

№ 4 (72) июль-август 2012

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 15.06.2012 г.
Подписано в печать 26.06.2012 г.
Формат 60х88 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 5-23
2. Математическое и компьютерное
моделирование 24-62
3. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах 64-84
4. Автоматизация и управление
технологическими процессами
и производствами 85-96
5. Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети 97-115
6. Информационная безопасность и защита
информации 116-137
7. В порядке обсуждения 138-146

Редакция

Г.А. Константинова
А.И. Мотина
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.

№ 4 (72) July-August 2012

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 15.06.2012,
26.06.2012 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*

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

In this number

1. Software of the computer facilities
and the automated systems 5-23
2. Mathematical modeling
and computer simulation 24-62
3. An information technologies in socio-
economic and organizational-technical
systems 63-84
4. Automation and control
of technological processes
and manufactures 85-96
5. Telecommunication systems
and computer networks 97-115
6. Information safety and information
protection 116-137
7. As discussion 138-146

The editors

Konstantinova G.A.
Motina A.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
ПН № ФС77-47350 from 03.11.2011.

© State University – ESPC, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

<i>КОСТЮКОВА Т.П., ФАНДРОВА Л.П.</i> Создание GUI-приложения в среде MatLab	5
<i>КУЗНЕЦОВ Л.А., КАПНИН А.В.</i> Технология автоматического формирования тезауруса русского языка	13
<i>СМАГИН В.А., ПАРАМОНОВ В.Ю.</i> Закон Амдала для иерархической вычислительной системы	20

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>БОРИСЕНКО А.Б., КАРПУШКИН С.В., ХУСНУТДИНОВ Р.Р.</i> Оценка приведенных затрат при проектировании теплообменников типа «труба-в-трубе»	24
<i>ВЕРХОТУРОВ М.А., ВЕРХОТУРОВА Г.Н., ЯГУДИН Р.Р.</i> Об одном решении задачи плотной упаковки выпуклых многогранников на основе годографа функции плотного размещения	31
<i>ЛИПАТОВА О.Г.</i> Моделирование информационного обмена в частных виртуальных сетях АСУ предприятия	40
<i>МУСИХИНА Е.А.</i> Пространственно-временная модель оценки эколого-экономического риска	46
<i>ПОЛЯКОВ В.М., СИНЮК В.Г., БУХАНОВ Д.Г.</i> Базовые структурные модели распределенных вычислительных систем в многоагентной диагностической среде	52
<i>ШАРОВ В.В.</i> Прогнозирование временных рядов отказов высоковольтных выключателей с использованием нейросетевых технологий	57

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

<i>АНОХИН Д.А., НИКИТИН В.М., ЛОМАКИН В.В., ЛИПУНОВА Е.А., ИВАНОВ И.И.</i> Программно-алгоритмическое обеспечение оценки вероятности риска развития ИБС	63
<i>КОНСТАНТИНОВ И.С., ФРОЛОВ А.И., ЛУКЬЯНОВ П.В.</i> Модели правил анализа и критериев контроля данных в системе административного мониторинга	70
<i>СМИРНОВ С.В.</i> Идентификация параметров загрузки оператора по требуемому уровню надежности	78

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

<i>КОЛОКОЛОВ Ю.В., МОНОВСКАЯ А.В.</i> Интеллектуальная обработка множества натуральных бифуркационных диаграмм для исследования зоны неопределенности	85
<i>ЛУПИН С.А., ТХАН ЗО У, ЧЖО МЬО ХТУН</i> Методы отображения данных при управлении распределенными системами обслуживания	92

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

<i>ЕРЕМЕНКО В.Т., КУЗЬМИНА Л.В., ПЛАЩЕНКОВ Д.А., КРАСНОВ Д.А.</i> Рекурсивный алгоритм оценки минимальной величины канального ресурса в сети передачи данных	97
<i>ЛАЗАРЕВ С.А., ДЕМИДОВ А.В.</i> Особенности построения подсистемы управления доступом системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов	103
<i>САИТОВ И.А., МИРОНОВ О.Ю., ОРЛОВ И.А.</i> Проблемы внедрения NGN-технологий в корпоративные инфокоммуникационные системы	111

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

<i>БУХАРИН В.В., КИРЬЯНОВ А.В., СТАРОДУБЦЕВ Ю.И.</i> Способ защиты вычислительных сетей	116
<i>ЗЕЛЬМАНСКИЙ О.Б.</i> Методика синтеза речеподобных сигналов на разных языках для систем защиты информации	122
<i>КОМАШИНСКИЙ В.В., САЗОНОВ Г.М.</i> Методика оценки защищенности речевого сигнала от утечки по акустическим и виброакустическим каналам	132

В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ

<i>ДАНИЛИН С.Н.</i> Современное представление об информации	138
--	-----

CONTENT

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

<i>KOSTYUKOVA T.P., FANDROVA L.P.</i> Creating a GUI-intensive applications in MatLab	5
<i>KUZNETSOV L.A., KAPNIN A.V.</i> Technology of automatic generating of russian language thesaurus	13
<i>SMAGIN V.A., PARAMONOV I.Yu.</i> Amdal's law for the hierarchical computing system	20

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

<i>BORISENKO A.B., KARPUSHKIN S.V., XUSNUTDINOV R.R.</i> Evaluation of reduced costs by annular heat exchanger design.....	24
<i>VERXOTUROV M.A., VERXOTUROVA G.N., YAGUDIN R.R.</i> One approach to solving the convex polyhedrons dense packing problem using no-fit polyhedron	31
<i>LIPATOVA O.G.</i> Modeling of information exchange in virtual private networks ACS enterprise	40
<i>MUSIHINA E.A.</i> Space-time model for evaluation of ecological and economic risk	46
<i>POLYAKOV V.M., SINYUK V.G., BUHANOV D.G.</i> Basic structural models of distributed computing systems in multi-agent diagnostic enviroment	52
<i>SHAROV V.V.</i> Prognostication of temporal rows of refuses of high-voltage switches with the use of neuronetwork technologies	57

AN INFORMATION TECHNOLOGY IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

<i>ANOHN D.A., NIKITIN V.M., LOMAKIN V.V., LIPUNOVA E.A., IVANOV I.I.</i> Software for probabilistic risk calculation for IHD	63
<i>KONSTANTINOV I.S., FROLOV A.I., LUKYANOV P.V.</i> Models of data analisys rules and criteria control in the system of administrative monitoring	70
<i>SMIRNOV S.V.</i> Load parameters identification on required operator reliability level	78

AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

<i>KOLOKOLOV Yu.V., MONOVSKAYA A.V.</i> Intelligent data acquisition and processing of a set of experimental bifurcation diagramms for researching the uncertainty zone	85
<i>LUPIN S.A., THAN ZO U, ChZho M'O HTUN</i> Methods for displaying data management services distributed systems	92

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

<i>EREMENKO V.T., KUZMINA L.V., PLASCHENKOV D. A., KRASNOV D.A.</i> Recursive algorithm of an estimation of the minimum size of a channel resource in a data transmission network	97
<i>LAZAREV S.A., DEMIDOV A.V.</i> The features of building access control subsystem of management information exchange network for corporate portals	103
<i>SAITOV I.A., MIRONOV O.Yu., ORLOV I.A.</i> Implementation issues NGN-corporate technologies systems infocommunication	111

THE INFORMATION SAFETY AND INFORMATION PROTECTION

<i>BUKHARIN V.V., KIRYANOV A.V., STARODUBTSEV Yu.I.</i> Method for protecting computer networks	116
<i>ZELMANSKIY O.B.</i> Method of speechlike signals synthesis in different languages for information protection systems	122
<i>KOMASHINSKIY V.V., SAZONOV G.M.</i> Methods of security assessment of the speech signal from the leakage through acoustic and vibroacoustic channels	132

AS DISCUSSION

<i>DANILIN S.N.</i> Modern concept of information	138
--	-----

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 681.3:621.314(075):004.4

Т.П. КОСТЮКОВА, Л.П. ФАНДРОВА

СОЗДАНИЕ GUI-ПРИЛОЖЕНИЯ В СРЕДЕ MATLAB

Рассмотрены вопросы разработки приложения с графическим интерфейсом пользователя (GUI) в среде MatLab. Затрагиваются вопросы визуализации исследований, программирования и приводятся многочисленные примеры функций.

Ключевые слова: преобразователи энергии; визуальное моделирование; графический интерфейс пользователя; программирование событий.

В современной практике использования информационных технологий для исследования преобразователей энергии самое широкое применение находит моделирование. Одним из пакетов, обеспечивающих принципиально разные типы моделирования, является MatLab, в котором осуществимо:

- моделирование схемотехническое (в статье используется термин «визуальное»), основанное на применении блоков специализированной библиотеки для систем питания;
- моделирование аналоговое (в статье используется термин «имитационное»), основанное на применении блоков библиотеки Simulink.

Работающие модели инверторов тока и напряжения, их адекватность и возможность их дальнейшего использования при исследовании режимов работы инверторов доказана результатами модельных экспериментов и экспериментов на промышленных образцах инверторов. Основной целью данной статьи является описание этапов разработки приложения «Моделирование установок индукционного нагрева» [1] с использованием созданных моделей. Представленный программный модуль может быть применен в учебной и научной работе в задачах исследования работы инверторов с различными входными параметрами для получения заданных выходных характеристик преобразователей энергии. Как показывает практика, каждый из видов полупроводниковых комплексов для индукционного нагрева предъявляет специфические требования к режимам работы преобразователей. Разработка инструментария, позволяющего визуализировать и оптимизировать процессы согласования режимов работы преобразователя с нагрузочным колебательным контуром для различных диапазонов его выходной мощности, а также рациональный выбор параметров каждого элемента, определяет научную новизну данной разработки. Достаточно подробное описание программного модуля позволяет использовать статью в учебном процессе в качестве наглядного примера для создания собственных приложений преподавателями и студентами соответствующих специальностей и направлений подготовки.

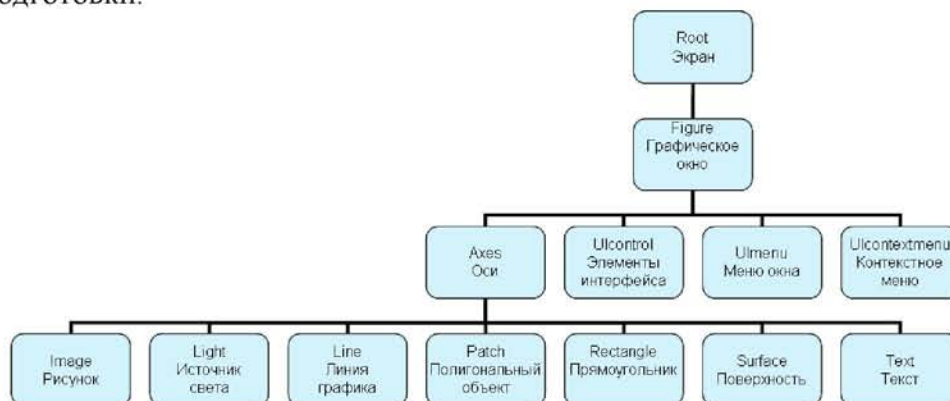


Рисунок 1 – Иерархическая структура объектов графического окна в MatLab

Приложения MatLab 6.0 являются графическими окнами, содержащими элементы управления (кнопки, списки, переключатели, флаги, области ввода, меню, полосы

скроллинга), а также оси и текстовые области для вывода результатов работы (рис. 1). Создание модуля начинается со входа в среду GUIDE, в которой имеются: панель инструментов с элементами интерфейса и панель инструментов для управления приложением.

Рассматриваемое приложение для реализации своих функций (рис. 2) состоит из нескольких файлов со следующими расширениями:

- .M – файл запуска приложения, содержащий описания функций;
- .FIG – файл окна приложения, содержащий графические элементы интерфейса;
- .MDL – модели инверторов;
- .MAT – временные характеристики токов и напряжений на элементах схем;
- .BMP – рисунки принципиальных схем, исследуемых инверторов;
- .TXT – тексты справочной информации.



Рисунок 2 – Функции, реализованные в приложении

Разработка приложения сопряжена с изменением свойств элементов интерфейса, которые они получают по умолчанию при размещении их на заготовке окна. Добавление элемента интерфейса из редактора приложения приводит к автоматическому созданию соответствующей подфункции, которую следует наполнить содержимым – операторами, выполняющими обработку события элемента интерфейса. Манипулирование свойствами объектов в приложении производится операторами `get` – получение значений свойств и `set` – установка новых значений. Большинство свойств объектов (например, `Enable` или `Value`) можно устанавливать программно непосредственно в ходе работы приложения для обеспечения согласованного поведения элементов управления. Некоторые из свойств устанавливаются при создании объекта в режиме редактирования. Примером может служить

свойство Tag – имя объекта, уникальным образом идентифицирующее его среди всех объектов приложения. Например, значением Tag основного объекта, на котором располагаются все другие элементы приложения, является figure1. В свойстве Name этого объекта задано название приложения Моделирование установок индукционного нагрева.

Для реализации функций программы использованы следующие объекты (рис. 3):

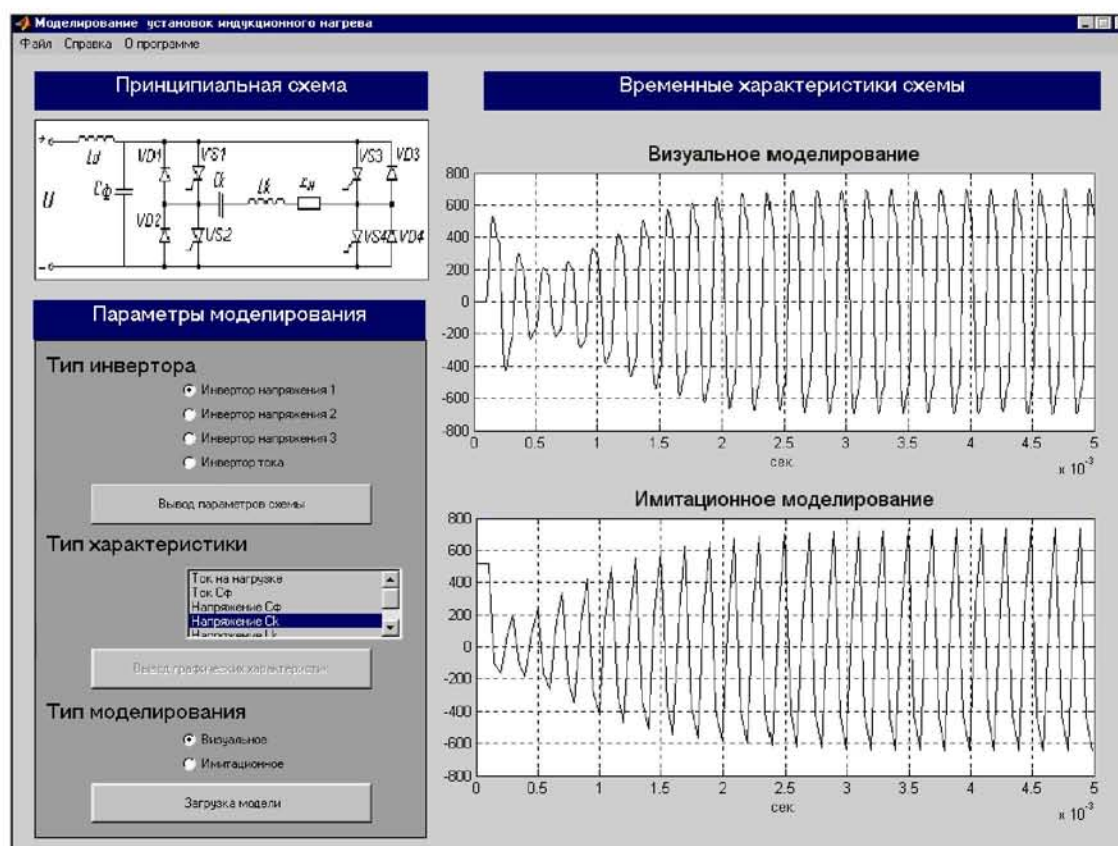


Рисунок 3 – Экранная форма приложения

– шесть текстовых областей, получившие заголовки Принципиальная схема, Параметры моделирования, Временные характеристики схемы, Тип инвертора, Тип характеристики, Тип моделирования;

– главное меню приложения;

– область для вывода изображения принципиальной схемы инвертора;

– две области для вывода графических (временных) характеристик параметров схемы;

– раскрывающийся список из шести элементов (Teg – listbox1) для выбора одной из предложенных временных характеристик (ток на нагрузке, напряжение на нагрузке и т.д.);

– два переключателя для выбора типа моделирования: Визуальное (Teg – rbutton1), Имитационное (Teg – rbutton2);

– рамка для выделения области, содержащей параметры моделирования;

– три кнопки: Вывод параметров схемы (Teg – pXar), Вывод графических характеристик (Teg – pushbutton1), Загрузка модели (Teg – pushbutton2) для выполнения соответствующих действий;

– четыре переключателя для выбора типа инвертора, которым в целях экономии места в окне приложения даны следующие краткие названия: Инвертор напряжения 1 (Teg – radiobutton3), Инвертор напряжения 2 (Teg – radiobutton4), Инвертор напряжения 3 (Teg – radiobutton5), Инвертор тока (Teg – radiobutton6). Полные наименования инверторов приводятся в окне «Вывод параметров схемы» при выборе соответствующего инвертора и нажатии одноименной кнопки. Например, на рисунке 4 показан образец вывода параметров Инвертора напряжения 2 – автономного однофазного мостового инвертора напряжения с диодами встречного тока без шунтирующего конденсатора.

Вид окна приложения меняется в зависимости от выполняемых действий пользователя: нажатых кнопок, выбранных переключателей, элементов списка или пунктов меню. Переключатели обычно группируются по их назначению, пользователь может выбрать только одну опцию.

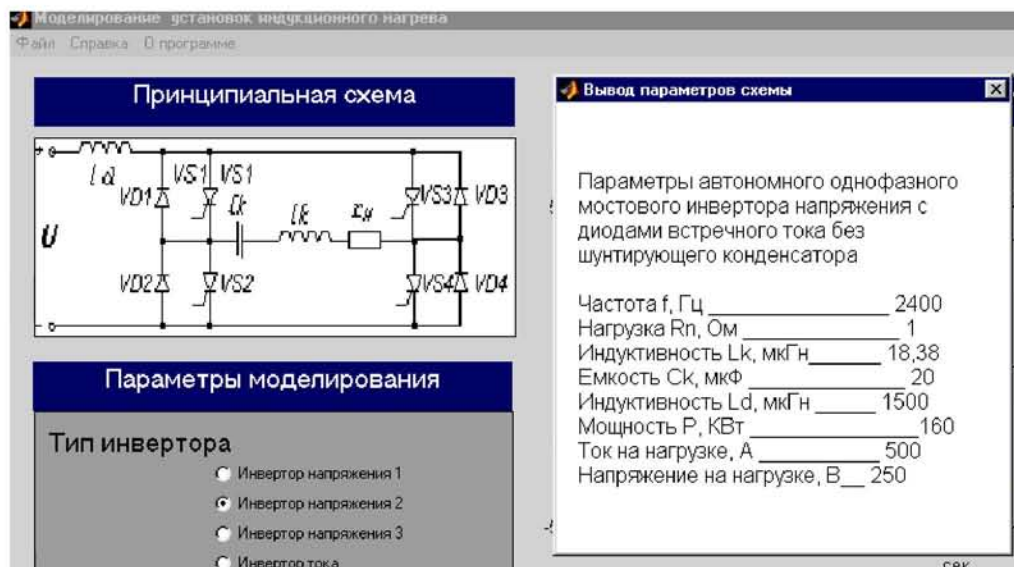


Рисунок 4 – Пример отображения параметров схемы выбранного инвертора

При включении данного приложения переключателям radiobutton3 (из группы Тип инвертора) и rbutton1 (из группы Тип моделирования) свойство Value в редакторе свойств устанавливается равным единице (переключатель включен), остальным переключателям устанавливается ноль. Предотвращение выключения переключателя повторным щелчком мыши достигается установкой его свойства Enable как неактивного (Inactiv). Такой переключатель в работающем приложении выглядит как доступный (со значением on), но попытка изменить состояние данного переключателя не приводит к успеху. Свойству Enable остальных переключателей при этом присваивается значение on.

Действия при срабатывании переключателей Визуальное и Имитационное аналогичны, поэтому рассмотрим команды только одной функции – rbutton1_Callback, предназначенной для срабатывания переключателя Визуальное. Сначала значение свойства переключателя Имитационное становится равным нулю, переключатель становится неактивным: `set(handles.rbutton2,'Value',0) set(h,'Enable','Inactiv')`. При этом переключатель Имитационное, а также кнопки Вывод графических характеристик и Загрузка модели доступны для включения: `set(handles.rbutton2,'Enable','on') set(handles.pushbutton1,'Enable','on') set(handles.pushbutton2,'Enable','on')`.

При открытии приложения все три кнопки модуля доступны.

Кнопка Загрузка модели выполняет загрузку файла с соответствующей моделью и становится недоступной до следующего изменения типа инвертора или типа моделирования. В функции проверяется, какой переключатель включен. Если включен переключатель Визуальное (оператор `if get(handles.rbutton1,'Value')`), то происходит последовательная проверка активности переключателей в группе Тип инвертора. Например, для Инвертора напряжения 1 оператор имеет вид: `if get(handles.radiobutton3,'Value')`. Далее происходит копирование его модели в каталог Save оператором `copyfile('cx1.mdl','save/cx1.mdl')`. Затем файл открывается для модельного эксперимента или редактирования оператором `open save/cx1.mdl`. При закрытии данного файла пользователь может сохранить сделанные изменения для дальнейшей работы, но при открытии приложения всегда открывается исходный файл.

Функция содержит четыре группы операторов if (для каждого из типов инверторов) в ветви then и столько же в ветви else (если включен переключатель Имитационное).

Кнопка Вывод параметров схемы отображает в центре экрана одноименное текстовое окно и дает представление о схемотехнических параметрах элементов инверторов. Текстовый файл с описанием схемы должен быть помещен в папку с файлом приложения.

После нажатия на кнопку Вывод графических характеристик соответствующие кривые появляются на осях в правой части окна приложения, а кнопка становится недоступной до следующего выбора типа инвертора или типа характеристики.

Схема взаимодействия кнопок приложения показана на рисунке 5.

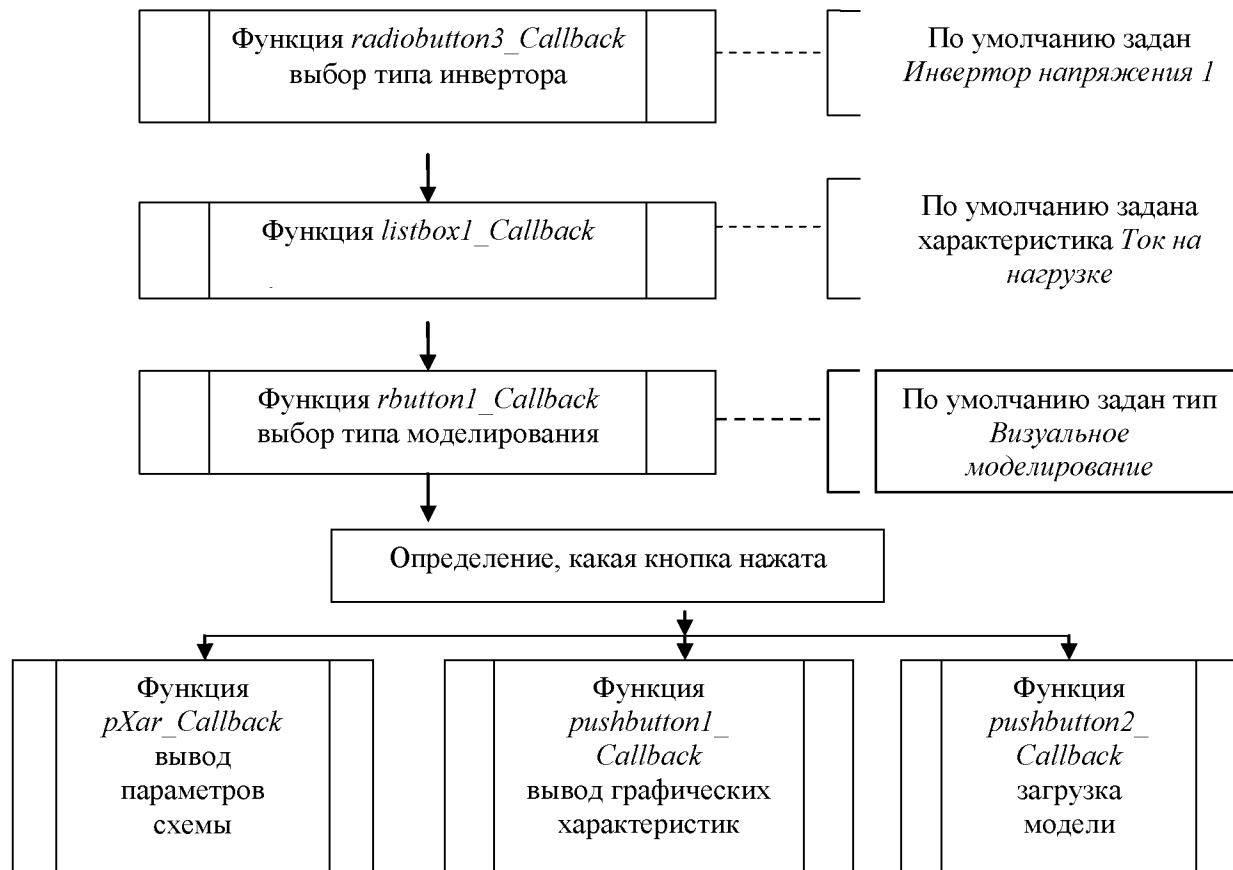


Рисунок 5 – Схема взаимодействия функций при нажатии кнопок приложения

В процессе модельного эксперимента временные характеристики параметров схемы сохраняются с помощью блоков To File для дальнейшего вывода на осях создаваемого приложения. В окне настроек указанного блока в поле Filename задается имя файла, например m1.mat, в поле Variable name – имя сохраняемой переменной, например a, в поле Decimation – периодичность записи данных, равная 1.

Таким способом кривые токов и напряжений в моделях сохраняются в виде двумерной матрицы. Первая строка матрицы содержит время фиксации значения параметра, а вторая – само значение параметра. Для использования первой строки в качестве координаты X, а второй в качестве координаты Y, матрицу необходимо разбить на две. Для этого в данной программе используется следующий прием: в матрице удаляется первая строка (время), а значения второй строки присваиваются вспомогательной переменной, затем в матрице удаляется вторая строка, а оставшаяся присваивается другой переменной. Так как в окне приложения присутствуют две области для вывода кривых токов и напряжения, для каждой из них используются две вспомогательные переменные: X и Y для вывода характеристик визуального моделирования и XX, YY для вывода характеристик имитационного моделирования.

Для выбора отображаемой в приложении характеристики используется раскрывающийся список Тип характеристики, в котором первоначально активен первый элемент – ток на нагрузке. Функция listbox1_Callback выполняет выбор соответствующей

характеристики из раскрывающегося списка (рис. 6) и подготавливает графические области для вывода кривых.

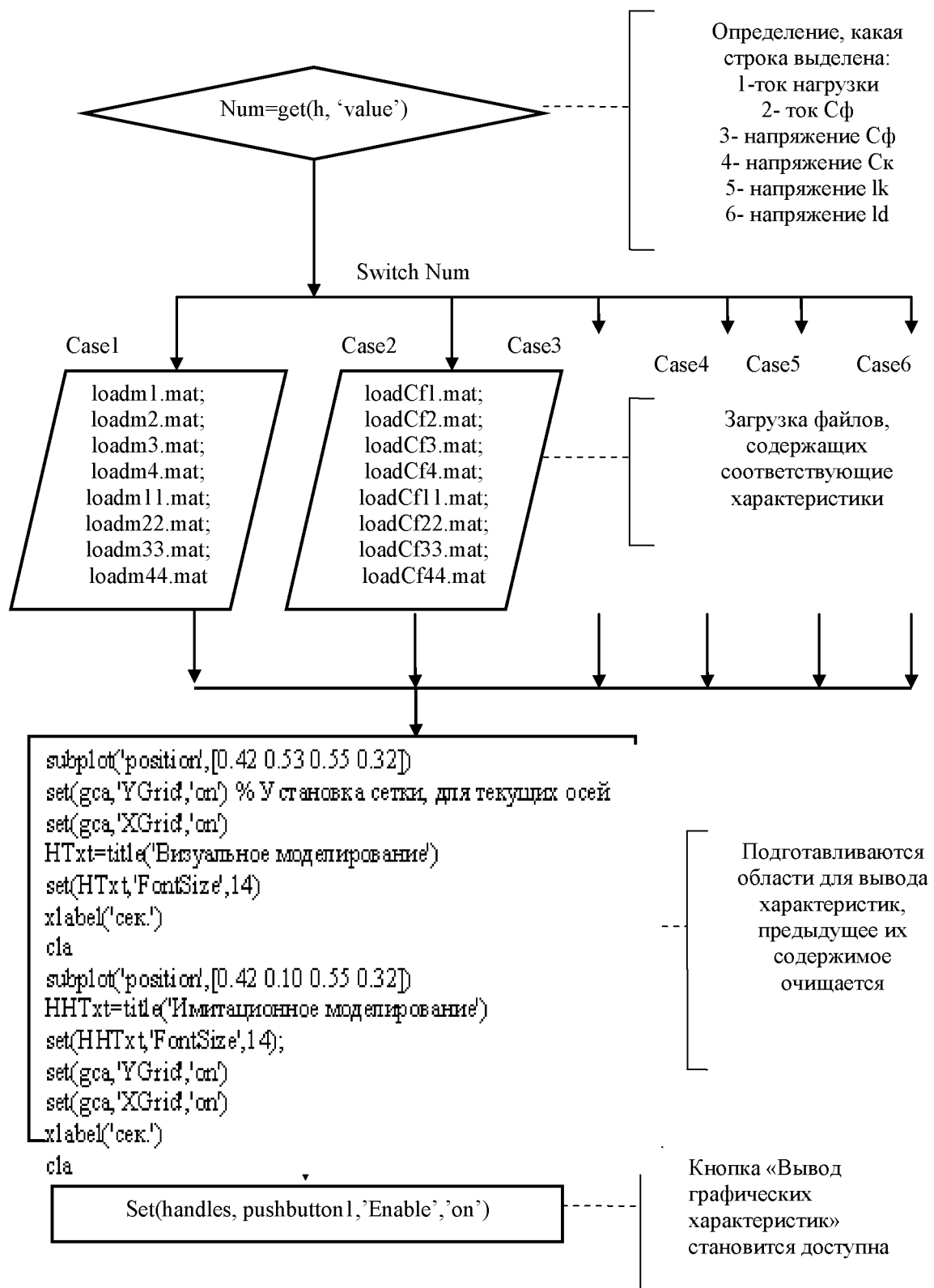


Рисунок 6 – Блок-схема функции *lisbox1_Callback* в сокращенном виде

Алгоритм функции *pushbutton1_Callback* в сокращенном виде приведен на рисунке 7. Данная функция связана с обработкой события для кнопки приложения Вывод графических характеристик.

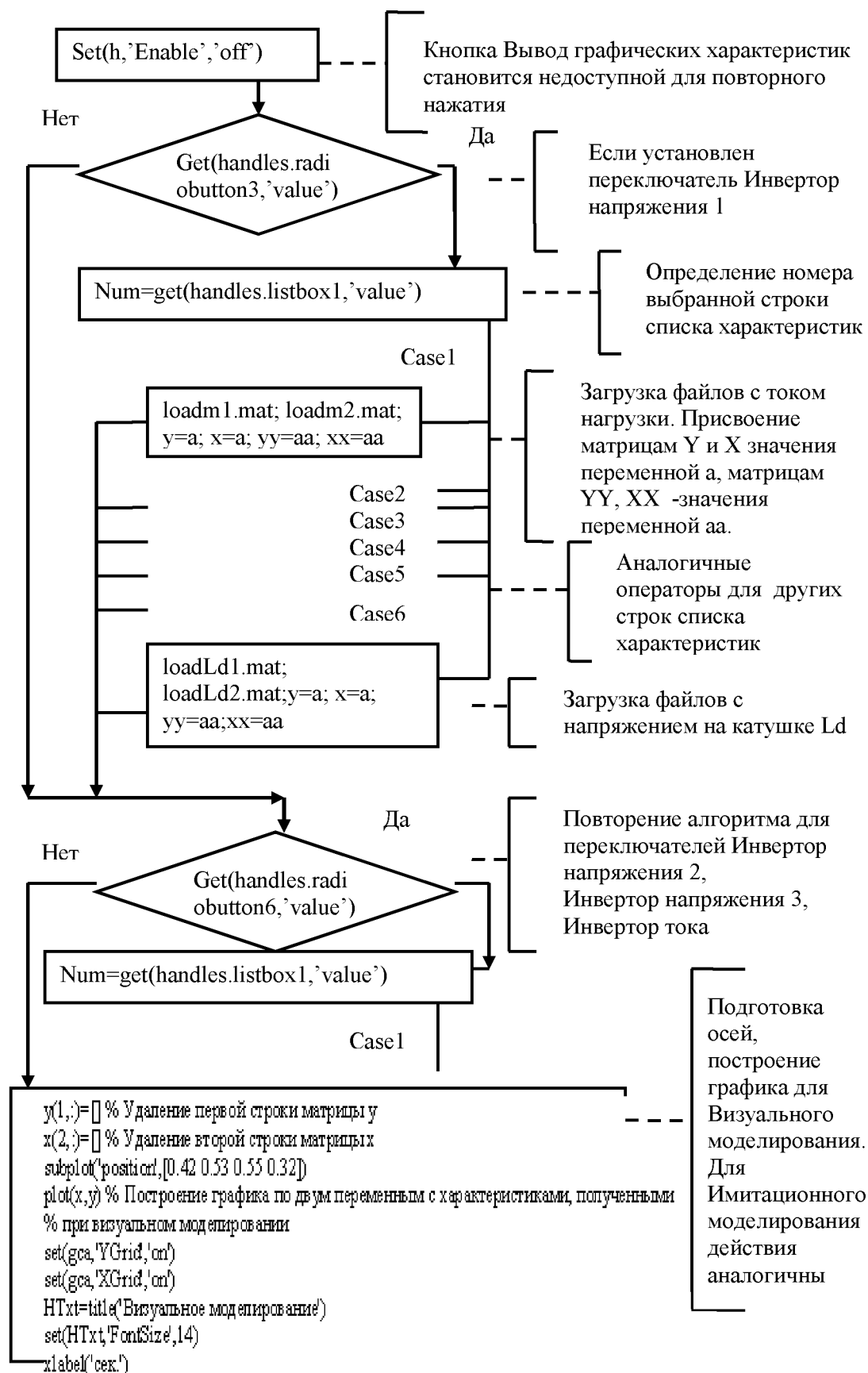


Рис. 1 – Алгоритм функции risvizionp1_Scivisk в сокращенном виде

Для создания главного меню приложения открывается окно (кнопкой Menu Editor панели инструментов управления приложением), в котором формируется вложенная структура команд и пунктов меню. Программирование события Callback элементов меню происходит вручную, в отличие от других элементов интерфейса. Например, функция

mnViz_Callback (рис. 8) предназначена для вызова справки по визуальному моделированию из соответствующего текстового файла. По окончании чтения файла происходит создание окна фиксированного размера с соответствующим названием и свойством modal, требующим завершить работу с окном, прежде чем перейти к другой функции. Для вывода текста с заданными свойствами шрифта в окне создаются вспомогательные невидимые оси.



Рисунок 8 – Блок-схема функции вызова справки по визуальному моделированию

Функция для срабатывания переключателей группы Тип инвертора аналогична, поэтому рассмотрим ее на примере функции radiobutton3_Callback, предназначенной для срабатывания события переключателя Инвертор напряжения1. Оператором set(h,'Enable','Inactiv') переключатель, событие которого обрабатывается, становится неактивным. Для других трех переключателей устанавливаются значения 0, например, set(handles.radiobutton4,'Value',0) – для переключателя Инвертор напряжения 2.

В матрицу X1 заносится информация из графического файла, содержащего принципиальную схему инвертора: X1=imread('схема1.bmp','bmp'). Оператором subplot('position',[0.02 0.72 0.35 0.2]) создается графическое окно для вывода в нем схемы выбранного инвертора. Операторами imagesc(x1) set(gca,'Xtick',[]) set(gca,'Ytick',[]) матрица интерпретируется как прямоугольное изображение без сетки.

К остальным трем переключателям, а также кнопкам Вывод графических характеристик и Загрузка модели доступ разрешен, например, оператор set(handles.radiobutton4,'Enable','on') устанавливает доступ к переключателю Инвертор напряжения 2.

Подготовка областей для вывода графических характеристик визуального моделирования для выбранного инвертора состоит из операторов, задающих: позицию области: subplot('position',[0.42 0.53 0.55 0.32]); сетки на графиках: set(gca,'YGrid','on') set(gca,'XGrid','on'); заголовок области: HText=title('Визуальное моделирование'); размер

шрифта: `set(hhxt,'FontSize',14);` подпись оси X: `xlabel('сек.');` очистку области: `cla`. Перечисленная выше группа операторов повторяется для имитационного моделирования с другими параметрами области вывода.

ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ М-ФАЙЛА ПРИЛОЖЕНИЯ

Основная функция генерируется автоматически при сохранении файла с именем, заданным для окна приложения и расширением `.m`, например, `Pril3.m`. Функция содержит стандартную проверку входных аргументов, установки параметров окна приложения и оператора, выполняемых при запуске приложения. Все функции, рассмотренные в статье ранее, располагаются после основной функции.

В функции `subplot` М-файла текст содержит установки параметров окна для отображения при запуске приложения. Функция описывает положение графической области для вывода принципиальной схемы первого инвертора и другие параметры, рассмотренные выше в статье. Здесь используются нормализованные единицы для измерения расстояний, где ширина и высота рабочей области графического окна принимаются равными единице, а начало координат помещается в левый нижний угол окна. Единицы измерения устанавливаются свойством `Units` осей. Единицы `normalized` наиболее удобны при управлении расположением осей.

Последняя часть программы (начиная с условного оператора `if nargin > 0`) демонстрирует возможности MatLab для обхода исключительных ситуаций, которые приводят к ошибке, и выполнения действий в случае ее возникновения. Для этих целей предназначена конструкция `try [varargout{1:nargout}] catch`, которая указывает на оператора, выполнение которых может привести к возникновению ошибочных ситуаций в процессе выполнения программы. В конструкции `catch disp(lasterr) end` указывается команда для исполнения при возникновении ошибки внутри операторных скобок `try ... catch` (все команды и функции, использованные при создании приложения и статьи, описаны в [2]).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фандрова Л.П. Моделирование установок индукционного нагрева средствами MatLab // Программа для ЭВМ, № 2003611981. – Москва: РОСПАТЕНТ, 2003.
2. Ануфриев И.Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 736 с.

Костюкова Татьяна Петровна

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры экономической информатики

E-mail: ktp@ufanet.ru

Фандрова Людмила Петровна

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экономической информатики

E-mail: fandrova@mail.ru

T.P. KOSTYUKOVA (*Doctor of Engineering Sciences,
Professor of the department of economic informatics*)

L.P. FANDROVA (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the department of economic informatics*)
Ufa State Aviation Technical University

CREATING A GUI-INTENSIVE APPLICATIONS IN MATLAB

Questions of application programming with the graphic interface of the user (GUI) in the environment of MatLab are considered. Questions of visualisation of researches, programming are mentioned and numerous examples of functions are resulted.

Keywords: *energy converters; visual modeling; graphic interface of the user; programming of events.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Fandrova L.P. Modelirovanie ustanovok indukcionnogo nagreva sredstvami MatLab // Programma dlya E`VM, № 2003611981. – Moskva: ROSPATENT, 2003.
2. Anufriev I.E. Samouchitel' MatLab 5.3/6.x. – SPb.: BXV-Peterburg, 2002. – 736 s.

Л.А. КУЗНЕЦОВ, А.В. КАПНИН

**ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ
ТЕЗАУРУСА РУССКОГО ЯЗЫКА**

Предложена уникальная технология автоматического формирования полносвязного тезауруса русского языка, в котором связи между словами выражаются численно. В статье приведен пример, показывающий эффективность технологии, рассмотрены недостатки технологии и даны рекомендации по ее совершенствованию.

Ключевые слова: компьютерная лингвистика; тезаурус; численная оценка близости; полносвязный тезаурус.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках работы над системой автоматической проверки знаний студентов возникла необходимость оценки семантической близости текстов на русском языке (эталонного ответа и ответа студента), что потребовало оценку близости отдельных слов. Семантическая близость слов отражается в тезаурусах. Тезаурус (от греч. «сокровище») в современной лингвистике – это особая разновидность словарей общей или специальной лексики, в которых указаны семантические отношения (синонимы, антонимы, паронимы, гипонимы, гиперонимы и т.п.) между лексическими единицами [1].

Все известные тезаурусы русского языка были составлены с использованием оценок экспертов. Мнение экспертов субъективно и не всегда отражает действительную картину. Такие тезаурусы, как правило, имеют небольшой объем, со временем требуют полной переработки, не выражают отношения между словами различных частей речи. Связи в существующих тезаурусах выражены с помощью логических отношений, что мешает применению математического аппарата в рамках создания и совершенствования инструментов компьютерной лингвистики [2, 4].

Была разработана собственная технология автоматического наполнения оригинального полносвязного тезауруса на основе численной меры. Тезаурус получается полносвязным в смысле наличия связей между всеми словами независимо от частей речи. Отношения семантической близости в тезаурусе выражаются численно, поэтому тезаурус строится на основе численной меры.

Технология базируется на методике определения семантической близости слов с помощью сравнения их классических словарных толкований. Объем разработанного тезауруса ограничен лишь полнотой словарей русского языка. Для сравнения толкований используются вероятностно-статистические методы, методы теории информации и инструменты синтаксического и морфологического анализа.

ТЕХНОЛОГИЯ

В основу технологии были положены 2 гипотезы:

- словарные статьи семантически близких слов содержат больше одинаковых слов (в нормальной форме), чем семантически удаленных;
- чем больше словарных статей используется для определения каждого из слов, тем точнее можно определить численную оценку их близости по одинаковым словам.

Для каждого слова русского языка можно найти несколько определений в различных словарях (словарных статьях). Если объединить в базе данных слова из доступных словарей и снабдить их соответствующими словарными статьями, то получится своего рода мультисловарь. Отметим, что такой мультисловарь сам по себе представляет культурную и научную ценность.

Словарные статьи из разных словарей для каждого слова объединяются в единое описание. Описание дополняется определяемым словом и трансформируется в набор слов. Набор слов фильтруется с помощью синтаксического анализатора [6]: остаются только

значимые слова – это слова, часть речи которых свидетельствует о сильной смысловой нагрузке (табл. 1). Оставшиеся слова в наборе приводятся к нормальной форме (с помощью синтаксического анализатора [6]) и сортируются в алфавитном порядке. Далее из набора исключаются дубликаты, и полученные слова $o_1, o_2, \dots$ сохраняются в базе данных через запятую в качестве образа $O = \{o_1, o_2, \dots\}$ данного слова w .

Таблица 1 – Значимые части речи

№ п/п	Тип
1	Существительное
2	Глагол
3	Прилагательное
4	Наречие
5	Числительное
6	Местоимение
7	Предикатив (можно, пора)
8	Причастие
9	Деепричастие

Чтобы найти оценку близости двух слов w_1 и w_2 , необходимо сравнить соответствующие им образы O_1 и O_2 . Существует целое множество методов оценки семантических расстояний между наборами слов [7]. Рассмотрим самый простой частотный метод (1), как максимально производительный для формирования базовой оценки близости η (БОБ).

$$\eta = \frac{2 \cdot |O_1 \cap O_2|}{|O_1| + |O_2|}, \quad (1)$$

где $|O|$ – мощность множества O (количество элементов множества).

Легко заметить, что оценка близости $\eta \in [0;1]$, что может трактоваться как вероятность смыслового совпадения слов. На практике подтвердилось, что оценка схожести слова с самым семантически близким (с самим собой) равна 1, а с максимально семантически удаленными – 0. Однако большая часть оценок со всеми остальными словами не превышала 0,3 и лишь немногие доходили до 0,5. Тогда была введена нормированная базовая оценка близости $\hat{\eta}$ (НБОБ) (2):

$$\hat{\eta}_i = \begin{cases} 1, & \eta_i = 1 \\ \eta_i \frac{k}{\eta'_{\max}}, & \eta_i \neq 1, \end{cases} \quad (2)$$

где i – индекс некоторой оценки близости;

$k \in [0;1]$ – коэффициент, задающий максимальное значение для нормированных оценок;

$\eta'_{\max}$ – максимальная оценка близости (не равная 1), \ среди всех полученных ранее оценок η ;

$\frac{k}{\eta'_{\max}}$ – нормирующий коэффициент.

Более содержательной выглядит оценка близости на основе взаимной информации (ОБОВИ) [8]. Представим образ слова O как случайный эксперимент, а под исходами эксперимента будем понимать элементарные события – появление слов образа $o_1, o_2, \dots$. Образ не содержит дубликатов, следовательно, вероятность реализаций каждого исхода $P(o_k)$ одинакова (3).

$$P(o_k) = \frac{1}{|O|}, k = 1 \dots |O|. \quad (3)$$

Тогда информационную энтропию образа O можно рассчитать с помощью следующего выражения (4):

$$H(O) = -|O| \cdot \frac{1}{|O|} \cdot \ln(P(o)) = -\ln\left(\frac{1}{|O|}\right). \quad (4)$$

Выражаясь в терминах теории информации, необходимо найти энтропию объединенной системы. В данном случае под объединенной системой понимается общий образ O_{ij} для слов w_i и w_j . Учитывая общую концепцию, а также (3) и (4) энтропию общего образа можно рассчитать с помощью (5).

$$H(O_i, O_j) = H(O_{ij}) = -|O_{ij}| \cdot \frac{1}{|O_{ij}|} \cdot \ln(P(o)) = -\ln\left(\frac{1}{|O_{ij}|}\right) = -\ln\left(\frac{1}{|O_i| + |O_j| - |O_i \cap O_j|}\right). \quad (5)$$

В результате количество взаимной информации между образами O_i и O_j можно найти с помощью следующего выражения (6):

$$I_{ij} = H(O_i) + H(O_j) - H(O_i, O_j). \quad (6)$$

Отметим, что оценку на основе взаимной информации можно получить с помощью несложных манипуляций из базовой оценки, зная мощность образов.

