные методы оптимизации. Единый подход: пер. с английского Ф.И. Ерешко / под ред. И.А. Вателя. – М.: «Мир», 1974. – 376 с.
5. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
6. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 432 с.
7. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Изд. «МИР», 1975. – 536 с.
8. Амосов А.А., Колпаков В.В. Скалярно-матричное дифференцирование и его применение к конструктивным задачам теории связи // Проблемы передачи информации, 1972. – С. 3-15.
9. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы, построение и анализ. 2-е издание: пер. с англ. И.В. Красикова, В.Н. Романова, Н.А. Ореховой / под ред. И.В. Красикова. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1296 с.
10. Полянский И.С. Метод одномерной безусловной оптимизации в задаче оценки развязки парциальных лучей многолучевой антенны зеркального типа // Современные проблемы науки и образования, 2012. – № 4. – [Электронный ресурс]. – URL: www.science-education.ru/104-6880 (дата обращения: 29.10.2012).

Полянский Иван Сергеевич

Академия ФСО России, г. Орел

Кандидат технических наук, научный сотрудник

E-mail: van341@mail.ru

Тел.: 8 953 618 71 00

Логинава Инна Валерьевна

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат экономических наук, доцент, преподаватель
E-mail: van341@mail.ru
Тел.: 8 929 060 92 29

Беседин Иван Игоревич

Академия ФСО России, г. Орел
Научный сотрудник
E-mail: bes575757@mail.ru
Тел.: 8 910 200 75 09

Фролов Михаил Михайлович

Академия ФСО России, г. Орел
Научный сотрудник
Тел.: 8 910 308 98 08

I.S. POLYANSKIY (*Candidate of Engineering Sciences, Research Associate*)

I.V. LOGINOVA (*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Teacher*)

I.I. BESEDIN (*Research Associate*)

M.M. FROLOV (*Research Associate*)

Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

**DISTRIBUTION OF UNIFORM CONTINUOUS LIMITED RESOURCES
HIERARCHICAL SYSTEMS OF TRANSPORT TYPE WITH A TREE STRUCTURE**

The article introduces optimization problem of a uniform continuous distribution of limited resources in a hierarchical system of transport type, having a root tree structure. An algorithm based on solving multi-dimensional optimization problem with constraints by numerically methods of the second order is designed. The efficiency of the algorithm is tested on concrete examples.

Keywords: *algorithm; uniform continuous limited resource; rooted directed tree.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Priluczkiy M.X. Raspredelenie odnorodnogo resursa v ierarxicheskix sistemax drevovidnoj struktury'. Trudy' mazhdunarodnoj konferencii «Identifikaciya sistem i zadachi upravleniya SICPRO 2000». – M.: Institut problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova RAN, 2000 – S. 2038-2049.
2. Priluczkiy M.X., Kartomin A.G. Potokovy'e algoritmy' raspredeleniya resursov v ierarxicheskix sistemax. E'lektronny'j zhurnal «Issledvanno v Rossii», 2003. – S. 444-452.
3. Afrajmovich L.G., Priluczkiy M.X. Mnogoindeksny'e zadachi raspredeleniya resursov v ierarxicheskix sistemax // Avtomatika i telemekhanika, 2006. – № 6. – S. 194-205.
4. Polak E'. Chislenny'e metody' optimizacii. Ediny'j podxod: per. s anglijskogo F.I. Ereshko / pod red. I.A. Vatelya. – M.: «Mir», 1974. – 376 s.
5. Bertsekas D., Gallager R. Seti peredachi danny'x. – M.: Mir, 1989. – 544 s.
6. Kristofides N. Teoriya grafov. Algoritmicheskij podxod. – M.: Mir, 1978. – 432 s.
7. Ximmel'blau D. Prikladnoe nelinejnoe prgrammirovanie. – M.: Izd. «MIR», 1975. – 536 s.
8. Amosov A.A., Kolpakov V.V. Skalyarno-matrichnoe differencirvanie i ego primeneniye k konstruktivny'm zadacham teorii svyazi // Problemy' peredachi informacii, 1972. – S. 3-15.
9. Kormen T., Lejzerson Ch., Rivest R., Shtajn K. Algoritmy', postroenie i analiz. 2-e izdanie: per. s angl. I.V. Krasikva, V.N. Romanova, N.A. Orexovoj / pod red. I.V. Krasikova. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2005. – 1296 s.
10. Polyanskiy I.S. Metod odnomernoj bezuslovnoj optimizacii v zadache ocenki razvyazki parcial'ny'x luchej mnogoluchevoj anteny' zerkal'nogo tipa // Sovremenny'e problemy' nauki i obrazovaniya, 2012. – № 4. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: www.science-education.ru/104-6880 (data obrashheniya: 29.10.2012).

А.П. ФИСУН, Ю.А. БЕЛЕВСКАЯ

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ПРАВОВОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА
В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ТЕОРИЙ
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В статье представлена постановка и направления решения проблемы формирования информационной теории на основе развития методологий ее базовых и составных теорий информатики, информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), информационной безопасности (ИБ) социотехнических систем (СТС), а также некоторых отраслевых теорий социально-экономического, гуманитарного направлений развивающегося информационного общества (ИО).

Ключевые слова: *информационная теория; методология теории (науки); теоретическая информатика; теория информационной безопасности социотехнических систем; теория права информационного общества.*

Современный период развития информационного общества характеризуется глобализацией и интеграцией материально-энергетических, социально-экономических, гуманитарных, информационной и иных сфер и видов деятельности личности, общества и государства, в основе которых лежит широкое использование информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), функционирующих в условиях внешних воздействий и внутренних изменений своих состояний, представляющих угрозы качеству информации, системам (информационным системам различных классов – ИС) и процессам ее обработки, являющихся основным объектом регулярно развивающихся, динамично изменяющихся сложных информационных отношений (ИО) современного общества. В силу сложности значительного многообразия и разнообразия таких отношений возникает естественная потребность в развитии существующих и создании нового эффективного комплекса адекватных, теоретико-методологических, взаимосвязанных инструментов, обеспечивающих реализацию практического регулирования общественных отношений в указанном многообразии и разнообразии сфер и видов деятельности. Основу таких инструментов должны составлять теоретико-методологические базисы естественнонаучных направлений – прежде всего, информатики, математики, физики; гуманитарных и социально-экономических направлений, правовых; общих профессиональных и специальных – ИКТ, ИБ СТС и других. В основе развития этих частнонаучных теорий должны лежать их методологии названных выше частных теорий, объединяемые относительно полной, адекватной и непротиворечивой информационной теорией, а также единые, основные объекты, представляемые ИКТ, информационными системами (ИС), информационными процессами (ИП) и информацией требуемого заданного качества.

Постановка и решение проблемы создания такой единой информационной теории сегодня вызывает определенные трудности в силу ряда факторов: недостаточной разработанности самой методологии общей информационной теории, необходимости развития уже сложившихся методологических основ ряда ее составляющих компонентов и названных нами частных теорий, недостаточной разработанности центрального и единого, однозначного содержания понятия – информации, объединяющего названные теории и других факторов и причин.

Постановка и решение проблемы формирования информационной теории, развития ее частных научных естественнонаучных, общепрофессиональных, специальных, социально-экономических научных направлений, и, прежде всего, представленных в статье теоретической информатики, теорией ИБ СТС, теорией ИКТ, теорией права

информационного общества (ТПИО), выявление их различия и единства осуществлялись с учетом ряда посылок.

Первая посылка. Источником, началом формирования относительно полной, непротиворечивой и законченной информационной теории, ее фундаментальным, теоретико-методологическим базисом является теоретическая информатика (ТИ), которая, несмотря на определённую полноту, также находится в состоянии развития. При этом, в свою очередь, одним из первоочередных направлений ее развития является системное представление знаний о содержании информации, ее значимых для деятельности человека и общества свойствах, и, прежде всего безопасности информации, а также знаний о свойствах систем и процессах ее обработки, которые обуславливают необходимость решения первоочередных актуальных задач развития теории ИБ СТС и проблем формирования и развития теории права современного, информационного общества (ТПИО).

Вторая посылка. Теоретическая информатика является теоретическим базисом разработки и развития теории ИБ СТС. Между этими теориями существует причинно-следственная взаимозависимость, обусловленная единым для них объектом – информацией и ее заданными свойствами. При этом, рассматривая известное содержание информатики – $\text{Informatique} \rightarrow \text{Information} \oplus \text{Automatique}$ («Информация» \oplus «Автоматика»), интерпретируя «automatique» как современные СТС, представляемые ИКТ, учитывая особенности развивающегося информационного общества, характеризующейся широким внедрением во все сферы и виды деятельности личности, общества и государства ИКТ, можно представить множество и разнообразие теоретических и прикладных направлений существования и развития теоретической информатики в плоскости соответствующих векторов «Information» и «Automatique» («Информация» и «Автоматика»).

Третья посылка. С учётом известных традиций, взглядов, работ, традиционных подходов отечественных и зарубежных учёных и специалистов, изложения содержания информатики авторами ставится цель наметить контуры так называемой «антиинформатики», отсутствующей в существующих структурах изложения классической информатики, дополнив ее составными компонентами, позволяющими сформировать содержание «гармонической информатики», отражающей всесторонние знания об информационной сфере, информации, СТС, в том числе, информационных системах, информационных процессах, ИКТ как с положительной, так и с отрицательной сторон:

1) блага, приносимая польза и вред (в том числе возможный, потенциальный), угрозы, объекты информационной опасности;

2) возможности повышения эффективности ИКТ, СТС и потенциальные явные и скрытые их свойства, обуславливающие снижение эффективности, рассматривая их как объекты обеспечения ИБ;

3) рассмотрения не только одной, Шенноновской теории информации, являющейся, по сути, математической теорией передачи знаков по каналам телекоммуникации, но и иных, существующих информационных теорий, основанных на системном подходе, учитывающем взаимосвязь между элементами системы и смысловыми свойствами элементов системы и всей системы в целом.

С учетом такого взгляда на содержание теоретической информатики рассматривается ее взаимосвязь с теорией ИБ СТС, теорией права информационного общества, определяется место этих теорий в развивающейся теоретической информатике и в информационной науке в целом.

Четвёртая посылка. Содержание теории ИБ СТС рассматривается с позиций не только высокого уровня общности, но и с позиций расширенного понимания ИБ как свойства СТС, характеризующего способность СТС противостоять воздействию внутренних и внешних угроз на СТС и обрабатываемую в ней информацию, а также на пользователей СТС посредством реализации комплекса правовых, организационных, технических, программных, математических лингвистических и других способов, средств и мероприятий, обеспечивающих защиту:

– СТС, ее физической, функциональной и логической структуры, представляющих определённый класс или вид информационной системы, отдельных компонентов, средств, узлов от разрушающих и дестабилизирующих энергетических, информационных и вещественных воздействий;

– информации (сведений) о материально-энергетических и иных свойствах, характеристиках СТС, обладающих определённой материально-энергетической, информационной, морально-этической и иной ценностью, пользой для личности, общества и государства;

– организованных и протекающих в СТС и ее элементах информационных процессов, в том числе, и процессов обеспечения информационной безопасности СТС, а также используемых для этих процессов информационных технологий;

– информации, заданного пользователем (субъектами общественных отношений), качества (свойств), обрабатываемой СТС, её элементами, предназначенной или принадлежащей пользователю, от преднамеренных действий злоумышленников с целью ее хищения, утраты, утечки, несанкционированного доступа, модификации, копирования, блокирования, осуществления дезорганизации и разрушающего воздействия на СТС, а также других;

– пользователя СТС от некачественной (неадекватной, недостоверной, неполной, несвоевременной, нерелевантной, непертинентной, лживой, противоречивой и другой) информации, необходимой ему для осуществления полезной, не разрушающей личность, общество и государство деятельности, удовлетворения информационных потребностей, обеспечения эффективного функционирования технологических процессов СТС;

– пользователя СТС от информационной перегрузки, создаваемой самой СТС.