Известно, что количество информации – это положительное число, большее 0. Следовательно, такая оценка нуждается в нормировке (7).

$$\hat{I}_i = \begin{cases} 1, \eta_i = 1 \\ (I_i - I_{\min}) \frac{k}{I'_{\max} - I_{\min}}, \eta_i \neq 1 \end{cases} \quad (7)$$

где i – индекс некоторой оценки близости;

η_i – соответствующая базовая оценка близости;

$I_{\min}$ – минимальная оценка, среди всех полученных ранее оценок I ;

$I'_{\max}$ – максимальная оценка среди тех, для которых соответствующая $\eta_i \neq 1$;

$k \in [0;1]$ – коэффициент, задающий максимальное значение для нормированных оценок;

$\frac{k}{I'_{\max} - I_{\min}}$ – нормирующий коэффициент.

Чтобы получить полносвязный тезаурус, необходимо сравнить попарно все слова и зафиксировать полученные оценки БОБ и ОБОВИ в базе данных.

Проверим технологию на примере и сравним результат со значениями из заполненного тезауруса. Найдем оценки близости слова $w1 = \text{«КОНЬ»}$ с близкими по смыслу словами – $w2 = \text{«ЛОШАДЬ»}$, $w3 = \text{«КОБЫЛА»}$ – и семантически удаленным $w3 = \text{«ЯЩЕРИЦА»}$ (табл. 2). Образы для слов в таблицы представлены не полностью в силу их большого объема.

Таблица 2 – Образы для слов примера

-	Для слова w1 = «КОНЬ»	Для слова w2 = «ЛОШАДЬ»	Для слова w3 = «КОБЫЛА»	Для слова w4 = «ЯЩЕРИЦА»
Образ O	арабс астра башня беговая	август азия баба бабушка	агдетоп андрей баба бабка	видный год длинный живородящий

	бежать белый ...	барщина беговой ...	балалайка бежать ...	животное зеленый ...
Общие характеристики				
К-во слов в образе, O_i	470	426	312	30
Общих слов с w1, $O_1 \cap O_i$	470	104	56	3
К-во слов в общем с w1 образе, $O_1 + O_i - O_1 \cap O_i$	470	792	726	497
Базовая оценка близости (БОБ)				
Базовая оценка близости с w1, η_{li}	1	0,23	0,14	0,01
* Норм. оценка близости с w1, $\hat{\eta}_{li}$	1	0,46	0,29	0,02
Оценка близости на основе взаимной информации (ОБОВИ)				
Энтропия образа, $H(O_i)$	6,1527	6,0544	5,7430	3,4012
Энтропия общего с w1 образа, $H(O_1, O_i)$	6,1527	6,6746	6,5876	6,2086
К-во взаимной информации общего с w1, I_{li}	6,15	5,53	5,31	3,35
** Норм. оценка близости с w1, I_{li}	1	0,76	0,72	0,39

* нормировка производилась с $\eta'_{\max} = 0.5$ и $k = 1$;

** нормировка производилась с $I_{\min} = 1$, $I_{\max} = 7$ и $k = 1$.

Как и предполагалось, оценка ОБОВИ показывает более объективные результаты по сравнению с оценкой БОБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построение тезауруса сопряжено с некоторыми допущениями, что неизбежно приведет к недостаткам:

– Замена буквы «ё» на «е» в определяемых словах в ряде случаев приводит к трансформации в иное по смыслу слово, уже существующее в тезаурусе (например, небо → небо). Словарные статьи в этом случае объединяются, а данные слова становятся омонимами. Так как словарные статьи объединяются, то связи исходных «ё»-слов не будет утеряны, но численные оценки будут значительно занижены. Исходя из того, что таких слов оказалось менее 0,1%, такое занижение оценок близости выглядит несущественным.

– При формировании образов тире заменяется пробелом, что вызывает и замену на пробел дефиса в силу того, что многие словари оформлены ненадлежащим образом. С другой стороны, эта замена не должна привести к значимым колебаниям оценки, так как, количество слов с дефисом не столь велико (менее 0,5%), а замена дефиса на пробел в большинстве случаев не меняет, а семантически расширяет образ слова.

– Аббревиатуры и сокращения не расшифровываются, следовательно, синтаксический анализатор не может корректно анализировать такие слова. Это приводит к семантическому искажению образов. Текст словарных статей описывается без аббревиатур и

малым количеством сокращений слов (большая часть которых не несет яркой смысловой нагрузки и будет исключена анализатором), что позволяет сделать вывод о небольшой значимости искажений.

– В силу ненадлежащего оформления текстов словарей возможны некоторые орфографические ошибки. Вручную проверить такой объем информации не представляется возможным, поэтому текст будет проверяться автоматизировано.

Принятые допущения позволяют говорить лишь о базовой версии тезауруса. Для полноценного функционирования необходимо устранить все допущения, расширить спектр используемых словарей и провести детальную синтаксическую и орфографическую проверку.

Несмотря на допущения, данный тезаурус открывает широкое поле для работы в области компьютерной лингвистики. Численная оценка близости дает возможность применить математический аппарат в следующих направлениях:

- кластеризация слов и формирование тезауруса на основе логических отношений;
- формирование словарей синонимов;
- построение мощных поисковых машин;
- сравнение и установление авторства текстов;
- разработка автоматических интерактивных систем консультирования и помощи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org>.
2. Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д. Онтологии и тезаурусы: учебно-методическое пособие. – Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 2006. – 190 с.
3. Караулов Ю.Н. Лингвистическое конструирование и тезаурус литературного языка. – М.: Наука, 1981. – 367 с.
4. Тарасов С.Д. Подход к реализации автоматизированной системы построения тезауруса // Труды IX всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции», RCDL 2007. – Том 2. – Переславль: Изд-во «Университет города Переславля», 2007. – С. 63-66.
5. Морковкин В.В. Идеографические словари. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 72 с.
6. Антонова А.А., Мисюрёв А.В. Об использовании синтаксического анализатора Cognitive Dwarf 2.0 // «Труды института системного анализа РАН», 2008. – № 38. – С. 91-107.
7. Крюков К.В., Панкова Л.А., Пронина В.А., Шипилина Л.Б. Меры семантической близости в онтологиях // Труды научной сессии МИФИ-2010 «Информационно-телекоммуникационные системы. Проблемы информационной безопасности». – Том 5. – М.: Изд-во МИФИ, 2010. – С. 75-78.
8. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд. иностр. лит., 2002. – 832 с.

Кузнецов Леонид Александрович

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой автоматизированных систем управления

E-mail: kuznetsov@stu.lipetsk.ru

Капшин Алексей Владимирович

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк

Ассистент кафедры автоматизированных систем управления

E-mail: gert@inbox.ru

Head of the department of automated control systems)

*A.V KAPNIN (Assistant of the department
of automated control systems)*

Lipetsk State Technical University

TECHNOLOGY OF AUTOMATIC GENERATING OF RUSSIAN LANGUAGE THESAURUS

A unique technology of automatic generating of fully-connected Russian language thesaurus was developed, where relations between words are expressed numerically. This paper presents a concept of the technology. Also, the paper includes an example, which shows effectiveness of the technology, technology disadvantages and recommendations for its improvement.

Keywords: *computational linguistics; thesaurus; numerical estimation of the distance; mesh thesaurus; fully-connected thesaurus.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://ru.wikipedia.org>.
2. Dobrov B.V., Ivanov V.V., Lukashevich N.V., Solov'yov V.D. Ontologii i tezaury: uchebno-metodicheskoe posobie. – Kazan': Izd-vo Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2006. – 190 s.
3. Karaulov Yu.N. Lingvisticheskoe konstruirovaniye i tezaury literaturnogo yazy'ka. – M.: Nauka, 1981. – 367 s.
4. Tarasov S.D. Podxod k realizacii avtomatizirovannoj sistemy' postroeniya tezaurusa // Trudy' IX vserossijskoj nauchnoj konferencii «E'lektronny'e biblioteki. Perspektivny'e metody' i tehnologii, e'lektronny'e kollekcii», RCDL 2007. – Tom 2. – Pereslavl': Izd-vo «Universitet goroda Pereslavl'ya», 2007. – S. 63-66.
5. Morkovkin V.V. Ideograficheskie slovari. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 72 s.
6. Antonova A.A., Misyuryov A.V. Ob ispol'zovanii sintaksicheskogo analizatora Cognitive Dwarf 2.0 // «Trudy' instituta sistemnogo analiza RAN», 2008. – № 38. – S. 91-107.
7. Kryukov K.V., Pankova L.A., Pronina V.A., Shipilina L.B. Mery' semanticheskoy blizosti v ontologiyax // Trudy' nauchnoj sessii MIFI-2010 «Informacionno-telekommunikacionny'e sistemy'. Problemy' informacionnoj bezopasnosti». – Tom 5. – M.: Izd-vo MIFI, 2010. – S. 75-78.
8. Shennon K. Raboty' po teorii informacii i kibernetike. – M.: Izd. inostr. lit., 2002. – 832 s.

ЗАКОН АМДАЛА ДЛЯ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Предлагается развитие закона Амдала для многоуровневых информационных систем с параллельными вычислениями на их фазах. При этом на каждой фазе вычислений принимаются во внимание затраты на организацию параллельных вычислений и обмен информацией между процессами (процессорами) фаз. Определяется максимальное число процессоров на каждой фазе.

Ключевые слова: закон Амдала; иерархическая система; процесс; процессор; коэффициент ускорения.

ВВЕДЕНИЕ

Закон Амдала [1] справедлив для алгоритмов и программ, допускающих наряду с последовательным вычислением распараллеливание дальнейших вычислений на P процессорах. В первоначальном виде он представляется выражением

$$S_p = \frac{1}{\alpha + \frac{1-\alpha}{P}}, \quad (1)$$

в котором S_p – величина ускорения выполнения программы на P процессорах по сравнению с выполнением её на одном процессоре, α – доля последовательной части программы, $1-\alpha$ – доля распараллеливаемой части программы, P – количество процессоров.

Из (1) следует, что $S_p = P$ при $\alpha = 0$, а при $\alpha = 1$ $S_p = 1$. Если $0 < \alpha < 1$, тогда

предельная величина процессоров $\lim_{P \rightarrow \infty} S_p = \frac{1}{\alpha}$ означает, что чем меньше доля последовательной части программы, тем большее количество процессоров может быть применено для её распараллеливания.

КОРРЕКЦИЯ ЗАКОНА

Вполне очевидно, что закон Амдала в виде (1) не соответствует физическому смыслу осуществления процесса распараллеливания алгоритма и реализации программы на произвольном числе процессоров. Действительно, до реализации программы в системе необходимо затратить некоторое время на установление возможности распараллеливания, время на определение доли последовательной и распараллеливаемой частей программы, а также временных затрат на осуществление обмена информацией при выполнении параллельных вычислений. В модели (1) необходимо учитывать возможные системные потери на выполнение программы [2].

Достаточно очевидно, что с увеличением количества процессоров в системе величина системных затрат будет увеличиваться. Гипотетически можно предположить, что существует некоторое максимальное число процессоров, при котором для данного алгоритма реализуемой задачи величина ускорения S_p достигнет максимума. Дальнейшее увеличение количества процессоров в системе из-за роста системных потерь будет приводить к уменьшению величины ускорения S_p . Нами предложена следующая поправка к закону в форме (1). Доля программы, предусматриваемая для распараллеливания, должна делиться на две части: доли программы, непосредственно реализуемые каждым отдельным процессором, и доли системных потерь программы, затрачиваемые в системе на каждый процессор. При этом доля системных потерь программы должна быть пропорциональна числу процессоров, используемых в системе. Поэтому закон Амдала в отличие от (1) представляется в виде:

$$S_{pk} = \frac{1}{\alpha + (1-\alpha)(\frac{1}{p} + kp^n)} \quad (2)$$

Поправочный член в формуле (2) содержит две безразмерных константы k и n . Значения этих констант для определённого алгоритма или программы должны находиться либо на основе экспериментальных данных, либо на основе аналитического исследования. Тогда при найденных значениях этих констант может быть определено оптимальное число процессоров системы, при котором величина ускорения вычислений в системе S_{pk} будет максимальной. Из формулы (2) оптимальная величина числа процессоров будет равна:

$$p_{0k} = n+1 \sqrt{\frac{1}{kn}} \quad (3)$$

Если величина $n+1$ окажется нецелой, то удобнее вычисление выполнить в виде $p_{0k} = (\frac{1}{kn})^{\frac{1}{n+1}}$. Как правило, вычисленное значение p_0 также оказывается нецелым числом. Поэтому окончательный результат можно представить, как

$$p_0 = 1 + \text{trunc}(p_{0k}), \quad (4)$$

где $\text{trunc}(x)$ – наибольшая целая часть числа x .

Пример 1. Пусть для некоторого алгоритма программы определены следующие значения параметров $\alpha = 0,2$; $k = 0,00001$; $n = 2$. Тогда по формуле (3) $p_{0k} = 36,84$, а по формуле (4) $p_0 = 37$. Величина максимального ускорения $\max S_p = 4,3$; $1/p_0 = 0,27$; $kp_0^2 = 0,014$; $(1-\alpha)/p_0 = 0,022$; $(1-\alpha)kp_0^2 = 0,011$.

На рисунке 1 показана зависимость величины ускорения вычислений в системе от числа процессоров.

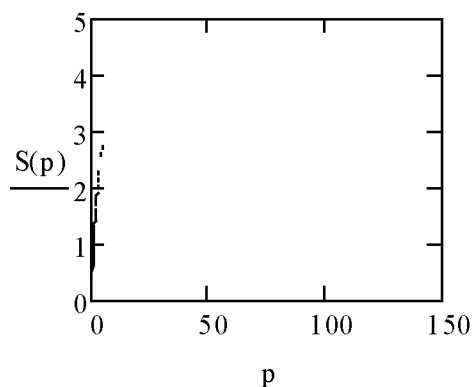


Рисунок 1 – Зависимость величины ускорения вычислений в системе от числа процессоров

ЗАКОН АМДАЛА ДЛЯ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Некоторые алгоритмы и программы могут иметь иерархическую структуру. Для таких алгоритмов и программ может потребоваться выполнение распараллеливания на отдельных фазах иерархического вычислительного процесса. Для этого необходимо предусмотреть модификацию закона Амдала применительно к отдельным фазам.

Получить общее выражение для закона при любом числе фаз не представляется возможным. Поэтому мы рассмотрим изложенную идею только для случая, когда вычислительный процесс имеет только две фазы. Можно в этом случае написать общее выражение для закона Амдала. Однако оно оказывается достаточно громоздким для

выполнения инженерно-прикладного анализа. Поэтому мы рассмотрим модификацию закона Амдала применительно только ко второй фазе процесса.

Распараллеливание на второй фазе процесса можно произвести, пользуясь следующим выражением для вычисления на ней ускорения вычислений:

$$G_q = \frac{\frac{1-\alpha}{P_0}}{\frac{1-\alpha}{P_0}\beta + (1-\frac{1-\alpha}{P_0}\beta)(\frac{1}{q} + dq^m)} \quad (5)$$

В формуле (5) числитель представляет оптимальную долю программы, выполняемую после распараллеливания на первой фазе процесса без учёта системных потерь. Знаменатель (5) построен аналогично (2). В нём β – доля программы на второй фазе, выполняемая последовательно, q – число процессоров на второй фазе, а dq^m – поправка к первому сомножителю в круглых скобках, учитывающая величину системных потерь на организацию параллельных вычислений процессорами второй фазы.

Константы d, m имеют то же назначение и их значения находятся так же, как было указано выше для констант k, n . Оптимальное число процессоров, максимизирующее величину ускорения на второй фазе, определяется по формуле:

$$q_{0d} = m + 1 \sqrt{\frac{b}{dm}}, \quad (6)$$

где $b = 1 - \frac{1-\alpha}{P_0}\beta$. Окончательная формула для определения необходимого числа процессоров на второй фазе принимает вид:

$$q_0 = 1 + \text{trunc}(q_{0d}). \quad (7)$$

Пример 2. Пусть в условиях примера 1, справедливого для первой фазы программы, определены следующие значения параметров второй фазы $\beta = 0,05$; $d = 0,000000001$; $m = 2,5$. Тогда по формуле (6) $q_{0d} = 286,812$, а по формуле (4) $q_0 = 287$. Величина максимального ускорения $\max S_q = 3,643$. Если ввести обозначение

$$G_q = \frac{c}{a + b(\frac{1}{q} + dq^m)} \quad c = \frac{1-\alpha}{P_0}, a = c\beta, b = 1 - c, \quad \text{то получаем}$$

$c = 0,022$; $a = 1,086 \times 10^{-3}$; $b = 0,999$; $q_0 = 287$; $S(q_0) = 3,643$. На рисунке 2 представлен график зависимости величины ускорения вычислений во второй фазе процесса.

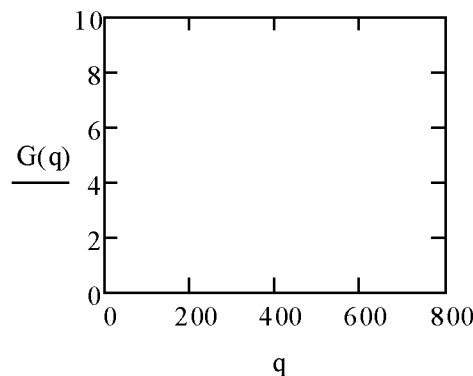


Рисунок 2 – Зависимость величины ускорения вычислений во второй фазе процесса

Поступая подобным образом, процесс распараллеливания вычислительного процесса иерархической программы может быть осуществлён в виде последовательных итеративных операций. На каждой операции могут быть определены значения параметров распараллеливания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложено развитие закона Амдала для иерархической системы, позволяющее производить расчёт величины ускорения параллельных вычислений и оптимального количества процессоров на любой фазе. При этом предусматривается введение поправочного математического члена в закон Амдала для любой фазы процесса вычислений.

Из-за затруднения получения общей формулы для закона, справедливой при одновременном учёте достаточно большого количества фаз, рассмотрен случай последовательного расчёта величин ускорения вычислений и оптимального количества процессоров на первых двух фазах иерархического процесса. Приведены примеры численных расчётов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boyd J.R. A Discourse on Winning and Losing. Unpublished Briefing Slides, 1992.
2. Смагин В.А. Основы теории надёжности программного обеспечения. – Санкт-Петербург, 2009. – 355 с.

Смагин Владимир Александрович

ЗДНРФ, г. Санкт-Петербург

Доктор технических наук, профессор, действительный член МАИ, почётный профессор ВКА имени А.Ф. Можайского.

Тел.: 8 (812) 235-27-78

E-mail: va_smagin@mail.ru

Парамонов Иван Юрьевич

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, начальник научно-исследовательского отдела

Тел.: 8 911 951 30 08

E-mail: ivan_paramonov@mail.ru

V.A. SMAGIN (*Doctor of Engineering Sciences, Professor*)
ZDNRF, St. Petersburg

I.Yu. PARAMONOV (*Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher*)
Military-space academy of A.F. Mozhaiskiy

AMDAL'S LAW FOR THE HIERARCHICAL COMPUTING SYSTEM

Development of Amdal's law for multilevel information systems with parallel calculations on their phases is offered. Thus on each phase of calculations expenses for the organization of parallel calculations and information interchange between processes (processors) of phases are considered. The maximal number of processors on each phase is determined.

Keywords: *Amdal's law; hierarchical system; process; processor; factor of acceleration.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Boyd J.R. A Discourse on Winning and Losing. Unpublished Briefing Slides, 1992.
2. Smagin V.A. Osnovy' teorii nadyozhnosti programmogo obespecheniya. – Sankt-Peterburg, 2009. – 355 s.

А.Б. БОРИСЕНКО, С.В. КАРПУШКИН, Р.Р. ХУСНУТДИНОВ

ОЦЕНКА ПРИВЕДЕННЫХ ЗАТРАТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ТИПА «ТРУБА-В-ТРУБЕ»

Рассмотрена задача оптимального проектирования теплообменников «труба-в-трубе» с использованием в качестве критерия оптимизации приведенных затрат. Представлена автоматизированная система технологических расчетов теплообменников «труба-в-трубе». Приводятся результаты решения задачи для реального химического производства и их анализ.

Ключевые слова: оптимальное проектирование теплообменников; теплообменник «труба-в-трубе»; тепловые и гидравлические расчеты; оптимальное проектирование; эксплуатационные затраты; капитальные затраты.

Процессы теплообмена находят широкое применение в химической, нефтеперерабатывающей, энергетической, металлургической и пищевой промышленности. Теплообменники различных типов используются в промышленности для нагревания холодных и охлаждения горячих сред, для проведения процессов испарения, конденсации, выпаривания, плавления, кристаллизации [1, 2].

Одна из простейших конструкций теплообменника – «труба-в-трубе» – представляет собой две коаксиально расположенные трубы с рабочими каналами во внутренней трубе и в межтрубном (кольцевом) пространстве [3]. Как правило, их используют для охлаждения или нагревания в системе жидкость-жидкость, когда расходы теплоносителей невелики и теплоносители не меняют своего агрегатного состояния. Несмотря на то, что при равных теплообменных характеристиках они менее компактны и более металлоемки, чем, например, кожухотрубчатые теплообменники, они имеют меньшее гидравлическое сопротивление. При этом высокие скорости и турбулентность потоков теплоносителей уменьшают возможность образования отложений на стенках труб.

Основным видом технологического расчета теплообменных устройств является тепловой расчет, позволяющий определить требуемую поверхность теплообмена. Как правило, в качестве критерия оптимизации конструкции теплообменника используются капитальные затраты, которые напрямую зависят от площади его рабочей поверхности: чем меньше поверхность, тем меньше стоимость. На этапе тепловых расчетов определить капитальные затраты, которые в общем случае складываются из стоимостей, материалов, энергии, трудозатрат и прочего, затруднительно. Поэтому с учётом того, что данный тип теплообменника прост в изготовлении, т.е. энерго- и трудозатраты относительно невелики, под термином «капитальные затраты» будем подразумевать лишь стоимость материала, которую в случае теплообменника типа «труба-в-трубе» можно оценить как произведение объема стенок внутренней (теплообменной) и внешней (кожуховой) труб на плотность и цену материала, из которого они изготовлены. Если допустить, что обе трубы изготовлены из одного и того же материала, то

$$S_{\text{кап}} = C_{\text{кг}} \cdot V_{\text{тр}} \cdot \rho_{\text{мат}},$$

где $C_{\text{кг}}$ – цена одного килограмма материала труб, руб/кг;

$\rho_{\text{мат}}$ – плотность материала труб, кг/м³;

$V_{\text{тр}} = L \cdot (S_{\text{Т}} + S_{\text{К}})$ – общий объем материала труб, м³;

$S_{\text{Т}} = 0.25 \cdot \pi \cdot [(d_{\text{Т}} + 2 \cdot \delta_{\text{Т}})^2 - d_{\text{Т}}^2]$, $S_{\text{К}} = 0.25 \cdot \pi \cdot [(d_{\text{К}} + 2 \cdot \delta_{\text{К}})^2 - d_{\text{К}}^2]$ – площади поперечного сечения теплообменной и кожуховой трубы, м²;

$d_{\text{Т}}$, $\delta_{\text{Т}}$ – внутренний диаметр и толщина стенки теплообменной трубы, м;

$d_{\text{К}}$, $\delta_{\text{К}}$ – внутренний диаметр и толщина стенки кожуховой трубы, м;

$L = F / [\pi \cdot (d_T + \delta_T)]$ – необходимая длина труб теплообменника, м;

F – рабочая поверхность теплообменника, м².

Величина рабочей поверхности теплообменника определяется значениями коэффициентов теплоотдачи от теплоносителей, которые зависят от скорости их движения: чем выше скорость, тем выше значения коэффициента теплоотдачи [1, 2, 7]. Однако при увеличении скоростей увеличиваются и потери давления, вызванные трением потоков теплоносителей о стенки труб. Согласно [2, 4, 6], потери давления в теплообменной трубе можно определить следующим образом:

$$\Delta P_T = \zeta_T \cdot \frac{L}{d_T} \cdot \frac{\rho_T u_T^2}{2},$$

$$\text{где } \zeta_T = \begin{cases} 0.316 / \text{Re}_T^{0.25}, & \text{Re}_T > 10000 \\ 1 + e^{1 - \text{Re}_T / 2300} \cdot \left(\frac{202.53}{\text{Re}_T^{0.75}} - 1 \right), & 2300 \leq \text{Re}_T \leq 10000 \\ 64 / \text{Re}_T, & \text{Re}_T < 2300 \end{cases} \quad - \text{коэффициент трения в}$$

теплообменной трубе;

$$\text{Re}_T = \frac{u_T \cdot d_T \cdot \rho_T}{\mu_T} \quad - \text{критерий Рейнольдса для потока в теплообменной трубе;}$$

ρ_T, μ_T – плотность (кг/м³) и динамическая вязкость (Па·с) потока в теплообменной трубе при средней температуре теплоносителя;

$$u_T = \frac{G_T}{\rho_T \cdot (0.25 \cdot \pi \cdot d_T^2)} \quad - \text{скорость потока в теплообменной трубе, м/с;}$$

G_T – массовый расход потока в теплообменной трубе, кг/с.

Потери давления в кожуховой трубе:

$$\Delta P_K = \zeta_K \cdot \frac{L}{d_{KЭ}} \cdot \frac{\rho_K u_K^2}{2},$$

$$\text{где } \zeta_K = \begin{cases} 0.316 / \text{Re}_K^{0.25}, & \text{Re}_K > 10000 \\ 1 + e^{1 - \text{Re}_K / 2300} \cdot \left(\frac{303.8}{\text{Re}_K^{0.75}} - 1 \right), & 2300 \leq \text{Re}_K \leq 10000 \\ 96 / \text{Re}_K, & \text{Re}_K < 2300 \end{cases} \quad - \text{коэффициент трения в}$$

кольцевом канале кожуховой трубы;

$$d_{KЭ} = \frac{d_K^2 - (d_T + 2 \cdot \delta_T)^2}{d_K + d_T + 2 \cdot \delta_T} \quad - \text{эквивалентный диаметр кольцевого канала кожуховой}$$

трубы, м;

$$\text{Re}_K = \frac{u_K \cdot d_{KЭ} \cdot \rho_K}{\mu_K} \quad - \text{критерий Рейнольдса для потока в кожуховой трубе;}$$

ρ_K, μ_K – плотность (кг/м³) и динамическая вязкость (Па·с) потока в кожуховой трубе при средней температуре;

$$u_K = \frac{G_K}{\rho_K \cdot (0.25 \cdot \pi \cdot d_{KЭ}^2)} \quad - \text{скорость потока в кожуховой трубе, м/с;}$$

G_K – массовый расход потока в кожуховой трубе, кг/с.

Затраты на эксплуатацию теплообменника типа «труба-в-трубе» связаны, главным образом, с обеспечением требуемых расходов теплоносителей по трубам. Поэтому годовые

эксплуатационные затраты на теплообменник без учёта затрат на техобслуживание и ремонт можно оценить как произведение суммарной мощности, необходимой для преодоления потерь давления теплоносителей в теплообменной и кожуховой трубе, на стоимость электроэнергии и на время эксплуатации теплообменника в течение года:

$$S_{\text{эсп}} = N_{\text{пр}} \cdot C_{\text{э}} \cdot \tau_{\text{э}},$$

где $N_{\text{пр}} = \left(G_{\text{т}} \cdot \frac{\Delta P_{\text{т}}}{\rho_{\text{т}}} + G_{\text{к}} \cdot \frac{\Delta P_{\text{к}}}{\rho_{\text{к}}} \right) \cdot 10^{-3}$ – суммарная мощность, необходимая для прокачки

теплоносителей в теплообменной и кожуховой трубе, кВт;

$C_{\text{э}}$ – стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч;

$\tau_{\text{э}}$ – время эксплуатации в течение года, ч/год.

Уменьшение рабочей поверхности теплообменника с целью снижения капитальных затрат может потребовать увеличения скорости движения теплоносителей, и, как следствие, увеличения эксплуатационных расходов. Таким образом, при решении задачи оптимального проектирования теплообменника должен быть достигнут компромисс между снижением капитальных и увеличением эксплуатационных расходов, поэтому в качестве критерия оптимальности конструкции теплообменника предлагается использовать приведенные затраты:

$$S_{\text{прив}} = S_{\text{кап}}/T_{\text{о}} + S_{\text{эсп}},$$

где $T_{\text{о}}$ – срок окупаемости капитальных затрат на оборудование, год.

Таким образом, если предположить, что движение теплоносителей по обеим трубам теплообменника «труба в трубе» не сопровождается фазовыми переходами, что обе трубы теплообменника изготовлены из одного и того же материала и что теплофизические свойства теплоносителей в обеих трубах постоянны и равны их значениям при средних температурах, то задачу оптимального проектирования теплообменника можно сформулировать следующим образом: необходимо найти такие оптимальные диаметры теплообменной (внутренней) трубы $d_{\text{т}}^*$ и кожуховой (внешней) трубы $d_{\text{к}}^*$, длину труб L^* , при которых приведенные затраты на аппарат достигнут минимума, т.е.

$$S_{\text{прив}}(d_{\text{т}}, d_{\text{к}}, L) = S_{\text{кап}}(d_{\text{т}}, d_{\text{к}}, L)/T_{\text{о}} + S_{\text{эсп}}(d_{\text{т}}, d_{\text{к}}, L) \Rightarrow \min_{d_{\text{т}}, d_{\text{к}}, L}$$

при условиях

$$\begin{aligned} d_{\text{т}} &\in D_{\text{т}}, \\ d_{\text{к}} &\in D_{\text{к}}, \\ L &\geq \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}} \cdot \pi \cdot (d_{\text{т}} + \delta_{\text{т}})}, \end{aligned}$$

где $D_{\text{т}}$ – множество доступных диаметров теплообменных труб;

$D_{\text{к}}$ – множество доступных диаметров кожуховых труб;

Q – тепловая нагрузка теплообменника, Вт;

K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К);

$\Delta t_{\text{ср}}$ – среднелогарифмическая разность температур между теплоносителями в теплообменной и кожуховой трубах, К.

Методика определения значений $S_{\text{кап}}$ и $S_{\text{эсп}}$ приведена выше, значения Q , $\Delta t_{\text{ср}}$ и K определяются согласно [1-3, 7], толщины стенок труб ($\delta_{\text{т}}$ и $\delta_{\text{к}}$) однозначно определяются выбором значений $d_{\text{т}}$ и $d_{\text{к}}$. В качестве исходных данных указывается материал труб и задаются теплофизические свойства теплоносителей. Для теплоносителя в одной из труб задаются массовый расход, начальная и конечная температура, для теплоносителя в другой трубе задаются либо начальная и конечная температура, либо начальная температура и массовый расход.

Вычислительные эксперименты по решению поставленной задачи проводились с помощью разработанной системы Annular Tube Design, предназначенной для

автоматизированных расчетов теплообменников типа «труба-в-трубе» (рис. 1). Система включает программные модули, разработанные в среде Microsoft Visual C#.



Рисунок 1 – Структура системы расчета теплообменников «труба-в-трубе»
Annular Tube Design

В состав системы входит справочник теплофизических свойств веществ, содержащий зависимости характеристик нескольких десятков рабочих сред и теплоносителей от температуры. Значения характеристик веществ представлены в реляционной базе данных с использованием парадигмы «объект-свойство-значение» [5]. При выборе вещества из базы данных все его теплофизические свойства задаются автоматически (если они известны). Также допускается ввод их значений пользователем системы. Кроме того, система содержит каталог диаметров и толщин стенок стандартных кожуховых и теплообменных труб, используемых в промышленности.

Расчет требуемой поверхности теплообмена состоит из нескольких этапов [2, 3, 7]:

Определение тепловой нагрузки аппарата, среднелогарифмического температурного напора и средних температур теплоносителей.

Определение из уравнения теплового баланса расхода теплоносителя, для которого заданы начальная и конечная температуры, либо конечной температуры, если задан расход и начальная температура.

Если выбран ориентировочный расчет, то по рекомендуемым [1, 2, 7] значениям коэффициента теплопередачи определяется ориентировочная поверхность теплообмена и длина теплообменника.

Если выбран поверочный расчет, то вычисляются значения площадей проходных сечений трубного и межтрубного пространства, определяются режимы движения

теплоносителей и производится выбор критериальных уравнений для определения коэффициентов теплоотдачи от теплоносителей.

Определение коэффициентов теплоотдачи и температур стенок со стороны теплоносителей путем решения системы уравнений баланса тепловых потоков.

Пересчет коэффициента теплопередачи с учетом найденных коэффициентов теплоотдачи и термических сопротивлений слоев загрязнений стенок со стороны продукта и теплоносителя.

Определение расчетной поверхности теплообмена по основному уравнению теплопередачи, расчет длины труб и окончательный выбор теплообменника.

Пример работы системы представлен на рисунке 2.

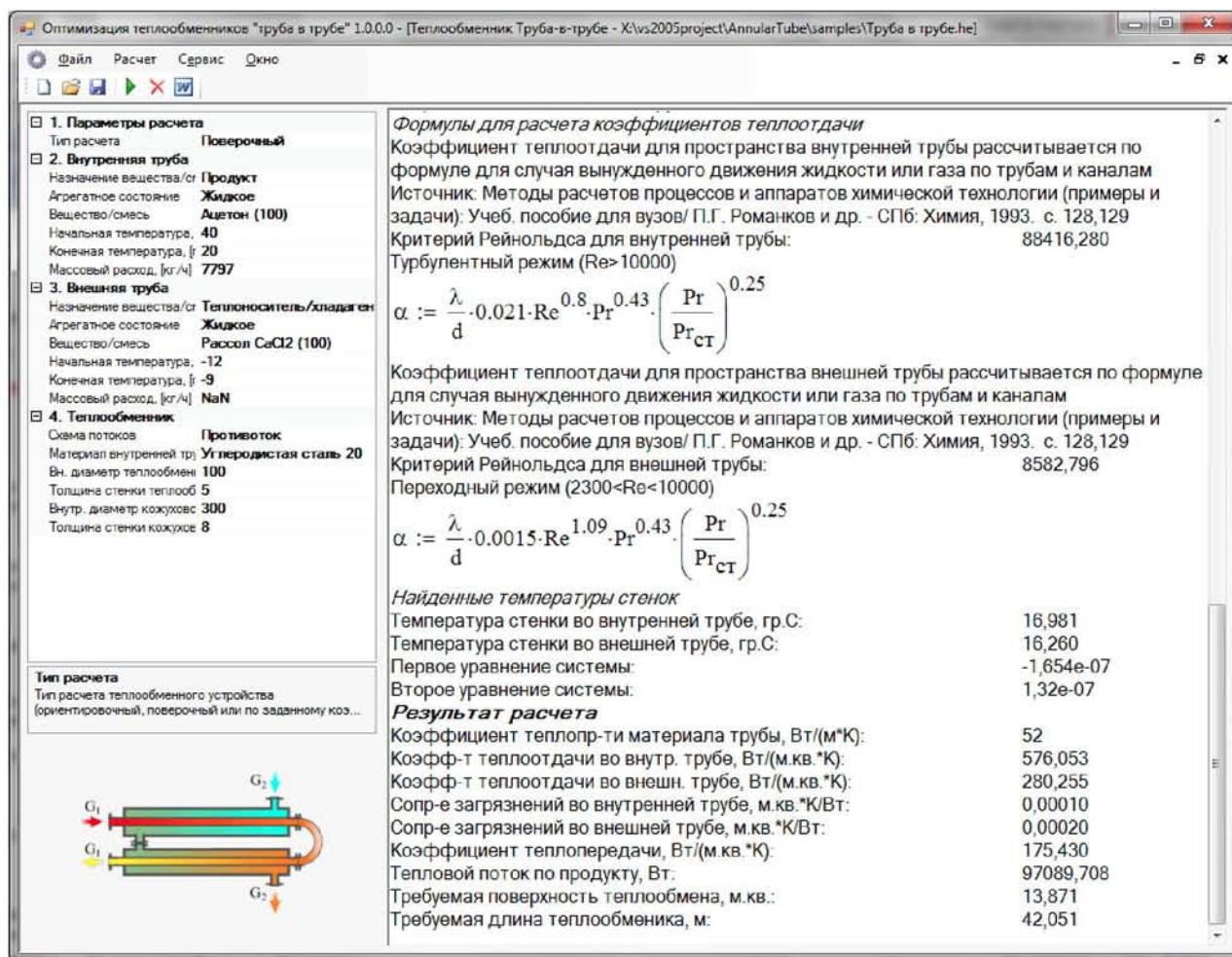


Рисунок 2 – Пример работы системы Annular Tube Design

Решение оптимизационной задачи вследствие её небольшой размерности осуществляется методом полного перебора сочетаний стандартных диаметров кожуховых и теплообменных труб. Всего в каталоге стандартных труб содержится информация о 14 диаметрах кожуховых ($|D_K| = 14$), и 21 диаметре теплообменных труб ($|D_T| = 21$). Таким образом, максимальное число возможных вариантов сочетаний диаметров равно $|D_K| \cdot |D_T| = 14 \cdot 21 = 294$. Продолжительность перебора не превышает десяти секунд.

В качестве тестового примера использовался расчет реального теплообменника типа «труба-в-трубе», проектируемого для ОАО «Пигмент», г. Тамбов. Аппарат предназначен для охлаждения ацетона холодильным рассолом CaCl₂ (25%). Во внутреннюю трубу теплообменника подается ацетон (продукт) с массовым расходом 7797 кг/ч, начальной температурой 40°C и конечной температурой 20°C. В межтрубное пространство подается рассол (хладагент) с начальной температурой минус 12°C и конечной температурой минус

9°C. Материал теплообменника – сталь 20, цена 43 руб/кг (2011 г.). Цена электроэнергии принималась равной 2 руб/(кВт·ч), срок окупаемости теплообменника – 6 лет [4]. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

По представленным результатам хорошо видно, как соотносятся капитальные и эксплуатационные затраты на теплообменники типа «труба-в-трубе»: эксплуатационные затраты могут превышать капитальные в десятки раз. Без учета эксплуатационных затрат выгоднее приобрести теплообменник площадью 1,39 м² за 5917 руб., вместо теплообменника площадью 2,8 м² за 14872 руб (разница в цене ~2,5 раза). Однако эксплуатационные затраты на первый теплообменник составят 52381 руб/год, а на второй – 4145 руб/год (разница в эксплуатационных затратах ~12,6 раза в пользу второго теплообменника). Приведенные затраты, учитывающие как капитальную, так и эксплуатационную составляющую, отличаются почти в 8 раз также в пользу второго теплообменника.

Таблица 1 – Результаты оптимизационного расчета теплообменника

Внутр. диаметр кожуховой трубы, мм	49	68	79	98
Внутр. диаметр теплообменной трубы, мм	19	19	40	40
Требуемая поверхность теплообмена, м ²	1,39	1,68	2,38	2,80
Длина теплообменника, м	20,05	24,31	17,18	20,27
Капитальные затраты Скап, руб	5917	9133	10872	14872
Скап/Тно, руб/год	986	1522	1812	2479
Годовые эксплуатационные затраты Сэкс, руб/год	52381	35844	6780	4145
Приведенные затраты Сприв, руб/год	53367	37366	8592	6624

В дальнейшем предполагается использовать предложенную методику для оптимизационных расчетов других типов теплообменного оборудования, например кожухотрубчатых теплообменников.

Работа выполнена в рамках государственного контракта № 02.740.11.0624 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романков П.Г. Теплообменные процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982. – 288 с.
2. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Курочкина М.И. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): учеб. пособие для ВУЗов. – СПб.: Химия, 1993. – 496 с.
3. Ишмурзин А.А., Храмов Р.А. Процессы и оборудование системы сбора и подготовки нефти, газа и воды: учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003. – 145 с.
4. Андрижневский А.А., Веремеева О.Н., Трифонов А.Г. Оптимизация расчета теплообменника «труба-в-трубе» // Exponenta Pro. Математика в приложениях, 2004. – № 1(5). – С. 28-33.
5. Мокрозуб В.Г. Представление структуры изделий в реляционной базе данных // Информационные технологии, 2008. – № 11. – С. 11-13.
6. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных ВУЗов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.

7. Борисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И. и др. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / под ред. Ю.И. Дытнерского. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Химия, 1991. – 496 с.

Борисенко Андрей Борисович

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»

Тел.: 8 (4752) 63-07-06

E-mail: andrey@mail.gaps.tstu.ru

Карпушкин Сергей Викторович

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»

Тел.: 8 (4752) 63-07-06

E-mail: karp@mail.gaps.tstu.ru

Хуснутдинов Руслан Рашидович

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Студент факультета нанотехнологий

Тел.: 8 (4752) 63-07-06

E-mail: hes68@mail.ru

A.B. BORISENKO (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the department «Automated design of the technological equipment»*)

S.V. KARPUSHKIN (*Doctor of Engineering Sciences, Professor of the department «Automated design of the technological equipment»*)

R.R. XUSNUTDINOV (*Student of faculty of nanotechnologies*)
Tambov State Technical University

EVALUATION OF REDUCED COSTS BY ANNULAR HEAT EXCHANGER DESIGN

The problem of optimal design for annular heat exchanger using reduced costs as optimality criterion is considered. Computer-aided system for technological calculations of annular heat exchangers is presented. The results of optimization for real-world chemical plant and their analysis are adduced.

Keywords: *optimal heat exchangers design; annular heat exchanger; thermal and hydraulic calculations; optimal design; exploitation costs; capital costs.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Romankov P.G. Teploobmennyye processy' ximicheskoy texnologii. – L.: Ximiya, 1982. – 288 s.
2. Romankov P.G., Frolov V.F., Flisyuk O.M., Kurochkina M.I. Metody' raschyota processov i apparatv ximicheskoy texnologii (primery' i zadachi): ucheb. posobie dlya VUZov. – SPb.: Ximiya, 1993. – 496 s.
3. Ishmurzin A.A., Xramov R.A. Processy' i oborudovanie sistemy' sbora i podgotovki nefi, gaza i vody': uchebnoe posobie. – Ufa: izd-vo UGNTU, 003. – 145 s.
4. Andrizhevskij A.A., Veremeeva O.N., Trifanov A.G. Optimizaciya raschyota teploobmennika «trubav-trube» // Exponenta Pro. Matematika v prilozheniyax, 2004. – № 1(5). – S. 28-33.
5. Mokrozub V.G. Predstavlenie struktury' izdelij v relyacinnoy baze danny'x // Informacionny'e texnologii, 2008. – № 11. – S. 11-13.
6. Bashta T.M., Rudnev S.S., Nekrasov B.B. i dr. Gidravlika, gidromashiny' i gidroprivody': uchebnyk dlya mashinostroitel'ny'x VUZov. – 2-e izd., pererab. – M.: Mashinostroenie, 1982. – 423 s.
7. Borisov G.S., Bry'kov V.P., Dy'tnerskij Yu.I. i dr. Osnovny'e processy' i apparaty' ximicheskoy texnologii. Posobie po proektirovaniyu / pod red. Yu.I. Dy'tnerskogo. – 2-e izd., pererab.i dopoln. – M.: Ximiya, 1991. – 496 s.

М.А. ВЕРХОТУРОВ, Г.Н. ВЕРХОТУРОВА, Р.Р. ЯГУДИН

ОБ ОДНОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПЛОТНОЙ УПАКОВКИ ВЫПУКЛЫХ МНОГОГРАННИКОВ НА ОСНОВЕ ГОДОГРАФА ФУНКЦИИ ПЛОТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ

В данной работе рассматривается задача плотной упаковки выпуклых многогранников в прямоугольный параллелепипед минимальной высоты. Для её решения предложен алгоритм с применением годографа функции плотного размещения, основанный на анализе возможных точек занесения объекта в область упаковки. Приведены примеры работы алгоритма, а также результаты вычислительного эксперимента, произведенного на общедоступных примерах.

Ключевые слова: упаковка; годограф функции плотного размещения; условия взаимного непересечения многогранников; плотное размещение трехмерных геометрических объектов.

ВВЕДЕНИЕ

Обзор работ по проблеме оптимизации размещения трехмерных геометрических объектов (ГО), которая востребована во многих областях человеческой деятельности (компоновка двигателей, упаковка грузов, раскрой кристаллов и т.д.), позволяет сделать вывод, что сложность решения рассматриваемой задачи обуславливает отсутствие эффективных алгоритмов её решения. Большинство работ сводится к размещению простых геометрических фигур (параллелепипедов, цилиндров, сфер и т.д.). Поэтому поиск новых подходов и алгоритмов для решения задачи размещения трехмерных ГО остается актуальным.

Вычислительная сложность решения задачи оптимизации трехмерной упаковки в общей постановке вынуждает вводить ряд упрощений, порой достаточно сильно сужающих область допустимых решений, однако позволяющих находить рациональные упаковки с приемлемыми затратами вычислительных ресурсов.

Одно из самых распространенных упрощений – фиксация ориентации ГО в пространстве или использование набора фиксированных ориентаций каждого из них.

В данной статье обсуждается задача оптимизации размещения ориентированных выпуклых многогранников, которая по своей сложности является промежуточным вариантом между упаковкой простых ГО и произвольных (в общем случае невыпуклых) ГО сложных форм.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Проблему плотной упаковки ориентированных ГО в трехмерном пространстве можно свести к решению следующей математической задачи. Пусть дан набор $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}, i = \overline{1, n}$ ориентированных трёхмерных ГО, каждый из которых имеет свою собственную систему координат.

Будем считать, что все точки $v^i = (x^i, y^i, z^i) \in \mathbb{R}^3, i = \overline{1, n}$ каждого из объектов T_i лежат в первом октанте, кроме того, каждый из них касается трех координатных плоскостей $((XOY), (YOZ), (ZOX))$.

В этом случае точка P_i с минимальными координатами $(\underline{x}^i, \underline{y}^i, \underline{z}^i) P_i = (x, y, z) \in v^i : \underline{x}^i \leq x \leq \overline{x}^i, \underline{y}^i \leq y \leq \overline{y}^i, \underline{z}^i \leq z \leq \overline{z}^i$, принадлежащая его параллелепипедной оболочке, совпадает с началом координат.

Область упаковки $Q \subset \mathbb{R}^3$ представляет собой прямоугольный параллелепипед

$$Q = \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3 : 0 \leq x \leq L, 0 \leq y \leq W, 0 \leq z \leq H\},$$

у которого L – длина, W – ширина объекта Q рассматриваются как константы, а H – высота объекта Q – как переменная величина.

Введем следующие обозначения:

$T_i(\bar{u}_i)$ – смещение объекта T_i на вектор $\bar{u}_i \in \mathbb{R}^3$;

$cl\ v^i$ – граничные точки объекта T_i ;

$int\ v^i$ – внутренние точки объекта T_i ;

$H(T(U))$ – минимальная высота объекта Q для параметров размещения U объектов множества T .

Упаковкой назовем такой набор параметров размещения $U = \{\bar{u}_1, \bar{u}_2, \dots, \bar{u}_n\}$ объектов $T(U) = \{T_1(\bar{u}_1), T_2(\bar{u}_2), \dots, T_n(\bar{u}_n)\}$, при котором выполняются следующие условия:

$$\begin{cases} int\ v^i(\bar{u}_i) \cap int\ v^j(\bar{u}_j) = \emptyset, \forall i = \overline{1, n}, \forall j = \overline{1, n}, i \neq j \\ v^i(\bar{u}_i) \cup Q = v^i(\bar{u}_i), \forall i = \overline{1, n} \end{cases}, \quad (1)$$

т.е. никакие два объекта не пересекаются между собой и все объекты находятся внутри области размещения.

Требуется для ГО $T_i, i = \overline{1, n}$ найти такую упаковку U , чтобы высота области размещения была минимальной

$$H(T(U)) \rightarrow \min. \quad (2)$$

ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ

В данной постановке эта проблема является чрезвычайно сложной многоэкстремальной задачей математического программирования в пространстве высокой размерности с невыпуклой и несвязной областью допустимых решений.

Её можно рассматривать как задачу дискретной оптимизации, если использовать принцип пообъектного размещения. Последний основывается на методе улучшения по группам переменных Гаусса-Зайделя и заключается в том, что на каждом шаге решения оперируют отдельными ГО, т.е. производят некоторые геометрические преобразования (изменение координат размещения и угла поворота ГО в области) каждого из них. В этом случае используются методы «моделирования геометрических преобразований» [1].

Применение принципа пообъектного размещения приводит к двухуровневому процессу решения поставленной задачи:

1) внешняя (оптимизационная) процедура – операции с приоритетным списком:

- формирование последовательности размещаемых объектов;
- изменение последовательности размещенных объектов;

2) внутренняя (геометрическая) процедура – операции с ГО, соответствующими номерам в приоритетном списке:

- моделирование движения объектов;
- выбор точки размещения согласно некоторому критерию;
- занесение объекта в область (изменение области размещения).

Одним из наиболее применяемых методов «моделирования геометрических преобразований» является подход, основанный на моделировании движения ГО в области размещения с учетом их взаимного непересечения. Он базируется на понятии годографа функции плотного размещения ГФПР, разработанного и развитого до Ф-функций в харьковской школе академика Ю.Г. Стояна [2], являющейся мировым научным лидером в этой области уже на протяжении многих десятилетий.

Под функцией плотного размещения двух соприкасающихся ГО понимается зависимость расстояния между некоторыми точками (полюсами) этих объектов от их взаимного плотного размещения ($cl\ v^i \cap cl\ v^j \neq \emptyset, int\ v^i \cap int\ v^j = \emptyset$). Годограф вектора,

направленного от одного полюса к другому, при плотном перемещении одного (подвижного) объекта вокруг другого (неподвижного) называется годографом функции плотного размещения (ГФПР). Таким образом, для упаковываемого объекта ГФПР представляет собой границу области, запрещенной для размещения этого объекта.

В данной статье рассматриваются методы решения, базирующиеся на понятии ГФПР.

С учетом использования этого понятия возможны три схемы взаимодействия внешней и внутренней процедур:

- 1) Простая
- 2) Циклическая
- 3) Совмещенная.

Простая схема предполагает одноразовое формирование приоритетного списка размещаемых ГО по какому-то из признаков, характеризующих исходные ГО. Производится построение ГФПР всех возможных пар объектов, а также каждого объекта и внешности области размещения $\mathcal{R}^3 \setminus Q$. Затем все объекты согласно заданному списку укладываются в область, применяя внутреннюю процедуру, состоящую из трёх этапов:

Этап № 1. Находятся точки пересечения множества ГФПР размещаемого объекта и размещенных объектов, а также ГФПР размещаемого объекта и внешности области размещения.

Этап № 2. Из всего множества найденных точек выбирается та, которая удовлетворяет выбранному критерию размещения (в простейшем случае, минимизация высоты z).

Этап № 3. Размещаемый объект заносится в выбранную точку (точку занесения), соответственно, все построенные на предварительном этапе ГФПР этого объекта с другими объектами сдвигаются на вектор, соответствующий этой точке.

Основным недостатком простой схемы является одноразовость формирования приоритетного списка и построения упаковки.

Циклическая схема является наиболее применяемой и известной. При ее реализации приоритетный список на каждой итерации генерируется заново, в соответствии с ним с использованием внутренней процедуры осуществляется размещение и вычисление функции цели (2) (при этом внутренняя процедура совпадает с той, которая была описана при рассмотрении простой схемы).

Совмещенной называется схема, в которой фиксированный приоритетный список отсутствует, а из всех оставшихся объектов по какому-то критерию выбирается наиболее подходящий объект. Алгоритм в этом случае реализуется следующим образом (на примере «жадного» принципа).

Пока не размещены все объекты для заданного подмножества (или всего множества) еще неразмещенных объектов:

- Находятся точки пересечения множества ГФПР размещаемого объекта и размещенных объектов, а также ГФПР размещаемого объекта и внешности области размещения.

- Из всего множества найденных точек выбирается та, которая удовлетворяет критерию размещения (в простейшем случае, минимизация высоты z).

- Из этого подмножества выбирается тот объект, который минимизирует критерий размещения.

- Выбранный объект заносится в соответствующую точку (точку занесения), все построенные на предварительном этапе ГФПР этого объекта с другими объектами сдвигаются на вектор, соответствующий этой точке.

ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РАЗМЕЩЕНИЯ

Пусть дан набор $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\} : T_i \subset \mathbb{R}^3, i = \overline{1, n}$ выпуклых многогранников, каждый из которых имеет свою собственную систему координат и задается списками вершин и определяемых ими граней.

В рассматриваемом подходе для формирования упаковок многогранников были реализованы два способа организации внешней процедуры оптимизации:

1) первый подходящий с упорядочиванием объектов в порядке убывания размеров параллелепипедных оболочек (простая схема);

2) «жадный» метод с выбором на каждом шаге того объекта, который укладывается лучше других (совмещенная схема).

Для обеспечения условий взаимного непересечения объектов между собой и с границей области размещения требуется построить ГФПР G_{ij} всех пар многогранников, а для каждого многогранника построить ГФПР G_{Qi} к внешности области зоны размещения $\mathbb{R}^3 \setminus Q$ (хотя в этом случае эта область является невыпуклой, ГФПР для нее строится тривиально).

Из трех шагов во внутренней процедуре представляет интерес выполнение этапа № 2, т.е. выбор из всех точек результирующего ГФПР – точки занесения.

Если рассматривать множество допустимых для размещения объекта точек, то оно представляет собой объединение областей, ограниченных различными ГФПР (в общем случае оно может быть несвязным). Точки локальных экстремумов будут являться вершинами вогнутостей, лежащими на границах этого объединения, а т.к. ГФПР двух выпуклых объектов является выпуклым, то его вершины не будут удовлетворять этому требованию. Следовательно, точка занесения при упаковке трехмерных выпуклых многогранников может быть найдена в результате рассмотрения следующих случаев (для простоты описания будем считать, что номера объектов соответствуют позициям в приоритетном списке):

1. Вершина с минимальными координатами по Oz , Oy и Ox ГФПР размещаемого многогранника T_i к области размещения $Q - G_{Qi}$ (это соответствует следующему расположению: размещаемый многогранник касается трех граней области размещения).

2. Вершина, являющаяся точкой пересечения ребер ГФПР размещаемого многогранника T_i к области размещения $Q - G_{Qi}$ и любых ГФПР размещаемого многогранника T_i к уже размещенным многогранникам $T_j - G_{ij}, j = \overline{1, i-1}$ (размещаемый многогранник касается одного из уже размещенных многогранников и двух смежных граней области размещения).

3. Вершина, являющаяся точкой пересечения граней двух различных ГФПР размещаемого многогранника T_i к размещенным многогранникам $T_j, j = \overline{1, i-1} - G_{ij}$ и грани ГФПР размещаемого многогранника T_i к области размещения $Q - G_{Qi}$ (размещаемый многогранник касается двух других уже размещенных многогранников и грани области размещения).

4. Вершина, являющаяся точкой пересечения граней трех различных ГФПР размещаемого многогранника T_i к размещенным многогранникам $T_j, j = \overline{1, i-1} - G_{ij}$ (размещаемый многогранник касается трех других уже размещенных многогранников).

В процессе размещения очередного многогранника, проанализировав все 4 случая соприкосновений, получаем набор точек, каждая из которых является точкой локального экстремума. В целях минимизации высоты контейнера из всего полученного множества выбирается точка с минимальной координатой по z , в случае совпадения z – с минимальной суммой координат x и y .

Для большей наглядности на рисунке 1 представлены примеры двумерных аналогов описанных случаев.

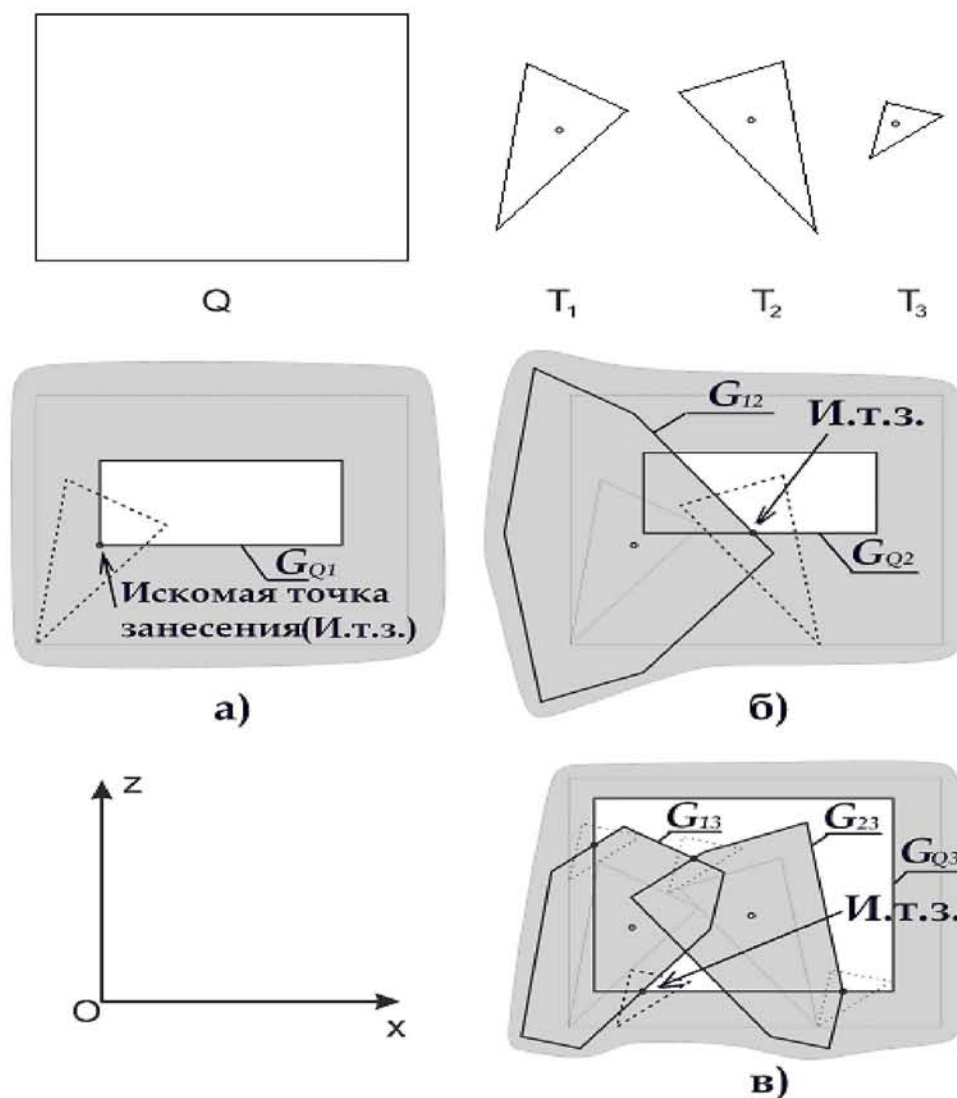


Рисунок 1 – Размещение трёх объектов T_1, T_2, T_3 в области Q :

- а) годограф G_{Q1} объекта T_1 и области размещения Q , точка занесения, соответствующая точке локального минимума (размещение первого объекта T_1 в пустой области Q);
 б) годограф G_{Q2} объекта T_2 и области размещения Q , годограф G_{I2} объекта T_2 и объекта T_1 , точка занесения (размещение второго объекта T_2 в области Q с размещенным объектом T_1);
 в) годограф G_{Q3} объекта T_3 и области размещения Q , годографы G_{I3} и G_{23} объекта T_3 и объектов T_1 и T_2 , точка занесения (размещение третьего объекта T_3 в области Q с размещенными объектами T_1 и T_2)

Рассмотрим размещение трёх объектов по шагам, при этом на каждом шаге будем размещать объект с соответствующим номером:

Шаг 1: Точка локального минимума принадлежит вершине ГФПР объекта T_1 к зоне размещения Q - G_{Q1} . Зафиксируем полюс объекта T_1 в этой точке (рис. 1(а)).

Шаг 2: Точка локального минимума является пересечением ГФПР объекта T_2 к уже упакованному T_1 - G_{I2} и ГФПР T_2 к зоне размещения Q - G_{Q2} . Зафиксируем объект T_2 в единственной найденной точке (рис. 1(б)).

Шаг 3: Найдено 4 точки локального минимума:

- одна точка пересечения ГФПР объекта T_3 к упакованным объектам T_1 и T_2 - G_{I3} и G_{I3} ;
- две точки пересечения ГФПР объекта T_3 к области размещения Q - G_{Q3} и ГФПР объекта T_3 к упакованному объекту T_1 - G_{I3} ;
- одна точка пересечения ГФПР объекта T_3 к области размещения Q - G_{Q3} и ГФПР объекта T_3 к упакованному объекту T_2 - G_{23} .

Зафиксируем многоугольник T_3 в точке с минимальной координатой по Oz и затем по Ox – это нижняя точка пересечения ГФПР объекта T_3 к области размещения $Q - G_{Q3}$ и ГФПР объекта T_3 к упакованному объекту $T_1 - G_{13}$ (рис. 1(в)).

При реализации данного подхода возникают задачи нахождения точки пересечения отрезка и многогранника, отрезка и грани, двух многогранников. Все они подробно рассмотрены в [3]. Для поиска ГФПР двух многогранников используется алгоритм, описанный в [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Для оценки эффективности алгоритмов были использованы произвольные многогранники и тестовые данные из общедоступных источников [5].

Из статьи Ю.Г. Стояна [5] были взяты два примера, составленные из многогранников семи типов.

Пример № 1. Задан набор из 12 многогранников. Основание зоны упаковки имеет ширину 15 и длину 14 (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение эффективности алгоритмов для примера № 1

Название алгоритма	Высота	Заполнение, %	Время, сек
Эвристический алгоритм Ю.Г. Стояна	32.208	27.4	-
Алгоритм локальной оптимизации Ю.Г. Стояна	30.917	28.6	-
«Первый подходящий с упорядочиванием»	24.153	36.6	0,117
«Жадный метод»	29.485	30	0,417

Лучшее решение для примера №1 найдено алгоритмом «Первый подходящий с упорядочиванием объектов» в порядке убывания размеров параллелепипедных оболочек, предложенным в данной статье (рис.2 (слева)).

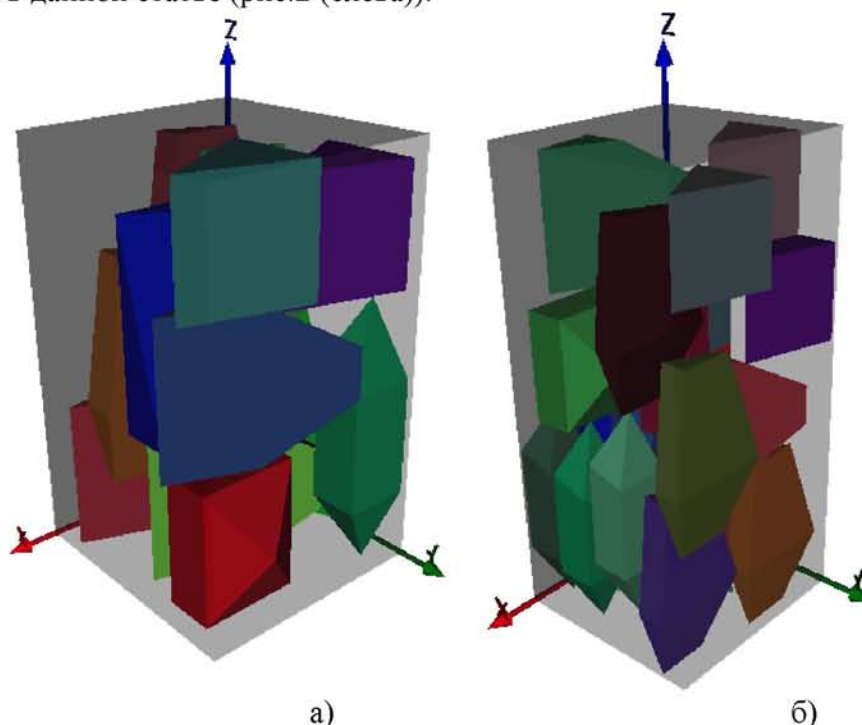


Рисунок 2 – Результаты размещения многогранников из примера № 1(а) и примера № 2 (б)

Пример № 2. Задан набор из 25 многогранников. Основание зоны упаковки имеет ширину 15 и длину 16 (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнение эффективности алгоритмов для примера № 2

Название алгоритма	Высота	Заполнение, %	Время, сек.
Эвристический алгоритм Ю.Г. Стояна	53.958	29.8	-
Алгоритм локальной оптимизации Ю.Г. Стояна	45.860	30.3	-
«Первый подходящий с упорядочиванием»	40.260	34.6	1,312
«Жадный метод»	34.4	40.5	7,575

Лучшее решение для примера № 2 найдено алгоритмом, предложенным в данной статье и основанным на формировании последовательности размещения по «жадному» принципу.

В качестве примера размещения произвольных многогранников были использованы различные «клинья» (призмы с треугольным основанием), определенные пары которых могут образовывать прямоугольный параллелепипед.

Дано 12 типов клиньев, которые могут образовать 6 прямоугольных параллелепипедов.

Пример № 3. Задан набор из 48 многогранников (по 4 экземпляра каждого типа).

Время размещения при использовании первого подходящего упорядочиванием составило 2,5 сек, коэффициент плотности размещения составил 88%. Результат размещения представлен на рисунке 3.

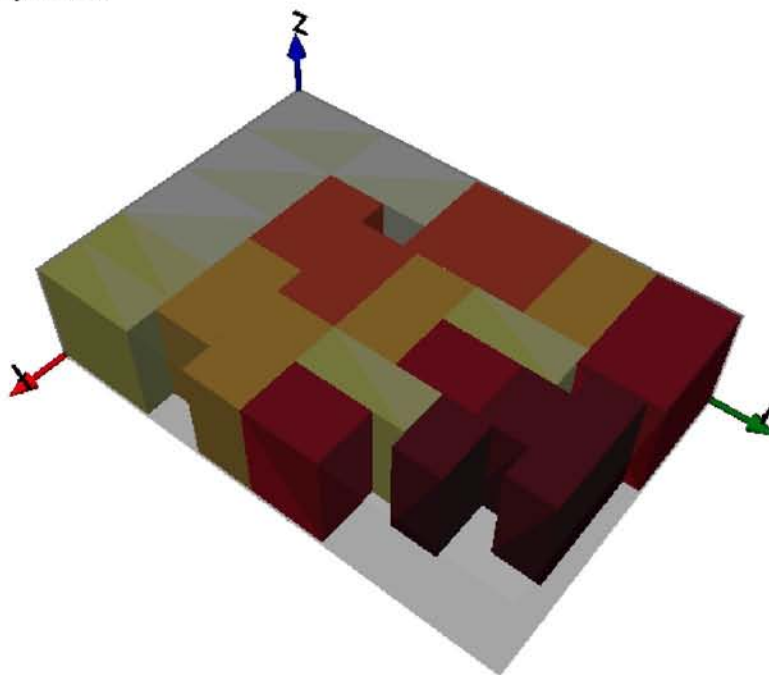


Рисунок 3 – Результаты размещения 48 многогранников

Пример № 4. Задан набор из 31 многогранника (параллелепипеды, призмы, пирамиды и т.д.). Время размещения при использовании алгоритма «Первый подходящий с упорядочиванием» составило 1.5 сек., коэффициент плотности размещения составил 52%. Результат размещения представлен на рисунке 4.

Результаты проведенных вычислительных экспериментов показали, что:

- при реализации внутренней (геометрической) процедуры разработанный подход, основанный на анализе точек занесения, позволяет получать 3D упаковки, превосходящие по своему качеству известные решения на 5-10%;
- при реализации внешней (оптимизационной) процедуры «жадный» метод работает лучше, чем «первый подходящий с упорядочиванием по невозрастанию» в случае, если

многогранники не сильно отличаются по габаритным размерам или размещается большое количество многогранников.

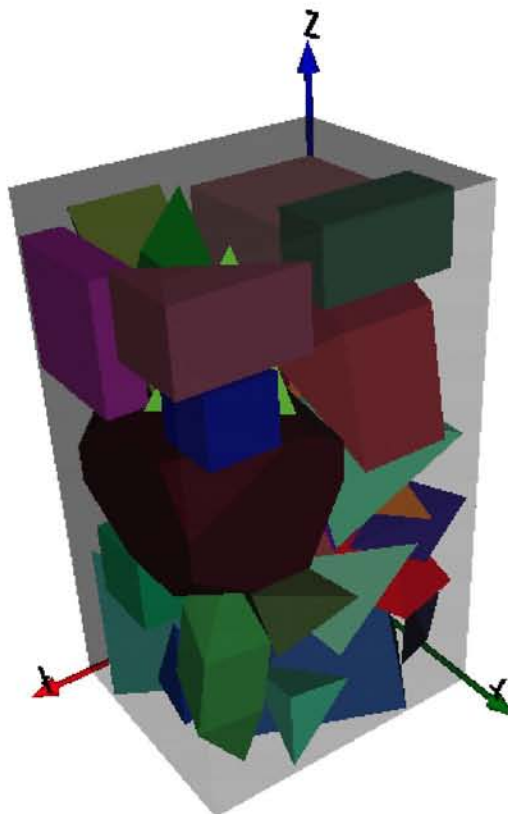


Рисунок 4 – Результаты размещения 31 многогранника

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведен алгоритм решения NP-трудной задачи упаковки выпуклых многогранников в прямоугольный параллелепипед минимальной высоты, позволяющий получать результаты, превосходящие известные методы решения этой проблемы, и базирующийся на построении годографа функции плотного размещения для моделирования условий взаимного непересечения многогранников. В дальнейшем предполагается проведение углубленного вычислительного эксперимента по исследованию эффективности применения различных методов оптимизации при реализации внешней (оптимизационной) процедуры, а также адаптация предложенного подхода для решения задачи упаковки невыпуклых многогранников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Верхотуров М.А. Задача нерегулярного размещения геометрических объектов: современное состояние методов решения // Ресурсосберегающие технологии: математическое обеспечение оптимизационных задач в системах автоматизированного проектирования. – Санкт-Петербург: ЦНИИТС, 2001. – С. 33-56.
2. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования. – Киев: Наук. думка, 1986. – 286 с.
3. Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Ягудин Р.Р. Быстрый алгоритм поиска пересечения двух выпуклых многогранников // Принятие решений в условиях неопределенности: межвуз. науч. сб. – Вып. 7. – Уфа: УГАТУ, 2010. – С. 102-108.
4. Верхотурова Г.Н., Ягудин Р. Р. Построение годографа функции плотного размещения двух выпуклых многогранников // Принятие решений в условиях неопределенности: межвуз. науч. сб. – вып. 7. – Уфа: УГАТУ, 2010. – С. 150-157.

5. Stoyan Y.G., Gil N.I., Scheithauer G., Pankratov A., Magdalina I. Packing of convex polytopes into a parallelepiped. Optimization, 2005. – № 54(2). – P. 215-235.

Верхотуров Михаил Александрович

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Вычислительная математика и кибернетика»

Тел.: 8 (347) 273-79-67

E-mail: verhotur@vmk.ugatu.ac.ru

Верхотурова Галина Николаевна

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: verhoturova.gn@yandex.ru

Ягудин Рустем Расламович

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа

Аспирант кафедры «Вычислительная математика и кибернетика»

E-mail: gunboxer@gmail.com

M.A. VERXOTUROV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor of the department
«Calculus mathematics and cybernetics»*)

G.N. VERXOTUROVA (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)

R.R. YAGUDIN (*Post-graduate student of the department
«Calculus mathematics and cybernetics»*)

Ufa State Aviation Technical University

**ONE APPROACH TO SOLVING THE CONVEX POLYHEDRONS DENSE PACKING
PROBLEM USING NO-FIT POLYHEDRON**

The current work considers the problem of dense packing of convex polyhedrons into a minimal height parallelepiped container. The no-fit polyhedron based algorithm is proposed to solve described task. This algorithm is based on analyze of possible polyhedron placement points. Some examples and computational results are also given for public input data.

Keywords: *packaging; the hodograph features dense deployment; the conditions of mutual non-intersection of polyhedral; dense placement of three-dimensional geometric objects.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Verxoturov M.A. Zadacha neregulyarnogo razmeshheniya geometricheskix ob'ektov: sovremennoe sostoyanie metodov resheniya // Resursosberegayushhie tehnologii: matematicheskoe obespechenie optimizacionny'x zadach v sistemax avtomatizirovannogo proektirovaniya. – Sankt-Peterburg: CzNIITS, 2001. – S. 33-56.
2. Stoyan Yu.G., Yakovlev S.V. Matematicheskie modeli i optimizacionny'e metody' geometricheskogo proektirovaniya. – Kiev: Nauk. dumka, 1986. – 286 s.
3. Verxoturov M.A., Verxoturova G.N., Yagudin R.R. By'stry'j algoritm poiska peresecheniya dvux vy'pukly'x mnogogrannikov // Prinyatie reshenij v usloviyax neopredelyonnosti: mezhvuz. nauch. sb. – Vy'p. 7. – Ufa: UGATU, 2010. – S. 102-108.
4. Verxoturova G.N., Yagudin R.R. Postroenie godografa funkicii plotnogo razmeshheniya dvux vy'pukly'x mnogogrannikov // Prinyatie reshenij v usloviyax neopredelyonnosti: mezhvuz. nauch. sb. – Vy'p. 7. – Ufa: UGATU, 2010. – S. 150-157.
5. Stoyan Y.G., Gil N.I., Scheithauer G., Pankratov A., Magdalina I. Packing of convex polytopes into a parallelepiped. Optimization, 2005. – № 54(2). – P. 215-235.

О.Г. ЛИПАТОВА

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В ЧАСТНЫХ
ВИРТУАЛЬНЫХ СЕТЯХ АСУ ПРЕДПРИЯТИЯ**

В статье предложена потоковая модель с симметричным трафиком конечных точек. Предполагается, что участки сети имеют неограниченную полосу пропускания и осуществляется её статическое резервирование.

Ключевые слова: частная виртуальная сеть; симметричный трафик; потоковая модель; информационная модель; сеть открытого доступа (СОД); полоса пропускания.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время многие крупные компании и предприятия для управления производством используют территориально-распределенные корпоративные сети АСУП. Использование выделенных каналов связи приведет к значительному удорожанию предоставляемых услуг [1].

Отказавшись от выделенных каналов с гарантированной пропускной способностью, предприятие вынуждено мириться с непредсказуемым характером производительности каналов связи в Интернет. Кроме этого, передача трафика через сеть открытого доступа (СОД) представляет собой очевидную угрозу для обеспечения безопасности информации любого предприятия.

Для эффективного решения проблемы может быть использована услуга виртуальных частных сетей (ЧВС) предприятия. Под ЧВС, согласно [1, 2, 8], будем понимать СОД с коммутацией пакетов, в достаточной степени защищенную от влияния потоков данных других пользователей, обеспечивающую защиту (конфиденциальность, целостность, подлинность) и доступность информации санкционированным пользователям. Следовательно, сети ЧВС будут востребованы многими предприятиями, не имеющими собственных сетевых ресурсов ввиду их экономичности и доступности.

Несмотря на активные теоретические исследования в области ЧВС, необходимо отметить, что отсутствуют [2]:

- единые подходы к планированию, реализации и эксплуатации ЧВС предприятий;
- эффективные алгоритмы и программные системы, позволяющие автоматизировать процессы информационного обмена.

Важно отметить, что имеющиеся теоретические подходы к оптимальному распределению полосы пропускания сетей общего пользования для реализации ЧВС не учитывают многих особенностей функционирования современных виртуальных сетей.

Разработка в рамках указанного направления позволит расширить функциональные возможности ЧВС и эффективность использования сетевой инфраструктуры в целом.

**ПОТОКОВАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА
С СИММЕТРИЧНЫМ ТРАФИКОМ КОНЕЧНЫХ ТОЧЕК**

Полагаем, что информационный обмен в сетях ЧВС характеризуется симметричным трафиком конечных точек (Sym), древовидной структурой ЧВС (T), неограниченной полосой пропускания отдельных участков сети (∞) и статическим занятием полосы пропускания в сети ($Stat$) – $(Sym / T / \infty / Stat)$.

Будем считать, что маршрутизация трафика в ЧВС осуществляется на основе древовидной топологии, участки сети имеют неограниченную полосу пропускания и величина резервируемой на них полосы пропускания для реализации ЧВС не изменяется со временем (статическое резервирование). Проблемы реализации потоковой модели ЧВС с учетом ограничений полосы пропускания на отдельных участках сети рассмотрены в [2, 4].

Рассмотрим частный случай симметричного трафика в каждой конечной точке ЧВС, когда для каждой конечной точки i ЧВС трафики на входе и выходе одинаковые (симметричные), т.е. $B_i^{in} = B_i^{out}$. Так как трафики на входе и выходе конечных точек ЧВС равны, в дальнейшем верхние индексы in и out в формулах не используются, создаваемый трафик в каждом направлении для конечной точки i обозначим B_i [2].

В [2] предложен подход, позволяющий определить пропускную способность (резервируемую полосу пропускания) C_T дерева T . Суммарная полоса пропускания, резервируемая на всех ребрах дерева T , определяется выражением

$$C_T = \sum_{(i,j) \in T} C_T(i,j),$$

где $C_T(i,j)$ – полоса пропускания, резервируемая на ребре (i,j) дерева T для реализации ЧВС.

Для совокупности конечных точек $X \subseteq P$ определим суммарную полосу, занимаемую для реализации дерева ЧВС, как $B(X) = \sum_{i \in X} B_i$. Таким образом,

$$C_T(i,j) = \min \{B(P_i^{(i,j)}), B(P_j^{(i,j)})\}. \quad (1)$$

Очевидно, что $C_T(i,j) = C_T(j,i)$ из-за равенства занимаемых полос пропускания на ребре в обоих направлениях. Теперь предположим, что для дерева T и некоторой вершины v в нем определена следующая величина:

$$Q(T,v) = 2 \sum_{l \in P} B_l d_T(v,l), \quad (2)$$

где сумма берется по всем конечным точкам l совокупности P , а $d_T(v,l)$ обозначает длину единственного пути (количество ребер в пути) из вершины v в вершину l в дереве T . Установлено, что для любого дерева T , конечные точки которого являются вершинами из совокупности P , резервируемая полоса пропускания дерева C_T удовлетворяет следующим свойствам [2-5]:

1. Существует такая вершина $w \in T$, что $C_T = Q(T,w)$.
2. Для всех вершин $v \in T$ справедливо неравенство $C_T \leq Q(T,v)$.

Для иллюстрации этих свойств построим из дерева T ориентированное дерево T_{dir} путем определения направления каждого ребра $e = (i,j)$ следующим образом:

- ребро направлено к вершине i , если $B(P_i^{i,j}) < B(P_j^{i,j})$;
- ребро направлено к вершине j , если $B(P_j^{i,j}) < B(P_i^{i,j})$;
- ребро направлено к компоненте, которая содержит определенную конечную точку, например, вершину l , если $B(P_i^{i,j}) = B(P_j^{i,j})$.

Очевидно, что дерево T_{dir} должно содержать уравновешенную вершину, у которой нет входящих ребер (имеет нулевую полустепень захода), обозначим эту вершину через $u(T)$. Каждая ветвь e в дереве T_{dir} направлена в сторону от уравновешенной вершины $u(T)$. В [3, 4] доказано, что суммарная полоса пропускания, резервируемая для реализации дерева T , определяется как $C_T = Q(T, u(T))$, а для любой вершины v в дереве T справедливо неравенство $Q(T, u(T)) \leq Q(T, v)$.

Из свойств 1 и 2 следует, что для оптимального дерева T_{opt} суммарная занимаемая полоса пропускания

$$C_{T_{opt}} = Q(T_{opt}, u(T_{opt})). \quad (3)$$

Таким образом, если построены все деревья T_v для каждой вершины графа v и определены требуемые полосы пропускания, тогда оптимальным будет дерево T_v , значение полосы пропускания $Q(T_v, v)$ у которого минимально [2, 4, 7].

Учитывая данные свойства, приведем алгоритм построения оптимального дерева T_{opt} для симметричного трафика конечных точек ЧВС (рис. 1).

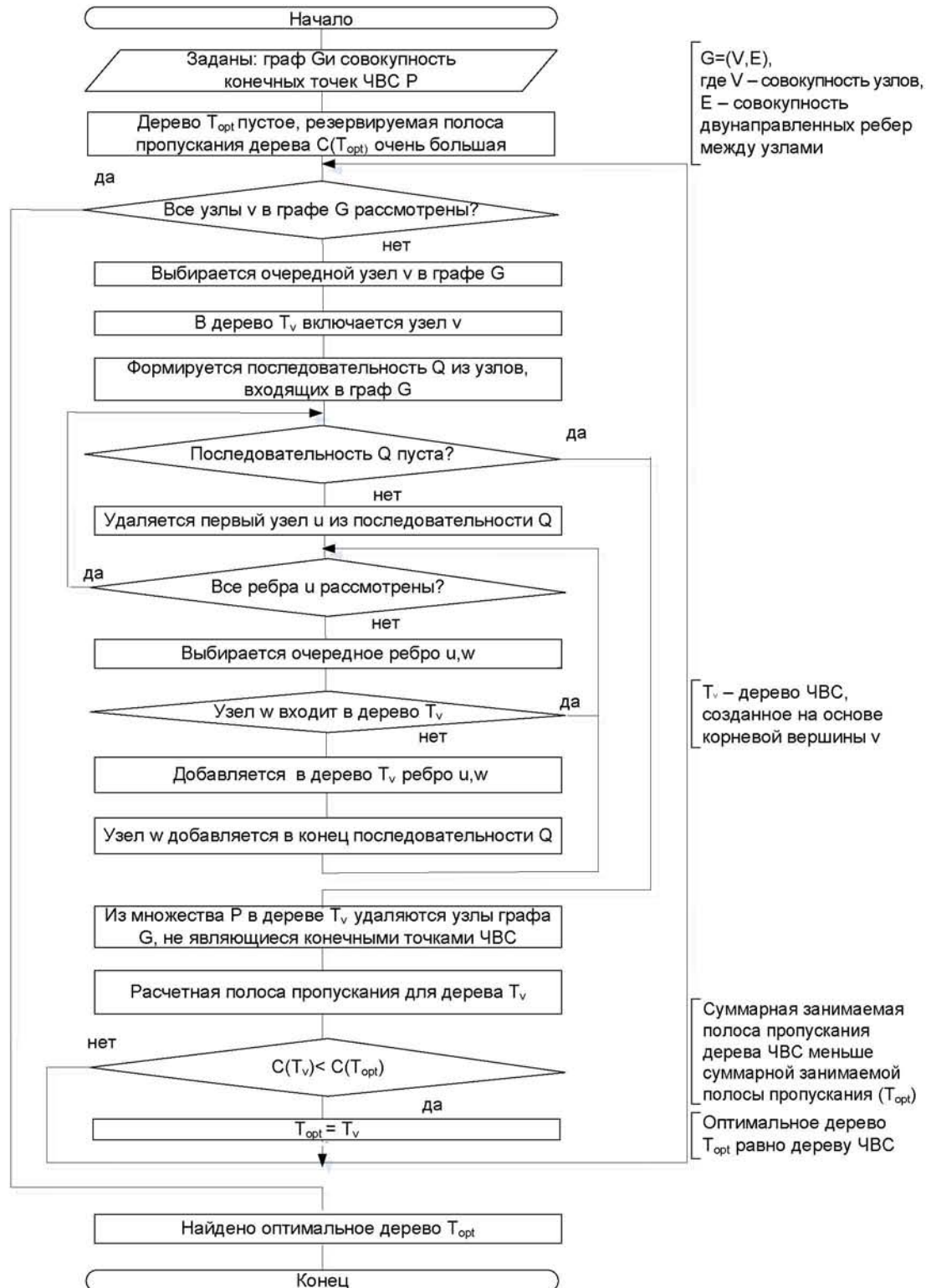


Рисунок 1 – Алгоритм построения оптимальной потоковой модели ЧВС с древовидной топологией и симметричным трафиком конечных точек

Данный алгоритм имеет сложность расчета $O(mn)$ для оптимального дерева T_{opt} , где $n = |V|$ – число вершин, а $m = |E|$ – число ребер в графе G . Это обусловлено тем, что самый внешний цикл в алгоритме рассматривает каждую вершину в графе G , а внутренний цикл в худшем случае рассматривает каждое ребро в графе G .

При использовании древовидной топологии ЧВС с симметричным трафиком конечных точек проверка возможности резервирования полосы пропускания $C_T(e)$ на ребре e является достаточно простой.

Полоса пропускания, резервируемая на ребре (i, j) дерева T в направлении от вершины i к вершине j , может быть задана выражением [2, 3, 6, 7]:

$$C_T(i, j) = \min \left\{ \sum_{l \in P_l^{(i,j)}} B_l^{out}, \sum_{l \in P_l^{(j,i)}} B_l^{in} \right\}. \quad (4)$$

Вся полоса пропускания, зарезервированная для дерева T :

$$C_T = \sum_{(i,j) \in T} C_T(i, j). \quad (5)$$

Из (4) очевидно, что для каждой пары вершин i и j дерева резервирования, входящих в уникальный путь R_{ij} , ребро e принадлежит только R_{ij} , если вершины i и j принадлежат различным компонентам $T_i^{(i,j)}$ и $T_j^{(i,j)}$, образованные из дерева T при удалении ребра e . Для любой допустимой матрицы трафика Y максимально возможный трафик, который пройдет по ребру e , определяется выражением:

$$\sum_{i \in P_i^{(i,j)}, j \in P_j^{(i,j)}} y(i, j) + y(j, i) \leq \min \left\{ \sum_{i \in P_i^{(i,j)}} B_i^{in}, \sum_{i \in P_i^{(i,j)}} B_i^{out} \right\} + \min \left\{ \sum_{j \in P_j^{(i,j)}} B_j^{out}, \sum_{j \in P_j^{(i,j)}} B_j^{in} \right\} \quad (6)$$

где $y(i, j)$ – трафик между вершинами i и j в дереве T ;

$P_i^{(i,j)}$, $P_j^{(i,j)}$ – совокупности вершин, входящих в компоненты $T_i^{(i,j)}$ и $T_j^{(i,j)}$ [3, 6, 7].

Рассмотрим пример определения резервируемой полосы пропускания на ребре e (рис. 2). У каждой конечной точки ЧВС (изображенной в виде темного кружка) в виде дроби показан трафик на входе и выходе (рассмотрен соответственно симметричный случай). С учетом соотношения (6) трафик, проходящий через ребро e , соединяющее вершины i и j , будет равен $\min \{(4+2), 3\} + \min \{(4+2), 3\} = 6$ [2, 6, 8].

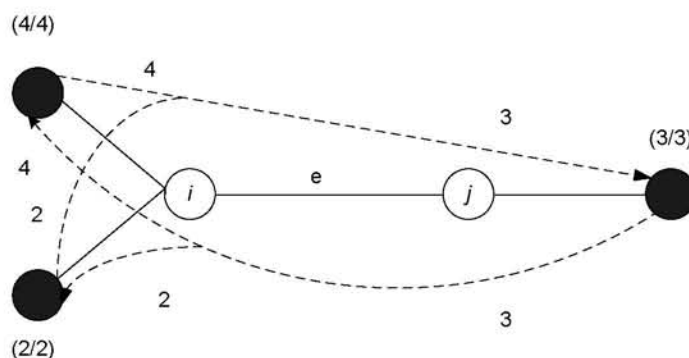


Рисунок 2 – Пример определения резервируемой полосы пропускания на ребре e

Показано, что требуемая резервируемая полоса пропускания $C_T(e)$ на ребре e , соответствующая любой допустимой матрице трафика Y , существует при выполнении неравенства [2, 6, 8]:

$$C_T(e) \geq \min \left\{ \sum_{i \in P \cap P_i^{1,j}} B_i^{in}, \sum_{i \in P \cap P_j^{1,j}} B_i^{out} \right\} + \\ + \min \left\{ \sum_{j \in P \cap P_i^{1,j}} B_j^{out}, \sum_{j \in P \cap P_j^{1,j}} B_j^{in} \right\} \quad (7)$$

для любого ребра $e \in E(T)_f$

Таким образом, резервирование полосы пропускания $C_T(e)$ в дереве T является минимально возможным, если для каждого ребра $e \in E(T)$ в выражении (6) используется равенство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, можно сделать вывод, что современные исследования в области построения корпоративно-вычислительных сетей не предлагают единых подходов к планированию реализации и эксплуатации сетей передачи данных, а также не позволяют автоматизировать управление процессами информационного обмена.

Рассмотренные вопросы маршрутизации трафика для древовидной топологии предполагают, что участки сети не имеют ограничения по полосе пропускания, тем самым обеспечивается ее статическое резервирование. Кроме того, изложен частный случай симметричного трафика в каждой конечной точке сети. Сформулированы условия существования единственного пути для любой уравновешенной вершины, позволяющие определить суммарную и резервную полосу пропускания. Приведены алгоритм построения оптимальной потоковой модели ЧВС с древовидной топологией и симметричным трафиком конечных точек, получено выражение для любой допустимой матрицы по произвольному ребру. Произведена оценка сложности расчета для оптимального дерева.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерёменко В.Т. Моделирование информационных потоков в сетях передачи данных интегрированных АСУ / В.Т. Ерёменко, С.И. Афонин, Т.М. Парамохина, Л.В. Кузьмина, Д.А. Плащенков // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6. – С. 35-42.
2. Росляков А.В. Виртуальные частные сети. Основы построения и применения. – М.: Эко-Трендз, 2006. – 304 с.
3. Запечников С.В. Основы построения виртуальных частных сетей: учебное пособие для ВУЗов / С.В. Запечников, Н.Г. Милославская, А.И. Толстой. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 249 с.
4. Ерёменко В.Т. Оптимизация ресурсов и управление процессами информационного обмена в сетях АСУТП на основе полевых шин / В.Т. Ерёменко, С.И. Афонин, С.А. Максаков, А.И. Куленич // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2011. – № 9. – С. 46-49.
5. Ерёменко В.Т. Математическая модель оценки производительности беспроводной вычислительной сети асу предприятия / В.Т. Ерёменко, С.И. Афонин, Д.А. Краснов и др. // Информационные системы и технологии, 2011. – № 5. – С. 11-20.
6. Ерёменко В.Т. Синтез сетей передачи данных автоматизированных систем управления на основе критерия неблокируемой маршрутизации / В.Т. Ерёменко, С.И. Афонин, А.И. Офицеров, О.О. Басов // НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ Белгородского государственного университета. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика», 2011. – № 7 (102). – Выпуск 18/1. – С. 168-176.
7. Ерёменко В.Т. Моделирование взаимодействия протокольных реализаций TCP RENO и TCP VEGAS в сети с ограниченной производительностью. – Орел: ОрелГТУ: Информационные системы и технологии, 2010. – № 1 – С. 109-114.
8. Ерёменко В.Т. Идентификация моделей дискретных линейных систем с переменными, медленно изменяющимися параметрами // Радиотехника и электроника, 2010. – № 1. – Том 55. – С. 1-10.

Липатова Оксана Григорьевна

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Аспирантка кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

O.G. LIPATOVA (*Post-graduate student of the department
«Electronics, computer facilities and information security»*)

State University – ESPC, Orel

MODELING OF INFORMATION EXCHANGE IN VIRTUAL PRIVATE NETWORKS ACS ENTERPRISE

The threading model with the symmetric endpoints traffic is examined in the article. It is assumed that the network parts have unlimited bandwidth with its static redundancy.