Пятая посылка. Рассмотрение содержания и направлений развития любых частных теорий, их методологического базиса должно осуществляться, прежде всего, с уточнения и формирования терминологического базиса, учитывающего следующие известные требования:

1) определение любого термина представляется как минимум тремя уровнями: именем, дефиницией (синтаксической конструкцией, фиксирующей свойства определяемого), методом определения (введения, перенесения в дефиницию свойств определяемого);

2) термин может быть родовым, т.е. предельным для данной области и не определяемым путем подведения под более общее;

3) определение термина может обладать различной полнотой, зависящей от числа подводимых под определение объектов и их свойств, т.е. различным уровнем общности;

4) термин может отражать фундаментальные, прикладные и реализационные аспекты определяемого объекта.

Шестая посылка. Теоретическая информатика в современном обществе имеет определяющее значение в развитии ряда названных соподчинённых частных теорий, в том числе, и развивающейся теории права, частных правовых теорий, прикладных отраслей права и законодательства, призванных обеспечить эффективное регулирование современных общественных отношений (информационных отношений) в материально-энергетических, информационной, в том числе, в сфере обеспечения ИБ СТС, а также существующих видах деятельности личности и государства цивилизованного, информационного, демократического, гражданского общества в условиях широкого и глобального использования ИКТ, экспоненциального роста потребностей в информационных продуктах и услугах, регулярного развития и формирования национального и международного информационного пространства, возрастания информационных угроз личности, обществу, его политическим институтам, их устойчивому безопасному развитию и целостности.

Седьмая посылка. Развитие информационной теории, а также названных частных теорий с их единым, обобщённым объектом, представляющим информацию, возможно только на основе осознания первостепенного значения информационных отношений

современного общества, регулирование которых основано на сочетании различных теоретических и практических методов, требующих постоянного развития, уточнения, систематизации с целью выработки определённого их обобщённого методологического базиса, формирование и развитие которого может быть основано на следующих, очевидных концептуальных положениях (гипотезах):

1) информационная теория и рассматриваемые частные теории, их методологии базируются на общей методологии науки и сложившихся методологических базисах частных наук, которые являются ее динамично развивающимся инвариантом, позволяющим отражать, объяснять, описывать, прогнозировать особенности зарождения, формирования, существования и развития информационного общества, его общественных (информационных отношений), неразрывно связанных с современными ИКТ;

2) в основе формирования и развития методологии информационной теории и искомых частных теорий лежит не только развивающаяся общая методология науки, но и теоретическая информатика, теория ИКТ, общая теория права и ее методология, которые обуславливают необратимые видоизменения, трансформацию, адаптацию существующих и возникновение новых общественных информационных отношений, требующих адекватного, эффективного регулирования. При этом формируемая и развивающаяся методология права информационного общества может быть представлена методологическим базисом системообразующей, обладающей интегративными свойствами, развивающейся, переходящей в ведущую отрасль теории информационного права, базирующейся, в свою очередь, на методологии информационной теории, теоретической информатике, теории информационной безопасности, общей теории права и обеспечивающей развитие и объединение существующих частных, публичных и комплексных отраслей права и законодательства.

С учетом этих посылок акцентируется внимание на исследовании основного объекта рассматриваемых теорий – информации, систем ее обработки, являющихся объектами рассматриваемых научных направлений, а также общеметодологических принципов, направлений, методов обеспечения их заданных свойств и, прежде всего, безопасности информации и информационной безопасности СТС. Отсюда – очевидный тренд развития содержания теоретической информатики от узкой, шенноновской теории информации к расширенному ее содержанию, учёту многообразия существующих подходов, взглядов, концепций, теорий информации, теории ИКТ, описывающих, объясняющих, обеспечивающих научное предвидение состояний информационного общества и его развитие. Важность и необходимость расширенного понимания содержания теоретической информатики и ее основного объекта (информации) обусловлена:

– необходимостью акцентирования внимания на исследовании «разрушающих» свойств и закономерностей информации, обуславливающих угрозы личности, обществу, государству, их СТС;

– постоянно изменяющимися, расширяющимися информационными потребностями практики развивающегося информационного общества, усилением на них разрушающих воздействий информационного оружия;

– необходимостью регулярного эффективного решения проблем информационной безопасности СТС.

Поэтому остаётся актуальным концептуальный взгляд авторов на единый объект и предмет как информационной теории, так и рассматриваемых в статье частных теорий, который укладывается в известную формулу: «Прежде чем решать задачу обеспечения ИБ СТС и безопасности обрабатываемой в ней информации (Как защищать?), необходимо знать содержание объекта защиты и однозначно определиться с ответом на вопрос «Что защищать?»».

Расширенное понимание одного из основных свойств информации – ее безопасности (БИ) и информационной безопасности систем ее обработки (ИБ ИС) в искомых частных теориях – предполагает обязательное рассмотрение содержания ряда таких частных

терминов, как безопасность информационных ресурсов, компьютерная безопасность, логическая и физическая безопасность информации, защищенность систем обработки информации, защищенность полезной информации, систем ее обработки, личности, общества и государства от разрушающих воздействий опасной информации и других. Содержание каждого из этих конкретных терминов независимо от искомым теорий включает отличительные свойства, характеристики феномена информации и формируется в рамках конкретной сферы, вида деятельности информационного общества с учётом состояния, особенностей, закономерностей в теоретической и практической областях искомым научных направлений. Это предполагает необходимость комплексного решения взаимосвязанных проблем развития теоретической информатики – теории информационной безопасности СТС – теории права информационного обществе и их методологического базиса.

Во избежание расширенного толкования поставленной авторами проблемы необходимо подчеркнуть, что речь не идет о решении глобальной проблемы создания всеобщей законченной информационной теории и даже не всеобщих законченных искомым частных теорий. Сегодня в условиях развивающегося информационного общества в силу недостаточности системных исследований, многообразия и разнообразия взглядов, подходов в решении задач эффективного обеспечения всех видов и сфер деятельности личности, общества и государства качественной информацией, информационными продуктами и услугами, обеспечения их информационной безопасности авторы, обозначив проблему в общем виде, прежде всего, ставят первоочередные частные проблемы и задачи развития теоретической информатики (ТИ), теории ИБ СТС (ТИБ) и теории права информационного общества (ТПИО). В ходе их решения получены следующие результаты:

- системно-деятельностный информационный подход анализа, выявления закономерностей существующих концепций, содержания ТИ, ТИБ СТС и ТПИО, разработанный на ряде исходных положений, ограничений, обеспечивающий выбор требуемого содержания искомым теорий, определяющий их структуру и процесс формирования содержания в рамках развивающейся информационной науки;

- концептуальная модель разработки структуры ТИ, ТИБ СТС и ТПИО;

- уточненные основные цели обеспечения ИБ СТС;

- сформулировано содержание комплексной защиты информации, направленной на обеспечение требуемой степени ИБ СТС;

- уточнены и выделены составные части целевой комплексности обеспечения ИБ СТС, представляющей интегральное соединение в единое целое отдельных элементов, механизмов, процессов, явлений, мероприятий, мер и программ защиты информации, их взаимосвязей, способствующих реализации целей, концептуального подхода защиты, временного функционирования и структурного построения системы защиты информационных систем различных классов и их компонент.

- отличительные объединяющие признаки формируемых структур ТИ, ТИБ СТС, ТПИО, как самостоятельных научных дисциплин;

- уточнённое содержание объекта, предмета, метода, основные утверждения, закономерности, определяющие содержание разрабатываемых ТИ, ТИБ СТС и ТПИО;

- общие подходы формирования содержания объекта и предмета ТИ, ТИБ СТС и ТПИО;

- терминологические определения ТИ, ТИБ СТС и ТПИО, их цели, функции и ряд исходных для развития искомым теорий, утверждений;

- логическая схема формирования содержания объекта ТИ, ТИБ СТС, ТПИО;

- уточнённые цели разработки, методологический базис и макроструктура ТИ, ТИБ СТС и ТПИО;

- уточненные и разработанные базисные элементы понятий информационной безопасности социотехнических систем;

– методологический базис ТИ, ТИБ СТС и ТПИО, в том числе, их систематизированные принципы, задачи, функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фисун А.П., Минаев В.А., Саблин В.Н. и др. Теоретические основы информатики и информационной безопасности: монография. – М.: Радио и связь, 2000. – 468 с.
2. Фисун А.П., Минаев В.А., Касилов А.Н. и др. Развитие методологических основ информатики и информационной безопасности систем: монография / под ред. д.т.н. А.П. Фисуна. – Орловский государственный университет, 2004. – 253 с.: ил. – Библиогр.: 112 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 07.07.04. № 1165 – В2004.
3. Фисун А.П., Белевская Ю.А., Минаев В.В., Еременко В.Т. и др. Правовое обеспечение информационной безопасности объектов информатизации и регулирование конституционных прав личности в информационной сфере: монография / под ред. д.т.н. А.П. Фисуна, к.ю.н. Ю.А. Белевской. – Орел: ОГУ, ОрелГТУ, 2008. – 428 с.
4. Фисун А.П., Белевская Ю.А. Постановка проблемы развития структуры теоретических основ информационного права как одного из направлений совершенствования правового регулирования в информационной сфере // журнал «Закон и право», 2009. – № 5. – М.: Издательство «ЮНИТИ-ДАНА».
5. Фисун А.П., Белевская Ю.А., Минаев В.А. и др. Актуальные теоретические и технологические аспекты информатики: монография в 2-х томах. – Том 1. – Методологические основы информатики / под ред. д.т.н. А.П. Фисуна, д.т.н. В.А. Минаева. – Орел: ОГУ, Госуниверситет–УНПК, 2011. – 234 с.
6. Фисун А.П., Белевская Ю.А. Безопасность информационной сферы как одно из приоритетных направлений развития общества и государства // Сборник Международной конференции 24-25 ноября 2011 г. «Государство, политика, социум: вызовы и стратегические приоритеты развития. – Екатеринбург: Уральская АГС, 2011. – 6 с.
7. Актуальность развития методологических принципов информационного права // «В мире научных открытий. In the World of Scientific Discoveries». – № 11.2(67), 2011 (Гуманитарные и общественные науки. Humanities and Sciences). – Красноярск: Научно-инновационный центр. – 268 с. – С. 657-665.
8. Концепция формирования и развития теоретических основ информационного права как ведущего компонента правового регулирования информационной сферы. Актуальные вопросы современной науки: материалы 14 Международной научно-практической конференции // Сборник научных трудов. – М.: Издательство «Перо», 2012. – С. 389-391.

Фисун Александр Павлович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Электроника, вычислительная техника, информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 42-15-56, 8 910 307 00 81

E-mail: fisun01@pisem.net

Белевская Юлия Александровна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Кандидат юридических наук, доцент, научный сотрудник отдела фундаментальных и прикладных исследований УНИР

Тел.: 8 (4862) 42-15-56

E-mail: fisun01@pisem.net

A.P. FISUN (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Department «Electronics, Computer Science, Information Security»*)

YU.A. BELEVSKAYA (*Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor, Research Associate of Department of Fundamental and Applied Research Student's Research Work*)
State University – ESPC, Orel

CURRENT ISSUES LEGAL INFORMATION SOCIETY IN THE CONTEXT OF THE THEORIES OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

The article deals with the formulation and direction of the problem of formation of information theory, on the basis of its particular methodology, basic components of theoretical computer science, the theory of information security (IS), socio-technical systems (STS) and the legal theory of the Information Society (LTIO), analyzes the differences between them and the unity of the unknown particular theories.