Keywords: *private virtual network; symmetric traffic; threading model; information model; network of open access (NOA); bandwidth.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eryomenko V.T. Modelirovanie informacionny'x potokov v setyax peredachi danny'x integrirovanny'x ASU / V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, T.M. Paramoxina, L.V. Kuz'mina, D.A. Plashhenkov // *Informacionny'e sistemy' i texnologii*, 2011. – № 6. – S. 35-42.
2. Roslyakov A.V. Virtual'ny'e chastny'e seti. Osnovy' postroeniya i primeneniya. – M.: E'ko-Trendz, 2006. – 304 s.
3. Zapechnikov S.V. Osnovy' postroeniya virtual'ny'x chastny'x setej: uchebnoe posobie dlya VUZov / S.V. Zapechnikov, N.G. Miloslavskaya, A.I. Tolstoj. – M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2003. – 249 s.
4. Eryomenko V.T. Optimizaciya resursov i upravlenie processami informacionngo obmena v setyax ASUTP na osnove polevy'x shin / V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, S.A. Maksakov, A.I. Kulenich // *Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij*, 2011. – № 9. – S. 46-49.
5. Eryomenko V.T. Matematicheskaya model' ocenki proizvoditel'nosti besprovodnoj vy'chislitel'noj seti ASU predpriyatiya / V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, D.A. Krasnov i dr. // *Informacionny'e sistemy' i texnologii*, 2011. – № 5. – S. 11-20.
6. Eryomenko V.T. Sintez setej peredachi danny'x avtomatizirovanny'x sistem upravleniya na osnove kriteriya neblokiruemoj marshrutizacii // V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, A.I. Oficerov, O.O. Basov // *NAUCHNY'E VEDOMOSTI Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika»*, 2011. – № 7(102). – Vy'pusk 18/1. – S. 168-176.
7. Eryomenko V.T. Modelirovanie vzaimodejstviya protokol'ny'x realizacij TCP RENO i TCP VEGAS v seti s ogranichennoj proizvoditel'nost'yu // *Informacionny'e sistemy' i texnologii*, 2010. – № 1. – S. 109-114.
8. Eryomenko V.T. Identifikaciya modelej diskretny'x linejny'x system s peremenny'mi, medlenno izmenyayushhimisya parametrami // *Radiotexnika i e'lektronika*, 2010. – № 1. – Tom 55. – S. 1-10.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА

Рассмотрены проблемы моделирования сложных динамических систем, в частности, экосистем. Предложена пространственно-временная модель, учитывающая распространение антропогенного влияния на окружающую среду как в пространстве, так и во времени. Модель адаптирована для комплексной оценки эколого-экономического риска по трем основным элементам окружающей среды: почвы, атмосферный воздух, водные ресурсы.

Ключевые слова: системный анализ; сложная динамическая система; экологический риск; пространственно-временная модель.

По мнению специалистов, работающих в области системного анализа, существует слишком много объектов-систем, но мало собственных методов исследования, инструментария, разработанного в рамках системного подхода, а не заимствованного вместе с конкретными приложениями из более старых областей науки. Основное противоречие теории систем заключается в том, что ключевые понятия классического системного анализа ориентированы на изучение систем в статическом состоянии. При наблюдении за динамической системой легко убедиться, что четкость и ясность основных системных понятий исчезает. Поэтому ключевым понятием теории открытых систем должна стать организация, характеризующая главные отношения, конструирующие систему как целое и определяющие ее суть. Система осуществляет процессы самовоспроизводства своих компонентов, составляющих ее организацию, осуществляя, таким образом, свою самотождественность. Природная система, являясь динамической, самоорганизующейся, нестабильной и плохо прогнозируемой, требует совершенно отличного от классического системного анализа инструментария для исследования процессов жизнедеятельности и эволюционирования открытых самоорганизующихся систем. Из традиционно применяемых методологий системного анализа при исследовании сложных самоорганизующихся систем можно выделить: унитаризм, плюрализм и принуждение; единственно подходящей является относящаяся к направлению плюрализма методология мягких систем Чекленда (1972). В методологии мягких систем (ММС) предполагается рассматривать систему не как часть реального мира, а как системно-организованный процесс его изучения.

Все этапы ММС являются частью одного целого – процесса принятия решений, они определяются схемой: Реальность – Когнитивная модель (формируемый некий мысленный образ объекта) – Содержательная модель (описательные, объяснительные и прогностические) – Концептуальная модель (логико-семантическая, структурно-функциональная и причинно-следственная модели) – Формальная модель (математическая или компьютерная) [1].

Построение содержательной модели позволяет получить новую информацию о поведении системы, выявить взаимосвязи и закономерности, она является, по сути, постановкой задачи. Построение концептуальной модели осуществляется достижением определенного уровня абстрагирования на переходе от описательной к формальной и базируется на теоретических концепциях и конструктивных элементах данной предметной области знания.

Построение модели лишь первая часть процесса моделирования, вторая – изучение модели (оперирование, экспериментирование). Модель – инструмент, предназначенный для упорядочения и структурирования опытных данных, она строится для решения конкретных задач. От модели не требуется истинности, но она должна быть адекватной и работоспособной. Культура моделирования требует, чтобы для каждой модели был указан перечень условий, при которых данная модель верна.

Синергетический подход к моделированию природных систем, имеющих много степеней свободы, даст возможность создать адекватную, работоспособную модель для изучения и прогнозирования состояния открытых самоорганизующихся систем как в естественном виде, так и в условиях антропогенной нагрузки. Изначально необходимо определиться с параметрами порядка – базовыми понятиями синергетики. В процессе развития природных систем выделяется несколько главных переменных, к которым подстраиваются все остальные. Такие главные переменные и будут называться параметрами порядка, что значительно упрощает процесс исследования системы. В таком случае, закономерности поведения очень сложных систем могут быть изучены при помощи относительно простых моделей, включающих относительно небольшое число переменных, что позволит построить иерархию базовых моделей для исследования динамики экосистем [1, 2, 3].

Параметрами порядка при исследовании природной среды как системы можно считать почвы, воду и воздух. При комплексном исследовании почв территории Иркутской области таким параметром будет рельеф, при исследовании поверхностных водных источников – геометрия русел, при исследовании атмосферного воздуха – роза ветров.

Исследование экосистемы с помощью фрактального анализа открывает замечательные возможности при изучении эволюции окружающей среды и даже при воздействии на нее извне. Но, к сожалению, фрактальный анализ природной среды возможен только по одному компоненту. Анализ всех компонент системы невозможен, поскольку они тесно взаимодействуют между собой, сталкиваясь, проникая друг в друга и переплетаясь. Следовательно, провести подобное исследование возможно только с применением принципа абстрагирования от окружения, выделив один компонент системы, в данном случае был выбран самый длительно формирующийся компонент экосистемы – рельеф. Именно он является параметром порядка при исследовании почв территории Иркутской области.

Методология «мягкого» моделирования, предназначенная для выявления различных точек зрения и постепенного достижения взаимопонимания, принципиально отличается от традиционного жесткого подхода. Основное достоинство такого моделирования – возможность охватить всю проблемную ситуацию, определить «узкие места» и разработать комплекс мер по улучшению ситуации на основе системных представлений. Однако при исследовании природной среды с использованием структурно-функционального вида концептуальной модели возникают две принципиальные трудности:

- природные системы – сложные и зависят от большого числа переменных;
- поведение природных систем трудно поддается формализации.

Синергетический подход к моделированию экосистем, имеющих много степеней свободы, даст возможность создать адекватную, работоспособную модель для исследования и прогнозирования состояния таких систем, как в естественном виде, так и в условиях все возрастающей антропогенной нагрузки.

Рассчитав воздействия от различных факторов и использовав принцип аддитивности, произведем их суммирование по площадям наложения (по плотности воздействия), поскольку лишь после такого анализа можно принять грамотное и обоснованное решение о допустимости (или наоборот недопустимости) увеличения нагрузки на природную систему любого района. Подобные расчеты необходимы для адекватности оценки антропогенных воздействий на систему и прогнозирования состояний системы после такого воздействия, так как позволяют определить порог устойчивости системы (точку перехода количественных изменений в качественные).

На основании вышеизложенного предлагается произвести комплексную оценку ущерба от воздействия на окружающую среду, приняв в качестве основы разрабатываемой модели структурно-иерархическую пространственно-временную модель воздействия горных работ (на примере Бодайбинской золотоносной провинции [4]), учитывающую влияние от локального уровня (в данном случае дражного полигона) до провинции в целом. Каждый масштабный уровень ее учитывает горизонтальные связи между компонентами окружающей

среды, такими, как: рельеф, климат, растительный покров и животный мир. В данном случае состояние системы после воздействия может быть оценено по коэффициенту нарушенности горизонтальных связей, вычисляемому через отношение количества нарушенных связей к общему количеству по формуле:

$$K_{св} = K_{нар.св} / K_{общ.св}.$$

Пространственную составляющую формулы подсчета эколого-экономического ущерба даст отношение пострадавших от горного производства площадей участков воздействия ($S_{нар}$) к общей площади уровня ($S_{n_{общ}}$, n – индекс уровня). Составляющую нарушенных площадей для наиболее верного подсчета следует домножать на степень нарушенности компонента, рассчитываемую по формуле:

$$C_{нар} = \frac{C_{нар} \%}{C_{общ} \%},$$

что означает отношение степени нарушенности земель (лесов и т.д.) в процентах к общей степени, принимаемой за 100%. $C_{нар}$ – интегральный показатель в процентах, учитывающий совокупность основных факторов, определяющих возможности самозарастания нарушенной поверхности. Отношение

$$\frac{S_{нар}}{S_{общ}^n}$$

является пространственным показателем, часто используемым и в других формулах подсчета эколого-экономического ущерба.

Что же касается временной составляющей, то для локального объекта это будет время жизни компонента до определенной фазы развития, именуемое в дальнейшем временем компонента. Учитывая, что происходит изменение нелинейного хода времени системы, т.е. темп хода времени с увеличением размеров элементов по иерархии снижается, следует подсчитывать время жизни компонента с учетом величины, обратной масштабному коэффициенту подобия в рамках каждого последующего уровня. Соответственно, произведение времени жизни компонента (T) на величину, обратную масштабному коэффициенту подобия (C_k), равно:

$$T \cdot \left(\frac{1}{C_k} \right)^{n-1},$$

которое будет являться показателем изменения времени взаимодействия уровней системы, иными словами, изменения ее вертикальных взаимосвязей с учетом изменения темпа хода времени системы. Собственно, это выражение и есть величина темпа хода времени системы на каждом конкретном уровне, где $(n-1)$ – степень, на единицу меньшая индекса уровня.

Очевидно, что с увеличением размеров занимаемого пространства темп хода времени замедляется. Соответственно, возрастает способность к самовосстановлению системы, обусловленная более высокой энергонасыщенностью.

На основе всего вышеизложенного и с учетом иерархии уровней воздействия (от локального объекта до уровня золотоносной провинции в целом) можно составить следующую совокупность уравнений, приведенных на следующей странице.

Данные уравнения, не имеющие производных по времени ни в одной своей точке, являются самоподобными функциями, применяемыми при описании реального мира, поскольку бесконечное дробление и подобие мельчайших частиц целому (фрактальность) и является основным принципом «устройства природы» [94]. Время, само по себе являясь системой, соответственно, имеет также фрактальную структуру. Поэтому до тех пор, пока время структурировано и воздействие фрактально, система не теряет способности к адаптации.

$$\left[\begin{aligned} Y_L &= \frac{S_{нар}}{S_{общ}^1} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \\ Y_в &= \frac{S_{нар}}{S_{общ}^2} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \cdot \frac{1}{Ck} \\ Y_к &= \frac{S_{нар}}{S_{общ}^3} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \cdot \left(\frac{1}{Ck}\right)^2 \\ Y_p &= \frac{S_{нар}}{S_{общ}^4} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \cdot \left(\frac{1}{Ck}\right)^3 \\ Y_{np} &= \frac{S_{нар}}{S_{общ}^5} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \cdot \left(\frac{1}{Ck}\right)^4 \end{aligned} \right.$$

Учитывая иерархическую структурированность окружающей среды и адекватную ей структурированность времени, соответствующую различным уровням природной системы, перейдем к обоснованию теоретической модели оценки состояния почв территории Иркутской области. В качестве основы такой модели взята структурно-иерархическая пространственно-временная модель воздействия горных работ, с учетом распространения влияния от антропогенного воздействия на периферию окружающего пространства. Свернув совокупность уравнений в единую формулу, получим:

$$Y = \frac{C_{нар} \cdot S_{нар}}{100 \cdot S_{общ}^n} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \left(\frac{1}{Ck}\right)^{n-1},$$

где Ck – масштабный коэффициент подобия;

T_{max} – время жизни компонента природной среды;

n – количество уровней системы, для которых производится расчет;

$K_{св}$ – коэффициент связи компонентов природной среды;

$C_{нар}$ – степень нарушенности земель;

$S_{нар}$ – площадь загрязненных токсикантами земель;

$S_{общ}$ – площадь территории всей Иркутской области.

Левая часть формулы представляет собой пространственные отношения, правая характеризует временную компоненту.

Для комплексной оценки состояния почв территории Иркутской области предлагается преобразовать общую формулу путем ввода уровня ПДК вместо степени нарушенности земель, определив следующие показатели:

C_k – 2,95 (согласно расчетам);

T_{max} – время жизни компонента, принимаемое за 100 лет (время формирования 1 см плодородного слоя);

n – количество уровней системы, для которых производится расчет, в данном случае от 1 до 3;

$K_{св}$ равно 3 (почвы, вода и воздух).

В результате получаем формулу для расчета ущерба, наносимого почвам:

$$Y = \frac{ПДК \cdot S_{нар}}{S_{общ}^n} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \left(\frac{1}{Ck}\right)^{n-1},$$

подставляя в которую принятые значения, а также данные по площадям и данные мониторинга окружающей среды исследуемого района, можно получить комплексную

оценку ущерба, наносимого природной среде этого района, т.е. определить время, необходимое для восстановления почвенного покрова. Таким образом, время рассматривается как показатель дисконтирования затрат на восстановление природной среды с возможностью расчета ущерба в виде условных временных единиц.

Преобразовав формулу путем замены коэффициента нарушенности на $1/ПДК$, заменив площади на объемы и приняв $T_{max}=100$ (максимальное время жизни подводных жителей озера Байкал), получим формулу для оценки ущерба водным ресурсам:

$$Y = \frac{1/ПДК \cdot V_{нар}}{V_{общ}^n} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \left(\frac{1}{Ck} \right)^n$$

Заменив площадь нарушенных земель на количество выбросов в атмосферу и приняв T_{max} равным 300 лет (время жизни коренных пород деревьев), получаем формулу для оценки ущерба атмосферному воздуху:

$$Y = \frac{1/ПДК \cdot Q}{S_{общ}^n} \cdot K_{св} \cdot T_{max} \left(\frac{1}{Ck} \right)^n$$

Таким образом, общим временем восстановления системы следует полагать максимальное время восстановления любого элемента природной системы. Ведь именно динамическое равновесие природной среды в естественных условиях обуславливается работой обратных связей, обеспечивающих устойчивость системы. Понятно, что устойчивость любой системы не безгранична. Если давление на систему становится выше определенного уровня или будет очень резким (импульсным), защитные механизмы не выдерживают, начинают разрушаться и система гибнет. Антропогенное воздействие ведет к снижению энергетического потенциала экосистемы и уровня ее организации. Учитывая скромное видовое разнообразие экосистем умеренного пояса, логично предположить, что экосистема Иркутской области, особенно ее северных территорий (вследствие скудости видового разнообразия), крайне уязвима, антропогенное воздействие со стороны городов и поселений различного типа повторяется с нарастанием, а промежуток времени для релаксации природной среды слишком мал.

Противостоять росту энтропии в данной ситуации может организация системы, но, как известно, антропогенное воздействие распространяется на расширяющийся объем пространства. Исследуя окружающую среду Иркутской области, возникают сомнения в возможности времени системы адаптироваться к антропогенным воздействиям. Следовательно, механизм обратной связи уже нарушен. Программы самоорганизации просто не успевают из образованного антропогенным воздействием беспорядка создать новый порядок (результат случайного соединения неслучайного отбора).

В природных условиях незначительные воздействия, вызывающие колебания системы (флуктуации), как правило, гасятся, система остается стабильной. Иногда некоторые флуктуации не затихают и приводят систему в нестабильное состояние. Положительная обратная связь может усилить флуктуации и привести к разрушению существующей структуры, тогда произойдет переход системы в новое состояние. В случае перехода на более высокий уровень упорядоченности и вследствие явления самоорганизации возникнет диссипативная структура.

Нерациональные действия антропогенного характера приводят урбанизированные территории в состояние хаоса, соответственно, увеличивается показатель энтропии. Прогнозировать поведение такой урбанизированной системы нельзя, особенно на длительном временном интервале. Однако странный аттрактор (в данном случае это связки близко расположенных городов), определяющий хаотическое поведение системы, часто занимает ограниченное пространство фазовой плоскости, и хотя траектории, разбегающиеся с экспоненциальной скоростью, стремятся вырваться за пределы фазовой плоскости, пересечь границы странного аттрактора не могут. Значит, определение границ хаотического

поведения системы позволит определить границы области восстановительного воздействия. Чувствительность к относительно малым воздействиям и темпоральность (чувствительность к ходу времени) позволят вывести систему из хаотического состояния даже с помощью малых, но точных и своевременных воздействий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов: учебное пособие для ВУЗов. – М.: Логос, 2001. – 296 с.
2. Кроновер Р.Н. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
3. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 312 с.
4. Мусихина Е.А. Исследование влияния фактора времени на оценку состояния окружающей среды в условиях работы горнодобывающих предприятий. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 92 с.

Мусихина Елена Алексеевна

Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

Кандидат технических наук, доцент

Тел.: 8 914 905 70 99

E-mail: elena.science@yandex.ru

E.A. MUSIHINA (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)

National Research Irkutsk State Technical University

SPACE-TIME MODEL FOR EVALUATION OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC RISK

Problems of modeling complex dynamic systems, particularly, ecosystems, are considered. The represented space-time model takes into account spreading of anthropogenic impact on the environment both in space and in time. The model is adapted for integrated ecological and economical risk assessment according to three basic compounds of the environment: soils, atmosphere air, water resources.

Keywords: *system analysis; complex dynamic system; ecological risk; space-time model.*

BIBLIOGRAPHY (TRASLITERATED)

1. Plotinskij Yu.M. Modeli social'ny'x processov: uchebnoe posobie dlya VUZov. – M.: Logos, 2001. – 296 s.
2. Kronover R.N. Fraktaly' i kaos v dinamicheskix sistemax. Osnovy' teorii. – M.: Postmarket, 2000. – 352 s.
3. Prigozhin I., Stengers I. Poryadok iz xaosa: novy'j dialog cheloveka s prirodoj. – M.: Editorial URSS, 2003. – 312 s.
4. Musixina E.A. Issledovanie vliyaniya faktora vremeni na ocenku sostoyaniya okruzhayushhej sredy' v usloviyax raboty' gornodoby'vayushhix predpriyatij. – Irkutsk: Izd-vo IrGTU, 2007. – 92 s.

БАЗОВЫЕ СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В МНОГОАГЕНТНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Определены три вида моделей, основанных на графовых представлениях свойств, структурной связности в распределенной вычислительной системе. Модели поддерживаются в программных агентах, размещенных в узлах распределенной вычислительной системы, и используются для процедуры принятия диагностических решений.

Ключевые слова: *распределенные вычислительные системы; модели; программные агенты; принятие диагностических решений.*

Методы системного диагностирования отказавших компонент в сложных распределенных вычислительных системах (РВС) основаны на том, что ограничивая максимальное число одновременно отказавших элементов, можно реализовать необходимые диагностические функции с помощью оставшихся исправных. Для описания взаимодействия отдельных частей системы при реализации диагностических процедур часто применяются классическая модель [1]. Эта модель базируется на следующих допущениях:

- большая система разделяется на блоки, каждый из которых в отдельности может тестировать другой блок;
- используя в качестве основы ответные реакции, на подачу тестовых воздействий, результат конкретного теста классифицируется как «проходит» либо «отказывает», т.е. блок, проводящий тестирование, оценивает блок, подвергаемый тестированию, либо как «свободный от отказов», либо как «отказавший»;
- оценка, получаемая в результате тестирования, неизменно оказывается точной, если блок, ведущий тестирование, является свободным от отказов; в обратном случае результат тестирования оказывается недостоверным.

Предположение о том, что некоторый узел может тестировать другие узлы, требует обеспечения полного доступа ко всем узлам, которые подвергаются тестированию. В выполнении этого требования имеются существенные трудности, так как требуется сложная сеть межсоединений. Кроме этого, проверочные связи в такой сети не отражают структуры потока данных, циркулирующих в системе. Другое ограничение, присущее модели, разработанной в [1], состоит в том, что она рассматривает всего лишь один набор возможных исходов прохождения тестов.

Другим подходом к диагностированию РВС большой размерности является структурный метод. Существующие способы реализации данного метода в рамках графового подхода имеют некоторые недостатки, основными из которых являются следующие:

- отсутствует учёт «поведенческих» характеристик отдельных элементов и системы в целом при решении задачи поиска неисправностей, что существенно ограничивает возможность применения полученных результатов;
- модель системы в виде матрицы путей, применяемая для организации вычислительного процесса принятия диагностических решений, достаточно сложна;
- класс возможных неисправностей ограничен одиночными.

В работе рассматривается подход к диагностированию транспортных подсистем сложных РВС. В основу положена идея формализации инженерного способа поиска отказавших элементов в вычислительной системе «по цепям» путём анализа результатов функционального тестирования и специальных структурных моделей системы.

Сущность данной методики заключается в следующем:

- 1) производится проверка программными агентами [2] функционирования РВС в «штатном» режиме;
- 2) программные диагностические агенты во внутренних узлах осуществляют направленный мониторинг состояния входящих соединений и транслируют результаты на следующий уровень структурной организации системы вплоть до контрольных точек;

3) множество контролируемых выходов системы, на которых наблюдались рассогласования значений диагностических признаков, заносятся в протокол испытаний (рассогласований);

4) множество структурных элементов системы, которые «работают» (структурно связаны) на контролируемые выходы, занесенные в протокол испытаний, включаются в список элементов, подозреваемых в неисправности (СЭПН);

5) на основании анализа результатов поведения системы с неисправностями осуществляется процесс сокращения СЭПН путём вычёркивания элементов, «работающих» на выходы, которые не принадлежат протоколу рассогласований.

Для организации процесса диагностирования и выбора системы контрольных точек в рамках структурного подхода предлагается использовать обобщенные графовые модели, которые явно отражают те или иные структурные свойства системы. Ниже будут определены три вида таких моделей. Их построение базируется на идее перехода от графа схемы системы к гиперграфу и его различным графовым представлениям.

Пусть задан мультиграф распределенной вычислительной системы (рис. 1) $G_{PBC} = (Y \cup D \cup V, U)$, у которого $Y = \{y_k\}$ – множество входных узлов, k меняется от 1 до m , где m – количество узлов генерирующих воздействие; $D = \{d_j\}$ – множество внутренних элементов (узлов) системы, j изменяется от 1 до p , где p – количество внутренних элементов (узлов) в мультиграфе; $V = \{v_i\}$ – множество выходных узлов, i изменяется от 1 до n , где n – количество узлов анализаторов (или контрольных точек); $U = \{u_l\}$ – множество ориентированных ребер, l изменяется от 1 до q , где q – общее количество ребер в системе. Тогда для формального описания введенного выше отношения между элементами системы (вершинами из множества D), структурно-связанными с контролируемыми точками («работать» на контрольные точки) из множества V , будем использовать гиперграф-модель.

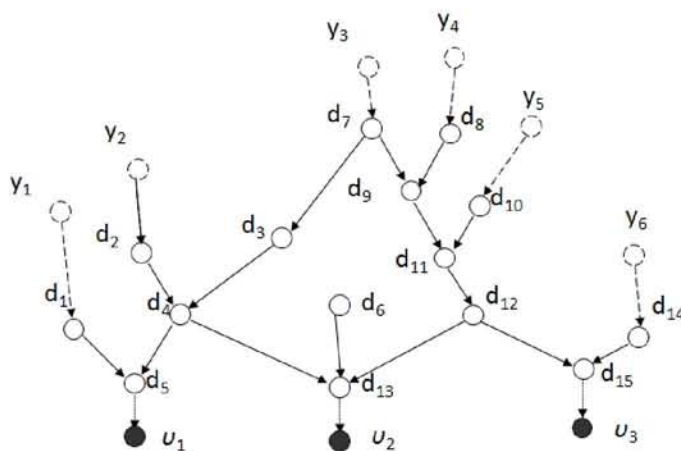


Рисунок 1 – Мультиграф системы G_{PBC}

ГИПЕРГРАФ-МОДЕЛЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ H_{PBC}

Гиперграф $H_{PBC} = (D, E)$ будем называть гиперграф-моделью вычислительной системы, если выполняются следующие условия:

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_p\}$ – множество внутренних вершин (совпадает с множеством структурных элементов системы);

$E = \{e_0, e_1, e_2, \dots, e_n\}$ – множество ребер;

$D(e_i) \in D$; $D(e_i) = \Gamma^-(g_i)$;

$\Gamma^-(\mathcal{G}_i) = \Gamma^{-1}(\mathcal{G}_i) \cup \Gamma^{-2}(\mathcal{G}_i) \cup \dots \cup \Gamma^{-n}(\mathcal{G}_i)$, где $\Gamma^-(\mathcal{G}_i)$ – полное обратное транзитивное замыкание графа G_{PBC} относительно вершины $\mathcal{G}_i$.

Из вышеприведенного определения гиперграфа следует, что каждое его ребро представляет собой множество элементов системы, «работающих» на один из контролируемых выходов. Для схемы контрольного примера гиперграф-модель показана на рисунке 2. При построении гиперграфа H_{PBC} необходимо для каждой вершины $v_i \in V$ мультиграфа системы вычислить обратное транзитивное замыкание.

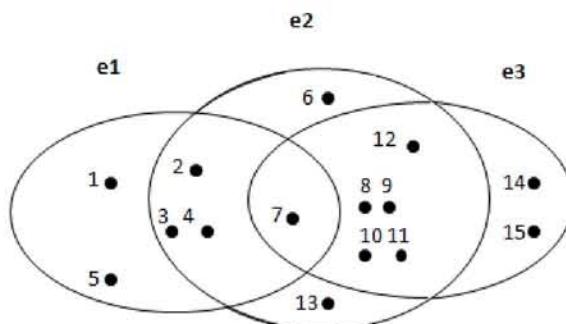


Рисунок 2 – Гиперграф-модель системы H_{PBC}

Если структурная модель системы задана в виде гиперграфа H_{PBC} , то процедура поиска неисправностей предполагает следующее:

- сформировать начальное значение СЭПН путем объединения ребер гиперграфа, соответствующих выходным точкам, на которых наблюдались рассогласования при испытании системы;
- из полученного СЭПН вычесть оставшиеся ребра гиперграфа.

В случае большой размерности гиперграфа эта процедура имеет высокую временную сложность реализации, так как она безусловна и требует полного перебора. Полный перебор можно существенно урезать, если из начального множества СЭПН вычеркивать элементы ребер гиперграфа, которые имеют непустое пересечение с ним, иначе анализировать только те подсети, которые имеют общие элементы с подсетями, подозреваемыми в неисправности. Для формального задания отношения пересеченности между ребрами гиперграфа (сегмента PBC) введем взвешенный граф, который будем именовать графом принятия диагностических решений.

ГРАФ ПРИНЯТИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ $G_{ПДР}$

Графом принятия диагностических решений называется взвешенный, конечный, неориентированный граф, вершинам которого взаимно однозначно сопоставляются множества элементов, определенных относительно выходных точек (точек наблюдения), а пара вершин этого графа образует ребро тогда и только тогда, когда существует хотя бы один элемент, который работает одновременно на выходы, соответствующие ребру. Каждой вершине графа приписывается вес, равный количеству элементов PBC, которые работают (структурно связаны) на соответствующий выход, а каждому ребру – вес, равный количеству элементов, работающих одновременно на оба выхода, соответствующих ребру (рис. 3).

Формально определим граф $G_{ПДР}$ как взвешенный граф реберного представления гиперграфа H_{PBC} :

$$G_{ПДР} = \langle (E, W), F_E, F_W \rangle,$$

где (E, W) – граф реберного представления H_{PBC} ;

$E = \{e_0, e_1, e_2, \dots, e_n\}$ – множество вершин;

$W = \{w = (e_j, e_i) \mid (e_j \neq e_i) \& (\exists d \in D(d \in D(e_i) \& d \in D(e_j)))\}$;

$F_E : E \rightarrow N$ – функция весов вершин;

$F_W : W \rightarrow N$ – функция весов ребер;

$N = \{1, 2, \dots\}$;

$F_E(e) = |D(e)|, e \in E$;

$F_W(w) = |D(e_i) \cap D(e_j)|; \quad w = (e_i, e_j) \in W$.

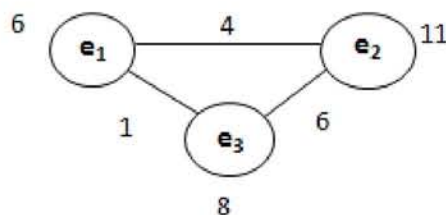


Рисунок 3 – Граф принятия диагностических решений $g_{ндп}$

Свойства графа $G_{ПДР}$:

1. Если некоторая вершина графа $e_i \in E$ смежна с множеством вершин $Q \subseteq E$, то множество подсистем, соответствующих множеству $e_i \cup Q$, имеют общие элементы.
2. Если граф $G_{ПДР}$ состоит из m несвязных между собой подграфов, то система состоит из m независимых групп подсистем.
3. Если в графе $G_{ПДР}$ можно выделить клику размерностью n , то в системе существует n связных между собой подсистем.

Доказательство этих свойств очевидно из построения графов $G_{ПДР}$ и $H_{РВС}$.

Для выполнения оценки разрешающей способности диагностирования РВС структурным методом необходимо в явной форме задать отношение структурной связности различных элементов с контролируемыми выходами системы. Задание этих отношений будем выполнять с помощью двудольного графа, который именуется графом оценки диагностируемости объектов контроля $G_{ОД}$.

ГРАФ ОЦЕНКИ ДИАГНОСТИРУЕМОСТИ ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ $G_{ОД}$

Графом оценки диагностируемости объектов контроля произвольного типа называется двудольный, неориентированный граф, состоящий из двух групп вершин. Первой группе вершин взаимнооднозначно сопоставляются точки наблюдения РВС, второй – множество элементов РВС, а пара вершин из двух различных групп вершин образует ребро тогда и только тогда, когда элемент РВС и точка наблюдения структурно связаны между собой (рисунок 4).

Формально определим граф $G_{ОД}$ как граф Кенигова представления гиперграфа $H_{РВС}$ следующим образом:

$$G_{ОД} = (D \cup E, V),$$

где $V = \{\mathcal{G} = (d, e) \mid d \in D \& e \in E \& d \in D(e)\}$.

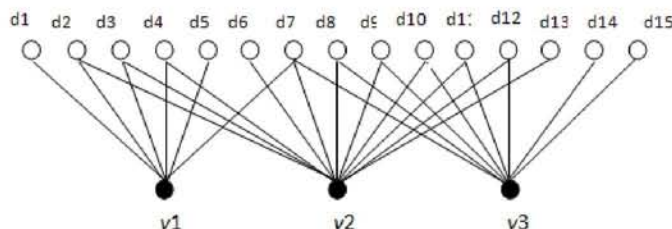


Рисунок 4 – Граф оценки диагностируемости $G_{ОД}$

Представленные графовые модели являются формализованной основой описания структуры РВС в многоагентной системе контроля и диагностирования. Программные агенты разделяются на следующие типы:

- агент генерации тестовых испытаний;
- агенты-передатчики результатов испытаний;
- агенты-анализаторы.

За основу программной реализации системы диагностирования принята агентская платформа JADE (Java Agent Development Framework) [3]. Средой выполнения является контейнер агентов – виртуальная Java-машина.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 12-07-00493).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. On the connection assignment problem of diagnosable systems / F.P. Preparata, G. Metze and R.T. Chein // IEEE Trans. Electron. Comput, 1967. – № 12. – Vol. EC-16. – P. 848-854.
2. В.Б. Тарасов. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
3. JADE White paper / F. Bellifemine, G. Caire, A. Poggi, G. Rimassa, 2003.

Поляков Владимир Михайлович

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Кандидат технических наук, профессор кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем»

Тел.: 8 903 642 84 81

E-mail: p_v_m@mail.ru

Синюк Василий Григорьевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Кандидат технических наук, профессор кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем»

Тел.: 8 909 205 27 25

E-mail: vgsinuk@mail.ru

Буханов Дмитрий Геннадьевич

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Аспирант кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем»

Тел.: 8 904 084 93 66

E-mail: old_stray@mail.ru

V.M. POLYAKOV (*Candidate of Engineering Sciences, Professor of the Department «Software of computer facilities and the automated systems»*)

V.G. SINYUK (*Candidate of Engineering Sciences, Professor of the Department «Software of computer facilities and the automated systems»*)

D.G. BUHANOV (*Post-graduate student of the Department «Software of computer facilities and the automated systems»*)

Belgorod Shukhov State Technology University

BASIC STRUCTURAL MODELS OF DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS IN MULTI-AGENT DIAGNOSTIC ENVIRONMENT

Identified three types of models, based on graph representation properties, structural connectivity in distributed computing system. The models support by software agents, located in nodes of distributed computing system and used to the procedure of making diagnostic decisions.

Keywords: *distributed computing systems; structural models; software agents; making diagnostic decisions.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. On the connection assignment problem of diagnosable systems / F.P. Preparata, G. Metze and R.T. Chein // IEEE Trans. Electron. Comput, 1967. – № 12. – Vol. EC-16. – P. 848-854.
2. V.B. Tarasov. Ot mnogoagentny'x sistem k intellektual'ny'm organizaciyam: filosofiya, psixologiya, informatika. – M.: E'ditorial URSS, 2002. – 352 s.
3. JADE White paper / F. Bellifemine, G. Caire, A. Poggi, G. Rimassa, 2003.

УДК 621.311

В.В. ШАРОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ОТКАЗОВ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрена технология прогнозирования временных рядов отказов высоковольтных выключателей с использованием нейросетевых технологий. Предложена методика прогнозирования, предусматривающая нейросетевой подход, свободный от модельных ограничений, с настройкой синоптических весов с целью минимизации функции потерь.

Ключевые слова: прогнозирование; временной ряд; отказы выключателей; нейросетевые технологии.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При решении задачи прогнозирования временных рядов отказов высоковольтных выключателей (ВВ) необходимо осуществить выбор адекватной модели путем идентификации с последующей оценкой ее параметров. При этом в процессе анализа ряды преобразуются для приведения их к нужному виду путем реализации нескольких способов, объединенных по функциональному признаку. Инструментом для построения прогноза временных рядов отказов ВВ выбраны нейросетевые технологии, ввиду того, что они являются более эффективным средством для прогноза, в то время как временные ряды являются достаточно короткими. В этом случае другие методы оказываются неэффективными по ряду причин. Во-первых, ряд достаточно короткий для использования сезонных методов. Во-вторых, данный ряд получен в результате сглаживания исходного и из него удалены практически все значимые автокорреляции.

Кроме того, нейросетевой подход свободен от модельных ограничений и может одинаково использоваться для решения линейных и сложных нелинейных зависимостей и особенно эффективен в разведочном анализе данных, когда необходимо выяснить, имеются ли вообще зависимости между переменными. Эффективность использования нейронных сетей заключается в их способности самообучаться, а процедура обучения состоит в настройке синоптических весов с целью минимизации функции потерь.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

На практике, чтобы сделать корректный прогноз отказов ВВ, необходимо иметь достаточную статистику для определенного типа ВВ. Кроме того, для решения задач, связанных с надежностью ВВ, необходима уверенность в устойчивости процесса отказов во времени, для проверки которой используются независимые статистические совокупности об условиях их отказов. При этом под устойчивостью статистических закономерностей понимается неизменность во времени как самих закономерностей, так и их статистических параметров. Оценку устойчивости необходимо проводить путем проверки степени постоянства статистических характеристик на основе двух независимых представительных выборок данных об отказах, определяющих надежность ВВ, разделенных интервалом в 3-4 года. Расхождение средних значений оценивают по критерию Стьюдента, а разницу дисперсий – по критерию Фишера. Если расхождение незначительно, то процесс отказов ВВ устойчив [1, 4].

Анализ временных рядов и прогнозирование отказов ВВ представляет собой методику, реализуемую на основе программного пакета Statistica [3], в состав которого включен нейросетевой модуль в следующей последовательности. Первый этап работы с нейронной сетью связан с формированием набора данных. При этом нейронные сети учатся на предложенных примерах и строят модель по обучающим данным. Обучающие данные представляют собой определенное количество наблюдений, для каждого из которых

указываются значения нескольких переменных. Большинство из этих переменных задаются как входные, сеть учится находить соответствие между значениями входных и выходных переменных, используя для этого информацию, содержащуюся в обучающих данных. Данные создаются в виде таблицы, в которой указывается число переменных и наблюдений. Выбор входных и выходных переменных, а также множеств, на которые разделяются переменные, производится внутри модуля «нейронные сети». В данном модуле имеется также возможность непосредственно считывать файлы данных, при этом автоматически определяются номинальные переменные, которые могут принимать одно из нескольких заданных текстовых значений, а такие типы данных, как даты и время, переводятся в числовое представление. В модуле «нейронные сети» имеются специальные операции для задания типа и имен переменных и наблюдений.

После того, как сеть обучится, она может быть использована для предсказания неизвестных выходных значений по предъявленным входным значениям.

Для прогнозирования отказов ВВ была сформирована таблица, в которой содержится 8 переменных и 34 наблюдения, которые осуществлялись на 34 подстанциях одного региона в течение четырех лет. К переменным относятся: энергопредприятие, подстанция, тип отказавшего оборудования, дата отказа, поврежденный элемент, характер отказа, год выпуска и напряжение.

В математическом представлении функционирование нейросети можно представить двумя соотношениями [2]

$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j; \quad y_k = \varphi(u_k + b_k),$$

где w_{k1}, w_{k2}, w_{kn} – синоптические веса нейрона;

$x_1, x_2, \dots, x_m$ – входные сигналы;

u_k – линейная комбинация входных воздействий;

b_k – порог, обеспечивающий эффект аффинного преобразования выхода линейного сумматора u_k ;

$\varphi(u_k + b_k)$ – функция активации;

y_k – выходной сигнал нейросети.

На втором этапе осуществляется настройка работы с нейронными сетями для анализа представленных временных рядов. На третьем этапе выбираются переменные для анализа. Переменные могут быть непрерывными и категориальными, кроме того, наблюдения могут принадлежать разным выборкам.

На четвертом этапе осуществляется запуск процесса обучения нейронных сетей с длительностью их обучения 100 нейронных сетей и сохранение из них 5 лучших. Результаты обучения нейронной сети отображены в диалоге, который представлен на рис. 1. Из обученных 100 нейронных сетей из них выбирается несколько по параметру – тестовая производительность с наименьшим значением. Тестирование системой выполняется с использованием трех типов нейронных сетей – линейная, радиальная базисная функция (РБФ) и трехслойный персептрон. Непосредственный прогноз получается прогоном всех наблюдений через нейронную сеть, в результате чего строится проекция временного ряда.

На пятом этапе исследуется зависимость в ряде данных, о которой можно судить по поведению автокорреляционной функции. Результаты идентификации параметров модели приведены на рисунках 2 и 3.

Вид автокорреляционных функций (рис. 2, 3) позволяет понять природу наблюдаемых данных, выделить основные факторы, сезонные факторы, циклическую составляющую и построить объективный оптимальный прогноз.

Важной особенностью статистических методов прогнозирования является возможность вычисления верхних и нижних границ доверительных интервалов, в которых с определенной вероятностью лежат значения прогнозируемых величин, что позволяет оценивать риск при принятии эксплуатационно-технических решений на основе прогноза.

Кроме того, можно отметить, что исследуемый ряд является стационарным ввиду затухания автокорреляционной функции, что необходимо для спектрального анализа, кроме того, он является слабокоррелированным.

Результаты. Отказы выключателей

N	Адреса	Прогноз	Коэф. про.	Тест. про.	Ошибка	К
11	Р5Ф #12.1:2-1...	0.553655	0.000000	0.000000	0.157896	0.0
12	Р5Ф #12.1:2-2...	0.204449	0.000000	0.000000	0.051722	0.0
13	МП #12.1:2-3-1-1	0.000204	0.000000	0.000000	0.000073	0.0
14	МП #12.1:2-3-1-1	0.000000	0.000000	0.000000	0.000001	0.0
15	Линейная #12.1...	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.0

Графики: Быстрый, Чувствительность, Дополнительно, Предсказания, Описательные, Остатки

Выборки для вывода результатов:

- ☒ Все
- ☐ Все*
- ☐ Обучающая
- ☐ Контрольная
- ☐ Тестовая
- ☐ Игнорировать

Нажмите ОК для сохранения сети и возврата к стартовой панели. Используйте опции стартовой панели, чтобы сохранить, редактировать или вновь обучить сеть, переопределить C или SVR код, применить сеть к новым значениям пользователя.

Выбор модели: Наблюдения

Удаление ПД: Построение, Замена средним

Рисунок 1 – Результаты обучения нейронной сети

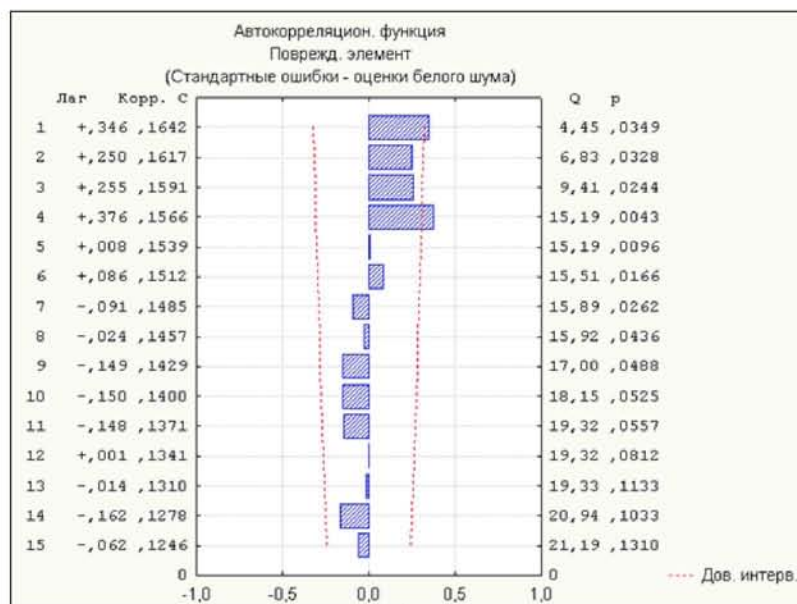


Рисунок 2 – Автокорреляционная функция переменной «поврежденный элемент»

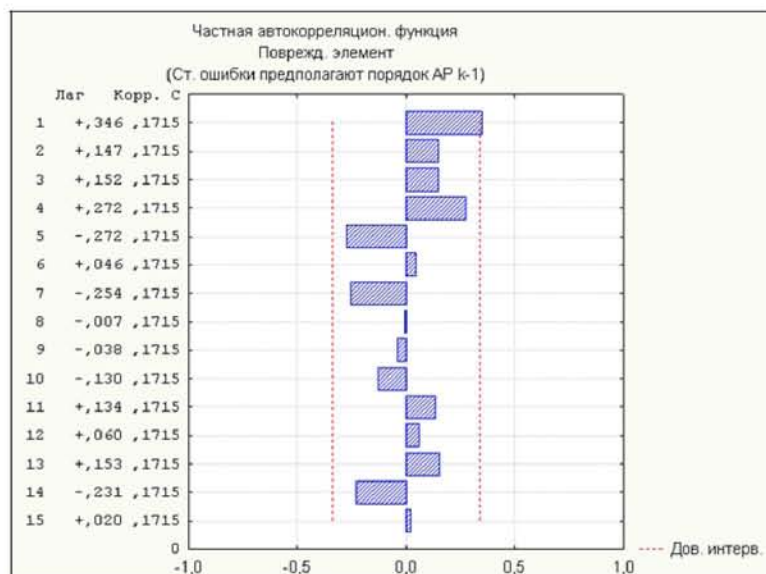


Рисунок 3 – Частная автокорреляционная функция переменной «поврежденный элемент»

Оценки автокорреляций для различных лагов зависимы между собой, так как они построены по одной и той же выборке, поэтому полного сходства между автокорреляционной функцией и ее оценками нет. Исходя из этого, возникает неоднозначность в интерпретации выборочной автокорреляционной и частной автокорреляционной функций. Исследования показывают, что длина траектории ряда влияет на точность получаемых оценок автокорреляционной функции; приемлемая длина траектории, по которой можно идентифицировать ряд, зависит от уровня белого шума.

На шестом этапе исследуется длина проекции на 12 наблюдений (месяцев) с отображением графика удлинения рассматриваемого временного ряда, при наложении которого на исходный график он принимает вид, показанный на рисунке 4.

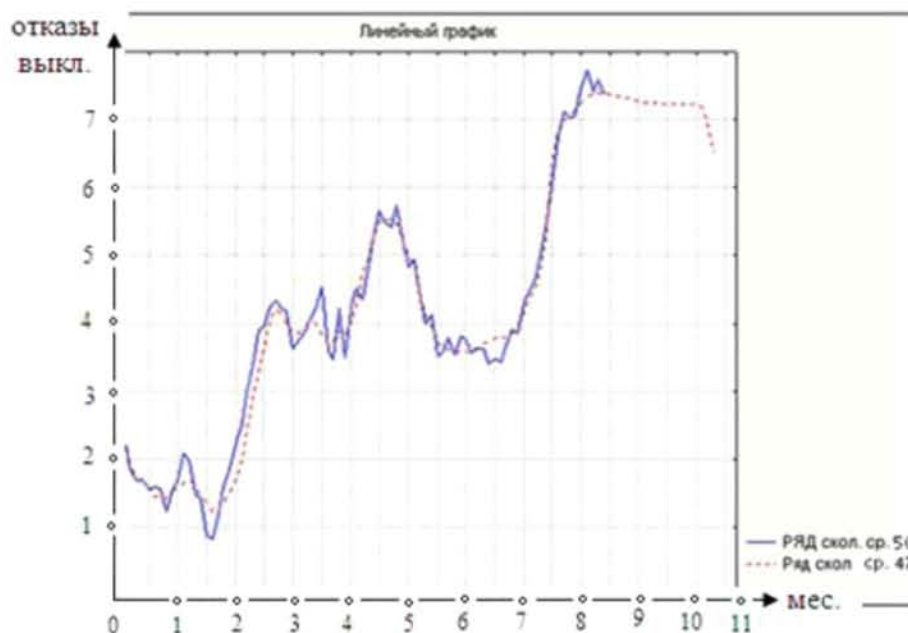


Рисунок 4 – График прогноза трендовой компоненты ряда

Таким образом, получен прогноз исходного сглаженного ряда, который можно восстановить в исходном состоянии, прибавив к нему среднее и линейный тренд.

График ряда и прогноз сглаженного ряда представлен на рисунке 5.

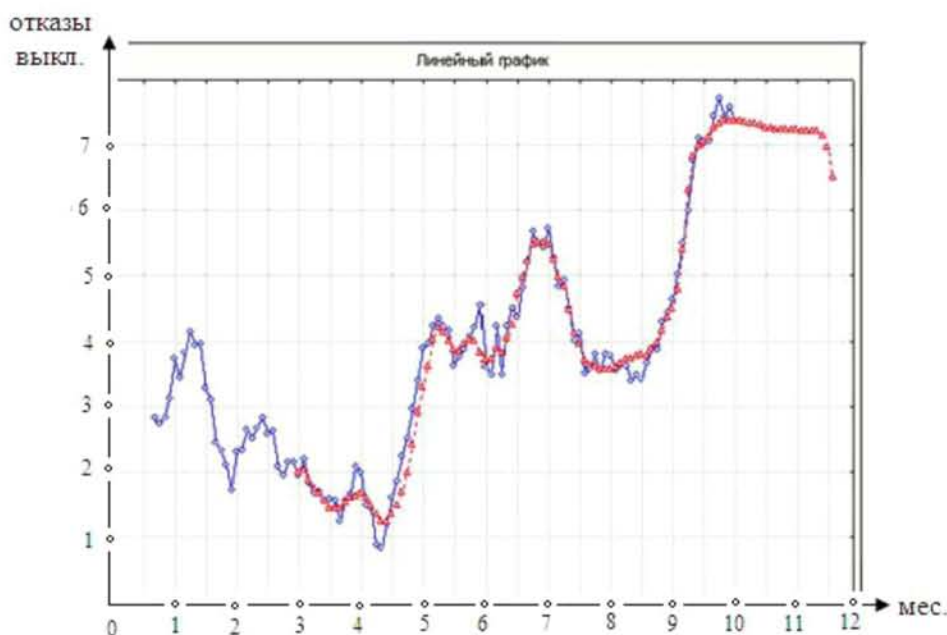


Рисунок 5 – График ряда и прогноз сглаженного ряда

ОБОСНОВАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Решена задача прогнозирования реального ряда, представляющего собой фиксированные распределенные во времени отказы ВВ, при этом ряд характеризовался некоторыми особенностями: сложной сезонной структурой, наличием низкочастотных периодических компонент, небольшим периодом развития и отслеживания во времени.

Все эти характерные особенности затрудняют построение прогноза классическими методами и требуют проведения предварительных преобразований. Для этого использовался инструмент классической сезонной декомпозиции, и ряд был сглажен с известным экспертно определенным периодом в 1 месяц. Полученный в результате ряд был использован для построения среднесрочного прогноза длиной в несколько месяцев.

Для этой цели был использован механизм обучения нейронной сети. Среди множества архитектур лучшей оказалась РБФ с 4 входными нейронами и 3 нейронами в скрытом слое, для которой отношение стандартного отклонения составляет 0,6827.

Архитектура сети показана на рисунке 6.

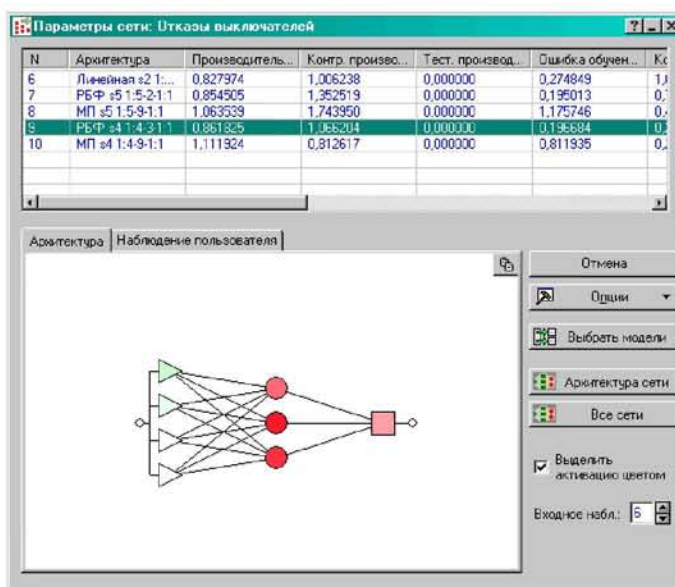


Рисунок 6 – Архитектура сети при прогнозировании отказов ВВ

ВЫВОДЫ

1. Прогноз ряда свидетельствует о снижении отказов выключателей в течение ближайших 3-4 месяцев. При построении прогноза без предварительных преобразований на 1-1,5 месяца свидетельствует о медленном снижении отказов ВВ при сохранении сезонных месячных колебаний.

2. Итоговый прогноз можно получить только на ближайшие 1,5-2 месяца. За это время будет наблюдаться спад отказов ВВ, после чего необходимо будет дальнейшее изучение статистических данных и уточнение требуемых прогнозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устойчивые статистические методы оценки данных: пер. с англ. Ю.И. Малахова / под ред. Н.Г. Волкова. – М.: Машиностроение, 1984. – 232 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – 2-е изд. / пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.
3. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.: ил.
4. Шаров В.В. Прогнозирование временных рядов отказов электрооборудования в условиях эксплуатации // Материалы докладов Международной научно-технической конференции «Энергетика-2008: инновации, решения, перспективы» / В 5 кн. Кн. 2. «Электроэнергетика и электроника». – Казань, 2008. – С. 60-66.

Шаров Валерий Васильевич

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и информационно-управляющие системы»

E-mail: shw24@mail.ru

V.V. SHAROV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate professor of the department
«Informatics and management-information systems»*)

Kazan State Power Engineering University (KSPEU)

**PROGNOSTICATION OF TEMPORAL ROWS OF REFUSES
OF HIGH-VOLTAGE SWITCHES WITH THE USE
OF NEURONETWORK TECHNOLOGIES**

Technology of prognostication of temporal rows of refuses of high-voltage switches is considered with the use of neurosetevykh technologies. The method of prognostication, foreseeing neurosetevoy approach free of model limitations with tuning of weather scales with the purpose of minimization of function of losses, is offered.

Keywords: *prediction; temporal row; refuses of switches; neurosetevye technologies.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ustojchivy'e statisticheskie metody' ocenki danny'x; per. s angl. Yu.I. Malaxova / pod red. N.G. Volkova. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 232 s.
2. Xajkin S. Nejronny'e seti: polny'j kurs. – 2-e izd. / per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2006. – 1104 s.: il.
3. Borovikov V. STATISTICA. Iskusstvo analiza danny'x na komp'yutere: dlya professionalov. – 2-e izd. – SPb.: Piter, 2003. – 688 s.: il.
4. Sharov V.V. Prognozirvanie vremenny'x ryadov otkazov e'lektrooborudovaniya v usloviyax e'kspluatacii // Materialy' dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «E'nergetika-2008: innovacii, resheniya, perspektivy'» / V 5 kn. Kn. 2. «E'lektroe'nergetika i e'lektronika». – Kazan', 2008. – S. 60-66.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.891.3

Д.А. АНОХИН, В.М. НИКИТИН, В.В. ЛОМАКИН,
Е.А. ЛИПУНОВА, И.И. ИВАНОВПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ РИСКА РАЗВИТИЯ ИБС

Статья посвящена анализу оригинальной виртуальной программы оценки вероятности риска развития ишемической болезни сердца. Предложенное техническое решение предполагает реализацию процедуры её обучения, которое осуществляется на основе обучающей выборки. Рассмотрена обучающая выборка, формируемая на основе анализа статистических медицинских данных. Определен перечень параметров, характеризующих текущее состояние сердечно-сосудистой системы пациента, классифицируемых как диагностические признаки наличия или отсутствия ИБС.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений; телемедицина; кардиология; автоматизированное рабочее место; электронный диагноз; ИБС; теорема Байеса.

Статья посвящена разработке алгоритма виртуальной оценки величины условной вероятности риска развития ишемической болезни сердца (ИБС), включая выработку медицинского управляющего решения (МУР). Предлагаемое техническое решение предполагает построение кардио-информационного пространства, представляющее собой основу информационной поддержки принятия медицинских управляющих решений с учётом данных неинвазивного контроля состояния сердечнососудистой системы (ССС) человека. При этом на первом этапе формируют диагностические признаки (ДП) ИБС, вычисляют их значения для конкретного пациента на основе анализа различных кардио-данных неинвазивного контроля текущего состояния его сердечнососудистой системы. Затем формируют математическую модель состояния ССС как совокупность вычисленных значений ДП ИБС пациента. Медицинское управляющее решение генерируют по результатам вычисления частоты наступления события наличия или отсутствия ИБС при условии формирования математической модели текущего состояния ССС. Информация по частоте наступления события наличия или отсутствия ИБС при различных исходных данных хранится в форме таблиц обучающих выборок. В дальнейшем по результатам анализа динамики изменения математической модели состояния ССС пациента генерируется МУР, объективно характеризующее мгновенное состояние ССС [1, 2].

Анализ известных работ, посвящённых решению проблемы построения кардио-информационного пространства с целью поддержки принятия медицинских решений, показывает, что в настоящее время известны следующие группы систем, использующие в качестве входных данных кардио-сигналы, характеризующие состояние ССС человека [3]:

- информационно-справочные медицинские программы;
- лечебно-диагностические компьютерные программы;
- специализированные медицинские программы.

Недостатками данных систем являются: невозможность проведения кардиологом проверки адекватности вычисленной оценки; отсутствие или ограниченность функции обучения путём извлечения знаний кардиолога в процессе работы; не достаточно полное использование данных кардиологической истории пациента в качестве дополнительного диагностического признака заболеваний.

Алгоритм предполагает вычисление условной вероятности риска развития ИБС у пациента, для чего на основе анализа кардиосигналов осуществляется классификация состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) пациента по группам диагностических признаков (ДП) ИБС. При этом под ДП ИБС понимаются:

- симптомы ИБС (например, боль в грудной клетке и т.д.);

- результаты клинических анализов (например, результаты анализа крови и т.д.);
- данные инструментальных обследований (например, заключения при проведении электрокардиографии и т.д.);
- факторы риска развития ИБС (например, факт курения и т.д.);
- совокупности взаимосвязанных ДП ИБС (например, ДП «наличие мутации гена ApoE Аллель E4» при условии одновременного курения имеет эффект синергии, дополнительно повышающий вероятность риска развития ИБС в 1,45 раза [4]).

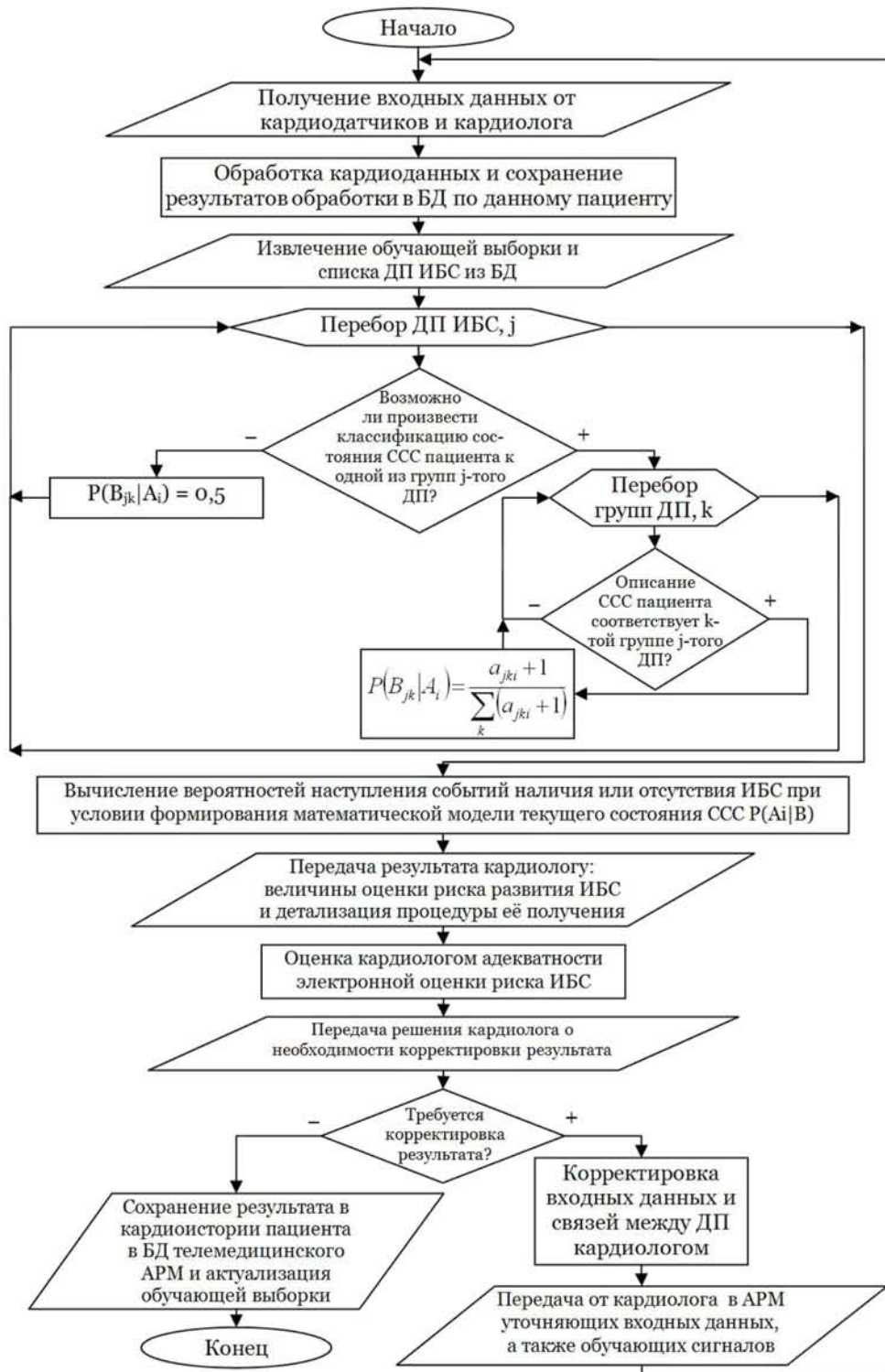


Рисунок 1 – Блок-схема интеллектуального алгоритма оценки риска развития ИБС

Отметим следующие ограничения при формировании ДП ИБС: во-первых, по каждому ДП текущее состояние ССС пациента может быть классифицировано по $k \in [2; \infty]$

группам; во-вторых, для каждого ДП текущее состояние ССС пациента может соответствовать только одной группе. Если осуществить процедуру классификации состояния ССС пациента по группам в соответствии с описанными выше ограничениями нельзя, тогда делается вывод о недостаточности входных данных. Недостающая информация может быть удалённо затребована у кардиолога, других специалистов (например, замер ЭКГ бригадой скорой помощи) или пациента (посредством самотестирования). Блок-схема разработанного авторским коллективом алгоритма оценки риска развития ИБС показана на рисунке 1. Проведём более детальный анализ функционирования этого алгоритма.

Процесс оценки условной вероятности риска развития ИБС у пациента предполагает выполнение следующих процедур:

- получение входных данных в виде кардиосигналов, описывающих текущее состояние ССС пациента;
- обработка кардиосигналов с целью вычисления значений ДП ИБС и формирования математической модели текущего состояния ССС;
- вычисление частоты наступления события наличия или отсутствия ИБС при условии формирования математической модели текущего состояния ССС;
- передача вычисленной оценки риска развития ИБС кардиологу с детализацией процесса вычисления вероятности ИБС;
- оценка кардиологом адекватности электронной оценки риска развития ИБС;
- постановка кардиологом диагноза и корректировка МУР при его несовпадении с решением врача;
- обучение программы АРМ кардиолога.

Далее в соответствии с произведенной классификацией состояния ССС пациента по группам ДП ИБС из базы данных [5] осуществляется выборка коэффициентов изменения риска развития ИБС. При этом условную вероятность наличия у пациента ИБС находят в соответствии с соотношением [6]

$$P(A_i|B) = \frac{P(A_i) * \prod_j \prod_k (P(B_{jk}|A_i))}{\sum_i \left(P(A_i) * \prod_j \prod_k (P(B_{jk}|A_i)) \right)}, \quad (1)$$

где $P(A_i|B)$ – условная вероятность истинности гипотезы A_i при наступлении события B ; A_i – гипотеза, соответствующая предположению о наличии или отсутствии формы ИБС у пациента, где i – номер гипотезы о наличии или отсутствии формы ИБС: 1 – болен ИБС; 2 – не болен ИБС; B – событие, соответствующее ситуации, когда была произведена классификация состояния ССС определенного пациента по группам диагностических признаков; $P(A_i)$ – априорная вероятность истинности гипотезы A_i , которая вычисляется в соответствии с соотношением

$$P(A_i) = \frac{\sum_j \sum_k a_{jki} + 1}{\sum_i \left(\sum_j \sum_k a_{jki} + 1 \right)}, \quad (2)$$

где a_{jki} – число пациентов в обучающей выборке, чье состояние ССС было классифицировано по j -тому ДП ИБС в k -тую группу и у которых было зафиксировано выполнение i -той гипотезы; j – номер ДП ИБС; k – номер группы j -того ДП, к которой было классифицировано состояние ССС диагностируемого пациента; B_{jk} – событие, соответствующее ситуации, когда была произведена классификация состояния ССС определенного пациента в k -тую группу j -того ДП; $P(B_{jk}|A_i)$ – условная вероятность наступления события (B_{jk}) проведения

классификации состояния ССС пациента в k -тую группу j -того ДП при истинности i -той гипотезы (A_i), которая вычисляется в соответствии с соотношением

$$\begin{cases} \Pi(B_{jk}|A_i) = \frac{1}{2}, \text{ при } k = 1; \\ \Pi(B_{jk}|A_i) = \frac{\alpha_{jki} + 1}{\sum_k (\alpha_{jki} + 1)}, \text{ при } k \neq 1. \end{cases} \quad (3)$$

Следует отметить, что значения $P(A_i)$ и $P(B_{jk}|A_i)$ вычисляются предварительно на основе обучающей выборки, в качестве примера в таблице 1 представлен фрагмент обучающей выборки, построенной на основе данных государственной статистики заболеваемости в США [7], в которой хранится информация по пациентам о наличии или отсутствии у них ИБС, а также данные по классификации состояния их ССС к определённым группам ДП.

Таблица 1 – Фрагмент обучающей выборки

Диагностический признак (j)	Группа j-того ДП (k)	Число пациентов, у которых есть ИБС (при i=1)	Число пациентов, у которых нет ИБС (при i=2)
Возрастной фактор риска с учётом гендерной принадлежности пациента (j=1)	Группа не определена (k=1)	0	0
	Женщины 0-17 лет (k=2)	6 600	5 102 000
	Женщины 18-44 лет (k=3)	30 000	7 462 000
	Женщины 45-64 лет (k=4)	226 000	4 173 000
	Женщины 65-74 лет (k=5)	164 000	2 388 000
	Женщины 75-84 лет (k=6)	180 000	2 836 000
	Женщины >85 лет (k=7)	104 000	1 911 000
	Мужчины 0-17 лет (k=8)	16 700	4 981 000
	Мужчины 18-44 лет (k=9)	62 000	2 639 000
	Мужчины 45-64 лет (k=10)	475 000	3 812 000
	Мужчины 65-74 лет (k=11)	259 000	1 982 000
	Мужчины 75-84 лет (k=12)	199 000	2 037 000
	Мужчины >85 лет (k=13)	60 000	950 000

Обучающая выборка создается на основе накопленных статистических данных, связанных с обследованиями и анкетированием пациентов. Эти статистические данные могут быть представлены в виде таблицы, строки которой соответствуют группам диагностических признаков, а столбцы – поставленным диагнозам (наличие или отсутствие ИБС). Значения в таблице представляют собой число пациентов, чьё состояние ССС было классифицировано в одну из групп каждого ДП с определённым уже известным диагнозом ИБС. Особенностью использования обучающей выборки при выработке МУР является возможность её пополнения путём получения дополнительных данных о новых пациентах.

В отношении априорной вероятности $P(A_i)$ необходимо отметить следующее. Априорная вероятность наличия ИБС у пациента выражает собой частоту события заболеваемости ИБС и вычисляется на основании общепопуляционной статистики обнаружения ИБС у всех групп населения путем соотношения числа больных ИБС к общей численности пациентов в обучающей выборке или, при отсутствии обучающей выборки, численности населения Земли, страны, региона, города, профессиональной принадлежности. При вычислении $P(A_i)$ на основании данных обучающей выборки возникает проблема, которая заключается в том, что по некоторым ДП есть информация лишь о части пациентов, а по некоторым группам ДП возможны нулевые значения, в результате чего по каждому ДП имеется своя априорная вероятность заболеваемости ИБС, поэтому появляется необходимость в усреднении значения $P(A_i)$ по всем ДП. Выбор в пользу соотношения (2) был сделан из соображений минимизации степени влияния на конечный результат тех ДП,

по которым статистическая информация собрана в меньшей степени, малое число пациентов в выборке может неверно охарактеризовать реальную частоту заболеваемости ИБС. В соответствии с соотношением (2) и данными таблицы 1 можно вычислить, что $P(A_1)=0,042$; $P(A_2)=0,958$. Из этого следует, что исходная вероятность обнаружения у пациента ИБС равна 0,042.

Особенностью вычисления $P(B_{jk}|A_i)$ по соотношению (3) является то, что при классификации состояния ССС пациента по j -тому ДП в первую группу ($k=1$, группа для всех ДП носит название «Группа не определена») $P(B_{jk}|A_i)$ всегда присваивается значение $\frac{1}{2}$. Это сделано с целью учета ситуаций, когда по отдельным ДП нельзя провести классификацию ССС пациента и при этом сохранить возможность выработки МУР в условиях неполных входных данных. При $k \neq 1$ при вычислении $P(B_{jk}|A_i)$ прибавление +1 в соотношении (3) позволяет уйти от проблемы с нулями, когда в обучающей выборке в каких-либо группах ДП ещё не было зафиксировано пациентов. Для примера в таблице 2 приведены результаты вычислений значений оценок $P(B_{jk}|A_i)$ для $j=1$ ДП – «Возрастной фактор риска с учётом гендерной принадлежности пациента», осуществлённых в соответствии с (3) и с учётом данных обучающей выборки (табл. 1). Из анализа данных (табл. 2) можно сделать вывод, что, во-первых, риск заболевания ИБС увеличивается с возрастом, во-вторых, риск заболевания ИБС у мужчин заметно выше, чем у женщин, особенно в возрасте до 64 лет. Оба вывода подтверждаются медицинской теорией и практикой [4, 7].

Таблица 2 – Вероятности классификации состояния ССС пациента по группам ДП ИБС

ДП (j)	Группа ДП (k)	$P(B_{jk} A_1)$	$P(B_{jk} A_2)$
Возрастной фактор риска с учётом гендерной принадлежности пациента (j=1)	Группа не определена (k=1)	0,5000	0,5000
	Женщины 0-17 лет (k=2)	0,0284	0,9716
	Женщины 18-44 лет (k=3)	0,0833	0,9167
	Женщины 45-64 лет (k=4)	0,5503	0,4497
	Женщины 65-74 лет (k=5)	0,6081	0,3919
	Женщины 75-84 лет (k=6)	0,5892	0,4108
	Женщины >85 лет (k=7)	0,5515	0,4485
	Мужчины 0-17 лет (k=8)	0,0704	0,9296
	Мужчины 18-44 лет (k=9)	0,3468	0,6532
	Мужчины 45-64 лет (k=10)	0,7379	0,2621
	Мужчины 65-74 лет (k=11)	0,7470	0,2530
	Мужчины 75-84 лет (k=12)	0,6882	0,3118
	Мужчины >85 лет (k=13)	0,5880	0,4120

Практическая реализация этого алгоритма требует решения следующих задач:

1. Формализация диагностических признаков ИБС путем составления групп, из которых ДП будут состоять, и правил, по которым состояние ССС пациента будет классифицировано только по одной из групп каждого ДП;

2. Сбор статистических данных признаков описаний состояний ССС по пациентам с наличием или отсутствием ИБС для формирования обучающей выборки по ДП с приоритетом для данных, собранных среди населения, близкого по критериям социального, экономического, демографического, экологического и т.п. к населению Белгородской области Российской Федерации;

3. Разработка программного модуля обучения прогностической программы путём корректировки кардиологом виртуального медицинского управляющего решения.

Реализацию рассмотренного алгоритма планируется осуществить на основе разрабатываемого творческим коллективом интеллектуального аппаратно-программного комплекса, входящего в состав «АРМ-Кардиолог» [1].

ВЫВОДЫ

Разработана интеллектуальная обучаемая программа виртуальной оценки условной вероятности риска развития ишемической болезни сердца. Работоспособность предложенного технического решения проверена на основе анализа статистических медицинских данных, характеризующих состояния сердечно-сосудистых систем пациентов, относящихся к различным группам населения. Разработаны требования к классификации состояния сердечно-сосудистой системы пациента по группам диагностических признаков ИБС. Реализация предложенного научным коллективом технического решения позволит повысить точность ранней диагностики и прогноза развития ИБС.

Исследования проведены при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, государственный контракт №16.740.11.0045 от 01.09.2010; государственный контракт №14.740.11.0591 от 05 октября 2010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальная справочная система по кардиологическим болезням и лекарственным препаратам АРМ-Кардиолог: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ № 2011617001 Российская Федерация / Д.А. Анохин, В.М. Никитин, В.В. Ломакин, И.И. Иванов, А.А. Мерзликин. – Заявл. № 2011615294 от 15.07.2011; опубли. 08.09.2011.
2. Никитин В.М. Информационная система поддержки принятия решений слабоструктурированных задач в кардиологии / В.М. Никитин, В.В. Ломакин, Д.А. Анохин, И.К. Кайдалова, И.И. Иванов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика». – Белгород: изд-во БелГУ, 2010. – № 19(90). – Выпуск 16/1. – С. 112-119.
3. Никитин В.М. Комплексная информационная модель функционирования сердечнососудистой системы / В.М. Никитин, В.В. Ломакин, Е.А. Липунова, М.И. Постельник, Д.А. Анохин, И.И. Иванов // Компьютерные науки и технологии: сборник трудов Второй Международной научно-технической конференции. 3-5 октября 2011, г. Белгород. – Белгород: ООО «ГиК», 2011. – С. 298-304.
4. Назаренко Г.И. Роль генетической предрасположенности в развитии сердечнососудистых осложнений (инфаркт миокарда, ишемический инсульт, нестабильная стенокардия) и ее взаимодействие с традиционными факторами риска / Г.И. Назаренко, В.И. Скворцова, Е.Б. Клейменова, М.В. Константинова // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова, 2009. – № 10. –Выпуск 2. – С. 19-26.
5. БД информационной системы поддержки принятия решений в АРМ-Кардиолог с реляционными связями между данными по болезням, симптомам и синдромам, методам лечения, лекарственным средствам: свидетельство об офиц. регистрации Базы данных № 2011620419 Российская Федерация / Д.А. Анохин, В.М. Никитин, В.В. Ломакин, И.И. Иванов, А.А. Мерзликин. – Заявл. № 2011620281 от 20.04.2011; опубли. 08.06.2011.
6. Жмудяк М.Л. Диагностика заболеваний методами теории вероятностей / М.Л. Жмудяк, А.Н. Повалихин, А.В. Стребуков, А.В. Гайнер, А.Л. Жмудяк, Г.Г. Устинов // Алт. гос. тех. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2006. – 168 с.
7. National Center for Health Statistics. Health, United States, 2008, With Chartbook on the Health of Americans. Hyattsville, MD: 2009. – P. 378-380.

Анохин Денис Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

Аспирант кафедры информационного менеджмента

Тел.: 8 (4722) 30-12-94

E-mail: anohin@bsu.edu.ru

Никитин Валерий Михайлович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

Доктор технических наук, профессор кафедры информационного менеджмента

Тел.: 8 (4722) 30-12-94

E-mail: nikitin@bsu.edu.ru

Ломакин Владимир Васильевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

Кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационного менеджмента
Тел.: 8 (4722) 30-12-94
E-mail: lomakin@bsu.edu.ru

Липунова Елена Андреевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии и физиологии живых организмов
E-mail: Lipunova@bsu.edu.ru

Иванов Игнат Игоревич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Интерн медицинского факультета
E-mail: sargerion@mail.ru

D.A. ANOHIN (Post-graduate student of the department of information management)

*V.M. NIKITIN (Doctor of Engineering Sciences,
Professor of the department of information management)*

*V.V. LOMAKIN (Candidate of Engineering Sciences, Professor,
Head of the department of information management)*

*E.A. LIPUNOVA (Doctor of Biological Sciences,
Professor of the department of anatomy and physiology of live organisms)*

I.I. IVANOV (Intern of medical faculty)

National Research University Belgorod State University

SOFTWARE FOR PROBABILISTIC RISK CALCULATION FOR IHD

The article describes developed algorithm for calculating the conditional probability of the risk of ischemic heart disease, using a mathematical method of pattern recognition theory by precedents. There is an example of forming of training set based on statistical analysis of medical data. There are requirements for the classification of the patient cardiovascular system by groups of diagnostic signs of IHD.

Keywords: *decision support system; telemedicine; cardiology; automated workstation; electronic diagnosis; IHD; Bayes theorem.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Intellektual'naya spravoch'naya sistema po kardiologicheskim boleznyam i lekarstvenny'm preparatam ARM-Kardiolog: svidetel'stvo ob ofic. registracii programmy dlya E'VM № 2011617001 Rossijskaya Federaciya / D.A. Anoxin, V.M. Nikitin, V.V. Lomakin, I.I. Ivanov, A.A. Merzlikin. – Zayavl. № 2011615294 ot 15.07.2011; opubl. 08.09.2011.
2. Nikitin V.M. Informacionnaya sistema podderzhki prinyatiya reshenij slabostrukturirovanny'x zadach v kardiologii / V.M. Nikitin, V.V. Lomakin, D.A. Anoxin, I.K. Kajdalova, I.I. Ivanov // Nauchny'e vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Istoriya. Plitologiya. E'konomika. Informatika». – Belgorod: izd-vo BelGU, 2010. – № 19(90). – Vy'pusk 16/1. – S. 112-119.
3. Nikitin V.M. Kompleksnaya informacionnaya model' funkcionirovaniya serdechnosudistoj sistemy' / V.M. Nikitin, V.V. Lomakin, E.A. Lipunova, M.I. Postel'nik, D.A. Anoxin, I.I. Ivanov // Komp'yuterny'e nauki i tekhnologii: sbornik trudov Vtoroj Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. 3-5 oktyabrya 2011, g. Belgorod. – Belgorod: OOO «GiK», 2011. – S. 298-304.
4. Nazarenko G.I. Rol' geneticheskoy predispozitsionnosti v razvitii serdechnosudisty'x oslozhenij (infarkt miokarda, ishemicheskij insul't, nestabil'naya stenokardiya) i eyo vzaimodejstvie s tradicionny'mi faktorami riska / G.I. Nazarenko, V.I. Skvortsova, E.B. Klejmenova, M.V. Konstantinova // Zhurnal nevrologii i psixiatrii im. S.S. Korsakova, 2009. – № 10. – Vy'pusk 2. – S. 19-26.
5. BD informacionnoj sistemy' podderzhki prinyatiya reshenij v ARM-kardiolog s relyacionny'mi svyazyami mezhdru danny'mi po boleznyam, simptomam i sindromam, metodam lecheniya, lekarstvenny'm sredstvam: svidetel'stvo ob ofic. registracii Bazy' danny'x № 2011620419 Rossijskaya Federaciya / D.A. Anoxin, V.M. Nikitin, V.V. Lomakin, I.I. Ivanov, A.A. Merzlikin. – Zayavl. № 2011620281 to 20.04.2011; opubl. 08.06.2011.
6. Zhmudiyak M.L. Diagnostika zabolevanij metodami teorii veroyatnostej / M.L. Zhmudiyak, A.N. Povalixin, A.V. Strebukov, A.V. Gajner, A.L. Zhmudiyak, G.G. Ustinov // Alt. gos. tex. un-t im. I.I. Polzunova. – Barnaul: izd-vo AltGTU, 2006. – 168 s.
7. National Center for Health Statistics. Health, United States, 2008, With Chartbook on the Health of Americans. Hyattsville, MD: 2009. – P. 378-380.

И.С. КОНСТАНТИНОВ, А.И. ФРОЛОВ, П.В. ЛУКЬЯНОВ

**МОДЕЛИ ПРАВИЛ АНАЛИЗА И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ ДАННЫХ
В СИСТЕМЕ АДМИНИСТРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА**

В статье рассматриваются вопросы анализа и контроля данных в автоматизированной адаптивной системе административного мониторинга. Приведена постановка задач анализа и контроля данных административного мониторинга. Построены формализованные модели правил анализа и критериев контроля данных административного мониторинга.

Ключевые слова: автоматизированная система; мониторинг; анализ данных; контроль данных; модель; правила анализа; критерии контроля.

ВВЕДЕНИЕ

В отличие от автоматических систем, в которых после их запуска роль человека сводится к контролю над работой системы, в автоматизированных системах человек является главным определяющим звеном этих систем, поэтому при проектировании АСУ необходимо учитывать такие «человеческие» факторы, как пропускная способность человека, скорость реакции, допустимые объемы перерабатываемой информации. В связи с этим даже наличие полной (с требуемой долей абстракции) информации об объекте управления (мониторинга) не гарантирует возможности принятия качественного управленческого решения. Это особенно актуально для сложных организационно-технических систем (ОТС), когда само понятие «сложность» определяется как невозможность целостного единовременного их охвата некоторым наблюдателем (Уильям Росс Эшби).

Поэтому процесс принятия решений в той или иной мере должен сопровождаться и подкрепляться использованием соответствующих формальных моделей. Именно процессы моделирования и прогнозирования позволяют из огромных массивов исходных данных (информационных ресурсов) получать информационно-аналитические ресурсы [1], отличающиеся более высоким уровнем абстракции и пригодные для анализа, оценки и принятия управленческих решений.

В работах Коськина А.В., посвященных управлению в сложных ОТС, выделяются следующие основные этапы формирования управления:

1. Возникновение проблемы.
2. Постановка задачи.
3. Исследование внутренней структуры ОТС.
4. Исследование состояния внешней среды.
5. Комплексное применение ряда методов научных исследований для получения множества предварительных вариантов управленческих решений.
6. Выбор окончательного решения.

Очевидно, что третий и четвертый этапы с точки зрения общей методики организации процесса административного мониторинга [2] соответствуют процедурам сбора и организации хранения информации в системе административного мониторинга.

Пятый этап предполагает генерацию альтернатив управляющих воздействий. Именно в рамках этого этапа происходит анализ состояния объекта управления и возникшей проблемной ситуации. Лицо, принимающее решение, на основе информации, полученной при сборе данных, должно выявить причину проблемы и только после этого формулировать цель управления и переходить к генерации и оценке альтернатив. Вопрос автоматизации оценки альтернатив выходит за рамки исследования и лежит в плоскости имитационного моделирования. Однако вопросы анализа состояния объекта управления, то есть вопросы аналитической обработки данных мониторинга могут быть решены на данном этапе

системой административного мониторинга за счет реализации подсистемы анализа и контроля данных.

Задачи контроля должны решаться в текущем режиме. Их цель – предупредить появление проблемной ситуации. Система административного мониторинга является источником больших объемов данных о состоянии системы, поступающих на периодической основе. Их текущий оперативный анализ лицом, принимающим решения, невозможен. Однако возможно заранее определить ряд показателей (первичных или агрегированных), которые будут служить индикаторами изменений, происходящих в системе. На значения этих показателей могут быть наложены ограничения, соответствующие «нормальному» режиму функционирования системы. Причем логическая сложность этих ограничений невысока, так как их цель – лишь информировать о выходе показателей за нормативные значения или о приближении к их границам.

В работе [3] выделены наиболее актуальные с точки зрения административного мониторинга задачи анализа и контроля данных. Следующим шагом, необходимым для построения подсистемы анализа и контроля данных системы административного мониторинга, является построение формализованных моделей правил анализа и критериев контроля данных.

Примечание: данные исследования проводятся в рамках НИР «Исследование и разработка теоретических основ построения и функционирования распределенных адаптивных систем административного мониторинга» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

ФОРМАЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ ДАННЫХ

Перед моделированием правил анализа и критериев контроля данных административного мониторинга приведем основные определения и обозначения задач анализа и контроля данных [3].

Формально постановка задачи классификации выглядит следующим образом. Есть множество объектов учета V_o . Каждый o_j объект из множества V_o характеризуется набором показателей X_{pj} :

$$X_{pj} = \{p_1, p_2, \dots, p_h, \dots, p_m, y\},$$

где p_h – независимые показатели, значения которых известны и на основании которых определяется зависимый показатель y .

Множество значений S , которые может принимать показатель y , заранее определено и конечно:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_r, \dots, s_k\},$$

где k – количество классов, на которые разбиваются исследуемые объекты учета.

Задачу кластеризации следует решать так. Есть множество исследуемых объектов учета V_o . Требуется построить множество кластеров C и отображение F множества V_o на множество C . Отображение F задает модель данных, являющуюся решением задачи:

$$F: V_o \rightarrow C,$$

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_k, \dots, c_g\},$$

где c_k – кластер, содержащий «похожие» друг на друга объекты из множества V_o :

$$c_k = \{o_j, o_i \mid o_j \in V_o \& o_i \in V_o \& d(o_j, o_i) < \sigma\},$$

где σ – величина, определяющая меру близости для включения объектов в один кластер;

$d(o_j, o_i)$ – мера близости между объектами, называемая расстоянием.

Основой для прогнозирования в случае мониторинга (ввиду его проведения на периодической основе) служит ретроспективная информация, хранящаяся в базе данных в виде временных рядов. Обозначим генеральную совокупность, которой принадлежат все значения показателей через S . Таким образом, S представляет собой поток значений, поступающих в систему мониторинга извне. После контроля и первичной обработки значение подается на вход подсистемы хранения. Преобразованный поток значений обозначим через V_s . Периодические показатели, то есть показатели с переменными

значениями в зависимости от того, значение какого периода введено, формально выглядят в модели как наборы значений. Данный набор представляет собой множество упорядоченных пар: период – значение за период. Таким образом,

$$V_s = \{d, s_i \mid d \in D \& s_i \in S\},$$

где d – идентификатор периода учета значений показателя s .

Значения периодических показателей обычно фиксируются через равные промежутки времени и могут быть представлены в виде последовательности $\{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_n\}$, где n – количество периодов учета.

Задачу построения прогноза по временному ряду можно сформулировать следующим образом. Имеются значения периодического p_h показателя объекта учета o_j за n периодов:

$$p_h = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_n\}.$$

На их основании требуется определить значение s_{n+k} , при $k > 0$.

Задача контроля данных состоит в сравнении значений показателей, характеризующих состояния объектов учета со значениями определенных параметров и их оценку на соответствие этим параметрам.

Задачу контроля наименьшего и наибольшего значения показателя можно сформулировать следующим образом: имеется множество всех показателей P , свойственных объектам учета определенного типа и множество S_i , содержащее значения конкретного показателя p_i :

$$S_i = \{s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{ik}\}.$$

Необходимо сформировать множество P_m :

$$P_m = \{m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_n\},$$

где m_i – показатель, прошедший контроль наименьшего и наибольшего значения:

$$m_i = \{p_i \mid p_i \in P \& s_{ij} \in S_i \& s_{ij} < \max_i \& s_{ij} > \min_i\},$$

где $\max_i$ и $\min_i$ – задаваемые в процессе подготовки задачи контроля минимальное и максимальное допустимые значения показателя p_i .

Задача контроля разницы между наибольшим и наименьшим значением показателя решается следующим образом. На основе исходных данных предыдущей задачи необходимо сформировать множество P_r :

$$P_r = \{r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_n\},$$

где r_i – показатель, прошедший контроль разницы между максимальным и минимальным значением:

$$r_i = \{p_i \mid p_i \in P \& s_{imax} \in S_i \& s_{imin} \in S_i \& |s_{imax} - s_{imin}| < \text{int}_i\},$$

где int_i – задаваемая в ходе настройки допустимая разница между наибольшим и наименьшим значениями p_i показателя;

s_{imax} и s_{imin} – наибольшие и наименьшие значения показателя p_i .

При решении задачи контроля среднего арифметического необходимо сформировать множество P_a :

$$P_a = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\},$$

где a_i – показатель, прошедший контроль среднего арифметического:

$$a_i = \{p_i \mid p_i \in P \& \text{avr}(k, S_i) < \text{amax}_i \& \text{avr}(k, S_i) > \text{amin}_i\},$$

где k – количество значений показателя p_i ;

$$\text{avr}(k, S_i) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k s_{ij} \text{ – среднее арифметическое значений } p_i \text{ показателя;}$$

amax_i и amin_i – задающиеся минимальное и максимальное допустимые значения среднего арифметического значений p_i показателя.

Решение задачи контроля выбросов – значений показателей, резко отличающихся от основного числа значений, заключается в следующем. Необходимо сформировать множество P_g :

$$P_g = \{g_1, g_2, \dots, g_i, \dots, g_n\},$$

где g_i – показатель прошедший контроль выбросов:

$$g_i = \{p_i \mid p_i \in P \ \& \ s_{i,h+1} \in S_i \ \& \ h = \overline{1, k-1} \ \& \ |\text{avg}(h, S_i) - s_{i,h+1}| < \text{out}\},$$

где out – задаваемая допустимая разница между средним арифметическим значений показателя p_i и рассматриваемым значением $s_{i,h+1}$.

МОДЕЛИ ПРАВИЛ АНАЛИЗА ДАННЫХ

Моделирование правил анализа и критериев контроля данных административного мониторинга преследует две цели. Во-первых, необходимо в терминах модели представления объекта административного мониторинга [4] формализовать рассмотренные задачи анализа и контроля. То есть определить информационную модель задач, которая будет использоваться в качестве основы при проектировании как внутренних структур данных подсистемы анализа и контроля, так и структуры информационных потоков, связывающих подсистему хранения с подсистемой анализа и контроля. Во-вторых, будет получено абстрактное представление процедур преобразования данных, осуществляемых в ходе решения задач анализа и контроля, то есть спецификации процедур анализа и контроля, необходимые для проектирования алгоритмов.

Для решения задачи классификации необходимо указать тип объектов учета t_1 из множества типов V_t , которые необходимо разбить на классы. Также должно быть определено подмножество независимых показателей $X_{p1} = \{p_1, p_2, \dots, p_h, \dots, p_m\}$ данного типа объектов учета, на основании которых будет определяться значение зависимого показателя y , т.е. класс объекта учета. Наконец, должно быть определено множество значений, которые может принимать показатель y , тем самым определяя количество классов объектов учета.

Для построения функции классификации задается обучающая выборка данных. Для каждого значения класса вводится как минимум один набор значений независимых показателей. Эти значения могут быть взяты как из базы данных мониторинга, так и введены вручную. Чем больше обучающая выборка, тем точнее будет функция классификации. Набор показателей X_{p1} объекта учета o_j рассматривается как координаты, а функция классификации имеет следующий вид:

$$y_j = \omega_0 + \omega_1 p_1 + \omega_1 p_2 + \dots + \omega_m p_m,$$

где $\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_m$ – веса независимых показателей, в поиске которых и состоит задача нахождения классификационной функции.

В результате модель правила анализа для задачи классификации будет иметь вид:

$$F(t, X_p, S, M) \rightarrow \Omega,$$

где на вход функции подаются:

- $t \in V_t$ – тип объектов, учет среди которых идет классификация;
- X_p – набор независимых показателей, на основании которых будет определяться класс объекта учета;
- S – множество значений зависимого показателя;
- M – обучающая выборка, представляющая собой матрицу, в строках которой находятся значения независимых показателей и соответствующее значение зависимого показателя (класса);
- результат функции $\Omega = \{\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_m\}$ – множество (вектор) весов независимых показателей.

При решении задачи кластеризации необходимо, как и в задаче классификации, указать тип t_1 объектов учета, которые необходимо разбить на кластеры, и выбрать показатели $X_{p1} = \{p_1, p_2, \dots, p_h, \dots, p_m\}$ данного типа, влияющие на процесс разбиения по кластерам. Необходимо сгруппировать данные таким образом, чтобы целевая функция алгоритма разбиения достигала экстремума (минимума). В модели правила кластеризации будут использоваться следующие понятия:

- входное множество данных M , на котором строится разбиение;
- метрика расстояния d ;
- вектор центров классов C (множество кластеров);

- матрица разбиения по кластерам U ;
- целевая функция $J=J(M,d,C,U)$.

Исследуемые данные (входное множество данных) представляются как множество векторов в многомерном пространстве, описывающих объекты учета. Каждый вектор состоит из набора координат – показателей $X_{p1} = \{p_1, p_2, \dots, p_h, \dots, p_m\}$. Каждый показатель имеет свой тип (числовой или категориальный) и свое множество значений.