Keywords: *information theory; methodology; theory (science); theoretical computer science; theory of socio-technical systems; information security; legal theory of the information society.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Fisun A.P., Minaev V.A., Sablin V.N. i dr. Teoreticheskie osnovy' informatiki i informacionnaya bezopasnost': monografiya. – M.: Radio i svyaz', 2000. – 468 s.
 2. Fisun A.P., Minaev V.A., Kasilov A.N. i dr. Razvitie metodologicheskix osnov informatiki i informacionnoj bezopasnosti sistem: monografiya / pod red. d.t.n. A.P. Fisuna. – rlovskij gosudarstvenny'j universitet, 2004. – 253 s.: il. – Bibliogr.: 112 nazv. – Rus. – Dep. v VINITI 07.07.04. № 1165 – V2004.
 3. Fisun A.P., Belevskaya Yu.A., Minaev V.V., Eryomenko V.T. i dr. Pravovoe obespechenie informacionnoj bezopasnosti ob'ektov informatizacii i regulirovanie konstitucionny'x prav lichnosti v informacionnoj sfere: monografiya / pod red. d.t.n. A.P. Fisuna, k.yu.n. Yu.A. Belevskoj. – Oryol: OGU, OryolGTU, 2008. – 428 s.
 4. Fisun A.P., Belevskaya Yu.A. Postanovka problemy' razvitiya struktury' teoreticheskix osnov informacionnogo prava kak odnogo iz napravlenij sovershenstvovaniya pravovogo regulirovaniya v informacionnoj sfere // zhurnal «Zakon i pravo», 2009. – № 5. – M.: Izdatel'stvo «YuNITI-DANA».
 5. Fisun A.P., Belevskaya Yu.A., Minaev V.A. i dr. Aktual'ny'e teoreticheskie i texnologicheskie aspekty' informatiki: monografiya v 2-x tomax. – Tom 1. – Metodologicheskie osnovy' informatiki / pod red. d.t.n. A.P. Fisuna, d.t.n. V.A. Minaeva. – Oryol: OGU, Gosuniversitet–UNPK, 2011. – 234 s.
 6. Fisun A.P., Belevskaya Yu.A. Bezopasnost' informacionnoj sfery' kak odno iz prioritety'x napravlenij razvitiya obshhestva i gosudarstva // Sbornik Mezhdunarodnoj konferencii 24-25 noyabrya 2011 g. «Gosudarstvo, politika, socium: vy'zovy' i strategicheskie priority' razvitiya. – Ekaterinburg: Ural'skaya AGS, 2011. – 6 s.
 7. Aktual'nost' razvitiya metodologicheskix principov informacionnogo prava // «V mire nauchny'x otkry'tij. In the World of Scientific Discoveries». – № 11.2(67), 2011 (Gumanitarny'e i obshhestvenny'e nauki. Humanities and Sciences). – Krasnoyarsk: Naucno-innovacionny'j centr. – 268 s. – S. 657-665.
 8. Konceptiya formirovaniya i razvitiya teoreticheskix osnov informacionnogo prava kak vedushhego komponenta pravovogo regulirovaniya informacionnoj sfery'. Aktual'ny'e voprosy' sovremennoj nauki: materialy' 14 Mezhdunarodnoj naucno-prakticheskoy konferencii // Sbornik nauchny'x trudov. – M.: Izdatel'stvo «Pero», 2012. – S. 389-391.
-

МЕТОДИКА ДЕКОДИРОВАНИЯ БЛОКОВЫХ КОДОВ В МУЛЬТИПЛЕКСНЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ

Рассмотрена модель дискретного мультиплексного канала, учитывающая марковские свойства уплотненных источников сообщений и источника ошибок. Предложена методика декодирования блоковых кодов, включающая способ оценивания статистических характеристик источников сообщений в уплотненных каналах мультиплексного потока на основе анализа апостериорной информации относительно регулярных последовательностей, способ оценивания статистических характеристик потока ошибок на основе анализа одномерных оценок частично доступного потока ошибок и алгоритм декодирования блоковых кодов по критерию минимума среднего риска.

Ключевые слова: блоковые коды; мультиплексирование; дискретный канал связи; марковские цепи; критерий минимума среднего риска.

Целью работы является повышение достоверности приема сообщений в каналах систем передачи информации (СПИ) с мультиплексированием и блоковым кодированием (БК) на основе учета статистических характеристик источников сообщений (ИС) в уплотненных каналах и источника ошибок (ИО) в дискретном канале связи (ДКС).

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние телекоммуникационной (ТК) отрасли характеризуется значительным увеличением объемов передаваемой информации и, как следствие, повсеместным использованием технологий мультиплексирования, позволяющих объединить в одном информационном потоке сообщения нескольких ИС. При этом в условиях ограничений на частотный ресурс важнейшей составляющей, определяющей результаты конкуренции производителей ТК оборудования, является разработка и внедрение новых эффективных методов передачи и приема информации, позволяющих обеспечить заданный уровень достоверности приема сообщений.

Применение критерия минимума среднего риска (МСР) позволяет учитывать последствия ошибок различного рода и снять ограничения на вид распределения априорных вероятностей передачи разрешенных кодовых комбинаций (КК) $p(x_i)$ и условных вероятностей $p(y_d/x_i)$ приема КК y_d при условии, что передавалась КК x_i .

Таким образом, для использования критерия МСР требуется знать распределение условных вероятностей $p(y_d/x_i)$ и распределение априорных вероятностей передачи разрешенных КК $p(x_i)$. Эти оценки можно получить на основе анализа регулярных последовательностей (участков цифрового потока (ЦП) с априорно известной структурой), присутствующих в принимаемом ЦП. Следовательно, необходимо решить задачу поиска и выделения регулярных последовательностей и разработать методику оценки $p(x_i)$ и $p(y_d/x_i)$. К тому же требуется ввести обоснованную функцию потерь L_{ij} , указывающую величину потери при неправильном декодировании КК x_i в КК x_j .

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть на вход декодера БК поступает поток

$$Y(t) = \theta(\Phi(A(t))) \oplus E(t), \quad (1)$$

где θ – оператор, описывающий закон блокового кодирования;

Φ – оператор, описывающий закон скремблирования;
 $A(t)$ – мультиплексный ЦП (МЦП);
 t – дискретное время;
 \oplus – сложение по модулю 2;
 $E(t)$ – поток ошибок.

Требуются на основе априорной информации относительно структуры МЦП, законов θ , Φ и оценок РВ ИО $\{\hat{p}(e_j)\}$ и уплотненных в МЦП потоков ИС $\{\hat{p}(a_i)\}$ разработать методику декодирования БК, обеспечивающую

$$P_{ош}(T_{дек} \leq T_{зад}) \leq P_{зад}, \quad (2)$$

где $P_{ош}$ – вероятность ошибочного декодирования символа сообщения;

$T_{дек}$ – время, требуемое для декодирования;

$T_{зад}$ – максимально допустимое время декодирования;

$P_{зад}$ – максимально допустимая вероятность ошибки декодирования.

При этом приняты следующие ограничения:

1. В СПИ используется аддитивное скремблирование (АС).
2. Условия приема позволяют обеспечить идеальную тактовую и цикловую синхронизацию.
3. Структура МЦП не зависит от времени (в СПИ используется статическое мультиплексирование).
4. Априорная неопределенность относительно структуры МЦП и скремблирующей последовательности отсутствует.

С целью решения поставленной задачи обратимся к модели ДКС с мультиплексированием и БК.

МОДЕЛЬ ДИСКРЕТНОГО МУЛЬТИЛЕКСНОГО КАНАЛА СВЯЗИ С БЛОКОВЫМ КОДИРОВАНИЕМ

Представим процесс передачи информации в СПИ с мультиплексированием в виде структурной модели (рис. 1). Здесь ДКС образуют совокупность устройств между множеством уплотненных в МЦП ИС и входом декодера СК. Приняты следующие обозначения: ИС – источник сообщений; КИ – кодер источника; У – устройство уплотнения (мультиплексор); С – скремблер; КК – кодер канала; М – модулятор; НК – непрерывный канал связи; ДМ – демодулятор; ДК – декодер канала; ДС – дескремблер; ДУ – устройство разуплотнения (демультиплексор); ДИ – декодер источника; ПС – получатель сообщений.

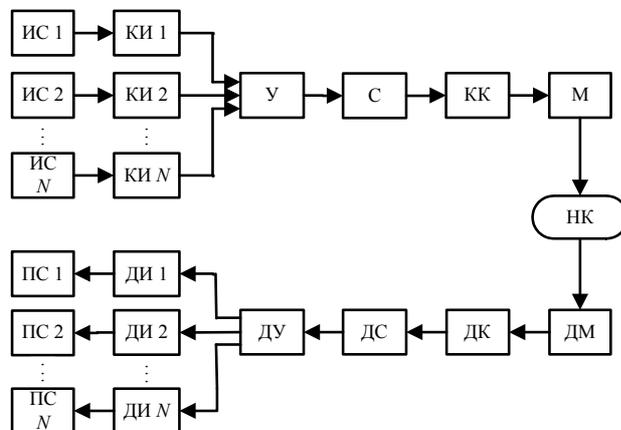


Рисунок 1 – Структурная модель тракта передачи информации в системе передачи информации с мультиплексированием

Широко известно допущение [2, 4], что большинство сообщений реальных ИС являются эргодическими последовательностями, у которых корреляционные связи распространяются на конечное число элементов. Универсальный подход к посимвольному описанию стационарных дискретных процессов состоит в задании n -мерных условных (переходных) вероятностей различных значений этого процесса на i -й позиции при известных значениях на n предшествующих позициях $p(a_i/a_{i-1}, \dots, a_{i-n})$ или $(n+1)$ -мерных совместных вероятностей различных значений процесса на $n+1$ смежных позициях $p(a_{i-n}, \dots, a_i)$ [4, 5].

С другой стороны, структура МЦП в СПИ со статическим мультиплексированием определяется законом мультиплексирования [10], отражающим закрепление временных интервалов за ИС, формирующими сообщение в групповом сигнале

$$M(t_u) = h, \quad (3)$$

где t_u – порядковый номер бита в цикле МЦП;

h – номер ИС, символ сообщения которого передается t_u -м битом в цикле МЦП.

Здесь и далее под сообщением ИС понимается сообщение на выходе кодера ИС.

Определим реализацию сообщения h -го ИС на длине цикла МЦП в виде

$$A^h(t) = (a_1^h, a_2^h, \dots, a_{n_h}^h), \quad (4)$$

где $A^h(t)$ – сообщение h -го ИС;

a_i^h – i -й символ сообщения h -го ИС;

n_h – число символов h -го ИС, передаваемых в цикле МЦП.

Тогда, учитывая структуру МЦП в СПИ со статическим мультиплексированием, МЦП следует представить выражением

$$A(t) = \left(a_1^1(1), a_1^2(2), \dots, a_{mn_N}^N((m+1)T_u) \right), \quad (5)$$

где $a_i^h(t)$ – i -й символ в сообщении h -го ИС, расположенный на позиции t в МЦП;

m – количество циклов в МЦП;

N – число ИС, уплотнённых в МЦП;

T_u – длина цикла МЦП.

Соответствующая структурная модель МЦП представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структурная модель мультиплексного цифрового потока

Несложно показать, что избыточность группового сообщения зависит как от степени сжатия сообщений в уплотненных каналах, так и от значения коэффициента использования пропускной способности мультиплексного канала, определяемого выражением

$$R_{\text{МЦП}} = \frac{1}{T_u} \sum_{h=1}^N n_h, \quad (6)$$

где n_h полагается равным 0 при отсутствии нагрузки в уплотнённом канале h -го ИС.

Известно [4, 8], что для устранения избыточности ИС необходимо кодировать не отдельные символы, а их длинные наборы. Поскольку потребители ТК услуг на практике ограничены некоторой заранее заданной степенью сжатия сообщения, определяемой требованиями к временным затратам при имеющемся вычислительном ресурсе, в сообщении на выходе кодера источника сохраняется некоторая доля избыточности, обусловленная корреляционными связями между символами сообщений. Тогда с учетом структуры МЦП и корреляционных связей между символами сообщений в уплотненных каналах вероятность значения t -го бита в МЦП $A(t)$, выделенного для передачи информации h -го ИС, определим выражением

$$p(A(t)) = p(A(t) / a_{i-n}^h(j), \dots, a_{i-1}^h(j')), \quad (7)$$

где i – порядковый номер бита в сообщении h -го ИС;

j, j' – порядковые номера бит МЦП, выделенных h -му ИС непосредственно перед t -м битом;

n – порядок цепи Маркова.

Далее, согласно рисунку 1, МЦП $A(t)$ с РВ, определяемым (7), поступает на скремблер. При выполнении ограничения 1 $A(t)$ однозначно определяет последовательность $B(t)$ на выходе АС

$$B(t) = A(t) \oplus M, \quad (8)$$

где $M = (m_0, m_1, \dots, m_T)$ – псевдослучайная последовательность (ПСП) АС;

T – период ПСП АС.

Для известной M с учетом свойств операции сложения в поле $GF(2)$ для t -го бита последовательности $B(t)$ справедливо значение вероятности, определяемое (7), для последовательности $A(t)$

$$p(b(t)) = p((a(t) \oplus m_l)), \quad (9)$$

где m_l – l -й символ ПСП M .