Метрика расстояния – важнейшее понятие, используемое в кластеризации. Именно с помощью расстояния между входными векторами показателей определяется сходство и различие объектов учета. Есть множество способов вычисления расстояния: евклидово, Хемминга, расстояние Махаланобиса и др. Выбор способа вычисления расстояния зависит от природы объектов учета и непосредственно влияет на результат.

Целевая функция – это функция, минимизация которой дает решение задачи кластеризации. Последовательность действий, реализующая поиск минимума целевой функции, является алгоритмом кластеризации.

Матрица разбиения – это основной результат кластеризации. Матрица разбиения представляет собой таблицу, где каждая ячейка содержит значение функции принадлежности данного вектора показателей заданному кластеру. На основании этой матрицы получается итоговое разбиение.

Помимо матрицы принадлежности в качестве результата порождается множество центров кластеров. Центр кластеров – это вектор, степень принадлежности которого заданному кластеру максимальна. Как правило, центров кластеров нет в исходном множестве.

В результате модель правила для задачи кластеризации будет иметь вид:

$$F(t, X_p, M, d) \rightarrow (C, U),$$

где на вход функции подаются:

- $t \in V_t$ – тип объектов учета которые разбиваются на кластеры;
- X_p – набор независимых показателей, на основании которых будет осуществляться разбиение;
- M – входное множество объектов учета;
- d – метрика расстояний;

на выходе – множество центров кластеров C и матрица разбиения по кластерам U .

Для решения задачи прогнозирования необходимо указать экземпляр объекта учета $o_1 \in V_o$ и выбрать периодический показатель p из множества показателей X_{p1} , сопоставленного с типом данного экземпляра объекта учета отношением $R_{p1} = (o_1, X_{p1})$. Для данного показателя задается множество его значений (количество периодов учета), на основании которых будет рассчитываться прогноз, и количество периодов, на которое необходимо рассчитать прогноз.

В результате модель правила для задачи прогнозирования будет иметь вид следующей функции:

$$F(o, p, S_n, k) \rightarrow S_k,$$

где на вход функции подаются:

- $o_1 \in V_o$ – экземпляр объекта учета, имеющий показатель p , для которого будут определяться прогнозные значения;
- $S_n = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_n\}$ – множество значений периодического показателя p , на основании которых рассчитывается прогноз;
- k – количество периодов, на которое необходимо сделать прогноз;

на выходе функции $S_k = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_k\}$ – множество прогнозируемых значений периодического показателя.

МОДЕЛИ КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ ДАННЫХ

Во-первых, отметим, что задача контроля значений показателей может решаться на следующих наборах исходных данных:

- первичные показатели в базе данных;
- данные отчетов.

На логическом уровне модели критериев контроля для обоих источников данных будут одинаковые. Отличие в том, что в отчете присутствуют агрегированные (итоговые) показатели, что необходимо учитывать при задании параметров и величин, с которыми будут сравниваться показатели в процессе контроля данных.

Во-вторых, критерии контроля данных могут быть как четкими – дающими решение в рамках четкой логики, так и нечеткими – определяющими не факт, а степень принадлежности (близости) к некоторому решению задачи контроля данных. Модели контроля данных на основании четких и нечетких критериев будут существенно отличаться, поэтому их рассмотрение будет в отдельных нижеследующих подпунктах.

МОДЕЛИ ЧЕТКИХ КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ ДАННЫХ

Для контроля значений показателей необходимо задать тип объектов учета $t_1 \in V_t$ и показатель, соотнесенный с данным типом объектов учета. Для этого показателя задаются элементы множества допустимых значений контролируемых характеристик Q .

В результате модели критериев контроля данных (в зависимости от контролируемых параметров) будут иметь вид следующей функции:

$$F(t, m, M, Q) \rightarrow (P_m, P_n),$$

где на вход подаются:

- $t \in V_t$ – тип объекта учета
- m – показатель, принадлежащий типу объекта учета t ;
- M – множество объектов учета типа t , которые будут проходить контроль значений по показателю m ;
- Q – множество возможных контролируемых характеристик для показателя m .

Элементами множества Q являются:

- $\max$ и $\min$ – максимальное и минимальное допустимые значения показателя m ;
- int – допустимая разница между наибольшим и наименьшим значениями показателя m ;
- amax и amin – максимальное и минимальное допустимые значения среднего арифметического значений показателя m ;
- out – допустимая разница между средним арифметическим значений показателя m и его новым значением.

Результатом применения процедур контроля являются:

- P_m – множество объектов учета, которые удачно прошли контроль значений по показателю m ;
- P_n – множество объектов учета, которые не прошли контроль значений показателю m .

МОДЕЛИ НЕЧЕТКИХ КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ ДАННЫХ

При решении задач контроля данных производится сравнение значений показателей с некоторыми запланированными или нормативными величинами. Другими словами значения показателей или их производные должны лежать в определенных диапазонах по различным критериям. В моделях четких критериев контроля данных объекты учета разбиваются на два множества. В одном множестве содержатся объекты учета, у которых значения показателей принадлежат заданному диапазону, в другом множестве содержатся объекты учета, у которых значения показателей не входят в заданный диапазон. Степень принадлежности значений показателя объекта учета заданному диапазону не учитывается.

В моделях нечетких критериев контроля данных вводится функция принадлежности следующего вида:

$$N_k = \{ \langle x_1, y_1 \rangle, \langle x_2, y_2 \rangle, \dots, \langle x_i, y_i \rangle, \dots, \langle x_k, y_k \rangle \},$$

где x_i – часть заданного диапазона (поддиапазон);

y_1 – символьное имя, характеризующие объекты учета, у которых значения показателей попали в данную часть диапазона.

Необходимо отметить, что вид функции принадлежности может отличаться от приведенного выше в зависимости от специфики задачи контроля. Так, аналитика могут интересоваться не попавшие в диапазон корректных значения, а вышедшие за его пределы, соответственно, части 1 .. k будут выделяться на диапазоне не прошедших контроль значения, определяя степень отклонения. Возможна и комбинация этих двух видов функций, когда отслеживается близость к границам диапазона как с одной стороны, так и с другой.

В результате объекты учета разбиваются на k+1 множеств, в которых k множеств соответствуют принадлежности значений показателей объектов учета k частям заданного диапазона и одно множество, в котором значения показателей объектов учета не принадлежат заданному диапазону.

В результате вышеизложенного модели нечетких критериев контроля данных будут иметь вид:

$$F(t, m, M, Q, N_k) \rightarrow P,$$

где P – множество, состоящее из подмножеств, соответствующих выделенным в функции принадлежности k поддиапазонам, и одного или более подмножеств (зависит от постановки задачи контроля и вида диапазона, определенного N_k), соответствующих значениям, не вошедшим в диапазон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Задачи анализа и контроля данных административного мониторинга являются неотъемлемой частью процесса управления в сложных ОТС. При этом процедуры анализа данных (обычно) реализуются в ходе этапа выработки альтернатив управляющего воздействия, а процедуры контроля реализуются в текущем режиме с целью отслеживания отклонений параметров, характеризующих состояние объекта управления, от приемлемых.
2. Разработанные формализованные модели правил анализа и критериев контроля данных обеспечивают представление задач анализа и контроля в терминах модели хранения данных административного мониторинга, а также получение абстрактных представлений процедур преобразования данных, осуществляемых в ходе решения задач анализа и контроля.
3. Модели критериев контроля данных должны разделяться на модели четких и нечетких критериев контроля. Относительно вторых должны быть предусмотрены механизмы формирования функции принадлежности, показывающей степень принадлежности значений показателей объекта учета к заданному диапазону.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коськин А.В. Информационно-аналитические ресурсы для управления организационно-техническими системами: монография. – М: Машиностроение-1, 2006. – 208 с.
2. Кравцова Н.А. Методика организации процессов сбора, хранения и обработки данных в автоматизированной адаптивной системе административного мониторинга // Сборник трудов X Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации». – Новосибирск: НГТУ, 2010. – В 4-х частях. – Ч. 1. – С. 139-141.
3. Константинов И.С. Формализация задач анализа и контроля данных в автоматизированной адаптивной системе административного мониторинга / И.С. Константинов, А.И. Фролов, П.В. Лукьянов // Информационные системы и технологии. Материалы Международной научно-технической интернет-конференции, апрель-май 2011 г., г. Орел – В 3-х т. – Т. 1 / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. И.С. Константинова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», 2011. – С. 31-37.
4. Константинов И.С. Модель хранения данных в адаптивной автоматизированной системе административного мониторинга / И.С. Константинов, А.И. Фролов, Н.А. Кравцова // Информационные системы и технологии, 2010. – № 4(60). – С. 66-73.

Константинов Игорь Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор

Тел.: 8 (4862) 40-96-14

E-mail: konstantinov@ostu.ru

Фролов Алексей Иванович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, директор ресурсного центра информатизации образования

Тел.: 8 (4862) 43-56-11

E-mail: aifrolov@ostu.ru

Лукьянов Павел Вадимович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант, инженер-программист кафедры «Информационные системы»

E-mail: ckboji@gmail.com

I.S. KONSTANTINOV (Doctor of Engineering Sciences, Professor)

*A.I. FROLOV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Director of the resource center of information of education)*

*P.V. LUKYANOV (Post-graduate student, programming engineer of the department
«Information systems»)*

State University – ESPC, Orel

**MODELS OF DATA ANALYSIS RULES AND CRITERIA CONTROL
IN THE SYSTEM OF ADMINISTRATIVE MONITORING**

In article questions of the data analysis and control in the automated adaptive system of administrative monitoring are considered. Formulation of data analysis and control problems of administrative monitoring is given. Formal models of data analysis rules and criteria control in the automated system of monitoring are composed.

Keywords: *automated system; monitoring; analysis of the data; control of the data; model; analysis rules; criteria control.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kos'kin A.V. Informacionno-analiticheskie resursy' dlya upravleniya organizacionno-texnicheskimi sistemami: monografiya. – M.: Mashinostroenie-1, 2006. – 208 s.
2. Kravcova N.A. Metodika organizacii processov sbora, xraneniya i obrabtki danny'x v avtomatizirovannoj adaptivnoj sisteme administrativnogo monitoringa // Sbornik trudov X Vserossijskoj nauchnoj konferencii molody'x uchyony'x «Nauka. Teknologii. Innovacii». – Novosibirsk: NGTU, 2010. – V 4-x chastyax. – Ch. 1. – S. 139-141.
3. Konstantonov I.S. Formalizaciya zadach analiza i kontrolya danny'x v avtomatizirovannoj adaptivnoj sisteme administrativnogo monitoringa / I.S. Konstantinov, A.I. Frolov, P.V. Luk''yanov // Informacionny'e sistemy' i tekhnologii. Materialy' Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj internet-konferencii, aprel'-maj 2011 g., g. Oryol. – V 3-x tomax. – T. 1 / pod obshh. red. d-ra texn. nauk, prof. I.S. Konstantinova. – Oryol: FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK», 2011. – S. 31-37.
4. Konstantinov I.S. Model' xraneniya danny'x v adaptivnoj avtomatizirovannoj sisteme administrativnogo monitoringa / I.S. Konstantinov, A.I. Frolov, N.A. Kravcova // Informacionny'e sistemy' i tekhnologii, 2010. – № 4(60). – S. 66-73.

С.В. СМЕРНОВ

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАГРУЗКИ ОПЕРАТОРА
ПО ТРЕБУЕМОМУ УРОВНЮ НАДЕЖНОСТИ**

Рассмотрена проблема обеспечения требуемого уровня надежности персонала на основании оперативного планирования режима работы оператора с учетом индивидуальных особенностей адаптационных механизмов организма. Предложена модель нейро-нечеткой идентификации параметров загрузки оператора по требуемому уровню надежности его действий, позволяющая формализовать процесс интеллектуальной обработки контролируемых параметров деятельности при ограничении объема обучающей выборки.

Ключевые слова: надежность персонала; оперативное планирование режима работы; нейро-нечеткая идентификация.

Управление эффективностью производственной компании – это многогранная проблема, допускающая использование различных подходов и концепций. На сегодняшний день наиболее популярным в большинстве российских и западных компаний является метод управления по ключевым показателям эффективности (*KPI*).

Система управления эффективностью производственной компании традиционно включает три взаимосвязанных элемента:

- этику результативности, под которой подразумевается организационный контекст культуры и менталитета сотрудников, в рамках которых компания стремится достичь тех или иных результатов;

- систему контроля и управления результатами, включающую совокупность систематических процессов, процедур и методологических подходов, которые используются для оценки результатов деятельности компании и обратного воздействия с целью их улучшения;

- систему управления эффективностью персонала, состоящую из перечня процессов и стимулов, используемых компанией для достижения максимального уровня отдачи от сотрудников [1].

Система управления эффективностью персонала включает параметры и критерии оценки работы сотрудников, процесс рассмотрения результатов их работы, обратную связь и выводы. Для того, чтобы система управления могла обучаться на информации о действиях оператора и показателях рабочего процесса, может быть обоснован подход к управлению эффективностью персонала на основе ANFIS – адаптивной системы нейро-нечеткого вывода (Adaptive Network-based Fuzzy Inference System) [2]. Такой подход позволяет автоматически идентифицировать параметры загрузки оператора в зависимости от требуемого уровня эффективности его действий с учетом индивидуальных характеристик.

Ключевые показатели эффективности персонала представляют собой индикаторы успешности деятельности конкретных сотрудников и измеряются в количественном (время, количество единиц продукции, объем прибыли, процент брака и т.п.) или качественном выражении (уровень компетентности, качество обслуживания и т.п.). Для описания ролей и ответственностей при работе над многофункциональными проектами или процессами, в которых принимают участие несколько подразделений, используется матрица *RACI*. Термин *RACI* является аббревиатурой: *R* – исполняет; *A* – несет ответственность; *C* – консультирует; *I* – оповещается. В качестве показателя оценки *KPI* можно обосновать использование комплексного показателя оперативности, который включает показатель безошибочности, за счет учета времени повторного выполнения операции и определяется лингвистической переменной $Op = \{\text{"недостаточная"}, \text{"допустимая"}, \text{"высокая"}\}$.

Вместе с этим работа персонала современной производственной компании характеризуется высоким нервно-эмоциональным напряжением, обусловленным высокой

динамикой деятельности, необходимостью систематической переработки большого объема поступающей информации, зачастую в условиях дефицита времени. Напряженность процесса деятельности персонала приводит к тому, что значительная часть сотрудников находится в состоянии напряжения адаптационных механизмов, что сказывается на снижении уровня надежности их деятельности. Под надежностью деятельности понимается способность человека выполнять предписанные функции своевременно с заданным качеством при сохранении в допустимых пределах психофизиологической «цены» этой деятельности [3].

Среди методов психофизиологического контроля надежности персонала важное место занимает оценка вариабельность сердечного ритма (ВСР). Показатели ВСР быстро реагируют на кратковременные изменения уровня психического напряжения, которые отражают динамику психической нагрузки. Преимущества использования показателей ВСР для оценки функционального состояния организма заключаются в следующем [4]:

- наличие четкой зависимости между системами организма и параметрами кардиоинтервалограммы;
- соответствие показателей международным стандартам оценки, физиологической интерпретации и клинического использования
- объективность и точность статистической обработки электрических сигналов (электрокардиографический сигнал);
- неинвазивность метода при высокой надежности и объективности получаемых результатов;
- возможность накопления информации и ее анализа как в реальном времени, так и в динамике;
- возможность комплексного исследования функционального состояния организма без ограничения подвижности.

Для оценки влияния функционального состояния оператора необходимо снизить размерность анализируемого пространства признаков. Существуют три типа предпосылок, обуславливающих переход к меньшему числу показателей анализируемой системы:

- дублирование информации, сильно взаимосвязанными показателями;
- неинформативность показателей, мало меняющихся при переходе от одного объекта к другому (малая «вариабельность» признаков);
- возможность агрегирования (простого или «взвешенного» суммирования) по некоторым признакам.

В работах продемонстрирована достаточность ограниченного числа ключевых показателей трехфакторной модели оценки ВСР, нормирование которых осуществляется по двум диапазонам [4]:

- $SDNN_n$ – среднее квадратическое отклонение RR интервалов анализируемого временного ряда (NN – RR интервалы между комплексами QRS нормальных синусовых кардиоциклов, из которых исключены артефакты);
- b_{1n} – тангенс угла наклона линии регрессии графа (независимая переменная – исходный массив RR_n , зависимая переменная – массив RR_{n+1});
- M_n – математическое ожидание расстояний между последовательными RR интервалами анализируемого временного ряда.

В качестве терм-множества лингвистической переменной оценки надежности сотрудника будем использовать множества $RI = \{\text{"плохо"}, \text{"удовлетворительно"}, \text{"хорошо"}\}$.

Одним из способов обеспечения требуемого уровня эффективности и надежности персонала является обоснование рационального режима труда и отдыха, который наилучшим образом обеспечивает одновременное сочетание повышения работоспособности и производительности труда, сохранение здоровья персонала, создание благоприятных условий для всестороннего развития человека [5].

Управляемый режим труда и отдыха оператора может быть охарактеризован профилем нагрузки, который состоит из чередующихся временных интервалов, характеризующихся пребыванием в одном из множества состояний активности, определяемых уровнем интенсивности работ. В соответствии с изменяющейся динамикой работоспособности человека основными критериями обоснования параметров профиля нагрузки является:

- определение текущей фазы работоспособности, в которой находится оператор в соответствии с общими закономерностями процесса;
- идентификация фазы активности по перечню показателей KPI выполнения операции, актуальной для конкретного оператора;
- оценку характера изменения динамики работоспособности для повышения эффективности оператора на принципах индивидуализации получаемых оценок.

Источником информации для оценок служит отчет, в котором указывается динамика работоспособности оператора с интервалом 10-15 минут и относительная оценка интенсивности действий. Таким образом, в качестве основных параметров профиля загрузки можно выбрать следующие характеристики:

- *Emp* – нормированный индекс загруженности, определяющий особенности выполнения определенной по KPI операции, который оценивается по интенсивности работы с клавиатурой и мышью в рамках требуемых приложений;
- *Int* – нормированная длительность временного интервала, в течение которого сотрудник выполнял операции с определенным ИЗ.

В качестве терм-множества лингвистических переменных будем использовать множества *Emp*, *Int* = {"низкий", "средний", "высокий", "очень высокий"}.

В соответствии с необходимостью комплексного применения подходов контроллинга показателей надежности деятельности персонала при обеспечении заданного уровня надежности при регулируемом режиме труда и отдыха можно выделить основные функции процесса идентификации загрузки операторов по требуемому уровню надежности их действий (рис. 1).

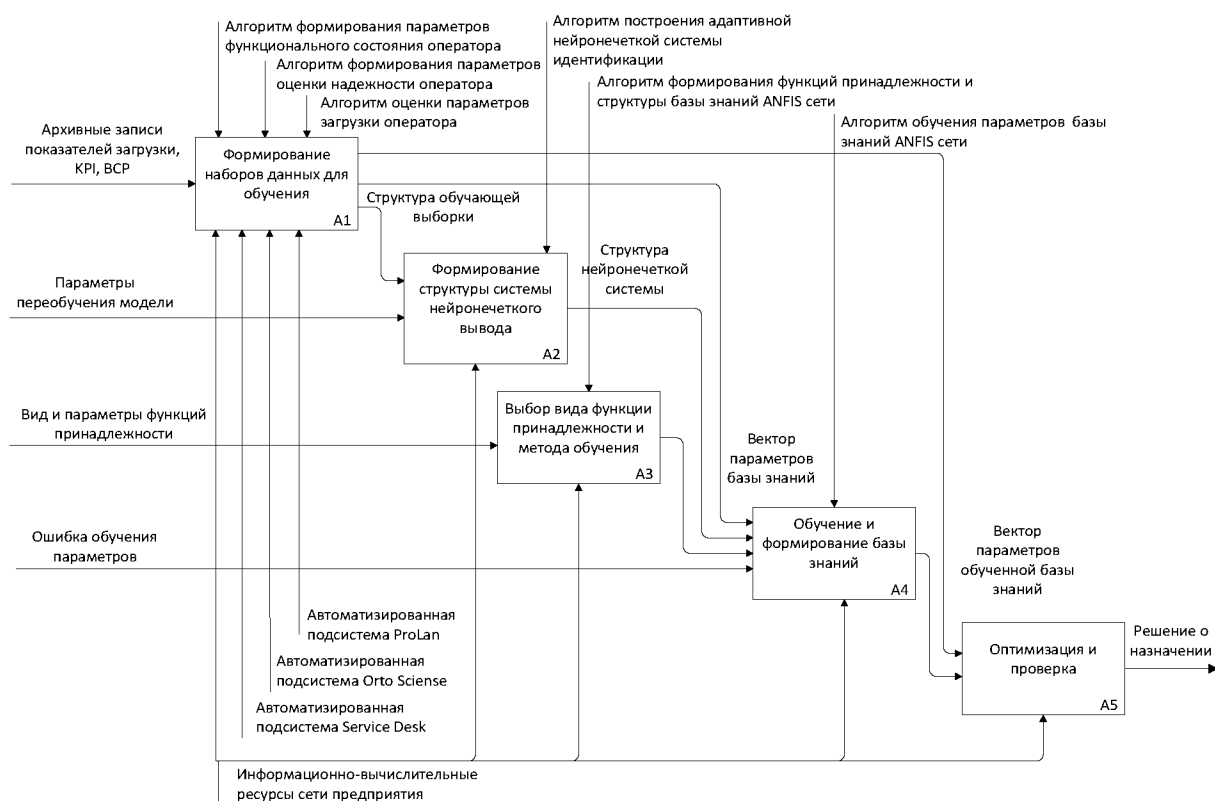


Рисунок 1 – Процесс идентификации параметров загрузки оператора по требуемому уровню надежности их действий

Проведем оценку работоспособности предложенного подхода для оперативной идентификации показателей загрузки оператора на примере функционирования службы Service Desk производственной компании [6].

Оценки эффективности процесса Service Desk по KPI реализуется средствами системы ИнфраМенеджер, позволяющая получать некоторых ключевые индикаторы производительности процесса Service Desk (табл. 1).

Таблица 1 – RACI матрица службы Service Desk и анализируемые KPI

Код	Операция	Ответственный	Показатель
SO 2.2	Назначение инцидентов	Координатор инцидентов	Время назначения (определения категории) инцидента
SO 2.4	Восстановление работоспособности	Аналитик инцидентов	Время разрешения инцидента
SO 2.5	Закрытие инцидентов	Аналитик инцидентов	Оценка своевременности закрытия инцидента

Оценка надежности оператора реализуется с применением метода экспресс-диагностики общей цены деятельности по данным параметров variability сердечного ритма. Мониторинг параметров осуществляется с применением программно-технического комплекса ORTO Science по одному отведению с применением грудного датчика кардиоинтервалов.

Для оценки параметров профиля загрузки используются результаты мониторинга и ретроспективного анализа деятельности операторов службы Service Desk производственной компании, полученные с применением метода «Автохронометраж» системы «Гамбургский счет» фирмы ProLAN. В рамках данной системы производится измерение относительного времени продуктивной работы оператора с компьютером. Общая структура комплекса формирования наборов для обучения представлена на рисунке 2.

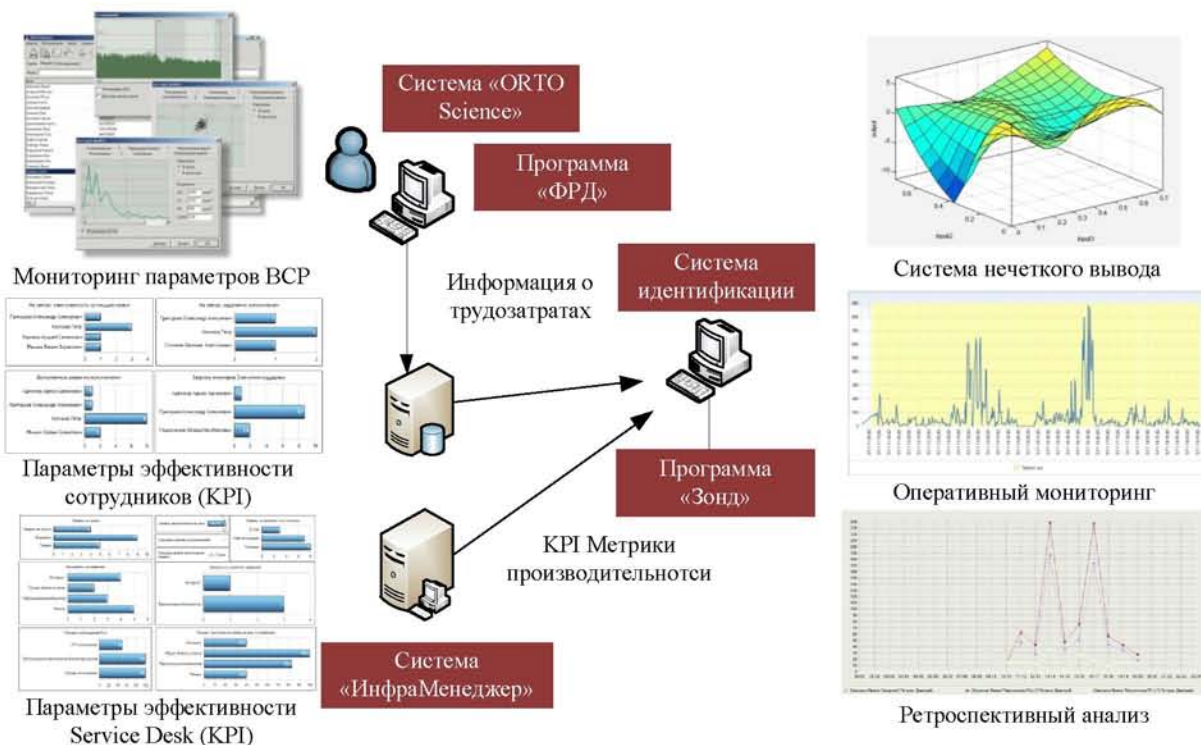


Рисунок 2 – Архитектура комплекса формирования наборов обучения для идентификации параметров загрузки персонала

Для формирования структуры нейро-нечеткой сети идентификации допустимого интервала загрузки оператора, реализующей систему нечеткого вывода типа Сугено [7], определим три входные переменные: Rt^{10} – рассогласования по надежности оператора на

предшествующем и текущем интервале анализа; Emp^{-10} – рассогласования по загруженности оператора на предшествующем и текущем интервале анализа; Op^{01} – достигнутый уровень оперативности реализации KPI на текущем интервале; одну выходную переменную: Int^{01} – нормированная длительность текущего интервала, на котором при заданных Emp^{-10} и RI^{-10} был достигнут определенный нормированный уровень оперативности Op^{01} .

Слой 1. Определяет нечеткие термы входных параметров. Выходы узлов этого слоя представляют собой значения ФП при конкретных значениях входов. Каждый узел слоя является неадаптивным с функцией принадлежности $\mu_{a_i^p}(x)$, где x_i – вход i -го узла,

$i = 1, \dots, n$; a_i^p – терм-множество лингвистической нечеткой переменной, ассоциированной с данным узлом. Для термов входных переменных выбраны гауссовы функции принадлежности:

$$\mu^{jp}(x_i) = 1 / \left[1 + \left(\frac{x_i - b_i^{jp}}{c_i^{jp}} \right)^2 \right], \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad p = k_j,$$

где $\mu^{d_j}(y)$ – функция принадлежности выхода y к классу $d_j \in [y_{j-1}, y_j]$; $\mu^{jp}(x_i)$ – функция принадлежности переменной x_i к терму a_i^p ; b_i^{jp} , c_i^{jp} – параметры настройки функций принадлежности.

Слой 2. Определяет посылки нечетких правил. Каждый узел соединен с узлами первого слоя, которые формируют предпосылки соответствующего правила. Выполняет нечеткую логическую операцию "и" на параметрах посылок правила. Выходами нейронов этого слоя являются степени истинности посылок каждого j -го правила базы знаний системы, вычисленные по формулам:

$$w_j = \min \left[\mu_{RI_j}(RI^{-10}), \mu_{Emp_j}(Emp^{-10}), \mu_{Op_j}(Op^{01}) \right].$$

Слой 3. Осуществляет нормализацию степеней выполнения правил. Неадаптивные узлы этого слоя рассчитывают относительную степень (вес) выполнения нечеткого правила по формуле:

$$\bar{w}_j = w_j / \sum_{j=1}^{24} w_j.$$

Слой 4. Адаптивные узлы четвертого слоя рассчитывают вклад каждого нечеткого правила в выход сети по формуле:

$$y_j = \bar{w}_j Int_j^{01}, \quad j = 1, \dots, 8,$$

где четкое число Int_j^{01} , задающее заключение каждого j -го правила, рассматривается как нечеткое множество с гауссовыми функциями принадлежности.

Слой 5. Неадаптивный узел этого слоя суммирует вклады всех правил:

$$y = \sum_{j=1}^4 y_j.$$

Программная реализация нейро-нечеткой сети получена в MATLAB Fuzzy Logic Toolbox с использованием программной m -функции `anfis` на основе настроенной системы нечеткого вывода. В процессе обучения параметры узлов сети настраиваются так, чтобы минимизировать стандартную ошибку (RMSE) – невязку между экспериментально измеренной оперативностью реализации показателя $KPI I(t)$ и выходом сети Int^{01} :

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [I(t) - Int(t)]^2} \rightarrow \min ,$$

где N – количество наблюдений в выборке обучающих данных $I(t)$.

Этап обучения синтезированной сети *anfis* для определения параметров ФП систем нечеткого вывода типа Сугено реализован с применением метода обратного распространения ошибки, основанном на градиентном методе наискорейшего спуска. Обучающая выборка содержит $N = 97$ наблюдений. Задано начальное значение шага 10^{-4} в направлении антиградиента критерия δ при изменении параметров ФП. Допустимое изменение величины шага за одну итерацию – 20%. До обучения сети значение критерия обучения $\delta = 0,96$, после 20 итераций $\delta = 0,92$.

Сравнение результатов нечеткого вывода для этих значений входных переменных, полученных с помощью разработанной нечеткой модели MATLAB, показывает их хорошую согласованность с экспериментальными данными, что подтверждает ее адекватность. Эта зависимость может послужить основой для программирования контроллера или аппаратной реализации соответствующего нечеткого алгоритма идентификации параметров загрузки оператора для решения задач оперативного планирования производственных заданий в процессе деятельности по заданному уровню надежности оперативного персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машковцев С.В., Бедило М.М. КРП для поддерживающих подразделений // Справочник кадровика, 2009. – № 5. – С. 129-131.
2. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.
3. Щебланов В.Ю., Бобров А. Ф. Надежность деятельности человека в автоматизированных системах и ее количественная оценка // Психологический журнал, 1990. – № 3. – С. 60-69.
4. Машин В.А. Трехфакторная модель вариабельности сердечного ритма. Часть 1. Исследование психических нагрузок при моделировании операторской деятельности // Труды психологической службы в атомной энергетике и промышленности. – Том 3. – Обнинск: Изд-во ИГСОЦИН, 2007. – С. 181-189.
5. Рабочая группа Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения физиологической интерпретации и клинического использования // Вестн. Аритмол, 1999. – № 11. – С. 53-78.
6. Ермошкин Н.Н., Тарасов А.А. Стратегия информационных технологий предприятия. – М.: Изд-во Московского гуманитарного университета, 2003.
7. Мещеряков В.А., Денисов И.В. Моделирование адаптивной системы нейро-нечеткого управления рабочим процессом стрелового крана // Автоматизация в промышленности, 2011. – № 5. – С. 83-89.

Смирнов Сергей Владиславович
Академия ФСО, г. Орел
Преподаватель
Тел.: 8 909 226 30 85
E-mail: soom23@rambler.ru

S.V. SMIRNOV (*The teacher in a military academy*)

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

LOAD PARAMETERS IDENTIFICATION ON REQUIRED OPERATOR RELIABILITY LEVEL

The problem of the personnel reliability of demanded level maintenance on the operational planning operator working mode, taking into account specific features of adaptable mechanisms of an organism is considered. The model of neuro-fuzzy identification of the operator loading parameters on demanded actions reliability level is offered, that allowing to formalize a controllable activity parameters intellectual processing at training volume restriction.

Keywords: *personnel reliability; operational planning working mode; neuro-fuzzy identification.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Mashkovecz S.V., Bedilo M.M. KPI dlya podderzhivayushhix podrazdelenij // Spravochnik kadrovika, 2009. – № 5. – S. 129-131.
2. Shtovba S.D. Proektirovanie nechyotkix sistem sredstvami MATLAB. – M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2007. – 288 s.
3. Shhelbanov V.Yu., Bobrov A.F. Nadyozhnost' deyatel'nosti cheloveka v avtomatizirovanny'x sistemax i eyo kolichestvennaya ocenka // Psixologicheskij zhurnal, 1990. – № 3. – S. 60-69.
4. Mashin V.A. Tryoxfaktornaya model' variabel'nosti serdechnogo ritma. Chast' 1. Issledovanie psixicheskix nagruzok pri modelirovanii operatorskoj deyatel'nosti // Trudy' psixologicheskoy sluzhby' v avtonomnoj e'nergetike i promy'shlennosti. Tom 3. – Obninsk: Izd-vo IGSOIN, 2007. – S. 181-189.
5. Rabochaya gruppa Evropejskogo kardiologicheskogo obshhestva i Severo-Amerikanskogo obshhestva stimulyatsii i e'lektrofiziologii. Variabel'nost' serdechnogo ritma. Standarty' izmereniya fiziologicheskoy interpretatsii i klinicheskogo ispol'zovaniya // Vest. Aritmol, 1999. – № 11. – S. 53-78.
6. Ermoshkin N.N., Tarasov A.A. Strategiya informacionny'x texnologij predpriyatiya. – M.: Izd-vo Moskovskgo gumanitarnogo universiteta, 2003.
7. Meshheryakov V.A., Denisov I.V. Modelirovanie adaptivnoj sistemy' nejro-nechyotkogo upravleniya rabochim processom strelovogo krana // Avtomatizatsiya v promy'shlennosti, 2011. – № 5. – S. 83-89.

УДК 681.518.5

Ю.В. КОЛОКОЛОВ, А.В. МОНОВСКАЯ

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МНОЖЕСТВА НАТУРНЫХ
БИФУРКАЦИОННЫХ ДИАГРАММ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

В статье обсуждается одна из задач по практическому использованию бифуркационного анализа для повышения качества процесса импульсного преобразования энергии. Предложен вариант ее решения на основе обработки множества натуральных бифуркационных диаграмм. Алгоритм данного решения предусматривает возможность автоматизации посредством использования принципов символической идентификации динамики ШИМ-преобразователей. Исследования проведены на экспериментальной установке импульсного электропривода постоянного тока.

Ключевые слова: интеллектуальная обработка данных; бифуркационный анализ; натуральный эксперимент; ШИМ-преобразователь.

ВВЕДЕНИЕ

Наличие ключевого элемента в силовой части импульсных преобразователей энергии (ИПЭ) приводит к принципиальной неустранимости нелинейных явлений, что подтверждается результатами компьютерных и экспериментальных исследований [1-5]. Тенденции развития ИПЭ, связанные с усложнением условий эксплуатации, расширением диапазонов регулирования, повышением быстродействия, увеличением разнообразия возможных режимов работы и т.п., приводят к неизбежному усилению негативного влияния нелинейных явлений на качество функционирования ИПЭ [6]. В этой связи повышается актуальность решения задачи адаптации динамики ИПЭ, независимо от того, линейный или нелинейный синтез системы управления используется. При этом эксплуатационный режим работы ИПЭ означает обеспечение заданной величины «запаса устойчивости».

Эта величина в настоящее время оценивается эмпирически в достаточно широком диапазоне на основе вычисления значений нескольких параметров, определяемых для усредненной модели ИПЭ [7-9]. В пространстве параметров в области локальной устойчивости эксплуатационного режима можно показать физическую сущность «запаса устойчивости» как расстояния между текущим состоянием и ближайшей бифуркационной границей. Вследствие неопределенности модели ИПЭ обеспечить адекватность результата вычисления бифуркационной границы достаточно сложно. Альтернативный вариант определения бифуркационной границы – натуральный эксперимент. Однако получаемая в этом случае граница будет «размытой» вследствие неопределенности текущих параметров и особенностей динамики ИПЭ. В результате, несмотря на то, что бифуркационный анализ является основным «инструментом» для исследования нелинейной динамики, в инженерной практике он до сих пор практически не используется [8, 9].

Известны алгоритмы построения бифуркационных диаграмм, основной цикл сбора данных заключается в последовательном выполнении следующих процедур: установка действующих параметров; пауза для завершения переходного процесса; сбор отсчетов переменной состояния с частотой ШИМ; запись данных в файл. Цикл повторяется при варьировании бифуркационного параметра в рамках заданного диапазона для указанного шага и направления его вариации. «Технической» проблемы построения экспериментальной бифуркационной диаграммы на основе использования современных микропроцессорных средств не существует. Вопросы возникают при анализе бифуркационных диаграмм, например, как получить на основе этих данных требуемую для практики информацию, как автоматизировать процесс получения этой информации и т.д. Исследованиям в данном направлении посвящена статья.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Условно можно выделить три задачи в области бифуркационного анализа динамики ИПЭ [1-5]. Первая задача – компьютерная имитация динамических процессов, отличных от эксплуатационного режима, что представляется предпочтительным с точки зрения максимальной безопасности проводимых исследований. Вторая задача является обратной – натурная верификация новых нелинейных явлений, выявляемых средствами вычислительного эксперимента. При решении данных задач возникают две взаимосвязанные проблемы. Во-первых, возможности вычислительного эксперимента ограничены тем, что математические модели ИПЭ являются системами дифференциальных уравнений с переменной структурой. Для подобных систем решение обратных задач, необходимых для поиска устойчивых периодических процессов множественных аттракторов, является затруднительным. В результате не представляется возможным гарантировать полноту знаний о нелинейной динамике ИПЭ [10-12]. Во-вторых, затруднительно в одинаковой степени адекватно моделировать несколько наблюдаемых в натурном эксперименте явлений. Например, если для характеристик эксплуатационного режима удастся обеспечить отклонение в несколько процентов между результатами натурных и компьютерных исследований, то для характеристик следующего в сценарии эволюции динамики процесса эти отклонения могут возрасти на порядок [2].

Ограничения на решение первых двух задач обуславливают повышение интереса к третьей задаче – оценке эволюции состояния ИПЭ на основе результатов только натурального эксперимента. Особенность этой постановки обусловлена наличием дилеммы научного исследования: компьютерные исследования позволяют исследовать каждый динамический процесс, но вследствие упрощений в модели ИПЭ полученные результаты являются достоверными только в пределах существующих знаний о динамике ИПЭ. В то же время натурный эксперимент дает «ответ», в достоверности которого нет сомнений, но этот ответ касается результата взаимодействия всех динамических процессов и не учитывает пределы теоретических знаний об этих процессах. В частности, в вычислительном эксперименте бифуркационная точка вычисляется как значение, при котором периодический процесс теряет локальную устойчивость (в смысле Ляпунова). В натурном эксперименте местоположение бифуркационной точки идентифицируется в интервале $[\alpha^{<1>}_{\max}, \alpha^{<2>}_{\min}]$, где $\alpha^{<1>}_{\max}$ – максимальное значение, при котором идентифицируется периодический процесс слева; $\alpha^{<2>}_{\min}$ – минимальное значение, при котором идентифицируется периодический процесс справа. Например, на рисунке 1(а) представлен фрагмент натурной бифуркационной диаграммы сценария удвоения периода 1-2-4-... через каскад «жестких» бифуркаций, где слева располагается ветвь эксплуатационного режима с периодом ШИМ (далее 1-процесса), а справа располагаются 2 ветви процесса с периодом, в 2 раза большим периода ШИМ (далее 2-процесса).

Во-вторых, реальная система функционирует в условиях варьирования множества внешних и внутренних параметров (например, варьирования нагрузки, изменения входного напряжения, варьирования температуры, старение элементов и т.д.), которые в большей или меньшей степени влияют на местоположение бифуркационной точки. Возможности измерительной системы для идентификации действующих значений параметров в совокупности с возможностями системы управления для коррекции этих значений ограничены. Таким образом, часть варьируемых параметров будет неидентифицируемой или/и неуправляемой. В результате при вариации параметров в объективно допустимых диапазонах будет наблюдаться «дрейф» бифуркационной точки. Например, будем условно считать значение $\alpha^{<1>}_{\max}$ как бифуркационную точку, и совместим 6 натурных бифуркационных диаграмм (рис. 1(б)). В качестве бифуркационного параметра в примере используется коэффициент усиления пропорционального звена системы управления (α), диапазон вариации которого [8;18]. Дрейф бифуркационной точки ($\Delta\alpha_{\text{drift}}$) обусловлен варьированием нагрузки на $\pm 15\%$. Результаты натурных экспериментов (рис. 1) получены на установке импульсного электропривода постоянного тока [2].

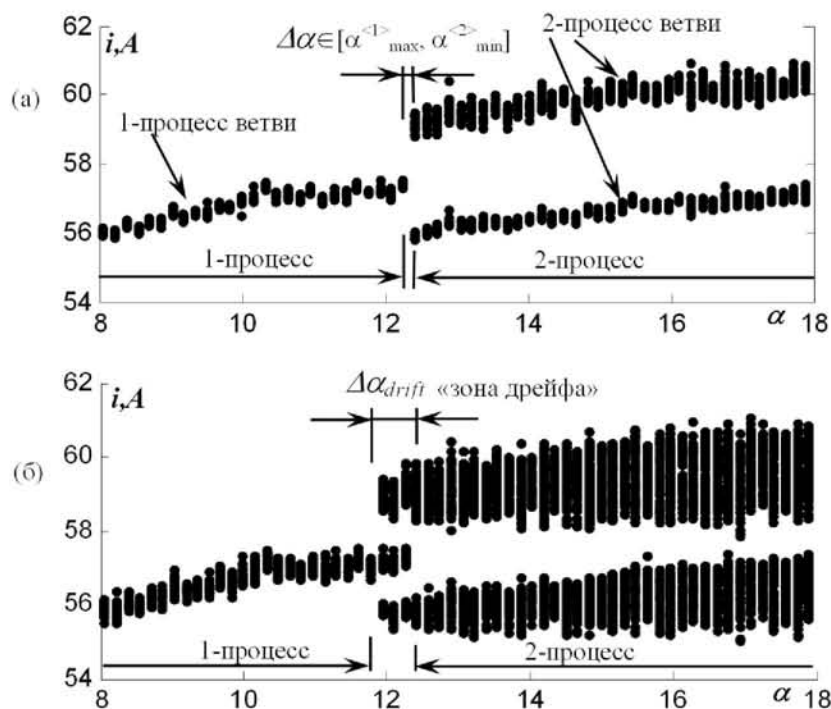


Рисунок 1 – Диапазон идентификации бифуркационной точки (а), зона дрейфа бифуркационного точки (б)

Далее можно проиллюстрировать, что бифуркационная диаграмма исходно не предназначена для отображения ряда явлений и характеристик, которые являются востребованными на практике. Например, известно, что в рамках множественного аттрактора устанавливается один из устойчивых периодических процессов, входящих в его состав. Однако какой именно периодический процесс установится, зависит от начальных условий и возмущений в ходе текущего переходного процесса. Следствием этой зависимости является явление гистерезиса, когда конкретное значение параметра, при котором происходит потеря устойчивости периодического процесса, зависит от направления квазистатического варьирования этого параметра [6, 12].

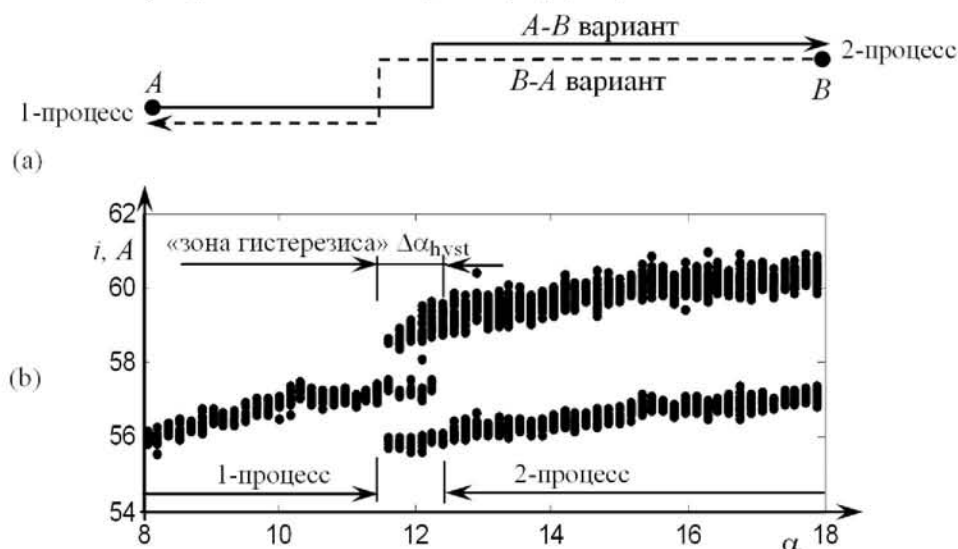


Рисунок 2 – Диаграмма формирования гистерезиса (а), зона гистерезиса в окрестности бифуркационной точки (б)

Например, на рисунке 2(а) поясняется принцип совмещения двух натуральных бифуркационных диаграмм, полученных при увеличении α из точки А (начальные условия 1-процесса, сплошная ломаная стрелка) и уменьшении α из точки В (начальные условия 2-

процесса, пунктирная ломаная стрелка). На рисунке 2(б) проиллюстрирован пример совмещения диаграмм по данному принципу, где первая диаграмма, соответствующая увеличению α , была представлена на рисунке 1(а). В диапазоне $\Delta\alpha_{\text{hyst}}$ 1- и 2-процессы могут быть устойчивыми, что делает состояние системы крайне чувствительным к возмущениям, в зависимости от которых возможны различные варианты переходов из 1-процесса в 2-процесс и обратно.