Таким образом, вероятность t -го бита последовательности на выходе АС $p(b(t))$ зависит от вероятности t -го бита МЦП $p(a(t))$ и значения l , определяющего смещение суммируемого с $a(t)$ бита ПСП m_l относительно начала ПСП АС.

Рассмотрим ДКС, образованный между входом помехоустойчивого кодера (выходом АС) и выходом декодера БК. На вход кодера поступают комбинации из k двоичных символов $b_i = (b(t), b(t+1), \dots, b(t+k+1))$ из множества $B = \{b_i\}, i = \overline{0, \dots, 2^k - 1}$. Распределение вероятностей комбинаций b_i зависит от позиции t и определяется выражением

$$p(b_i) = \prod_{j=t}^{t+k-1} p(b(j)). \quad (10)$$

Кодер канала преобразует каждую поступающую на вход комбинацию b_i по закону θ в разрешенную комбинацию кода x_i длиной n символов из множества $X = \{x_i\}, i = \overline{0, \dots, 2^k - 1}$. Поскольку преобразование сообщения в код является взаимно-однозначным отображением, $p(B) = p(X)$, РВ комбинаций помехоустойчивого кода x_i , первый символ которой расположен на позиции $t' = t/R$ (R – скорость кода), также определяется выражением (10).

При передаче кодированного сообщения по каналу связи на него действуют шумы и помехи, которые представим в виде двоичной комбинации потока ошибок на выходе ИО e_s длиной n символов из множества $E = \{e_s\}, s = \overline{0, \dots, 2^n - 1}$ с заданным на нем РВ $p(E) = \{p(e_0), p(e_1), \dots, p(e_{2^n - 1})\}$. В результате искажений, возникающих при передаче сообщения по непрерывному каналу, на вход декодера поступают комбинации длины n из множества $Y = \{y_0, y_1, \dots, y_{2^n - 1}\}$, с РВ $p(Y) = \{p(y_0), p(y_1), \dots, p(y_{2^n - 1})\}$.

Поскольку каждая комбинация $y_d, d = \overline{0, \dots, 2^n - 1}$ может являться результатом сложения в поле $GF2$ любой из разрешенных комбинаций кода x_i с некой e_s , вероятность y_d определим в виде

$$p(y_d) = \sum_{i=0}^{2^k - 1} p(x_i, e_s = y_d \oplus x_i), \quad (11)$$

где $p(x_i, e_s = y_d \oplus x_i)$ – совместная вероятность разрешенной комбинации x_i и комбинации ошибки e_s на входе декодера, переводящей x_i в принятую комбинацию y_d ;

\oplus – операция сложения по модулю 2.

Так как множества разрешенных комбинаций кода, комбинаций ошибок и комбинаций, поступающих на вход декодера, соотносятся как $X \subset Y = E$, то для случая, когда ИС и ИО независимы,

$$p(y_d) = \sum_{i=0}^{2^k - 1} p(x_i) p(e_s = y_d \oplus x_i). \quad (12)$$

Далее декодер канала преобразует поступающие на вход комбинации из множества Y в комбинации из множества B в соответствии с некоторым алгоритмом декодирования F , который представим в виде оператора $F(y_d) = \hat{b}_i$, заданного на интервале $[0; 2^n - 1]$.

Поскольку $\forall y_d = \forall x_i \oplus e_s$, где $e_s = y_d \oplus x_i$, а множества B и X – взаимно-однозначные отображения, справедлива запись $F(y_d) = F(x_i, e_s) = \hat{x}_j$, аналогичная $F(y_d) = \hat{b}_j$. В случае БК \hat{b}_j представляет собой последовательность символов передаваемого сообщения, соответствующую оцениваемой последовательности y_d длиной n [5], где n – длина кодового слова БК. При наличии информации относительно РВ ИС и ИО декодер, как правило, строят на основе одного из критериев Байесова класса – максимума апостериорной вероятности или минимума среднего риска. В последнем случае удается получить вероятность ошибочного декодирования, минимально возможную при данном объеме априорно известной информации. Исходя из данного замечания и приведенной выше постановкой задачи, рассмотрим декодирование СК на основе алгоритма по критерию МСР.

ДЕКОДИРОВАНИЕ БЛОКОВЫХ КОДОВ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА СРЕДНЕГО РИСКА

Аналитически процедура декодирования, реализующая критерий МСР, выглядит следующим образом [1]:

$$\hat{b}_j = \arg \min_{j=0, \dots, m^k - 1} \sum_{i=0}^{m^k - 1} p(b_i) p(e_s = y_d \oplus x_i) L_{ij}, \quad (13)$$

где \hat{b}_j – сообщение на выходе декодера;

b_i – переданное сообщение;

y_d – КК, поступившая на вход декодера;

L_{ij} – условная «потеря», зависящая от того, какой символ \hat{b}_j был принят вместо переданного b_i .

Алгоритм позволяет учитывать статистические свойства ИС и ИО и неравноценность различных ошибок.

В [1] показано, что для реализации (13) необходимо вычислить m^k средних рисков вида

$$R_{cp} = \sum_{i=0}^{i=m^k-1} \sum_{j=0}^{j=m^k-1} p(b_i) p(e_s = y_d \oplus x_i) L_{ij}. \quad (14)$$

Критерий минимума среднего риска заключается в том, что оптимальной считается решающая схема, обеспечивающая наименьшее значение среднего риска (14).

ФОРМИРОВАНИЕ МАТРИЦЫ ПОТЕРЬ

Использование при декодировании БК критерия минимального среднего риска позволяет учитывать последствия ошибок, связанных с неправильным декодированием различных КК [1].

Если при передаче КК x_i она декодируется в КК \hat{x}_j , то при $j \neq i$ имеет место ошибка декодирования. Чтобы учесть неравноценность различных ошибок, будем с каждой парой КК x_i и \hat{x}_j связывать некоторую численную величину, называемую потерей, обозначив ее l_{ij} . Величина потери будет зависеть от того, какая КК \hat{x}_j будет на выходе декодера, если передавалась КК x_i . В [13] рассмотрены вопросы формирования функций потерь с точки зрения субъективной полезности. В общем случае формирование матрицы потерь ЛБК также осуществляется на основе субъективного подхода. Однако в случае использования критерия МСР для декодирования ЛБК, как показано в [1], средний риск при принятии решения в пользу КК x_i вычисляется в соответствии с выражением

$$r_i = \sum_{j=1}^{2^k} p_j l_{ij} \quad (15)$$

и является аддитивной функцией потерь l_{ij} . При этом l_{ij} объективно представляет собой число ошибок при декодировании КК x_i в КК \hat{x}_j . Таким образом, использование расстояния Хэмминга в качестве правила вычисления l_{ij} является наиболее адекватным задаче формирования МП.

Следовательно, количество искаженных бит на выходе декодера является численной мерой потерь. Правильному декодированию будет соответствовать нулевая потеря. При неправильном декодировании величина потери численно будет равна расстоянию Хэмминга между переданной КК x_i и декодированной КК \hat{x}_j , $h(x_i, \hat{x}_j)$, которое равно числу битовых позиций, в которых эти КК различаются.

Для произвольного БК (n, k) можно сформировать матрицу потерь (МП) вида

$$L = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{12^k} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{22^k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ l_{2^k 1} & l_{2^k} & \dots & l_{2^k 2^k} \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Элементы l_{ij} МП численно равны расстоянию Хэмминга между КК x_i и КК x_j .

Матрица потерь, элементы которой являются расстояниями Хэмминга на множестве информационных частей разрешенных КК, представляет собой матрицу особого вида, обладающую специфическими свойствами.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПЛОТНЕННЫХ КАНАЛОВ БЕЗ НАГРУЗКИ И КОМБИНАЦИЙ СТАФФИНГА В МУЛЬТИПЛЕКСНОМ ИЙРОВОМ ПОТОКЕ

Используемая на практике аппаратура статического мультиплексирования [6] не учитывает отсутствие нагрузки в уплотненных каналах. В результате на практике значение коэффициента использования пропускной способности мультиплексного канала (6) больше нуля.

На рисунке 3 представлена процедура определения каналов без нагрузки в МЦП.

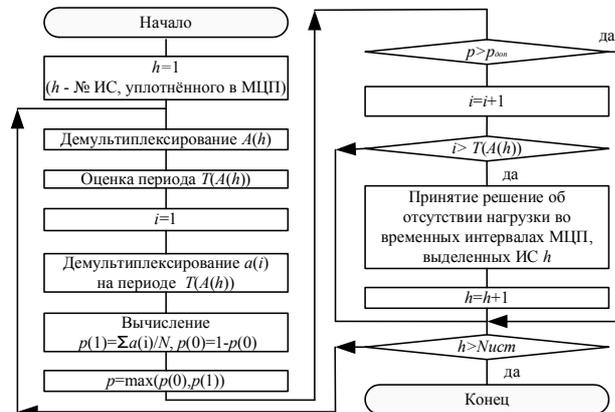


Рисунок 3 – Процедура определения каналов без нагрузки в МЦП

Процедура позволяет определить как временные интервалы, закрепленные за ИС, на выходе которого отсутствует нагрузка на интервале наблюдения, так и вид комбинации стаффинга, передаваемой в моменты отсутствия полезной нагрузки.

Суть процедуры заключается в последовательном демультимплексировании потока каждого уплотненного канала, оценке периода демультимплексированного потока, демультимплексировании подпотоков из потока уплотненного ИС на ранее оцененном периоде и принятии решения об отсутствии полезной нагрузки. Решение принимается, если для всех подпотоков выполняется одно из условий: $p(0) > p_{дон}$ или $p(1) > p_{дон}$, где $p_{дон}$ – заданный уровень вероятности ошибки. Комбинация стаффинга, используемая в уплотненном канале при отсутствии нагрузки, полагается равной комбинации, передаваемой на оцененном значении периода. Определение значения периода может быть реализовано, например, на основе вычисления функции автокорреляции [10] анализируемого цифрового потока.

Таким образом, предложенный способ позволяет частично снять неопределенность относительно передаваемых в МЦП сообщений. Наличие информации относительно регулярных последовательностей в МЦП позволяет получить оценки РВ комбинаций стационарного ИО.

СПОСОБ ОЦЕНИВАНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА ОШИБОК И ИСТОЧНИКОВ СООБЩЕНИЙ В УПЛОТНЕННЫХ КАНАЛАХ МУЛЬТИПЛЕКСНОГО ЦИФРОВОГО ПОТОКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА АПОСТЕРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО РЕГУЛЯРНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

В случае ДКС без памяти, например, требуется получить оценки вероятностей ошибки и отсутствия ошибки, которыми, согласно теореме Бернулли [10], являются относительные частоты событий. При этом полученные оценки удовлетворяют требованиям несмещенности, состоятельности и эффективности, а их точность и надежность зависит от объема обучающей выборки, определяемого на основе функции Лапласа [10]. Оценку вероятности комбинации ошибки заданной конфигурации несложно получить, используя

формулу Бернулли. В случае ДКС с памятью ИО является марковским. Методы получения оценок максимального правдоподобия параметров марковских процессов рассмотрены в [5].

В случае систематического блочного кода передаваемая последовательность наблюдается в явном виде на выходе кодера, что позволяет определить взаимосвязь вероятностей множеств наблюдаемых на входе декодера комбинаций $\{y_i\}$, комбинаций ИС $\{x_i\}$ и комбинаций ИО $\{e_i\}$ в виде системы линейных уравнений (СЛУ) вида

$$\left\{ \begin{array}{l} p(y_0) = \sum_{i=0}^{m^k-1} p(x_i) p(y_0 \oplus x_i) \\ p(y_1) = \sum_{i=0}^{m^k-1} p(x_i) p(y_1 \oplus x_i) \\ p(y_2) = \sum_{i=0}^{m^k-1} p(x_i) p(y_2 \oplus x_i) \\ \vdots \\ p(y_{m^k-1}) = \sum_{i=0}^{m^k-1} p(x_i) p(y_{m^k-1} \oplus x_i) \end{array} \right. \quad (17)$$

Решение представленной СЛУ несложно найти, например, методом Гаусса [12]. Таким образом, процесс оценивания статистических свойств ИС в уплотненных каналах МЦП сводится к демультимплексированию потока каждого уплотненного ИС из группового и решению СЛУ относительно переменных, представляющих собой вероятности КК ИС при коэффициентах уравнений, являющихся вероятностями комбинаций ошибок ИО, полученных на основе оценок вероятностей, полученных по участкам МЦП, где передаются регулярные последовательности.

В совокупности представленные выше результаты позволили предложить следующую методику декодирования БК в мультиплексных каналах связи.

МЕТОДИКА ДЕКОДИРОВАНИЯ БЛОКОВЫХ КОДОВ В МУЛЬТИПЛЕКСНЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ

Методика представляет собой следующую последовательность этапов:

1. Определение уплотненных каналов без нагрузки и комбинации стаффинга в них в МЦП.
2. Формирование для конкретного БК (n, k) матрицы потерь вида (16).
3. Оценивание статистических характеристик ИО и ИС в уплотненных каналах МЦП на основе анализа информации относительно регулярных последовательностей в МЦП, полученной на этапе 1.
4. Декодирование БК по критерию минимума среднего риска с использованием полученных на этапе 3 оценок статистических характеристик ИО и ИС.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ эффективности разработанной методики, проведенный как на основе натурального эксперимента, так и методом имитационного моделирования, позволил установить, что для блочного кода Голея (23, 12) в диапазоне отношений сигнал/шум на входе демодулятора 3,5-5 дБ при среднем значении коэффициента использования пропускной способности мультиплексного канала 0,8 энергетический выигрыш по сравнению с декодированием по критерию максимума правдоподобия составляет 1,15 дБ. Вычислительная сложность этапа 3 составляет

$$O(k) = 2^k (2^k + (2^k - 1)) + 2^k \approx 2^{2k} + 2^k, \quad (18)$$

что неприемлемо даже при применении параллельных вычислений. Однако особые свойства в построении МП позволяют существенно уменьшить количество требуемых операций. Применение для реализации методики современных программируемых логических интегральных схем (например, XC6VVSX475T фирмы Xilinx) позволит вести прием в режиме реального времени от СПИ с технической скоростью передачи до 1 Мбит/с при размере информационной части БК до 400 бит.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В совокупности полученные результаты позволили предложить в статье методику декодирования блоковых кодов в мультиплексных каналах связи, позволяющую повысить достоверность приема сообщений в каналах систем передачи информации с мультиплексированием и блоковым кодированием на основе учета статистических характеристик источников сообщений в уплотненных каналах и источника ошибок в дискретном канале связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кonyшев М.Ю., Панкратов А.В., Шинаков С.В., Баранов С.В. Непараметрическое декодирование блоковых кодов в каналах с негауссовыми шумами // Телекоммуникации. – № 3. – М.: Наука и технологии, 2011. – С. 3-9.
2. Блох Э.Л., Попов О.В., Турин В.Я. Модели источника ошибок в каналах передачи цифровой информации. – М.: Связь, 1971. – 312 с.
3. CDM-600 Open Network Satellite Modem (2.4 kbps – 20 Mbps) Installation and Operation Manual For Firmware Version 2.0.1 or higher [Электронный ресурс]. – Электр. опт. диск. (CD-ROM).
4. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А.Г. Зюко, А.И. Фалько, И.П. Панфилов и др. / под ред. А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
5. Романовский В.И. Дискретные цепи Маркова. – М.: Гостехиздат, 1949. – 434 с.
6. Григорьев В.А. Передача сигналов в зарубежных информационно-технических системах. – СПб.: ВАС, 1998. – 268 с.
7. Шкердин А.Н., Юдин О.Ф. Исправление ошибок стаффингования в системах связи с переспросом // Известия Томского политехнического университета. – Том 315. – Томск.: ТПУ, 2009. – С. 130-139.
8. Кларк Дж., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. – М.: Радио и связь, 1987. – 384 с.
9. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. – М.: Техносфера, 2005. – 320 с.
10. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 1998. – 575 с.
11. Ли Ц., Джадж Д., Зельнер А. Оценивание параметров марковских моделей по агрегированным временным рядам. – М.: Статистика, 1977. – 221 с.
12. Глухов М.М., Елизаров В.П., Нечаев А.А. Алгебра. Часть 1. – М.: Изд. в/ч 33965, 1990. – 390 с.
13. Миддлтон Д. Введение в статистическую теорию связи. – М.: Советское радио, 1962.

Шинаков Сергей Владимирович

Академия ФСО России, г. Орел

Тел.: 8 953 811 50 26

E-mail: shinakovsv@mail.ru

S.V. SHINAKOV (*Employee*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

PROCEDURE OF DECODING OF BLOCK CODES IN MULTIPLEX CHANNELS

In the article model of discrete multiplex channel is considered, which allows markov's properties of shared message sources and mistakes sources. Procedure of decoding of block codes is introduced which involves mode of estimation statistical performances of message sources in shared multiplex channels, method of estimation statistical performances of error flow and algorithm of decoding of block codes based on minimum of average risk criterion.

Keywords: block code; multiplexing; discrete channel; markov's chain; minimum of average risk criterion.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kony'shev M.Yu., Pankratov A.V., Shinakov S.V., Baranov S.V. Neparametricheskoe dekodirovanie blokovy'x kodov v kanalax s negaussvy'mi shumami // Telekommunikacii. – № 3. – M.: Nauka i texnologii, 2011. – S. 3-9.
 2. Blox E'.L., Popov O.V., Turin V.Ya. Modeli istochnika oshibok v kanalax peredachi cifrovoj informacii. – M.: Svyaz', 1971. – 312 s.
 3. CDM-600 Open Network Satellite Modem (2.4 kbps – 20 Mbps) Installation and Operation Manual For Firmware Version 2.0.1 or higher [E'lektronny'j resurs]. – E'lekt. opt. disk. (CD-ROM).
 4. Pomexustojchivost' i e'ffektivnost' sistem peredachi informacii / A.G. Zyuko, A.I. Fal'ko, I.P. Panfilov i dr. / pod red. A.G. Zyuko. – M.: Radio i svyaz', 1985. – 272 s.
 5. Romanovskij V.I. Diskretny'e cepi Markova. – M.: Gostexizdat, 1949. – 434 s.
 6. Grigor'ev V.A. Peredacha signalov v zarubezhny'x informacionno-texnicheskix sistemax. – SPb.: VAS, 1998. – 268 s.
 7. Shkerdin A.N., Yudin O.F. Ispravlenie oshibok staffingovaniya v sistemax svyazi s peresprosom // Izvestiya Tomskogo politexnicheskogo universiteta. – Tom 315. – Tomsk.: TPU, 2009. – S. 130-139.
 8. Klark Dzh., Kejn Dzh. Kodirovanie s ispravleniem oshibok v sistemax cifrvoj svyazi. – M.: Radio i svyaz', 1987. – 384 s.
 9. Morelos-Saragosa R. Iskusstvo pomexustojchivogo kodirovaniya. Metody', algoritmy', primenenie. – M.: Texnsfera, 2005. – 320 s.
 10. Ventcel' E.S. Teoriya veroyatnostej. – M.: Vy'sshaya shkola, 1998. – 575 s.
 11. Li Cz., Dzhadzh D., Zel'ner A. Ocenivanie parametrov markovskix modelej po agregirovanny'm vremenny'm ryadam. – M.: Statistika, 1977. – 221 s.
 12. Gluxov M.M., Elizarov V.P., Nechaev A.A. Algebra. Chast' 1. – M.: Izd. v/ch 33965, 1990. – 390 s.
 13. Middlton D. Vvedenie v statisticheskuyu teoriyu svyazi. – M.: Sovetskoe radio, 1962.
-

УДК 004.912

Д.О. МАРКИН, В.В. КОМАШИНСКИЙ

КОНТЕНТНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ТРАФИКА В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Рассмотрены современные тенденции в развитии контентной фильтрации в компьютерных сетях. Приведены основные требования к ней, в том числе и с точки зрения нормативно-правовой базы. Приведена авторская классификация методов контентного анализа. Проведен детальный анализ средств контентной фильтрации по группе различных показателей.

Ключевые слова: контентная фильтрация; контент-анализ; компьютерные сети.

ВВЕДЕНИЕ

Интернет в настоящее время является единой информационной средой, объединяющей большинство людей всей планеты и позволяющей оперативно получать доступ к интересующей информации. Огромное количество информационных ресурсов в настоящее время уже имеют статус электронных СМИ и попадают под действие законов, регулирующих СМИ. Уровень развития Интернета уже сейчас позволяет проводить общественные обсуждения законопроектов, социологические исследования и опросы, проводить социально и политически значимые видеотрансляции.

Однако в России и во всем мире существует информация, которая, согласно национальному законодательству, запрещена к опубликованию или распространению в СМИ (в том числе, и в Интернете). Ввиду такого положения регулирование и контроль распространения подобной информации в Интернете является юридически законным и логичным действием со стороны государственных структур [1].

Помимо проблемы размещения в общем доступе информации, запрещенной к опубликованию и распространению в СМИ, более важной с точки зрения национальной безопасности является проблема распространения и утечки конфиденциальных сведений, а также сведений, составляющих государственную тайну. В результате возникает потребность в эффективных автоматизированных системах, позволяющих оперативно и с достаточной степенью надежности предотвратить и/или предупредить утечку информации.

Указанные проблемы сводятся к решению единой задачи обеспечения безопасного информационного взаимодействия пользователей и информационных ресурсов. Данную задачу наиболее эффективно решать с помощью применения специализированного программного, программно-аппаратного обеспечения, работающего в автоматическом или полуавтоматическом режиме и позволяющего эффективно и оперативно обрабатывать значительные потоки информации без снижения требований по информационной безопасности.

ОСОБЕННОСТИ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ КОНТЕНТА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Автоматическая обработка информационных потоков возможна на основе контентного анализа потоков информации (информационном трафике), циркулирующих в компьютерных сетях. Суть контентной фильтрации заключается в декомпозиции объектов информационного обмена, анализе содержимого этих компонентов, определении соответствия их параметров принятой в компании (организации) политике использования интернет-ресурсов и осуществлении определенных действий по результатам анализа.

Целью контентной фильтрации является обеспечение заданного уровня информационной безопасности при осуществлении информационного взаимодействия пользователей, ресурсов и информационных сервисов.

Существующие технологии контентной фильтрации можно разделить на четыре группы [2]:

- категоризация;
- списки ресурсов;
- контроль доступа;
- фильтрация данных.

При контентной фильтрации входящего информационного потока производится анализ на наличие информации, запрещенной законодательством страны и политикой безопасности организации, а также нормами этики и морали. К ней относятся: терроризм, пропаганда наркотических средств [3], порнография [4], националистический экстремизм [5], маргинальные секты, неэтичная реклама [6], игровые сайты, онлайн-казино [7] и многое другое. Как правило, к этому разряду относятся и любая иная информация, не имеющая отношения к деятельности сотрудника: социальные сети, мультимедийная информация и т.д.

Для обеспечения необходимых требований безопасного информационного обмена фильтрация может осуществляться на всех доступных уровнях эталонной модели OSI [8]. Соответственно, местоположение программных и/или аппаратных инструментов фильтрации может различаться.

Фильтрация информационных потоков может осуществляться:

- на локальной ПЭВМ пользователя (родительский контроль, политика безопасности организации);
- на шлюзе (прокси-сервере) организации;
- у провайдера, предоставляющего доступ в сеть Интернет (в том числе, шлюз офицера безопасности);
- на уровне магистральной сети (государственная цензура).

Системы, которые обеспечивают контроль за содержанием потоков информации, передаваемых и получаемых организацией из сети, называют системами безопасного управления контентом или Secure Content Management (SCM). SCM-система должна обеспечивать управление контентом на базе определенных политик, проводимых организацией, и обычно включает управление web-контентом, контроль за обменом сообщениями, защиту от вирусов и нежелательных, скачиваемых из сети приложений.

Обычно выделяются следующие SCM-подсистемы:

- Employee Internet Management (EIM) – контроль доступа пользователей в сеть Интернет;
- Internet Application Security (IAS) – контроль проникновения нелегального контента в сеть организации;
- E-mail scan (ES) – контроль утечки конфиденциальной информации из сети организации и фильтрация спама;
- Virus scan (VS) – контроль проникновения вирусов.