ГРАНИЦЫ И СТРУКТУРА ЗОНЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Будем называть натурную бифуркационную диаграмму, полученную при конкретных направлении и шаге квазистатического варьирования параметра – «бифуркационная реализация». Диапазон значений бифуркационного параметра, в котором отображаются (накапливаются) различия между бифуркационными реализациями в плане возможного местоположения бифуркационной точки выявляет местоположение «зоны неопределенности». Эта зона имеет сложную структуру, обусловленную взаимодействием нескольких явлений: дрейфа бифуркационной точки, перемежаемости, гистерезиса и т.п. Чем больше совмещено различных бифуркационных реализаций, тем зона неопределенности становится более выразительной. Например, на рисунке 3(а) представлен результат совмещения 30 бифуркационных реализаций, на основе которого зона неопределенности оценивается порядка 17% от диапазона 1-процесса.

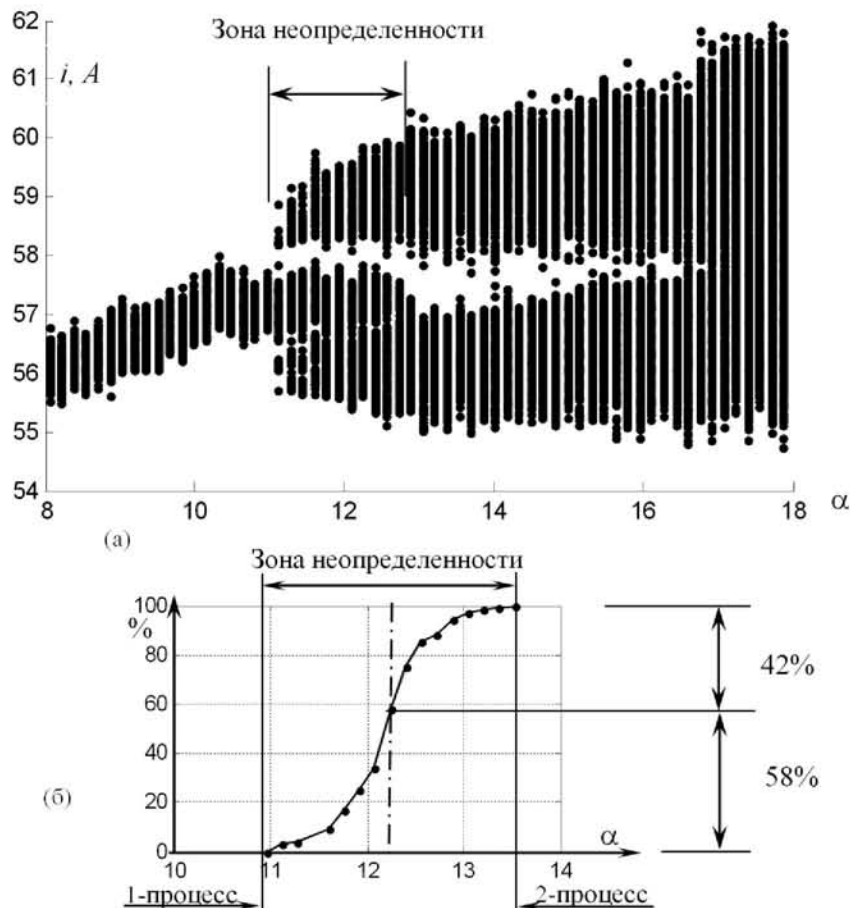


Рисунок 3 – Зона неопределенности на основе совмещения 30 бифуркационных реализаций (а), структура зоны неопределенности на основе анализа 60 бифуркационных реализаций (б)

С точки зрения практики оценка эволюции динамики ИПЭ предполагает оценку эволюции основных технических характеристик процесса импульсного преобразования энергии, в первую очередь, оценку частотной характеристики. Поиск необходимой информации означает ответ на вопрос, до каких пор эксплуатационный режим не будет терять устойчивость. Иными словами, необходимо определить левую границу зона

неопределенности. За правой границей зоны неопределенности будут наблюдаться только динамические процессы, отличные от эксплуатационного режима, но обеспечение функционирования ИПЭ в этих условиях не входит в штатные задачи системы управления. Однако в границах зоны неопределенности могут наблюдаться как эксплуатационный режим, так и отличные от него динамические процессы. Соответственно, поиск достаточной информации означает ответ на вопрос, какова эволюция частотной характеристики. Иными словами, речь идет об оценке вероятности потери устойчивости 1-процесса.

С другой стороны, совмещение бифуркационных реализаций делает «ветви» периодических процессов все более и более размытыми. В связи с этим требуется не только совместный, но и отдельный анализ каждой бифуркационной реализации с целью идентификации интервала значений $[\alpha^{<1>}_{\max}, \alpha^{<2>}_{\min}]$. С этой целью необходима идентификация состояния ИПЭ при каждом значении бифуркационного параметра. Для автоматизации данной процедуры наиболее предпочтительными представляются методы символической идентификации динамики ИПЭ, основанные на фрагментации временных рядов [11]. Тогда вероятность потери устойчивости 1-процесса при конкретном значении α для конкретного числа бифуркационных реализаций вычисляется как число событий «одноименный периодический процесс», деленное на общее число бифуркационных реализаций. Соответственно, эволюция частотной характеристики может быть представлена графиком вероятности появления эксплуатационного режима от 0 до 100%. Например, для 60 анализируемых бифуркационных реализаций в центре зоны неопределенности (обозначена штрихпунктирной линией на рисунке 3(б)) в 58% случаев идентифицируется 1-процесс, а в 42% случаев идентифицируется 2-процесс.

Иными словами, обработка реализаций с целью получения необходимой и достаточной для практики информации об эволюции частотной составляющей предполагает их комплексный анализ, который может быть формализован. Основные процедуры алгоритма получения и обработки данных представлены на рисунке 4.

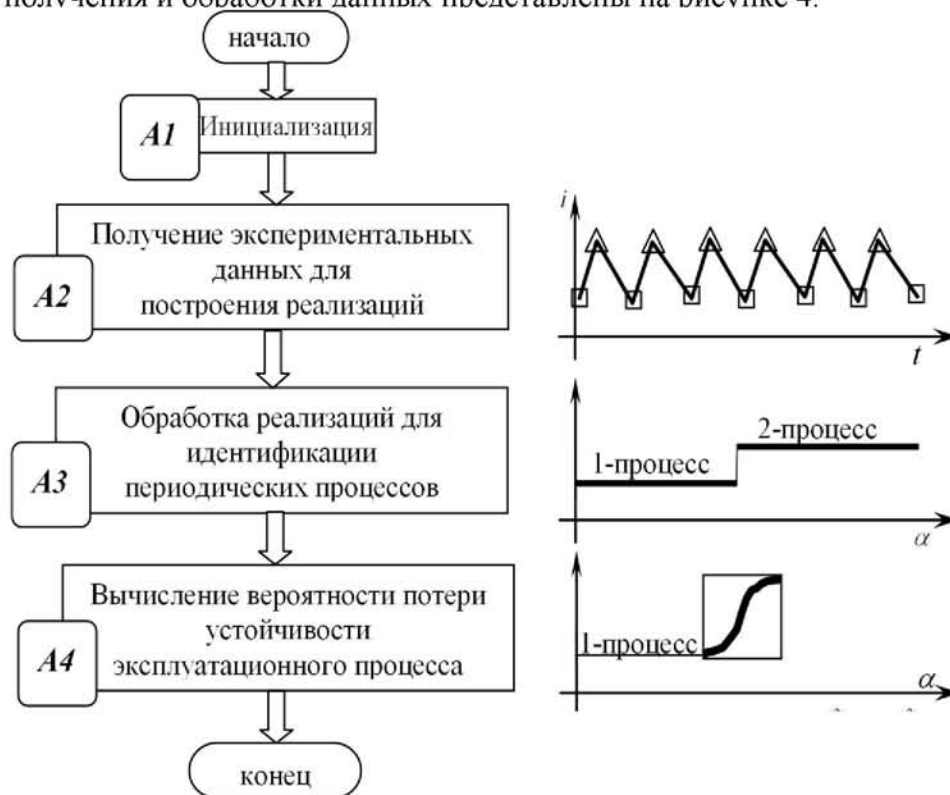


Рисунок 4 – Алгоритм получения и обработки данных

В ходе первой процедуры (A1) выполняется инициализация экспериментальной установки. В ходе второй процедуры (A2) посредством двух вложенных циклов выполняется сбор данных, необходимых для построения реализаций.

Внутренний цикл предназначен для сбора временных рядов переменной состояния в моменты фронта (обозначены квадратами на рисунке 2 справа от A2) и спада (обозначены треугольниками на рисунке 2 справа от A2) импульсной функции при конкретном значении бифуркационного параметра. Внешний цикл организует повторение внутреннего цикла при увеличении и уменьшении бифуркационного параметра. Третья процедура (A3) предназначена для определения в каждой реализации значений $\alpha_{\max}^{<1>}$ и $\alpha_{\min}^{<2>}$. В ходе четвертой процедуры (A4) вычисляется вероятность потери устойчивости эксплуатационного режима на выборке из всех имеющихся реализаций.

Результаты исследований позволяют сформулировать ряд практических рекомендаций:

1. Вблизи центра зоны неопределенности наблюдается резкое изменение ее структуры, что означает качественное изменение динамики системы. В этой связи центр зоны неопределенности можно принимать за местоположение бифуркационной точки.

2. Относительно левой границы зоны неопределенности можно уточнять и обосновывать эмпирические рекомендации по выбору минимального «запаса устойчивости» для функционирования ИПЭ при «наихудшем сочетании параметров».

3. Относительно правой границы зоны неопределенности можно оценивать момент окончательной потери устойчивости эксплуатационного режима.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальные исследования нелинейной динамики ИПЭ показывают, что различные явления возникают и взаимодействуют в границах некоторой зоны в окрестности бифуркационной точки – в границах зоны неопределенности. Пока не все механизмы этого взаимодействия понятны и недостаточность фундаментальных знаний является объективной причиной, которая сдерживает использование накопленных научных результатов на практике. В статье предлагается подход к решению одной из задач практического использования бифуркационного анализа, который позволяет на основе обработки множества натурных бифуркационных диаграмм определить границы зоны неопределенности, а также оценить возможность потери устойчивости эксплуатационного режима в этой зоне. Границы зоны неопределенности позволяют уточнять и обосновывать эмпирические рекомендации по выбору параметров системы управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lu J., Chen G. Generating multiscroll chaotic attractors: theories, methods and applications, Int. J. of Bifurcation and Chaos, 2006. – V. 16(4). – P. 775-858.
2. Kolokolov Yu.V., Koschinsky S.L., Bagrov V.V. Experimental dynamics of electromechanical pulse energy conversion systems. IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, 2006. – V. 55(1). – P. 35-43.
3. Kavitha A., Uma G. Experimental verification of hopf bifurcation in DC-DC Luo converter. IEEE Trans. on Power Electronics, 2008. – V. 23(6). – P. 2878-2883.
4. Basak B., Parui S. Exploration of bifurcation and chaos in buck converter supplied from a rectifier. IEEE Trans. on Power Electronics, 2010. – V. 25(6). – P. 1556-1564.
5. Yu D., Iu H.H.C., Chen H., Rodriguez E., Alarcon, E., El Aroudi A. Instabilities in digitally controlled voltage-mode synchronous buck converter, Int. J. of Bifurcation and Chaos, 2012. – V. 22(1). – P. 234-245.
6. Фейгин М.И. Вынужденные колебания систем с разрывными нелинейностями. – М.: Наука, 1994. – 312 с.
7. Мелешин В.И. Получение непрерывной линейной модели силовой части импульсного преобразователя как начальный этап проектирования его динамических свойств // Электричество, 2002. – № 10. – С. 38-43.
8. Sun J. Small-signal methods for AC distributed power systems – a review. IEEE Trans. on Power Electron., 2009. – V. 24(11). – P. 2545-2554.
9. Jelali M. An overview of control performance assessment technology and industrial applications. Control Engineering Practice, 2006. – V. 14. – P. 441-466.
10. Колоколов Ю.В., Моновская А.В., Устинов П.С., Багров В.В. Проблема неопределенности в динамике импульсного электропривода постоянного тока // Системы управления и информационные технологии, 2010. – № 1.2(39). – С. 304-308.

11. Колоколов Ю.В., Моновская А.В. Задачи прогнозирования в импульсных системах преобразования энергии // Информационные системы и технологии, 2012. – №3.
12. Feigin M.I., Kagan M.A. Emergencies as a manifestation of the effect of bifurcation memory in controlled unstable systems, Int. J. of Bifurcation and Chaos, 2004. – V. 14(7). – P. 2439-2447.

Колоколов Юрий Васильевич

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Доктор технических наук, профессор, директор Института (НОЦ) систем управления и информационных технологий

E-mail: 2kolo@mail.ru

Моновская Анна Владимировна

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Доктор технических наук, зав. кафедрой «Автоматизированные системы обработки информации и управления»

E-mail: anna.monovskaya@mail.ru

Yu.V. KOLOKOLOV (Doctor of Engineering Sciences, Professor, director of the Institute «Control systems and information technologies»

A.V. MONOVSKAYA (Doctor of Engineering Sciences, Head of the department «The automated systems of processing of information and management»)

Yugorsky state university, Khanty-Mansiysk

INTELLIGENT DATA ACQUISITION AND PROCESSING OF A SET OF EXPERIMENTAL BIFURCATION DIAGRAMMS FOR RESEARCHING THE UNCERTAINTY ZONE

One of the tasks regarding the practical application of the bifurcation analysis for the increase in quality of pulse energy conversion process is discussed in the paper. A variant of this task solution is proposed based on the processing of a set of bifurcation diagrams. The corresponding algorithm can be realized in automatic regime using the principles of the symbolical identification for PWM converters. The researches are carried out on the experimental setup of the DC-DC electric drive.

Keywords: *intelligent data acquisition and processing; bifurcation analysis; experimental research; PWM converter.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lu J., Chen G. Generating multiscroll chaotic attractors: theories, methods and applications, Int. J. of Bifurcation and Chaos, 2006. – V. 16(4). – P. 775-858.
2. Kolokolov Yu.V., Koschinsky S.L., Bagrov V.V. Experimental dynamics of electromechanical pulse energy conversion systems. IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, 2006. – V. 55(1). – P. 35-43.
3. Kavitha A., Uma G. Experimental verification of hopf bifurcation in DC-DC Luo converter. IEEE Trans. on Power Electronics, 2008. – V. 23(6). – P. 2878-2883.
4. Basak B., Parui S. Exploration of bifurcation and chaos in buck converter supplied from a rectifier. IEEE Trans. on Power Electronics, 2010. – V. 25(6). – P. 1556-1564.
5. Yu D., Iu H.H.C., Chen H., Rodriguez E., Alarcon, E., El Aroudi A. Instabilities in digitally controlled voltage-mode synchronous buck converter, Int. J. of Bifurcation and Chaos, 2012. – V. 22(1). – P. 234-245.
6. Feigin M.I. Vy'nuzhdenny'e kolebaniya sistem s razry'vny'mi nelinejnostyami. – M.: Nauka, 1994. – 312 s.
7. Meleshin V.I. Poluchenie neprery'vnoj linejnoy modeli silovoj chasti impul'snogo preobrazovatelya kak nachal'ny'j e'tap proektirovaniya ego dinamicheskix svojstv // E'lektrichestvo, 2002. – № 10. – S. 38-43.
8. Sun J. Small-signal methods for AC distributed power systems – a review. IEEE Trans. on Power Electron., 2009. – V. 24(11). – P. 2545-2554.
9. Jelali M. An overview of control performance assessment technology and industrial applications. Control Engineering Practice, 2006. – V. 14. – P. 441-466.
10. Kolokolov Yu.V., Monvskaya A.V., Ustinov P.S., Bagrov V.V. Problema neopredelyonnosti v dinamike impul'snogo e'lektroprivoda postoyannogo toka // Sistemy' upravleniya i informacionny'e texnologii, 2010. – № 1.2(39). – S. 304-308.
11. Kolokolov Yu.V., Monvskaya A.V. Zadachi prognozirovaniya v impul'sny'x sistemax preobrazovaniya e'nergii // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 3.
12. Feigin M.I., Kagan M.A. Emergencies as a manifestation of the effect of bifurcation memory in controlled unstable systems, Int. J. of Bifurcation and Chaos, 2004. – V. 14(7). – P. 2439-2447.

УДК 004.22

С.А. ЛУПИН, ТХАН ЗО У, ЧЖО МЬО ХТУН

МЕТОДЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ СИСТЕМАМИ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Рассматриваются методы отображения данных в диспетчерских пультах аппаратно-программных комплексов, используемых для управления распределенными системами обслуживания, и их влияние на качество принимаемых решений.

Ключевые слова: *распределенные системы обслуживания; методы отображения данных.*

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня распределенные системы обслуживания (РСО) играют важную роль во многих областях человеческой деятельности. А для таких служб, как охрана общественного порядка, скорая медицинская помощь, пожарная охрана и борьба с последствиями чрезвычайных ситуаций, они являются базовыми [1-3]. Все эти службы являются распределенными системами по своей структуре. Центральным элементом системы управления РСО являются аппаратно-программные комплексы на основе персональных компьютеров, одна из основных задач которых заключается в том, чтобы оптимально распределить имеющиеся обслуживающие ресурсы между текущими заявками и уменьшить время реакции системы [4]. В большинстве современных систем управления задача не решается автоматически, в этом процессе активное участие принимает оператор системы или диспетчер. В системах поддержки принятия решений задача распределения заявок решается одним из методов многокритериальной оптимизации.

На государственном уровне РСО имеют иерархическую структуру со слабыми горизонтальными связями между звеньями. Функции стратегического и тактического планирования делегируются на верхние эшелоны системы, а основное управление реализуется в нижних звеньях с помощью диспетчерских служб, в состав которых входят автоматизированные системы поддержки принятия решений, позволяющие снижать нагрузку на оператора.

Основная проблема, которую приходится решать разработчикам средств автоматизации для систем управления РСО, связана с необходимостью обеспечения операторов актуальной информацией о состоянии системы. Представим процесс принятия оператором решения как выработку некоторого управляющего воздействия D на систему:

$$D = F(\bar{P}, \bar{R}),$$

где $\bar{P}$ – вектор параметров, описывающих текущее состояние системы;

вектор $\bar{R}$ – целевое;

F – управляющая функция.

Эффективности процесса управления оценивают с помощью различных критериев, которые можно разделить на две группы:

- Критерии, оценивающие качество принятого решения.
- Критерии, оценивающие затраты на получение решения.

Одним из важнейших критериев второй группы является время, которое оператор тратит на формирование управляющего воздействия. Оперативность работы диспетчеров во многом зависит от информативности данных о состоянии системы $(\bar{P}, \bar{R})$ и способах их отображения на диспетчерских пультах. В работе исследуется возможность использования современных средств визуализации информации на разных стадиях процесса управления РСО.

ОТОБРАЖЕНИЕ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Методы отображения данных в системах управления можно условно разделить на:

- аналоговые;
- цифровые;
- графические;
- комбинированные.

Комбинации различных стрелочных и шкальных приборов, отображающих параметры объекта управления, например, стрелочные спидометр и датчик топлива в автомобиле, используют аналоговые методы. Такие устройства позволяют оператору быстро принимать решение, но занимают достаточно много места на пульте управления и обладают низкой мобильностью. При необходимости введения в систему управления новых контролируемых параметров приходится изменять конструкцию всего пульта.

Цифровые методы отображения данных позволяют выводить информацию в виде чисел, сопровождая при необходимости ее текстовой компонентой. Это делает их мобильными, позволяя на одном дисплее поочередно представлять информацию о различных характеристиках системы и делать пульта операторов компактными. Кроме того, малые габариты современных цифровых дисплеев позволяют создавать пульта управления, отображающие сотни параметров контролируемой системы, что увеличивает обоснованность принимаемых решений, но приводит к повышению нагрузки на операторов – цифровую информацию мозг человека обрабатывает медленнее аналоговой.

Графические методы отображения информации опираются на возможности современных дисплеев и позволяют создавать на экране не только комбинации виртуальных аналоговых и цифровых приборов, но и снабжать информацию анимационными вставками. Графические пульта обеспечивают высокую мобильность и информативность и являются доминирующими в системах управления РСО.

Пульта управления, в состав которых входят устройства разных типов, например, сочетание аналоговых и цифровых индикаторов, относятся к комбинированным.

Развитие компьютерных технологий позволяет широко использовать графику в системах поддержки принятия решений, но при этом необходимо обеспечивать не только увеличение информативности диспетчерских пультов и повышение качества принимаемых решений, но и снижение нагрузки на оператора. Поскольку графические методы представления данных являются средством научного обобщения, с помощью которых выявляются и рационализируются взаимосвязи между различными факторами, выполняется группировка параметров системы, повышается наглядность информации, мы можем использовать их и для обеспечения снижения времени принятия решения оператором.

УПРАВЛЕНИЕ РСО

Рассмотрим, на каких этапах процесса формирования решения в диспетчерских службах могут быть использованы графические методы отображения информации.

В общем случае распределенная система обслуживания характеризуется определенной зоной ответственности (территорией), закрепленной группой обслуживающих элементов и потоком поступающих заявок. Процесс формирования решения в системах управления РСО носит циклический характер, в каждом из которых можно выделить 3 этапа:

- отображение и анализ информации о текущем состоянии системы;
- распределение поступивших заявок;
- оценка состояния системы и коррекция управляющего решения.

Отображение. На этом этапе диспетчеру необходима детализированная информация о состоянии системы. Для РСО это может быть картографическая информация о районе обслуживания, совмещенная с данными о нахождении обслуживающих объектов и характеристиках поступивших заявок. Отображение или визуализация подобной информации на пульте оператора предусматривает создание изображения в виде плоской или объемной картинки территории с привязкой к местности объектов контроля и

управления. Наиболее распространена двухмерная визуализация, но благодаря развитию компьютерной техники и программного обеспечения всё большую роль начинают играть и методы объёмной трехмерной визуализации, что важно в задачах многокритериальной оптимизации. Визуализация является одним из важнейших средств, облегчающих понимание явлений, описанных данными большого объема.

Распределение. На этапе формирования решения диспетчер распределяет поступившие заявки между обслуживающими объектами. При этом он оценивает различные характеристики объектов обслуживания и параметры поступающих заявок. Например, в системах управления скорой помощью экипажи машин имеют разные специализации и квалификацию, набор оборудования. Вызовы от пациентов также несут в себе много важной информации – характер жалобы больного, его состояние. Если все эти параметры одновременно отображать на пульте оператора, то на их осмысление может уйти недопустимо много времени. Графический метод отображения информации позволяет существенно повысить оперативность системы управления. В рассмотренном примере мы можем воспользоваться цветовой маркировкой заявок и объектов управления, т.е. снизить размерность вектора $\bar{P}$, что значительно уменьшит нагрузку на оператора. Значительное повышение оперативности может дать технология «drag and drop», используемая в графических системах, при помощи которой оператор совмещает на дисплее изображение дежурной машины с источником заявки. При этом команда на исполнение заявки поступает дежурной машине автоматически, а оператор видит на дисплее результат ее прохождения.

Оценка. При интенсивном потоке заявок нагрузка на операторов систем управления РСО существенно увеличивается, что приводит к утомляемости и снижению качества принимаемых ими решений. Возникает необходимость в некоторой объективной оценке действий диспетчеров, что особенно актуально для систем жизнеобеспечения. Если на дисплее оператора отображать интегральный или некоторый набор объективных частных критериев, соответствующих принятому решению, то в системе появляется обратная связь, позволяющая корректировать управляющие воздействия. Для этого целесообразно использовать цифровые индикаторы для вывода значений критериальных функций, характеризующих состояние РСО.

Приведенные соображения позволяют считать, что повышение оперативности работы систем управления РСО можно обеспечить путем использования гибридных методов отображения информации на диспетчерских пультах. При этом основной объем информации следует представлять графическими методами, используя цифровые и аналоговые компоненты в качестве вспомогательных.

ПУЛЬТ ДИСПЕТЧЕРА РСО

С учетом приведенных выше соображений разработана структура диспетчерского пульта для системы управления РСО. Отличительной особенностью предлагаемого подхода является обеспечение снижения нагрузки на операторов систем при высокой интенсивности потоков заявок.

Внешний вид рабочего поля дисплея оператора системы управления РСО, отвечающего отмеченным выше требованиям, представлен на рисунке 1, где:

- обслуживаемые объекты;
- источник заявки;
- закрепленная территория;
- зона оперативной работы диспетчера;
- расчетное время реакции системы;
- расстояние между источником заявки и обслуживаемым объектом;
- интегральная оценка состояния системы.

Отметим, что зона (4) формируется системой поддержки принятия решений автоматически на основе анализа оперативной обстановки и позволяет снизить нагрузку на

диспетчера за счет исключения из отображения данных, не влияющих на принятие решения. При необходимости система визуализации или диспетчер могут масштабировать зону оперативной работы. Внешний вид и цвет объектов (1) и источников заявок (2) изменяется в зависимости от их параметров. Цифровые индикаторы (5-7) предоставляют диспетчеру объективные характеристики оперативной обстановки и состояния системы обслуживания. Их количество может варьироваться исходя из вида решаемых системой задач.

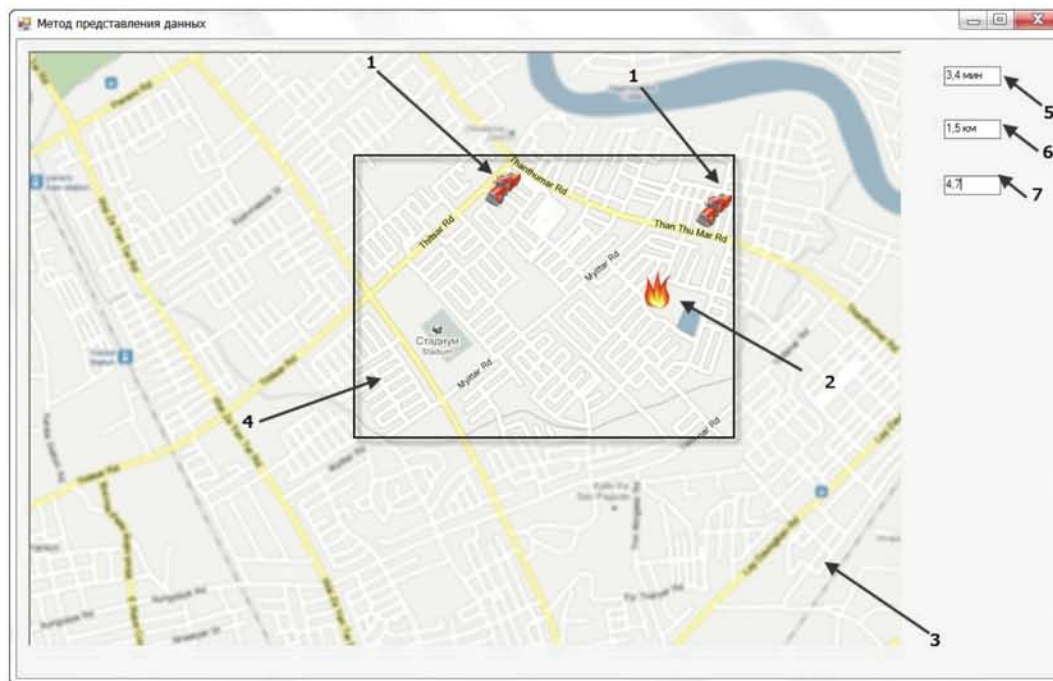


Рисунок 1 – Отображение информации на пульте диспетчера РСО

Предложенный подход был реализован в виде экспериментальной модели системы управления пожарной службой одного из районов города Янгон (Мьянма). В процессе моделирования нагрузка на оператора диспетчерской системы обеспечивалась путем задания различных характеристик потоков заявок – интенсивность возникающих пожаров и их категории. Характеристики и состав пожарной техники в процессе симуляций не изменялись, загрузка дорожной сети района при моделировании не учитывалась.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования подтвердили, что сочетание различных методов отображения информации и динамическое формирование рабочей зоны в диспетчерских службах систем управления РСО обеспечивает снижение нагрузки на оператора, повышение обоснованности принимаемых решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ямалов И.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 288 с.
2. МЧС России. Национальный центр управления в кризисных ситуациях [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mchs.gov.ru/upload/biblioteka/ncyks.pdf>.
3. Fire, Police, EMS Coordination at Fatal Apartment Building Explosion, Harlem, New York City [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.usfa.dhs.gov/downloads/pdf/publications/TR-068.pdf>.
4. Myo Myint Thu. Simulation of Distributed Service Systems // Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE Technical Report), Japan. – Vol. 109. – № 348, SSS2009-24-SSS2009-29, Safety, December 18, 2009, SSS2009-24. – P. 1-4.

Лушин Сергей Андреевич

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград

Кандидат технических наук, профессор кафедры «Вычислительная техника»
E-mail: lupin@micee.ru

Тхан Зо У

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград
Аспирант кафедры «Вычислительная техника»

Чжо Мью Хтун

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», г. Зеленоград
Аспирант кафедры «Вычислительная техника»

*S.A. LUPIN (Candidate of Engineering Sciences,
Professor of the department «Computer facilities»)*

*THAN ZO U, ChZhO M'O HTUN (Post-graduate students of the department «Computer facilities»)
National Research University of Electronic Technology, Zelenograd*

METHODS FOR DISPLAYING DATA MANAGEMENT SERVICES DISTRIBUTED SYSTEMS

Data displaying methods, used to manage of distributed service systems, and their impact on the quality of decisions are considered.

Keywords: *distributed service systems; data displaying methods.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Yamalov I.U. Modelirovanie processov upravleniya i prinyatiya reshenij v usloviyax chrezvy'chajny'x situacij. – М.: Binom. Laboratoriya znaniy, 2007. – 288 s.
2. MChS Rossii. Nacional'ny'j centr upravleniya v krizisny'x situacijax [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.mchs.gov.ru/upload/biblioteka/ncyks.pdf>.
3. Fire, Police, EMS Coordination at Fatal Apartment Building Explosion, Harlem, New York City [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.usfa.dhs.gov/downloads/pdf/publications/TR-068.pdf>.
4. Myo Myint Thu. Simulation of Distributed Service Systems // Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE Technical Report), Japan. – Vol. 109. – № 348, SSS2009-24-SSS2009-29, Safety, December 18, 2009, SSS2009-24. – P. 1-4.

РЕКУРСИВНЫЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ МИНИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА В СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Статья посвящена алгоритму оценки минимальной величины канального ресурса, достаточного для обслуживания известных потоков заявок с заданным качеством.

Ключевые слова: канальный ресурс; мультисервисная линия; рекурсия; функционал.

ВВЕДЕНИЕ

Основная область использования мультисервисных моделей – оценка минимальной величины канального ресурса, достаточного для обслуживания известных потоков заявок с заданным качеством. Если данная задача решается на стадии проектирования сети, то параметры определяются из маркетинговых исследований. Если соответствующая проблема возникает в процессе её эксплуатации, то параметры поступающих потоков заявок известны из измерений. Достаточность ресурса оценивается сравнением значения выбранного функционала, зависящего от характеристик качества обслуживания заявок, с его нормированной величиной, которая задаётся соответствующими регламентирующими документами [1-5]. Для трафика сервисов реального времени в качестве такого функционала можно взять максимальное значение доли потерянных заявок π . При этом доля потерянных заявок определяется из равенства

$$\pi = \max_{1 \leq k \leq n} \pi_k. \quad (1)$$

Другая возможность – использовать значение доли π_ℓ потерянного предложенного трафика, выраженного в канальных единицах, от величины предложенного трафика. Выражение для оценки π_ℓ имеет вид:

$$\pi_\ell = \frac{a_1 b_1 \pi_1 + a_2 b_2 \pi_2 + \dots + a_n b_n \pi_n}{a_1 b_1 + a_2 b_2 + \dots + a_n b_n}. \quad (2)$$

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть v – искомое значение канального ресурса. Идея алгоритма становится понятной, если рассмотреть решение поставленной задачи для моносервисной модели звена (модель Эрланга), являющейся частным случаем исследуемой модели мультисервисной линии. Примем $n = 1$, $b = 1$, тогда получаем соотношения вида:

$$p(i) = \frac{a}{i} p(i-1) I(i-1 \geq 0), \quad i = 1, 2, \dots, v. \quad (3)$$

Из (3) следует формула Эрланга [9] для вычисления доли потерянных заявок в системе из v каналов с пуассоновским потоком заявок интенсивности a . Для определения необходимого объёма канального ресурса расчетное соотношение для $E(v, a)$ рекомендуется переписать в виде рекурсии с очевидным начальным условием $E(0, a) = 1$:

$$E(r, a) = \frac{\frac{a}{r} E(r-1, a)}{1 + \frac{a}{r} E(r-1, a)}, \quad r = 1, 2, \dots, v. \quad (4)$$

Приведённая рекурсия следует после несложных алгебраических преобразований.

Отметим, что рекурсия в (4) теперь выполняется по величине объёма канального ресурса r , при её реализации используются только нормированные значения вероятностей $E(r, a)$. Это снимает упомянутые ранее вычислительные проблемы, связанные с применением (3). На каждом шаге алгоритма находятся нормированные значения $E(r, a)$, которые сравниваются с заданным показателем π . Если $E(r, a) > \pi$, то расчёты с использованием (4)

продолжаются до первого выполнения обратного неравенства. Полученное значение r и будет минимально необходимым объёмом канального ресурса, который обеспечивает обслуживание поступающих заявок с долей потерь, ограниченной величиной π .

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ МИНИМАЛЬНОГО КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА

Получим соотношение (4) другим способом, который может быть использован и для мультисервисных моделей. Введём обозначение $p_s(i)$ для стационарных вероятностей числа занятых канальных единиц i , где нижний индекс s указывает на объём канального ресурса, при котором были рассчитаны значения вероятностей. Пусть $P_{r-1}(i)$, $i = 0, 1, \dots, r-1$ – ненормированные значения стационарных вероятностей, найденные с использованием (3) для величины канального ресурса, равной $r-1$. Проведём их нормировку. Выполняется соотношение $E(r-1, a) = p_{r-1}(r-1)$. Увеличим объём канального ресурса на единицу и найдем с помощью (3) ненормированные значения $P_r(i)$, $i = 0, 1, \dots, r$, выбрав начальное значение рекурсии из соотношения $P_r(0) = P_{r-1}(0)$. Отсюда следуют равенства

$$P_r(i) = P_{r-1}(i), i = 0, 1, \dots, r-1. \quad (5)$$

Значение $P_r(r)$ находится из равенства (3) при $i = r$. Используя (5), получаем:

$$P_r(r) = \frac{a}{r} P_r(r-1) = \frac{a}{r} P_{r-1}(r-1). \quad (6)$$

Проведя нормировку $P_r(r)$, находим из (6) требуемое соотношение (4):

$$\begin{aligned} E(r, a) = p_r(r) &= \frac{P_r(r)}{P_r(0) + \dots + P_r(r-1) + P_r(r)} = \dots \\ &= \frac{\frac{a}{r} P_{r-1}(r-1)}{1 + \frac{a}{r} P_{r-1}(r-1)} = \frac{\frac{a}{r} E(r-1, a)}{1 + \frac{a}{r} E(r-1, a)}. \end{aligned} \quad (7)$$

Реализуем соответствующий подход для исследуемой модели мультисервисной линии. По-прежнему в обозначениях $p_s(i)$ для стационарных вероятностей общего числа занятых канальных единиц i нижний индекс s указывает на объём канального ресурса, при котором были рассчитаны значения вероятностей. Пусть

$$b = \max_{1 \leq k \leq n} b_k. \quad (8)$$

Найдём, используя рекурсию (4), нормированные значения вероятностей $P_{r-1}(0)$, $P_{r-1}(1)$, $\dots$, $P_{r-1}(r-1)$ для числа канальных единиц линии, равного $r-1$. Проведём оценку достаточности выбранного объёма канального ресурса. Для этого рассчитаем величину функционала, определённого выражениями (1) или (2). Заметим, что в обоих случаях для проведения вычислений достаточно знать только значения $P_{r-1}(r-1)$, $P_{r-1}(r-2)$, $\dots$, $P_{r-1}(r-b)$. При этом число используемых вероятностей не зависит от числа канальных единиц линии и всегда равно b .

Если анализируемого объёма канального ресурса не достаточно, то его значение увеличивается на единицу и расчёты проводятся заново. Процесс вычисления происходит следующим образом. Зададим начальный шаг рекурсии (4) из соотношения $P_r(0) = P_{r-1}(0)$ и последовательно выполним (2), меняя значение i от 1 до m . В соответствии с выбором начального условия полученные ненормированные значения $P_r(i)$, $i = 0, 1, \dots, r$ удовлетворяют равенствам

$$\begin{aligned} P_r(0) &= p_{r-1}(0), \\ P_r(1) &= p_{r-1}(1), \\ &\dots \dots \\ P_r(r-1) &= p_{r-1}(r-1), \\ P_r(r) &= \frac{1}{r} \sum_{k=1}^n a_k b_k p_{r-1}(r-b_k) I(r-b_k \geq 0). \end{aligned} \quad (9)$$

Для нормированного значения вероятности $P_r(r)$ получаем :

$$p_r(r) = \frac{P_r(r)}{P_r(0) + P_r(1) + \dots + P_r(r)} = \frac{P_r(r)}{1 + P_r(r)}. \quad (10)$$

Используя (9), перепишем (10) в виде

$$p_r(r) = \frac{\frac{1}{r} \sum_{k=1}^n a_k b_k p_{r-1}(r - b_k) I(r - b_k \geq 0)}{1 + \frac{1}{r} \sum_{k=1}^n a_k b_k p_{r-1}(r - b_k) I(r - b_k \geq 0)} = \quad (11)$$

Для оценки функционалов (1), (2) необходимо найти значения вероятностей $Pr(r), Pr(r - 1), \dots, Pr(r - b + 1)$. Величина $Pr(r)$ определяется из (11), а оставшиеся вероятности находятся после нормировки из соотношений

$$p_r(i) = \frac{p_{r-1}(i)}{1 + \frac{1}{r} \sum_{k=1}^n a_k b_k p_{r-1}(r - b_k) I(r - b_k \geq 0)}. \quad (12)$$

Если вычисления показывают, что анализируемое значение канального ресурса r недостаточно для обслуживания поступающих потоков заявок, то величина r увеличивается на единицу и расчёты повторяются. Из (12) и (11) следует, что для реализации следующего шага данного алгоритма достаточно знать не все, а только b нормированных значений стационарных вероятностей $p_r(i)$ с максимальной величиной i .

Рассмотренный алгоритм позволяет вести рекурсию по объёму канального ресурса. Причем на каждом шаге вычисляются только те нормированные значения вероятностей, которые требуются для оценки функционала качества обслуживания заявок и осуществления следующего шага рекурсии. Таким образом, предлагаемый здесь подход обеспечивает полную аналогию с рекурсивным алгоритмом (4), разработанным для модели Эрланга [9].

Приведём формальное изложение алгоритма. Пусть r – переменное значение объёма канального ресурса мультисервисной линии, v – величина минимально необходимого объёма ресурса для обслуживания заданных потоков заявок в соответствии со значениями QoS, заданными соотношениями (1) и (2) [6-8]. Последовательность определения v выглядит следующим образом:

Положим $p_0(0) = 1$.

Для каждого фиксированного значения $r = 1, 2, \dots$ находим $\min(b, r+1)$ нормированных значений вероятностей $p_r(i)$, $i = r, r-1, \dots, \max(r-b+1, 0)$, используя соотношения (12) и (13):

$$p_r(r) = \frac{\frac{1}{r} \sum_{k=1}^n a_k b_k p_{r-1}(r - b_k) I(r - b_k \geq 0)}{1 + \frac{1}{r} \sum_{k=1}^n a_k b_k p_{r-1}(r - b_k) I(r - b_k \geq 0)}; \quad (13)$$

$$p_r(i) = \frac{p_{r-1}(i)}{1 + \frac{1}{r} \sum_{k=1}^n a_k b_k p_{r-1}(r - b_k) I(r - b_k \geq 0)}, \quad i = r-1, r-2, \dots, \max(r-b+1, 0).$$

Рассчитываем функционал, определяющий качество обслуживания заявок, заданный соотношениями (1) или (2). Проверяем достаточность объёма канального ресурса в соответствии со сформулированным критерием. По результатам проверки либо заканчиваем процесс определения объёма канального ресурса, либо продолжаем.

На рисунке 1 показаны номера используемых состояний и порядок вычислений вероятностей при реализации построенной оптимизированной схемы оценки необходимого объёма канального ресурса. Величина $b = 3$. Заметим, что на каждом шаге алгоритма независимо от текущего значения объёма канального ресурса r вычисляется не более b значений нормированных стационарных вероятностей.

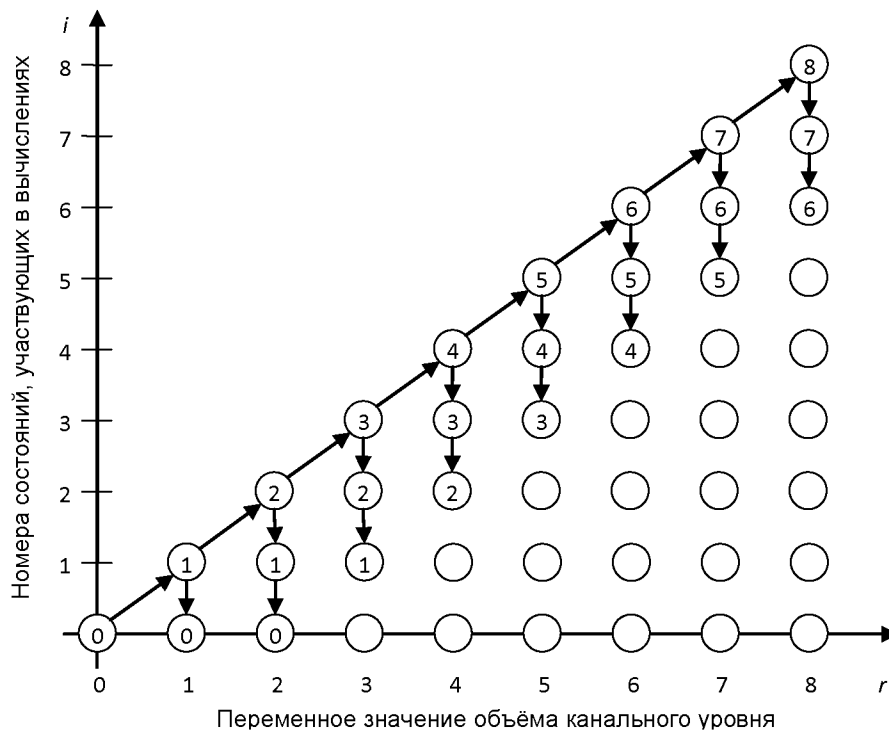


Рисунок 1 – Порядок вычислений стационарных вероятностей для оптимизированной схемы оценки объёма канального ресурса

Если положить в (13) $n = 1$ и $b = 1$, то получаем рассмотренное ранее рекуррентное представление формулы Эрланга (4):

$$p_r(r) = \frac{\frac{a}{r} p_{r-1}(r-1)}{1 + \frac{a}{r} p_{r-1}(r-1)}, \quad r=1,2,\dots; \quad p_0(0)=1.$$

Рассмотрим численный пример, иллюстрирующий эффективность использования разработанных алгоритмов. Соответствующие данные приведены в таблице 1. Анализируются две схемы: традиционная и оптимизированная. В первом случае определяются вероятности всех состояний модели, которые возникают при изменении величины канального ресурса от единицы до v . Расчёты проводятся с использованием рекурсии (4). Во втором случае находятся только те значения вероятностей, которые необходимы для ведения рекурсии и оценки показателей качества обслуживания заявок.

При выполнении вычислений используются соотношения (13).

Таблица 1 – Оценка относительного числа операций при использовании традиционной и оптимизированной схем решения задачи оценки канального ресурса

А (ЭрлК)	Канальная ёмкость v (к.е.)	Тради- ционная схема	Оптимизи- рованная схема	Значение π_4
100	161	36,4	1	0,00950
200	277	62,2	1	0,00994
300	389	87,1	1	0,00988
500	607	135,5	1	0,00974
750	873	194,7	1	0,00986
1000	1136	253,1	1	0,00983
2000	2171	483,1	1	0,00991
3000	3194	710,4	1	0,00994
5000	5225	1161,8	1	0,00993

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбранные значения входных параметров модели: $n = 4$, $b_1 = 1$, $b_2 = 3$, $b_3 = 5$, $b_4 = 10$. Величина интенсивности общего предложенного трафика A , выраженная в канальных единицах, меняется от 100 ЭрлК до 5000 ЭрлК и разделяется на отдельные потоки заявок с интенсивностями, определяемыми из соотношений $\alpha_k = \frac{A}{nb_k}$, $k=1,2,3,4$.

Процедура определения необходимого объёма канального ресурса ν заканчивалась при выполнении условия $\max_1 \leq k \leq n\pi k < 0,01$. Установлено, что максимальные потери будут испытывать заявки 4-го потока. В таблице приведены значения относительного числа операций при использовании традиционной и оптимизированной схем решения задачи оценки канального ресурса при сформулированных выше начальных условиях. За единицу приняты вычислительные усилия, потраченные на реализацию оптимизированной схемы.

Из анализа численных данных видно, что выигрыш в числе операций, который обеспечивается использованием оптимизированной схемы, весьма ощутим, особенно для больших значений канального ресурса, где он достигает величины нескольких порядков по сравнению с традиционным алгоритмом.