В России к SCM-системам относятся межсетевые экраны. Классификация межсетевых экранов (МЭ) по уровню защищенности от несанкционированного доступа (НСД) к информации на базе перечня показателей защищенности и совокупности описывающих их требований устанавливается руководящими документами ФСТЭК [9]. Согласно документам ФСТЭК, МЭ представляет собой локальное (однокомпонентное) или функционально-распределенное средство (комплекс), реализующее контроль за информацией, поступающей в АС и/или выходящей из АС, и обеспечивает защиту АС посредством фильтрации информации, т.е. ее анализа по совокупности критериев и принятия решения о ее распространении в (из) АС. Устанавливается пять классов защищенности МЭ. Каждый класс характеризуется определенной минимальной совокупностью требований по защите информации.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ

Любой информационный поток декомпозируется на составные элементы до необходимой уровня вложенности. Исходя из этого, различаются способы фильтрации трафика.

На рисунках 1-6 представлена классификация методов фильтрации по шести классификационным признакам: способу фильтрации, уровню ЭМВОС, на котором осуществляется фильтрация, используемому инструментарию, типу контента, степени открытости контента и используемому контенту.

Каждый представленный способ применим только в конкретной точке информационного потока и обладает характерными только ему особенностями, преимуществами и недостатками. Исходя из требований информационной безопасности и поставленных задач, определяются и требования, предъявляемые к контентной фильтрации, месту расположения контентного фильтра (или нескольких) и другим параметрам.

Отдельно необходимо отметить, что в условиях агрессивной внешней и внутренней информационной среды информация, передаваемая по сети, может обрабатываться дополнительно (уровень представления данных модели OSI). Она может быть сжата, закодирована, зашифрована, передана по скрытому каналу с использованием методов стеганографического сокрытия информации, например в изображениях формата JPEG [10, 11].

Сигнатурные фильтры работают на основе сигнатур – некоторых образцов, на основе которых принимается решение. Сигнатурные фильтры работают быстро, а сигнатуры обычно вычисляются по хешу для ускорения их обработки и поиска по базе. Базы сигнатур должны постоянно обновляться, что является существенным недостатком этих методов, но частично компенсируется высокой точностью и скоростью обработки трафика. Сигнатурные фильтры чувствительны к малейшим изменениям сигнатуры, даже на один символ (вставка, выпадение, замена).

Морфологическая фильтрация лишена этого недостатка, поскольку учитываются лингвистические особенности языка; она позволяет анализировать информацию, передаваемую по сети, на наличие заданных ключевых слов или фраз. Из ключевых слов или фраз, как правило, составляются базы по категориям (тематикам). На основе вероятностных характеристик по количеству ключевых слов (фраз) морфологический фильтр может отнести информацию к той или иной категории и сделать вывод о ее правомерности.

К преимуществам морфологической фильтрации относится достаточно высокая вероятность определения неправомерной информации. К недостаткам морфологической фильтрации можно отнести требовательность к высоким вычислительным мощностям и, как следствие, невысокое быстродействие, что приводит к невозможности применения морфологической фильтрации в точках, через которые проходят значительные потоки информации. Также морфологические фильтры не учитывают семантику ключевых фраз, их взаимосвязь в предложениях и блоках передаваемого контента, не решают ряд лингвистических проблем, таких, как омонимия и другие особенности естественных языков.

Морфологическая анализ как часть морфологической фильтрации относится к задачам автоматической обработки текста. В области проблем автоматической обработки текстовой информации известны работы Белоногова Г.Г., Ланде Д.В., Пиотровского Р.Г., Тузовского А.Ф., Тулдава Ю., Бородкина Л.И. [12-18]. В работах описаны основные теоретические и прикладные вопросы анализа текстов на естественном языке, однако анализ и фильтрация информации в настоящее время выполняется, как правило, на основе ключевых слов без учета семантики и тезауруса языка [19].

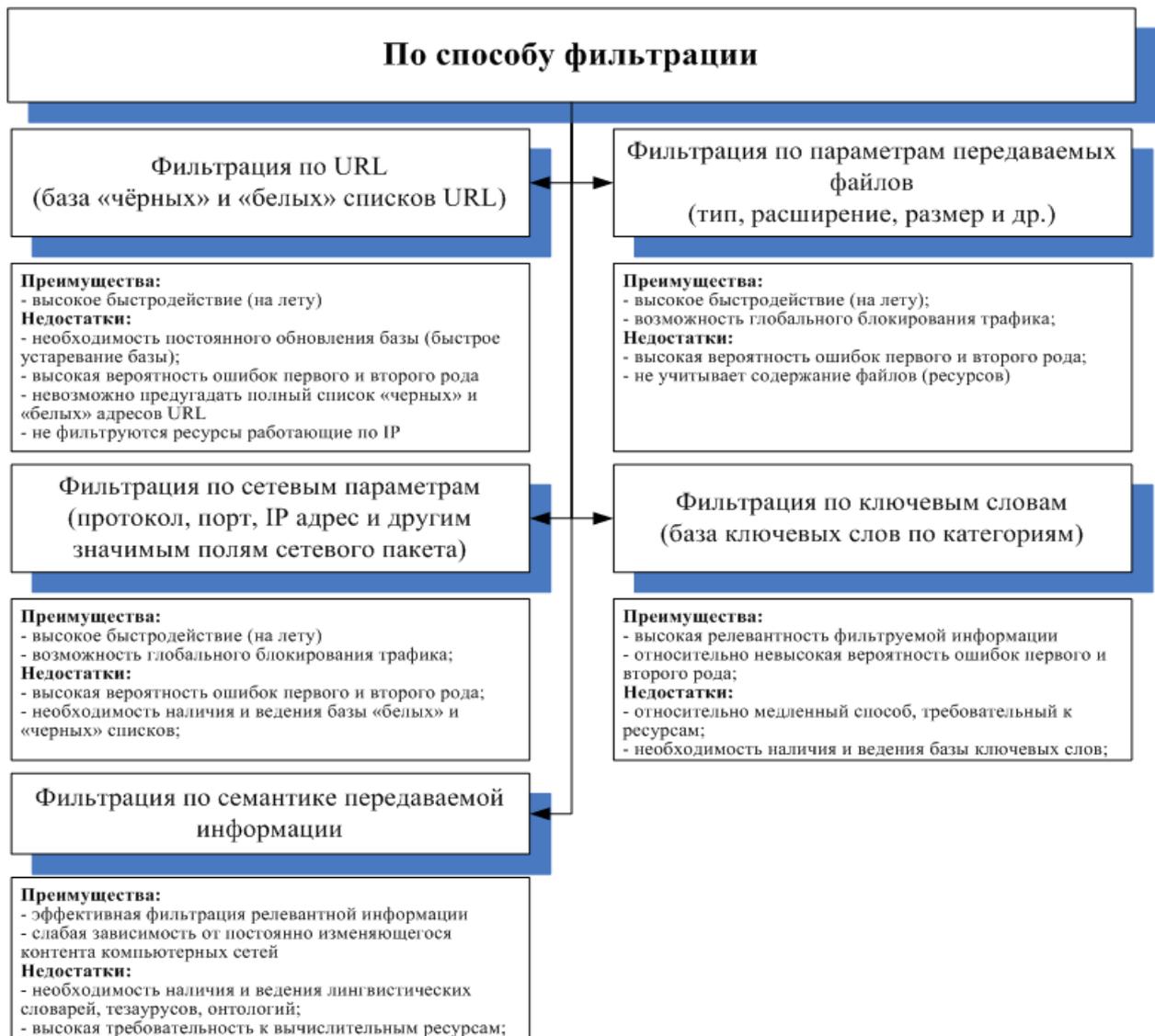


Рисунок 1 – Классификация по способу фильтрации



Рисунок 2 – Классификация методов фильтрации по уровню ЭМВОС

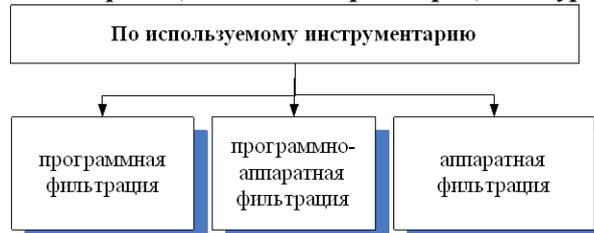


Рисунок 3 – Классификация фильтрации по используемому инструментарию

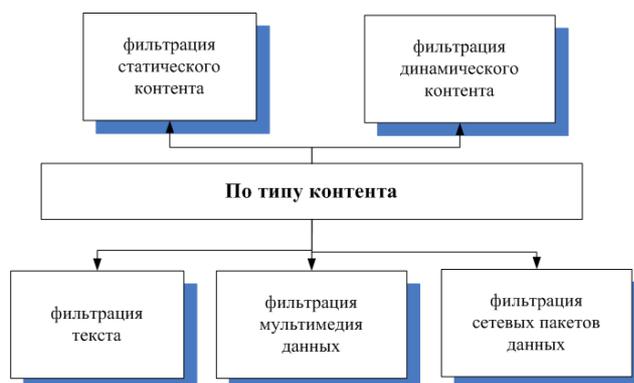


Рисунок 4 – Классификация методов фильтрации по типу контента



Рисунок 5 – Классификация методов фильтрации по степени открытости контента



Рисунок 6 – Классификация методов фильтрации по используемому подходу

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ КОНТЕНТНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Сравнительный анализ средств контентной фильтрации представлен в таблице 1 (размещена в конце журнала). Из таблицы видно, что спектр различных программных средств контентной фильтрации достаточно широк. К ним относятся:

- межсетевые экраны (в том числе, аппаратные);
- прокси-сервера с функциями контентной фильтрации;
- комплексное программное обеспечение с антивирусными средствами, средствами контент-фильтрации, защиты от фишинга и других хакерских атак, средствами фильтрации спама;
- программы-надстройки для браузеров со средствами контентной фильтрации, антивирусной защиты и фильтрации спама;
- средства безопасного (семейного, учебного, детского) поиска в информационно-поисковых системах (ИПС).

Практически все представленные средства используют обновляемые базы «белых» и «черных» списков. Необходимо отметить, что из 30 проанализированных средств фильтрации только 6 используют морфологическую фильтрацию (учитывают морфологию языка), остальные средства используют базы ключевых слов и фраз. При этом из них только половина обрабатывает результаты в режиме реального времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вопросы контентной фильтрации в компьютерных сетях являются актуальными для современных исследований и должны решать важные задачи фильтрации информационных потоков и ресурсов с целью обеспечения информационной безопасности. В современной нормативно-правовой базе уже сейчас существуют нормативно-правовые акты, обосновывающие и регламентирующие применения средств фильтрации в государственных и образовательных учреждениях, общественных местах, а также в личном пользовании.

В статье предложена авторская классификация средств, методов и способов контентной фильтрации. Выявлены особенности, достоинства и недостатки отдельных методов и способов фильтрации. На основе анализа существующих методов сделан вывод о необходимости развития отдельных средств и методов, таких, как морфологическая и семантическая фильтрация информационных потоков и ресурсов.

Проведенный анализ средств фильтрации по 29 признакам позволил выделить и сгруппировать классификационные признаки по функциональному назначению, позволяющему с учетом возможностей средств фильтрации разделить их на классы, а также позволил выявить особенности и тенденции развития возможностей контентной фильтрации.

На основе функциональных возможностей рассмотренных средств контентной фильтрации можно сделать вывод о достаточно ограниченном применении возможностей современных лингвистических процессоров в области контентной фильтрации. Из рассмотренных 30 средств фильтрации только 6 применяют морфологический анализ текста, при этом только одно средство выполняет морфологический анализ в реальном режиме времени, в то время как остальные применяют его в отложенном режиме для автоматической либо автоматизированной классификации ресурса, не обнаруженного в базе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старостина Е.В. Информационное право. Научная сессия МИФИ-2007. – Том 14. – 107 с.
 2. Баданов А.Г. Организация безопасного доступа к сети Интернет в образовательном учреждении (контентная фильтрация) [Электронный ресурс]. – URL: <http://dostizenie.ucoz.ru/document/content-filter.pdf> (дата обращения: 13.06.2012).
 3. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.09.2005 № 561 «О федеральной целевой программе «Комплексные меры противодействия злоупотреблению наркотиками и их незаконному обороту на 2005-2009 годы».
 4. Федеральный закон Российской Федерации «О средствах массовой информации» от 27 декабря 1991 года № 2124-1.
 5. Федеральный закон «О противодействии экстремистской деятельности» № 114-ФЗ от 25 июля 2002 года.
 6. Федеральный закон Российской Федерации "О рекламе" от 13 марта 2006 года № 38-ФЗ.
 7. Проект федерального закона Российской Федерации «Об игорном бизнесе в Российской Федерации» № 156146-3.
 8. Рекомендации X.200 (МККТТ) и ISO 7498 (ISO), ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99 «Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель».
 9. Руководящий документ ФСТЭК от 1997 года по средствам вычислительной техники «Межсетевые экраны. Защита от несанкционированного доступа к информации».
 10. Хорошко В.О., Азаров О.Д., Шелест М.Э., Яремчук Ю.Э. Основы компьютерной стеганографии: пособие для студентов и аспирантов. – Винница: ВДТУ, 2003. – 143 с.
 11. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. – М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 272 с.
-

12. Белоногов Г.Г., Богатырев В.И. Автоматизированные информационные системы / под ред. К.В. Тараканова. – М.: Сов. радио, 1973. – 328 с.
13. Белоногов Г.Г., Кузнецов Б.А. Языковые средства автоматизированных информационных систем. – М.: Наука, 1983. – 288 с.
14. Ланде Д.В. Добыча знаний. Глубинный анализ текстов. Технология эффективного анализа текстовых данных. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://dwl.kiev.ua/art/dz/index.html>.
15. Пиотровский Р. Г., Бектаев К.Б., Пиотровская А.А. Математическая лингвистика. – М.: Высшая школа, 1977. – 384 с.
16. Тулдава Ю. Проблемы и методы квантитативно-системного исследования лексики. – Таллин: Валгус, 1987. – 204 с.
17. Тузовский А.Ф. Онтолого-семантические модели в корпоративных системах управления знаниями // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Томск: ТПУ, 2007. – 40 с.
18. Бородин Л.И. Математические методы и компьютер в задачах атрибуции текстов. – М.: ООО «Лингвистические компьютерные системы», 2007. – Библиотека электронного журнала Текстология.RU [Электронный ресурс] / URL: <http://www.textology.ru/libr/borodkin.htm>.
19. Гаврилова Т. Базы знаний интеллектуальных систем: учебник для ВУЗов. – СПб.: Изд-во «Питер», 2000.

Маркин Дмитрий Олегович
Академия ФСО России, г. Орел
Сотрудник
E-mail: admin@nikitka.net

Комашинский Владимир Владимирович
Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук

D.O. MARKIN (*Employee*)

V.V. KOMASHINSKIY (*Candidate of Engineering Sciences*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

CONTENT FILTERING IN COMPUTER NETWORKS

Actual trends of content filtering development in computer networks is considered. Main common and the standardly legal demands to content filtering is provided. Content filtering methods classification is provided. Detailed analysis of content filtering instruments by group of different indicators is made.

Keywords: *content filtering; content analysis; computer networks.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Starostina E.V. Informacionnoe pravo. Nauchnaya sessiya MIFI-2007. – Tom 14. – 107 s.
2. Badanov A.G. Organizaciya bezopasnogo dostupa k seti Internet v obrazovatel'nom uchrezhdenii (kontentnaya fil'traciya) [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://dostizenie.ucoz.ru/document/content-filter.pdf> (data obrashheniya: 13.06.2012).
3. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 13.09.2005 № 561 «O federal'noj celevoj programme «Kompleksny'e mery' protivodejstviya zlupotrebleniyu narkotikami i ix nezakonnomu obortu na 2005-2009 gody'»».
4. Federal'ny'j zakon Rossijskoj Federacii «O sredstvax massovoj informacii» ot 27 dekabrya 1991 goda № 2124-I.
5. Federal'ny'j zakon «O protivodejstvii e'kstremistskoj deyatel'nosti» № 114-FZ ot 25 iyulya 2002 goda.
6. Federal'ny'j zakon Rossijskoj Federacii «O reklame» ot 13 marta 2006 goda № 38-FZ.
7. Proekt federal'nogo zakona Rossijskoj Federacii «Ob igornom biznese v Rossijskoj Federacii» № 156146-3.

8. Rekomendacii X.200 (MKKTT) i ISO 7498 (ISO), GST R ISO/ME'K 7498-1-99 «Vzaimosvyaz' otkry'ty'x sistem. Bazovaya e'talonnaya model'».
 9. Rukvodyashhij dokument FSTE'K ot 1997 goda po sredstvam vy'chislitel'noj texniki «Mezhsetevy'e e'krany'. Zashhita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii».
 10. Xoroshko V.O., Azarov O.D., Shelest M.E', Yaremchuk Yu.E'. Osnovy' komp'yuternoj steganografii: posobie dlya studentov i aspirantov. – Vinnica: VDTU, 2003. – 143 s.
 11. Gribunin V.G., Okov I.N., Turincev I.V. Cifrovaya steganografiya. – M.: SOLON-Press, 2002. – 272 s.
 12. Belonogov G.G., Bogaty'rev V.I. Avtomatizirovanny'e informacionny'e sistemy' / pod red. K.V. Tarakanova. – M.: Sov. radio, 1973. – 328 s.
 13. Belonogov G.G., Kuznecov B.A. Yazy'kovoe sredstva avtomatizirovanny'x informacionny'x sistem. – M.: Nauka, 1983. – 288 s.
 14. Lande D.V. Doby'cha znaniy. Glubinny' analiz tekstov. TExnologiya e'ffektivnogo analiza tekstovy'x danny'x. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://dwl.kiev.ua/art/dz/index.html>.
 15. Piotrovskij R.G., Bektaev K.B., Piotrovskaya A.A. Matematicheskaya lingvistika. – M.: Vy'sshaya shkola, 1977. – 384 s.
 16. Tuldava Yu. Problemy' i metody' kvantitativno-sistemnogo issledovaniya leksiki. – Tallin: Valgus, 1987. – 204 s.
 17. Tuzovskij A.F. Ontolgo-semanticheskie modeli v korporativny'x sistemax upravleniya znaniyami // Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchyonoy stepeni doktora texnicheskix nauk. – Tomsk: TPU, 2007. – 40 s.
 18. Borodkin L.I. Matematicheskie metody' i komp'yuter v zadachax atribucii tekstov. – M.: OOO «Lingvisticheskie kmp'yuterny'e sistemy'», 2007. – Biblioteka e'lektronnogo zhurnala Tekstologiya.RU [E'lektronny'j resurs] / URL: <http://www.textology.ru/libr/borodkin.htm>.
 19. Gavrilova T. Bazy' znaniy intellektual'ny'x sistem: uchebnik dlya VUZov. – SPb.: Izd-vo «Piter», 2000.
-

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ НЕПРАВОМЕРНОМУ ДОСТУПУ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В данной статье рассмотрены проблемы обеспечения информационной безопасности в современных системах передачи данных. Обращается внимание на существенную опасность, которую представляют внутренние злоумышленники, и предлагаются способы противодействия случаям нарушений безопасности информации.

Ключевые слова: информационная безопасность; телекоммуникационные сети; злоумышленник; межсетевые экраны; система обнаружения атак.

Окончание индустриальной и начало информационной революции на рубеже XX-XXI веков потребовало дальнейшего повышения эффективности обмена информацией для повышения производительности труда. Следствием этих процессов стало повсеместное внедрение и широкое использование информационных и телекоммуникационных систем. Развитие и совершенствование средств связи обеспечило обмен информацией между объектами систем передачи данных. Степень взаимодействия и оперативность протекания информационных процессов определяют конкурентоспособность телекоммуникационных сетей.

В настоящее время информационные технологии широко используются в промышленности, торговле, в научно-исследовательской и во многих других сферах деятельности. Вместе с тем, слабая защищенность, недостаточная эффективность существующих методов и способов защиты компьютерной информации при эксплуатации информационно-телекоммуникационных сетей вызывает повышенный интерес у криминальных элементов в целях противоправного завладения информацией для совершения различных видов правонарушений.

Подобные тенденции привели к тому, что администраторы и пользователи вычислительных сетей при организации защиты основное внимание и средства сосредотачивали на противодействии внешним угрозам и злоумышленникам, совершенствовали системы удаленного доступа, устанавливали межсетевые экраны и другие мощные инструменты, направленные на предотвращение процедур нарушения информационной безопасности извне. Вследствие этого, в настоящее время осуществить проникновение в защищенную вычислительную сеть может только высококвалифицированный нарушитель, обладающий серьезными познаниями в области информационных технологий и программного обеспечения.

Однако современная действительность указывает на то, что в погоне за повышением эффективности противодействия внешним нарушителям была упущена другая немаловажная проблема. Она заключается в том, что в настоящее время наибольшую угрозу представляют не внешние, а внутренние злоумышленники. Подобная вероятность указывает на необходимость развития средств обеспечения безопасности информации от внутренних угроз посредством использования программных и аппаратно-программных средств. Одним из наиболее эффективных способов противодействия правонарушению в сфере информационных технологий является своевременное выявление подобных попыток, заключающегося в определении рабочего места и конкретного виновника инцидента.

По данным исследования Deloitte Touche Tohmatsu за 2006 г. 100% опрошенных банков зафиксировали утечки, причем 72% респондентов потеряли в результате инцидентов значительные средства [1].

Российские организации и предприятия (компании, фирмы) также обеспокоены проблемой защиты информационных активов. Согласно исследованию компании InfoWatch, именно кража конфиденциальной информации является самой опасной угрозой. В пользу

этой точки зрения высказались 64% респондентов, в то время как на вредоносные коды и хакерские атаки сослались лишь 49% и 48% [1].

Анализ наиболее популярных и часто используемых в настоящее время средств обеспечения информационной безопасности на уровне сети указывает на обработку сетевого трафика с целью его фиксирования и анализа на наличие признаков атак или журналов регистрации. То есть можно говорить о том, что используются межсетевые экраны, функционирование которых основано на правилах разрешения или запрещения прохождения трафика.

Межсетевые экраны обеспечивают защиту посредством фильтрации информации, то есть ее анализа по совокупности критериев и принятия решения о распространении на основе заданных правил, проводя разграничение доступа субъектов. Каждое правило запрещает или разрешает передачу информации определенного вида между субъектами и объектами. Как следствие, составляющие компоненты сети получают доступ только к разрешенным информационным объектам. Интерпретация набора правил выполняется последовательностью фильтров, которые разрешают или запрещают передачу данных (пакетов) на следующий фильтр или уровень протокола.

Большинство из существующих коммерческих систем межсетевых экранов предусматривает сокрытие внутренней структуры IP-сети организации (так называемый network address translation). Обычно экраны настраиваются как минимум на два интерфейса: внутренний (для локальной сети) и внешний. Общеизвестно, что межсетевые экраны настраиваются специалистами в сфере защиты информации, а им, как и всем людям, свойственно ошибаться.

Построение модели системы защиты информации требует ее соответствия специальным нормативным документам по обеспечению информационной безопасности, принятым в Российской Федерации, международному стандарту ISO/IEC 15408 «Информационная технология – методы защиты – критерии оценки информационной безопасности», стандарту ISO/IEC 17799 «Управление информационной безопасностью» и учитывает тенденциям развития отечественной нормативной базы (в частности, ФСТЭК России) по вопросам защиты информации [1].

Используемые сегодня системы обеспечения информационной безопасности должны не только обнаруживать известные атаки и предупреждать о них обслуживающий персонал, но и распознавать непонятные источники информации об атаках, при этом снижая нагрузку на персонал, давая возможность управления собой не экспертами в данной области. К подобным системам целесообразно отнести системы обнаружения атак.

Принцип функционирования систем обнаружения атак основан на модели Деннинга и позволяет обнаруживать как злоупотребления, так и нестандартное поведение пользователя. Это программное обеспечение функционирует на уровне компьютерной сети и состоит из ядра, осуществляющего взаимодействие с сетевым адаптером, и сетевого оборудования. В состав сетевого адаптера целесообразно включить оборудование, ведущие журналы регистрации, хранящие сетевой трафик, а также специальное программное обеспечение, которое осуществляет декодирование и анализ протоколов, с которыми работает сетевой адаптер и реализует соответствующую логику работы системы обнаружения атак и реагирование на них.

Задача системы обнаружения атак заключается в совокупности программных и программно-аппаратных средств, обеспечивающих автоматизированный контроль протекающих процессов с целью анализа состояния защищенности. В процессе работы система осуществляет выявление попыток или фактов совершения атаки на

телекоммуникационную сеть, документирование противоправных процедур, определяет источник деструктивных воздействий и, естественно, обеспечивает адекватное реагирование на инцидент [2].

Для достижения этих целей целесообразно использовать механизмы обнаружения атак, основанные на нескольких общих методах действия.

Метод анализа учета регистрации заключается в анализе журналов регистрации, создаваемых операционной системой, прикладным программным обеспечением, маршрутизаторами и т.д. Записи журнала регистрации анализируются и интерпретируются системой обнаружения атак.

К достоинствам этого метода относится простота его реализации. Однако имеется немало недостатков и, как правило, анализ журналов регистрации является дополнением к другим методам обнаружения атак, в частности, к обнаружению атак «на лету». Использование этого метода позволяет проводить разбор уже после того, как была зафиксирована атака, для того, чтобы выработать эффективные меры предотвращения аналогичных атак в будущем.

Метод анализа «на лету» заключается в мониторинге сетевого трафика в реальном или близком к реальному времени, а также в использовании соответствующих алгоритмов обнаружения. Очень часто используется механизм поиска в трафике определенных строк, которые могут характеризовать несанкционированную деятельность.

Использование метода обнаружения атак в сетевом трафике дает два основных преимущества. Во-первых, один агент системы обнаружения атак может просматривать целый сегмент сети с многочисленными хостами, в то время, как для предыдущего метода необходимо на каждый анализируемый узел устанавливать свой агент. Этот метод позволяет обнаруживать атаки против всех элементов сети маршрутизаторов и прикладных приложений. Во-вторых, системы, построенные с учетом этого метода, могут определять атаки в реальном масштабе времени и останавливать атаки до достижения ими цели.

Профили нормального поведения используются для наблюдения за пользователями, системной деятельностью или сетевым трафиком. Данные наблюдения сравниваются с ожидаемыми значениями профиля нормального поведения.

Метод использования сигнатур атак очень часто сопоставляют с анализом «на лету». Метод заключается в описании атаки в виде сигнатуры (signature) и поиска данной сигнатуры в контролируемом пространстве (сетевом трафике, журнале регистрации и т.д.). В этом качестве выступает шаблон действий или строка символов, характеризующие аномальную деятельность. Эти сигнатуры хранятся в базе данных, аналогичной той, которая используется в антивирусных системах.

Обнаружение атак остается областью активных исследований в течение последних десятилетий. Считается, что начало этому направлению положено в 1980 году статьей Джеймса Андерсена «Мониторинг угроз компьютерной безопасности». Несколько позже, в 1987 году, это направление было развито в публикации статьи «О модели обнаружения вторжений» Дороти Дейнинг. Она обеспечила методологический подход, заложивший основу для создания продуктов в области систем обнаружения атак, которые используются в качестве средств предотвращения несанкционированного доступа на современном этапе развития общества.

Технология систем обнаружения атак динамично развивается, сегодня в этой сфере идет активное формирование рынка, информация быстро устаревает, что затрудняет сравнительный анализ характеристик.

Система обнаружения атак включает:

- сенсоры – программные или программно-аппаратные источники информации о процессах, протекающих в вычислительной сети;
- анализаторы – программные или программно-аппаратные средства, обрабатывающие получаемую от сенсоров информацию, принимающие решение о наличии факта

вмешательства в работу компьютерной сети или подготовки к нему, выявляющие источник или источники угрозы, а также выбирающие вариант реагирования на них;

– компоненты реагирования – наборы действий, которые выполняют СОА при обнаружении факта вмешательства в работу компьютерной сети или подготовки к нему.

Принцип работы системы обнаружения атак основывается на том, что поведение взломщиков, вторгающихся в работу сети, значительно отличается от действий зарегистрированных пользователей. При этом производится анализ отчетов о функционировании операционной системы, приложений и сравнение системных событий с заранее известной базой процедур нарушений безопасности. Располагающиеся на сетевых рабочих станциях компоненты системы обнаружения атак следят за различными аспектами безопасности, в случае взлома или отклонений от нормального режима функционирования реагируют на это. Системой регистрируется факт произошедшего, предупреждается администратор, а в отдельных случаях производится полная остановка рабочих станций, изменение настроек межсетевых экранов или маршрутизаторов. Кроме того, компоненты системы осуществляют анализ сетевого графика и сравнение информации о сеансе связи с данными об известных атаках на компьютерные сети. Применение подобных систем позволит улучшить состояние дел в области обеспечения безопасности информации.

Повысить защищенность систем обнаружения атак позволяет захват сетевого трафика непосредственно с сетевой карты, минуя операционную систему; могут реализовываться на обычных, специализированных компьютерах или интегрированы в маршрутизаторы или коммутаторы. При реализации подобных систем на компьютерах информация собирается посредством захвата и анализа пакетов, используя сетевые интерфейсы в беспорядочном (promiscuous) режиме. В маршрутизаторах и коммутаторах захват трафика осуществляется с шины сетевого оборудования.

Системы сетевого уровня не требуют установки на каждом хосте программного обеспечения необходимого для обнаружения атаки, так как число мест контроля сети, в которых установлен IDS, невелико. Кроме того, для контроля сетевого сегмента необходим только один сенсор независимо от числа узлов. Системы, функционирующие на сетевом уровне, используют живой трафик при обнаружении атак в реальном масштабе времени. В результате сетевой пакет, ушедший с компьютера злоумышленника, не может быть возвращен назад, он теряет возможность сокрытия следов противоправной деятельности. Анализируемая информация не только описывает метод атаки, позволяет идентифицировать правонарушителя, но и позволяет использовать ее в качестве доказательной базы в суде. Поскольку многие хакеры хорошо знакомы с механизмами системной регистрации, они знают, как манипулировать этими файлами для сокрытия следов своей деятельности [3].

Системы обнаружения атак, функционирующие на уровне сети, позволяют обнаруживать атаки на этапе подготовки и обеспечивают своевременное уведомление, реагирование (по сравнению с системами анализирующими журналы регистрации). Например, хакер, инициирующий сетевую атаку типа «отказ в обслуживании» на основе протокола TCP, может быть остановлен системой обнаружения атак сетевого уровня, посылающей TCP-пакет с установленным флагом Reset в заголовке для завершения соединения с атакующим узлом, прежде, чем атака вызовет разрушения или повреждения атакуемого узла.

Часто используемые системы анализа журналов регистрации не распознают атаки до момента соответствующей записи в журнал и предпринимают ответные действия уже после того, как была сделана запись. К этому моменту наиболее важные системы или ресурсы уже могут быть скомпрометированы или нарушена работоспособность системы.

Уведомление в реальном масштабе времени позволяет быстро среагировать в соответствии с предварительно определенными параметрами. Диапазон этих реакций изменяется от разрешения проникновения в режиме наблюдения для того, чтобы собрать информацию об атаке и атакующем до немедленного завершения атаки.

Системы обнаружения атак, функционирующие на сетевом уровне, не зависят от операционных систем, установленных в сети, так как они оперируют сетевым трафиком, которым обмениваются все узлы. Данному программному продукту обеспечения информационной безопасности все равно, какая операционная система сгенерировала тот или иной пакет, если он соответствует стандартам, поддерживаемым системой обнаружения.

Использование на элементах вычислительной сети специального программного обеспечения позволяет производить анализ файлов отчета о работе сети и определять:

- рабочую станцию, с которой был произведен неправомерный доступ;
- время и продолжительность соединения между рабочими станциями;
- протокол информационного обмена вычислительной сети, который автоматически ведется на каждой рабочей станции, имеющей доступ к сети; информация остается в лог-файлах;
- содержание разговоров через вычислительную сеть, информация о которых автоматически сохраняется во временных файлах, которые даже после стирания могут быть частично восстановлены.

Принцип функционирования систем обнаружения атак основан на модели Деннинга и позволяет обнаруживать как злоупотребления, так и нестандартное поведение пользователя. Это программное обеспечение функционирует на уровне компьютерной сети и состоит из ядра, осуществляющего взаимодействие с сетевым адаптером, сетевого оборудования. В состав сетевого адаптера предлагается включить оборудование, ведущее журналы регистрации, хранящее сетевой трафик, а также специальное программное обеспечение, которое осуществляет декодирование и анализ протоколов, с которыми работает сетевой адаптер и реализует соответствующую логику работы системы обнаружения атак и реагирование на них.

Обеспечение адекватного реагирования на производимые атаки невозможно без использования системы поддержки и принятия решений, накопления знаний и опыта в области расследования правонарушений и преступлений в сфере компьютерной информации целесообразно использовать нейросетевые методы анализа, что позволит обеспечивать информационную безопасность на должном уровне.

Экспериментальная оценка реальных данных показывает, что нейронная сеть может обучаться с целью идентификации пользователей просто по тем командам, которые они используют по частоте их использования, такая идентификация может быть использована для обнаружения атак в компьютерной сети против информации. Нет необходимости принимать во внимание порядок команд. Нейросетевые методы позволяют легко обучаться, не требуют значительных затрат, а работая в автономном режиме, позволяют ежедневно создавать регистрационные записи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скиба В.Ю., Курбатов В.А. Руководство по защите от внутренних угроз информационной безопасности. – СПб.: Питер, 2008. – 320 с.: ил.
2. Denning. Dorothy E. (SRI International). An Intrusion Detection Model. IEEE Transaction on Software Engineering (SE-13). 2 (February 1987): 222-232.
3. Хогланд Грег, Мак-Гроу Гари. Взлом программного обеспечения: анализ и использование кода / пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 396 с.

Мишин Дмитрий Станиславович

Орловский Юридический институт МВД России, г. Орел
Кандидат юридических наук
Тел.: 8 (4862) 41-45-50, 8 903 880 23 45
E-mail: mishinds@mail.ru

Еременко Сергей Владимирович

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 (4862) 76-19-10
E-mail: sv-5771@mail.ru

D.S. MISHIN (*Candidate of Juridical Sciences*)
Law Institute of the Russian Interior Ministry, Orel

S.V. EREMENKO (*Post-graduate Student of Department «Electronics, Computer Science and Information Security»*)
State University – ESPC, Orel

METHODOLOGICAL ASPECTS OF COUNTERACTION TO WRONGFUL ACCESS TO DATA TRANSMISSION SYSTEMS

In given article problems of maintenance of information security in modern systems of data transmission are considered. The attention to essential danger which is represented by internal malefactors is paid, and ways of counteraction are offered cases of infringements of safety of the information.

Keywords: *information security; telecommunication networks; malefactor; gateway screens; system of detection of attacks.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Skiba V.Yu., Kurbatov V.A. *Rukovodstvo po zashhite ot vnutrennix ugroz informacionnoj bezopasnosti.* – SPb.: Piter, 2008. – 320 s.: il.
2. Denning, Dorothy E. (SRI International). *An Intrusion Detection Model.* IEEE Transaction on Software Engineering (SE-13). 2 (February 1987): 222-232.
3. Xogland Greg, Mak-Grou Gari. *Vzlom programmного obespecheniya: analiz i ispol'zovanie koda / per. s angl.* – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2005. – 396 s.

Статья «Результаты натурных испытаний метода фонетического декодирования слов в задачах распознавания и диаризации разговорной русской речи» (автор: Савченко Андрей Владимирович), опубликованная в № 1(25)2013, была выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по государственному контракту № 07.514.11.4137 ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы».

ТРЕБОВАНИЯ к оформлению статьи для опубликования в журнале «Информационные системы и технологии»

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только **одна** статья **одного** автора, включая соавторство.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

• Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

• **Обязательные элементы:**

- УДК
- **заглавие (на русском и английском языках)**
- **аннотация (на русском и английском языках)**
- **ключевые слова (на русском и английском языках)**
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

• Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

• **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

• **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

• В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт).

Сведения об авторах предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.