Представленный алгоритм удовлетворяет условиям Марковского процесса и обладает стабильностью. При проведении вычислений расчёты выполняются только с нормированными значениями вероятностей глобальных состояний модели, потенциально обладающих наибольшей вероятностной массой. Это приводит к тому, что не возникает проблем с переполнением или исчезновением порядка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лагутин В.С., Степанов С.Н. Телетрафик мультисервисных сетей связи. – М: Радио и связь, 2000.
2. Duffield N.Q. Resource management with hose: point-to-cloud services for virtual private networks / Duffield N.Q., Goyal P., Mishra P. // IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002. – V.10. – № 5. – P. 679-692.
3. Еременко В.Т. Математическая модель оценки производительности беспроводной вычислительной сети АСУ предприятия / В.Т. Еременко, С.И. Афонин, Д.А. Краснов и др. // Информационные системы и технологии, 2011. – № 5 – С. 11-20.
4. Еременко В.Т. Оптимизация ресурсов и управление процессами информационного обмена в сетях АСУТП на основе полевых шин / В.Т. Еременко, С.И. Афонин С.А. Максак, А.И. Куленич // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2011. – № 9. – С. 46-49.
5. Еременко В.Т. Синтез сетей передачи данных автоматизированных систем управления на основе критерия неблокируемой маршрутизации / В.Т. Еременко, С.И. Афонин, А.И. Офицеров, О.О. Басов // НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ Белгородского государственного университета. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика», 2011. – № 7(102). – Выпуск 18/1. – С. 168-176.
6. Колосов Д.Э. Модели и методы оптимального размещения информационных ресурсов в научно-образовательных телекоммуникационных сетях. – М.: 2005. – 152 с.
7. Кормен Т.Х. Алгоритмы: построение и анализ. – 2-е издание / Т.Х. Кормен, Ч.И. Лейзерсон, Р.Л. Ривест, К. Штайн. – М.: Вильямс, 2005. – 1296 с.
8. Росляков А.В. Виртуальные частные сети. Основы построения и применения. – М.: ЭкоТрендз, 2006. – 306 с.
9. Наумов Е.А. Теория телетрафика мультисервисных сетей / Е.А. Наумов, К.Е. Самуилов, Н.В. Яркина. – М.: Изд-во РУДН, 2007.

Еременко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

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

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: wladimir@orel.ru

Кузьмина Людмила Васильевна

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Старший преподаватель кафедры «Высшая математика»
Тел.: 8 960 641 45 37
E-mail: klv1315@mail.ru

Плещенков Дмитрий Алексеевич

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» (г. Орел)
Тел.: 8 (4862) 45-57-57
E-mail: evtib@ostu.ru

Краснов Дмитрий Александрович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»
Тел.: 8 (4862) 45-57-58
E-mail: ekshin@mail.ru

V.T. EREMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the department «Electronics, computer facilities and information security»*)

L.V. KUZMINA (*The senior teacher of the department «Higher mathematics»*)

D. A. PLASCHENKOV, D.A. KRASNOV

(*Post-graduate students of the department
«Electronics, computer facilities and information security»*)

State University – ESPC, Orel

RECURSIVE ALGORITHM OF AN ESTIMATION OF THE MINIMUM SIZE OF A CHANNEL RESOURCE IN A DATA TRANSMISSION NETWORK

Paper is devoted to algorithms for evaluation of minimal value channel resource, sufficient to serve the well-known streams of requests with the specified quality.

Keywords: *channel resource; multi-service line; recursion; functional.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lagutin V.S., Stepanov S.N. Teletrafik mul'tiservisny'x setej svyazi. – M.: Radio i svyaz', 2000.
2. Duffield N.Q. Resource management with hose: point-to-cloud services for virtual private networks / Duffield N.Q., Goyal P., Mishra P. // IEEE/ACM Transactions on Networking, 2002. – V. 10. – № 5. – P. 679-692.
3. Eryomenko V.T. Matematicheskaya model' ocenki proizvoditel'nosti besprovodnoj vy'chislitel'noj seti ASU predpriyatiya / V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, D.A. Krasnov i dr. // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 5. – S. 11-20.
4. Eryomenko V.T. Optimizatsiya resursov i upravlenie processami informacionnogo obmena v setyax ASUTP na osnove polevy'x shin / V.T. Eryomenko, S.I. Afonin, S.A. Maksakov, A.I. Kulenich // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2011. – № 9. – S. 46-49.
5. Eryomenko V.T. Sintez setej peredachi danny'x avtomatizirovanny'x sistem upravleniya na osnove kriteriya neblokiruemoj marshrutizatsii // V.T. Eryomenko, A.I. Oficerov, O.O. Basov // NAUChNY'E VEDOMOSTI Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika», 2011. – № 7(102). – Vy'pusk 18/1. – S. 168-176.
6. Kolosov D.E'. Modeli i metody' optimal'nogo razmeshheniya informacionny'x resursov v nauchno-obrazovatel'ny'x telekommunikacionny'x setyax. – M.: 2005. – 152 s.
7. Kormen T.X. Algoritmy': postroenie i analiz. – 2-e izdanie / T.X. Kormen, Ch.I. Lejzerson, R.L. Rivest, K. Shtajn. – M.: Vil'yams, 2005. – 1296 s.
8. Roslyakov A.V. Virtual'ny'e chastny'e seti. Osnovy' postroeniya i primeneniya. – M.: E'koTrendz, 2006. – 306 s.
9. Naumov E.A. Teoriya teletrafika mul'tiservisny'x setej / E.A. Naumov, K.E. Samuilov, N.V. Yarkinz. – M.: Izd-vo RUDN, 2007.

С.А. ЛАЗАРЕВ, А.В. ДЕМИДОВ

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМ ОБМЕНОМ СЕТИ КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛОВ

В рамках задачи построения системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов в данной статье проведен анализ возможностей построения подсистемы управления доступом, а также сформированы требования к данной подсистеме и указаны возможности практической реализации.

Ключевые слова: *распределенная сеть; управление доступом к информации; авторизация пользователей; корпоративный портал.*

Концепция построения сети корпоративных порталов [1-4] предполагает построение программно-технического комплекса на платформе свободно распространяемого программного обеспечения, который дает возможность эффективного управления информационным обменом распределенных компонентов сети через публичные каналы Интернет. Это, в свою очередь, обуславливает необходимость проектирования и реализации подсистемы управления доступом (access control subsystem) к системе. С этой целью необходимо:

- провести обзор существующих моделей организации контроля доступа;
- выявить наиболее значимые задачи для организации контроля доступа в рамках описанной концепции системы [1-4];
- сформировать модель управления доступом применительно к решаемой задаче;
- обозначить пути практической реализации.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА

Процедура управления доступом в общем виде – это процесс проверки запросов на доступ к сервису с целью определения разрешить или запретить доступ [5]. Большинство современных систем основано на модели, сформулированной Лампсоном (рис. 1) [6].

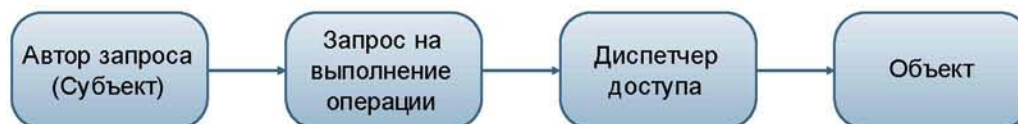


Рисунок 1 – Модель управления доступом Лампсона

В качестве автора запроса могут выступать: операторы, вычислительные машины или их группы. Диспетчер на основе следующих операций принимает решение о предоставлении соответствующего вида доступа к объекту:

- идентификация (определение источника запроса);
- аутентификация (подтверждение подлинности источника запроса);
- авторизация (анализ правил разграничения доступа).

Модель Лампсона дает самое общее представление об управлении доступом и является основанием для описанных далее моделей [7].

Дискреционные модели доступа (Discretionary Access Control) соответствуют следующим требованиям управления доступом:

- все объекты и субъекты должны иметь уникальный идентификатор;
- задана матрица доступов (каждая строка – субъект, каждый столбец – объект, в ячейке – список прав доступа);

– субъект имеет право доступа в том, и только в том случае, когда в ячейке матрицы доступа есть соответствующее право доступа.

В качестве примера реализации таких моделей можно привести систему управления доступом в POSIX-операционных системах (рис. 2).

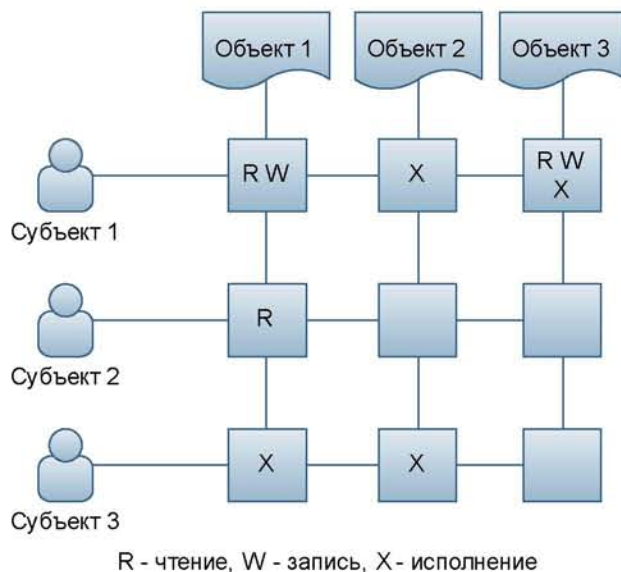


Рисунок 2 – Пример использования дискреционной модели доступа

Мандатные модели доступа (Mandatory Access Control) соответствуют следующим требованиям управления доступом:

- все объекты и субъекты должны иметь уникальный идентификатор;
- задана решетка уровней конфиденциальности информации;
- каждому объекту присвоен уровень конфиденциальности, определяющий установленные ограничения на доступ к данному объекту;
- каждому субъекту присвоен уровень доступа, определяющий уровень полномочий данного субъекта;
- субъект обладает правом доступа к объекту в том и только в том случае, когда уровень доступа субъекта позволяет предоставить ему доступ к объекту соответствующего уровня конфиденциальности.

Примером таких моделей может выступить модель Белла-ЛаПадулы. На практике такие модели применяются в военных системах с высокими требованиями к безопасности (рис. 3).

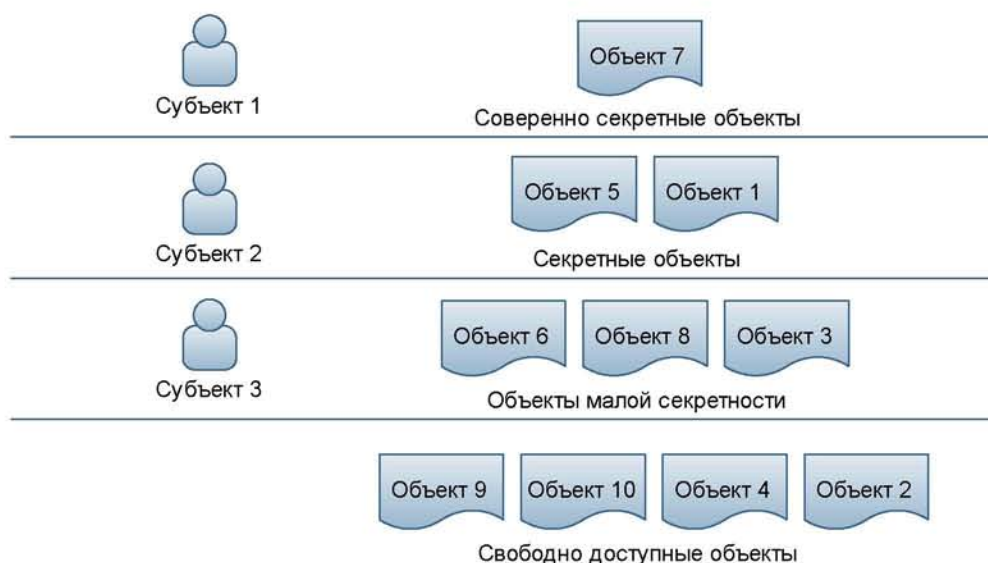


Рисунок 3 – Пример использования мандатной модели доступа

Ролевые модели доступа (Role-based Access Control) определяет следующие требования к системе:

- все объекты и субъекты должны иметь уникальный идентификатор;
- определено множество ролей, каждая из которых представляет собой некоторое множество прав доступа к объектам;
- каждый субъект обладает некоторым множеством разрешенных для данного субъекта ролей;
- субъект обладает правом доступа к объекту в случае, если субъект обладает ролью, во множестве прав доступа которой имеется данное право доступа к данному объекту.

Ролевые модели (рис. 4) широко применяются для управления пользовательскими привилегиями в пределах единой системы или приложения. Список таких систем включает в себя Microsoft Active Directory, SELinux, СУБД Oracle, PostgreSQL, Lotus Notes и др.

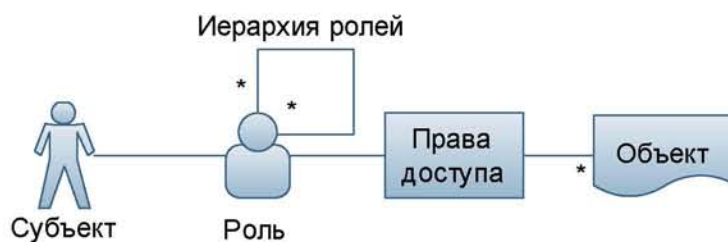


Рисунок 4 – Пример использования ролевой модели доступа

ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМ ОБМЕНОМ СЕТИ КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛОВ

В системе управления информационным обменом сети корпоративных порталов (далее система) требуется организация пользовательского домена. Под пользовательским доменом подразумевается уникально именованная группа пользователей, которая связана с одним учреждением и с одним или несколькими порталами, функционирует на одной аппаратно-программной платформе, имеет своего администратора, может иметь привилегированный доступ к ресурсам порталов, связанных с соответствующим сервером доступа.

На рисунке 5 выделены основные роли пользователей в системе и их взаимосвязь с реальными пользователями. В подсистеме управления доступом выделяются следующие роли пользователей [1]:

- неавторизованные пользователи;
- авторизованные пользователи;
- администраторы доступа;
- администратор сети.

Основываясь на описании ролей пользователей, можно сформулировать основные задачи подсистемы контроля доступа:

- организация иерархии групп привилегий доступа;
- пользователь системы должен принадлежать лишь к одной группе привилегий доступа;
- для каждого портала администратором доступа назначаются открытые и закрытые разделы с соответствующими уровнями требуемых привилегий;
- структура порталов, обслуживаемая одним сервером доступа, контролируется администратором пользовательского домена, им же вводятся и изменяются учетные записи пользователей и группы привилегий доступа;
- структура сети информационного обмена, обслуживаемая администратором сети, который, в свою очередь, имеет возможность создания и изменения доменных групп.

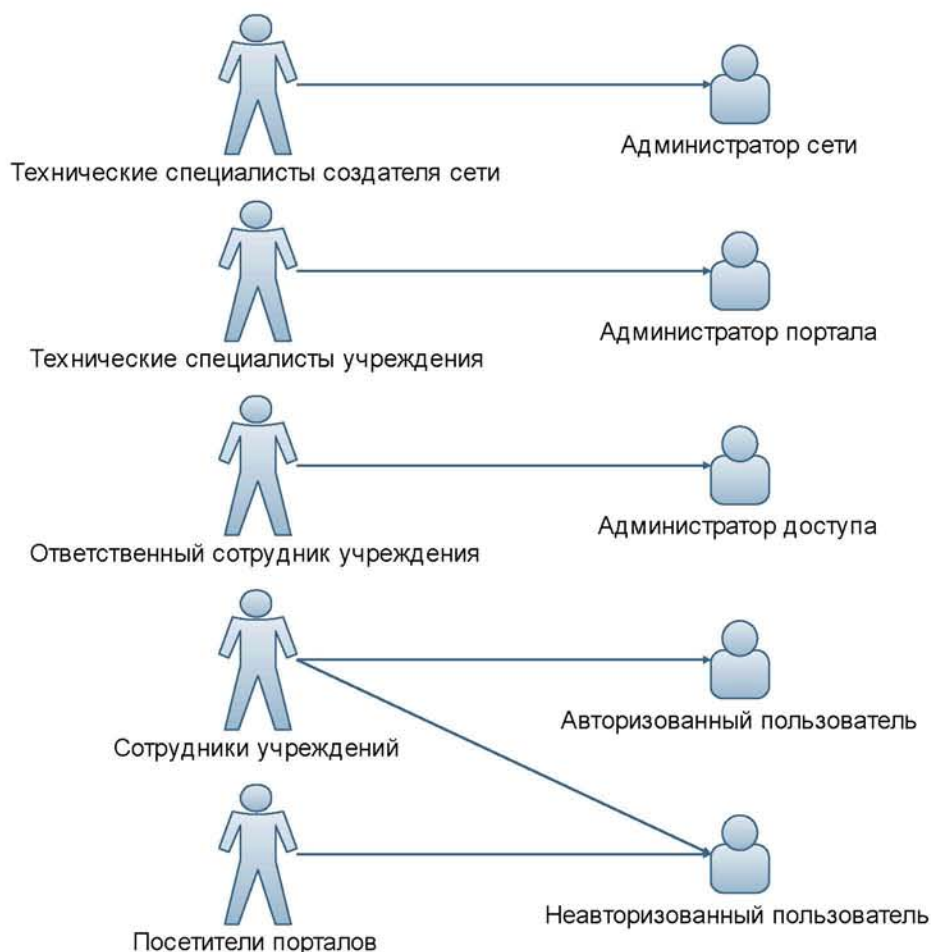


Рисунок 5 – Роли пользователей в системе

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

Ключевым механизмом управления доступом является разграничение между пользовательскими (учетными записями) правами доступа к ресурсам, основанное на задании и реализации разграничительной политики доступа пользователей к ресурсам и на назначении принадлежности к группам пользователей.

В рамках системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов под ресурсами (или объектом доступа) понимаются определенные URI (Uniform Resource Identifier), задающие разделы корпоративного web-портала. В качестве субъектов доступа выступают пользователи системы (неавторизованные и авторизованные разбитые на группы), запрашивающие по протоколу HTTP/HTTPS требуемые разделы web-порталов.

В свете описанных ранее задач, требующих разрешения, целесообразно взять за основу комбинированную модель на основе вышеописанных классических моделей. Аргументом в пользу мандатного подхода является необходимость разбиения на группы пользователей и определение между ними иерархии полномочий (администратор сети – администратор пользовательского домена – администратор портала – авторизованный пользователь – неавторизованный пользователь). Вышестоящая в иерархии полномочий группа может получить доступ ко всем возможностям нижестоящих групп. Таким образом, обязательным для мандатной модели является лишь вертикальное разделение полномочий. Необходимо учитывать требования к организации пользовательских доменов, а также разграничение полномочий для различных серверов доступа (горизонтальное разделение полномочий), это, в свою очередь, исключает возможность построения в рамках мандатного подхода лаконичной и прозрачной иерархии привилегий доступа. Внесение элементов из дискреционной и ролевой моделей снимет проблему с необходимостью внесения горизонтального разделения полномочий и дает требуемую функциональность модели

доступа. Матрица доступа, характерная для дискреционной модели, позволит внести явное разграничение доступа к каждому ресурсу каждого портала. Так как привилегии приобретаются ими только через свою роль, управление индивидуальными правами пользователя, по сути, сводится к назначению ему ролей. Это упрощает операции управления базой пользователей (включение пользователя в группу наделяет его полномочиями).

Обрабатываемые данные корпоративных порталов, как правило, могут быть категоризованы по уровню конфиденциальности: открытая информация, конфиденциальная информация (доступная определенной группе пользователей). При этом один и тот же пользователь в рамках выполнения своих служебных обязанностей может обрабатывать как открытые, так и конфиденциальные данные.

Для определения процедуры доступа к ресурсам необходимо ввести понятие сеанса доступа (сессии). Под сессией пользователя понимается сеанс работы пользователя с данными определенной категории, реализуемый соответствующей разграничительной политикой доступа к ресурсам. Полученные в сессии данные соответствующим образом подразделяются на категории.

Для каждого пользовательского домена D строится следующая модель. Пусть $GD = \{G_1, \dots, G_k\}$ и $R = \{R_1, \dots, R_n\}$ – линейно упорядоченные множества групп пользователей (субъекты доступа) пользовательского домена D и ресурсов (объекты доступа) соответственно. В качестве субъекта доступа $G_i, i = 1, \dots, k$ может рассматриваться отдельный пользователь пользовательского домена D , так как он всегда принадлежит одной группе пользователей и обладает одинаковыми правами доступа. Соответственно, в качестве объекта доступа $R_i, i = 1, \dots, n$ может также рассматриваться как отдельный объект, так и группа объектов, характеризующихся одинаковыми правами доступа (ресурсы порталов, входящих в один пользовательский домен).

Пусть $H = \{\text{разрешительное, запретительное, наследуемое, ненаследуемое}\}$ – множество характеристик прав доступа к ресурсу, а $S = \{0, \dots, 16\}$ – множество прав доступа, где «0» – это открытый ресурс, а остальные элементы множества – это группы доступа. Формализация правил доступа субъектов к объектам при этом, как правило, сводится к следующему: доступ представителю определенной группы i , G_i задается следующей парой: $\langle s, h \rangle$, где $s \in S, h \in H$ (h не может содержать взаимоисключающие элементы). Матрица доступа A_D , описывающая модель контроля доступа на уровне пользовательского домена D , изображена на рисунке 6. В случае контроля доступа на уровне всей системы строится матрица доступа A_{Root} для домена $Root$, в который входят администраторы доменов и администраторы сети.

Для задания сессии используются данные учетной записи (имя пользователя и пароль). При этом учетной записи ставится в соответствие идентификатор группы, при запросе аутентифицированного пользователя к определенному ресурсу происходит проверка соответствующей пары $\langle s, h \rangle$, на этом основании доступ может быть предоставлен либо отклонен.

$$A_D = \begin{array}{cccc|c} G_1 & G_2 & \cdots & G_k & \\ \hline \langle s, h \rangle_{1,1} & \langle s, h \rangle_{1,2} & \cdots & \langle s, h \rangle_{1,k} & R_1 \\ \langle s, h \rangle_{2,1} & \langle s, h \rangle_{2,2} & \cdots & \langle s, h \rangle_{2,k} & R_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \langle s, h \rangle_{n,1} & \langle s, h \rangle_{n,2} & \cdots & \langle s, h \rangle_{n,k} & R_n \end{array}$$

Рисунок 6 – Матрица доступа для пользовательского домена D

ПУТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

Подсистема управления доступом представляет собой набор сценариев, соединенных с web-сервером:

- сценарий создания пользовательских сессий (идентификация, аутентификация);
- сценарий авторизации;
- сценарии администрирования;
- сценарий привязки к AAA-серверу (RADIUS);
- распределенная СУБД (LDAP).

Первым используемым сценарием является сценарий создания сессий пользователя. В рамках системы данные о сессиях (представляют собой хэш-сумму SHA-1 либо MD5 опционально) хранятся в распределенной БД. Далее используется сценарий авторизации, т.к. необходимо проверить достаточность прав аутентифицированного пользователя для запроса данного раздела портала. Сведения о разрешении на доступ для конкретного пользователя определяется принадлежностью его к группе и разрешением на доступ для группы. Фактически данные каждого пользовательского домена хранятся в иерархической структуре, логическое представление которой отражено на рисунке 7. Важным архитектурным аспектом системы является ее централизация, необходимая для управления сетью. Серверы доступа объединены в сеть, координирование действий в ней выполняет центральный сервер. В список его функциональных возможностей входит:

- управление сетью (междоменный доступ, репликация и т.д.);
- централизованная авторизация;
- возможности резервирования данных;
- журналирование событий системы.

Следует отметить, что существует несколько вариантов реализации функций аутентификации авторизации и учета (Authentication, Authorization and Accounting, AAA).

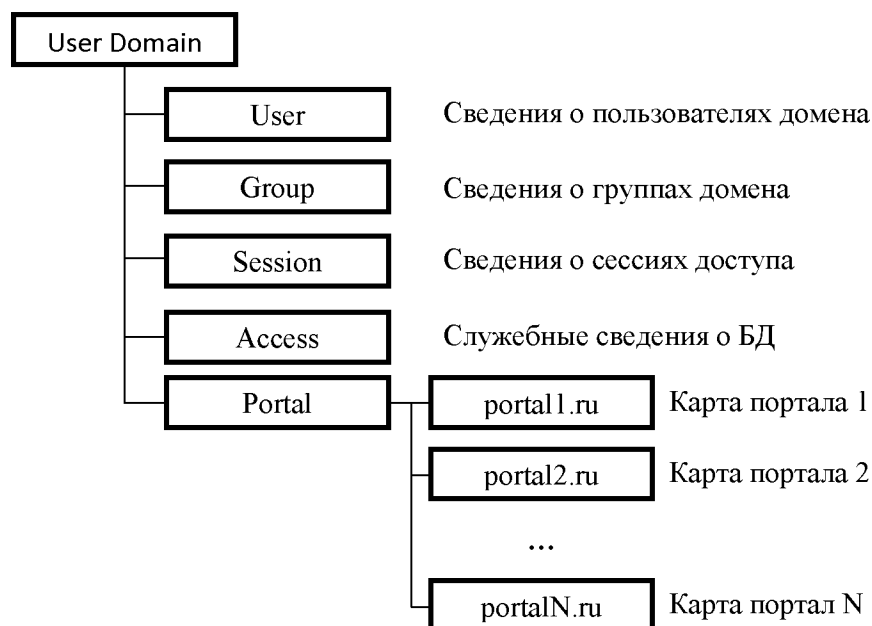


Рисунок 7 – Логическое представление структуры верхнего уровня иерархии объектов данных

Первый вариант предполагает использование наиболее популярного протокола RADIUS [5] и существующего RADIUS-сервера предприятия. В этом случае разделы «User» и «Group» не используются, т.к. информация, хранящаяся в них, будет дублировать информацию, хранящуюся в ранее используемой БД пользователей. Таким образом, открываются широкие возможности интеграции предлагаемой системы с существующими программными решениями предприятия, для этого предполагается использовать сценарий связывания с RADIUS-сервером.

Второй вариант предполагает реализацию AAA-сервера без использования специализированного протокола RADIUS. Такой подход является целесообразным в случае отсутствия в организации уже работающего RADIUS-сервера. AAA-функции будет выполнять специализированный сценарий прямого доступа к БД (LDAP). Такого типа доступ осуществляется по протоколу TCP (порт 327 в случае незащищенного соединения и порт 627 в случае защищенного).

Также следует отметить, что раздел «Portal» содержит только карты порталов (site map), контролируемых одним сервером доступа. В БД центрального сервера доступа этот раздел содержит информацию обо всех порталах, включенных в управляемую сеть.

Эквивалентная матрице доступа структура (рис. 6) задается комбинацией подразделов «Portal», «User» и «Group» в базе данных.

Для администрирования на уровне пользовательского домена, портала и сети в целом следует использовать специализированные сценарии. В каждом из этих сценариев должны быть четко разграничены возможности внесения изменений в систему в соответствии с уровнем доступа администратора.

В заключении следует отметить, что основными результатами исследования является построение модели подсистемы управления доступом для системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов с указанием возможностей ее практической реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазарев С.А., Демидов А.В. Концепция построения системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов // Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – № 4(60). – С. 123-129.
2. Лазарев С.А., Демидов А.В. Некоторые аспекты создания информационных ассоциаций в глобальных сетях на основе построения сети корпоративных порталов // Информационные системы и технологии. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2012. – № 1(69). – С. 103-106.
3. Лазарев С.А., Силаев П.П. Применение цифровых носителей идентификационной информации для управления доступом в сети корпоративных порталов // Информационные системы и технологии. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2011. – № 3(65). – С. 108-114.
4. Лазарев С.А., Демидов А.В. Применение технологии обратного проксирования в рамках системы управления информационным обменом в сети корпоративных порталов // Информационные системы и технологии. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2011. – № 6(68). – С. 131-136.
5. De Capitani di Vimercati S., Paraboschi S., Samarati P. Access control: principles and solutions // Software Practice and Experience, 2003. – № 33. – P. 397-421.
6. Lampson B., Abadi M., Burrows M., Wobber E. Authentication in distributed systems: theory and practice // ACM Transactions on Computer Systems, 1992. – № 10(4). – P. 265-310.
7. Девянин П.Н. Анализ безопасности управления доступом и информационными потоками в компьютерных системах. – М.: Радио и связь, 2006. – 176 с.
8. Backman D. Guarding The Flank With RADIUS & TACACS+ [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.networkcomputing.com/902/902ws1.html>.

Лазарев Сергей Александрович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Кандидат экономических наук, начальник технического отдела

Тел.: 8 (4862) 59-46-19

E-mail: lsa@ostu.ru

Демидов Александр Владимирович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 41-98-88

E-mail: a.demidov@ostu.ru

S.A. LAZAREV (*Candidate of Economic Sciences, Head of Technical Department*)

A.V. DEMIDOV (*Post-graduate student of the department «Electronics, computer facilities and information security»*)

State University – ESPC, Orel

THE FEATURES OF BUILDING ACCESS CONTROL SUBSYSTEM OF MANAGEMENT INFORMATION EXCHANGE NETWORK FOR CORPORATE PORTALS

As part of the problem of constructing control information exchange network of corporate portals in this article analyzed the possibilities of constructing an access control subsystem, and formed the requirements for this subsystem and indicated the possibility of practical realization.

Keywords: *distributed network; management access to information; user authorization; corporate portal.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lazarev S.A., Demidov A.V. *Koncepciya postroeniya sistemy' upravleniya informacionny'm obmenom seti korporativny'x portalov* // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*. – Oryol: OryolGTU, 2010. – № 4(60). – S. 123-129.
2. Lazarev S.A., Demidov A.V. *Nekotory'e aspekty' sozdaniya informacionny'x asociacij v global'ny'x setyax na osnove postroeniya seti korporativny'x portalov* // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*. – Oryol: Gosuniversitet – UNPK, 2012. – № 1(69). – S. 103-106.
3. Lazarev S.A., Silaev P.P. *Primenenie cifrov'x nositelej identifikacionnoj informacii dlya upravleniya dostupom v seti korporativny'x portalov* // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*. – Oryol: Gosuniversitet – UNPK, 2011. – № 3(65). – S. 108-114.
4. Lazarev S.A., Demidov A.V. *Primenenie tehnologii obratnogo proksirovaniya v ramkax sistemy' upravleniya informacionny'm obmenom v seti korporativny'x portalov* // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*. – Oryol: Gosuniversitet – UNPK, 2011. – № 6(68). – S. 131-136.
5. De Capitani di Vimercati S., Paraboschi S., Samarati P. *Access control: principles and solutions* // *Software Practice and Experience*, 2003. – № 33. – P. 397-421.
6. Lampson B., Abadi M., Burrows M., Wobber E. *Authentication in distributed systems: theory and practice* // *ACM Transactions on Computer Systems*, 1992. – № 10(4). – P. 265-310.
7. Devyanin P.N. *Analiz bezopasnosti upravleniya dostupom i informacionny'mi potokami v komp'yuterny'x sistemax*. – M.: Radio i svyaz', 2006. – 176 s.
8. Backman D. *Guarding The Flank With RADIUS & TACACS+* [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.networkcomputing.com/902/902ws1.html>.

УДК 621.39(06)

И.А. САИТОВ, О.Ю. МИРОНОВ, И.А. ОРЛОВ

**ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ NGN-ТЕХНОЛОГИЙ В КОРПОРАТИВНЫЕ
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

Исследованы проблемы обеспечения гарантированного качества передачи речевой информации на значительные расстояния, обеспечения устойчивости функционирования инфокоммуникационных систем в условиях воздействия дестабилизирующих факторов, обеспечения устойчивости видеоконференц-связи, нормативно-правового регулирования деятельности операторов новых услуг связи, эффективности внедрения перспективных пакетных технологий. Рассмотрены подходы к комплексному решению проблем предоставления услуг видеоконференц-связи и телефонных переговоров по IP на большие расстояния с гарантированным качеством в сетях с КП путем модернизации транспортного сегмента инфокоммуникационных систем.

Ключевые слова: *инфокоммуникационная система; требования к качеству обслуживания (QoS) пользователей; передача речевой информации; устойчивость функционирования ИКС; видеоконференц-связь; технология КП.*

ВВЕДЕНИЕ

Стремительные изменения в промышленной сфере России требуют совершенствования методов и средств управления. Для управления важнейшей составляющей является организация обмена информацией между управляющими органами и управляемыми объектами. Однако постоянные инновации в области развития телекоммуникационных технологий обуславливают сложность выбора путей модернизации корпоративных инфокоммуникационных систем (ИКС). Ко всем современным системам связи предъявляется множество требований к качеству обслуживания (QoS) пользователей. Однако корпоративная ИКС должна еще удовлетворять требованиям по информационной безопасности и устойчивости функционирования.

По мнению экспертов, одним из направлений развития современных ИКС может стать реализация концепции NGN (Next Generation Network), позволяющей сформировать перспективную мультисервисную ИКС на протоколах коммутации пакетов (КП). Практика показывает, что для переноса в корпоративные ИКС технологий, разработанных для сетей связи общего пользования (ССОП), необходимо исследовать характеристики предлагаемого оборудования с точки зрения особенностей данной профессиональной отрасли.

Эйфория от внедрения КП, наблюдавшаяся в 90-х годах XX века, в настоящее время сменилась повседневной деятельностью по техническому переоснащению действующих сетей коммутации каналов (КК) на IP-оборудование. Опыт операторов связи России и зарубежных стран показывает, что перенос алгоритмов и способов предоставления услуг связи из сетей КК в сеть IP сопряжен с целым комплексом новых проблем, которые не возникали при работе с обычными интернет-сервисами (www, ftp, email), которые не являются услугами реального времени. Реализация телефонии и видеоконференцсвязи на основе IP связана с использованием новых протоколов и обеспечением их взаимодействия, а также с трудностями проектирования и строительства сетей NGN. В этих условиях, принимая решение на переход к пакетным технологиям, следует уделить внимание проблемам, которые могут возникнуть при их реализации в ИКС. Несвоевременное решение этих проблем в ходе реализации ИКС может привести к существенному изменению показателей QoS и потребовать дополнительных непредусмотренных финансовых затрат.

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМ

1. Проблема обеспечения гарантированного качества передачи речевой информации на значительные расстояния.

Производители оборудования КП заинтересованы продать как можно больше

комплексов связи. В связи с этим результатов экспериментов, установивших степень влияния артефактов IP-телефонии (задержек, джиттеров, эха) на качество передачи речевого сигнала в условиях протяженных сетей и сетевых перегрузок в специализированной литературе, приводится явно недостаточно. Исследование имеющихся данных показывает, что большинство характеристик QoS в сетях связи КК и КП улучшается в настоящее время, главным образом, за счет достижений в области процессорной техники, кодирования и обработки сигналов. Но полностью компенсировать время задержки пакетов и его джиттер нельзя [1-3].

2. Проблема обеспечения устойчивости функционирования ИКС в условиях воздействия дестабилизирующих факторов.

Вопросам надежности связи ССОП с КК традиционно уделялось огромное внимание, так как выход из строя коммутатора приводил к катастрофическим последствиям. Жесткие требования к надежности нашли отражение в конструктивных решениях – основные узлы систем коммутации (цифровое коммутационное поле, управляющее устройство, а в отдельных случаях и линейные комплекты) дублируются.

Сторонники NGN подчеркивают широкие возможности пакетных технологий для обслуживания разнородного трафика. При этом не всегда показывается, что для обслуживания пользователей с требуемым QoS необходимо использование дополнительных (достаточно сложных и дорогостоящих) механизмов и протоколов. Для реализации этих механизмов и протоколов задействуется большое число программных и аппаратных средств.

К настоящему времени накоплен достаточный отечественный и зарубежный опыт, свидетельствующий о том, что внедрение новых технологий приносит дополнительные проблемы обеспечения корпоративной информационной безопасности. Дополнительные затраты, связанные с защитой сети, часто сопоставимы со стоимостью создания самой сети.

3. Проблема обеспечения устойчивости видеоконференц-связи.

В настоящее время из-за недостаточного развития высокоскоростных каналов удаленного доступа IP и АТМ в России системы видеоконференц-связи (ВКС) по рекомендациям Н.323¹ пока не могут составить конкуренцию решениям Н.320² в области дальней связи. Одной из наиболее серьезных проблем устойчивости соединений ВКС является нестабильность работы при выборе IP-сетей в качестве транспортной инфраструктуры.

Причин нестабильности работы систем ВКС множество [4]. Первая группа причин – недостаточная устойчивость программного обеспечения терминалов к таким воздействиям, как нестабильность времени доставки IP-пакетов, изменение порядка прихода IP-пакетов, потеря значительного числа IP-пакетов, искажение информации. Вторая группа причин – отсутствие механизмов обеспечения QoS в транспортной сети либо их неправильная работа. Следствием этого становятся сильные флуктуации времени задержки и периодический сброс значительной части пакетов. Более того, при перемещении по межрегиональным и международным сетям IP-пакеты могут подвергаться искажениям.

Проблемы поддержки качества ВКС в IP-сетях решаются несколькими способами. Во-первых, можно перейти на выделенные цифровые каналы (например, каналы-ISDN) – решение дорогое (по стоимости каналов), но надежное, особенно для международного обмена. Во-вторых, можно изменить и перестроить IP-сеть так, чтобы она обеспечивала сквозное управление QoS на всем пути видеотрафика. Этот вариант требует большого объема проектных работ, значительных вложений в модернизацию существующей инфраструктуры и скорее пригоден для вновь создаваемых сетей. В-третьих, можно

¹ Н.323 «Видеотелефонные системы и терминальное оборудование для локальных сетей с негарантированным качеством услуг» (для организации ВКС в локальных, корпоративных и глобальных сетях с коммутацией пакетов – IP-сетях).

² Н.320 «Узкополосные видео-телефонные системы и терминальное оборудование» (для организации ВКС в сетях ISDN).

попытаться использовать механизмы QoS, заложенные в программном обеспечении некоторых терминалов (в Н.323 не описан никакой алгоритм автоматической адаптации терминалов к имеющимся каналам связи).

4. Проблема нормативно-правового регулирования деятельности операторов новых услуг связи.

Ряд опрошенных отечественных операторов отмечают трудности продвижения технологий VoIP, связанных с отсутствием четких и ясных правил предоставления услуг голосовой информации в сетях передачи данных. Большинство операторов связи до сих пор не определили четко свои позиции в отношении IP-телефонного бизнеса, хоть и рассматривают IP-телефонию в качестве дополнительного сервиса, который сумел зарекомендовать себя и пользуется определенным спросом. Большинство операторов видят перспективы развития IP-телефонии только как способ интеграции телефонных и компьютерных сетей, а также возможности предоставления клиентам разнообразных дополнительных голосовых и неголосовых сервисов. В преуспевающих странах IP-телефония относится к нерегулируемым или слаборегулируемым дополнительным услугам связи.

Другой аспект сформулированной проблемы связан с вопросами сертификации оборудования. Как известно, в законе «О связи» лишь в общем виде определяется оборудование, подлежащее сертификации. Детально же перечень оборудования приведен в подзаконном акте. При этом отсутствует тип оборудования, отнесенный к системам коммутации – гибкие мультимплексоры. Возникает справедливый вопрос – каким образом будет сертифицироваться импортное оборудование, предполагаемое к использованию на Российских сетях?

5. Проблема эффективности внедрения перспективных пакетных технологий.

Теоретический спор по поводу эффективности технологий КК и КП продолжается по настоящее время. Судя по публикациям, операторы ЕСЭ России осознали тот факт, что не будет быстрого перехода от традиционных ИКМ-сетей к сетям КП, в чем, собственно, и заключается суть NGN. В последнее время телефонные компании стали отказываться от установки устройств под названием «SoftSwitch», а ведущая компания Lucent Technologies объявила о сокращении серийного выпуска этих устройств, которые по замыслу разработчиков должны были заменять АМТС и местные АТС в перспективных сетях [5].

В то же время ведется разговор о необходимости внедрения мультимедийных технологий для передачи гетерогенного трафика на терабитных скоростях. Однако на практике развитие услуг заканчивается лишь повышением качества цифровой телефонии. При этом экспериментально доказано, что при условии обеспечения равного качества голос в IP-сети требует полосу почти в полтора раза большую, чем в традиционных телефонных сетях. В случае обработки голоса IP-маршрутизатор требует большей процессорной мощности, чем телефонный коммутатор сравнимой производительности. И хотя решение этой проблемы всего лишь вопрос времени, тем не менее, стоимость оборудования, возможно, будет заметно выше [6]. Если переложить на эти сети стоимость кабельного и другого обеспечивающего оборудования традиционных сетей с КК, то будет ли соотношение в пользу пакетной технологии?

Обсуждая эту тему, уместно будет привести слова доктора технических наук В.О. Шварцмана [4]: «...отсутствие в мировой печати сведений по поднятому вопросу не исключает того, что ведущие зарубежные фирмы изучают эту проблему и через некоторое время выпустят на рынок новую систему на базе коммутации каналов (а мы будем осваивать создание технологии на базе коммутации пакетов). Известны факты, когда крупные фирмы-производители средств связи, убедившись в бесперспективности той или иной технологии, продолжали ее активную пропаганду в печати, чтобы пустить конкурентов по ложному следу».

ВЫВОДЫ

Перечисленные проблемы, сопряженные с внедрением новых пакетных телекоммуникационных технологий в ИКС, требуют комплексного решения. Только в этом случае возможно построение сети нового поколения. IP-технология еще не в состоянии обеспечить надежную и эффективную трансляцию видеосеанса и речи на дальние расстояния, что особенно актуально для России. Сегодня услугу VoIP в корпоративной ИКС нельзя рассматривать как услугу, «замещающую» традиционные телефонные сервисы.

Наилучшее качество сеансов видеоконференций и телефонных переговоров по IP на большие расстояния обеспечивается только при наличии канала с фиксированной скоростью передачи – можно получить более высокое качество сигнала. Поэтому в сетях с КП предоставление этих услуг с гарантированным качеством в интересах государственных структур должно обеспечиваться на основе выделенных каналов (например, интегрированное решение IP/ISDN).

С учетом общей тенденции роста трафика передачи данных (в том числе, широкополосного) основное внимание должно уделяться модернизации транспортного сегмента ИКС как базы, на основе которой будет реализовано единое инфокоммуникационное пространство. Таким образом, специфические особенности каждой конкретной корпоративной ИКС требуют различных стратегий модернизации и построения NGN для различных компонентов системы, функционирующих на общих канальных ресурсах транспортной цифровой сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдштейн А.Б., Соколов Н.А. Подводная часть айсберга по имени NGN // Технологии и средства связи, 2006. – № 2. – С. 12-21/
2. Зайцева С. Рынок IP-телефонии – скорее жив, чем мертв // Стандарт, 2006. – С. 9-13.
3. Курочкин Ю.А. Операторская IP-телефония: кто ответит за качество? // Технологии и средства связи, 2006. – № 2. – С. 28-33.
4. Шварцман В.О. Выбор технологии передачи и коммутации в мультисервисных сетях на основе оптических кабелей // Электросвязь, 2003. – № 8. – С. 33-39.
5. Мирошников Д.Г. NGN в технологических сетях: MPLS, NDMoIP или MSTP // Вестник связи, 2006. – № 4. – С. 104-110.
6. Бакланов И. NG SDN: практический взгляд на новую революцию в системах передачи. – М.: PR-GROUP, 2006.

Саитов Игорь Акрамович

Академия ФСО, г. Орел

Доктор технических наук, начальник факультета

Миронов Олег Юрьевич

Академия ФСО, г. Орел

Преподаватель кафедры информатики и вычислительной техники

Тел.: 8 953 815 78 69

Орлов Иван Алексеевич

Академия ФСО, г. Орел

Курсант

I.A. SAITOV (Doctor of Engineering Sciences, Head of faculty)

O.Yu. MIRONOV (Teacher of the department of informatics and computer facilities)

I.A. ORLOV (Cadet)

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

**IMPLEMENTATION ISSUES NGN-CORPORATE TECHNOLOGIES SYSTEMS
INFOCOMMUNICATION**

The problems of ensuring guaranteed quality transmission of voice information on the distance considerably, to ensure sustainability of information and communication systems in conditions of influence of destabilizing factors that ensure the sustainability of videoconferencing, normative-legal regulation of operators of new communications services, the effectiveness of the introduction of first-promising nature of packet technologies. The approaches to complex problem-solving services and video conferencing over IP phone calls over long distances with guaranteed quality property in networks with CP by upgrading the transport segment of information and communication systems.

Keywords: *infocommunication system; requirements for the quality of service (QoS) of users; transmission of voice data; the stability of operation of ICS, videoconferencing; technology CP.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Gol'dshtejn A.B., Sokolov N.A. Podvodnaya chast' ajsberga po imeni NGN // *Texnologii i sredstva svyazi*, 2006. – № 2. – S. 12-21.
2. Zajceva S. Ry'nok IP-telefonii – skoree zhiv, chem myortv // *Standart*, 2006. – S. 9-13.
3. Kurochkin Yu.A. Operatorskaya IP-telefoniya: kto otvetit za kachestvo? // *Texnologii i sredstva svyazi*, 2006. – № 2. – S. 28-33.
4. Shvarczman V.O. Vy'bor texnologii peredachi i kommutacii v mul'tiservisny'x setyax na osnove opticheskix kabelej // *E'lektrosvyaz'*, 2003. – № 8. – S. 33-39.
5. Miroshnikov D.G. NGN v texnologicheskix setyax: MPLS, NDMoIP ili MSTP // *Vestnik svyazi*, 2006. – № 4. – S. 104-110.
6. Baklanov I. NG SDH: prakticheskij vzglyad na novuyu revolyuciyu v sistemax peredachi. – M.: PR-GROUP, 2006.

УДК 004.738.5.057.4

В.В. БУХАРИН, А.В. КИРЬЯНОВ, Ю.И. СТАРОДУБЦЕВ

СПОСОБ ЗАЩИТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Рассмотрен способ защиты вычислительных сетей за счет контроля последовательности воздействий и определения выбранной нарушителем стратегии по определенным наборам появлений несанкционированных информационных потоков с возможностью формирования новых при изменении стратегии нарушителем. Данный способ позволяет повысить защищенность, в том числе, достоверность и оперативность обнаружения несанкционированного воздействия на вычислительную сеть.

Ключевые слова: защита вычислительных сетей; компьютерные атаки.

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерная атака на вычислительные сети реализуется в виде целенаправленного программно-аппаратного воздействия на информационно-телекоммуникационные средства, приводящие к нарушению или снижению эффективности выполнения технологических циклов управления. При обнаружении несанкционированных воздействий необходимо учитывать не только интенсивность их проявлений, но и их последовательность. Данный подход базируется на том, что любая компьютерная атака осуществляется по определенной логике. Процесс реализации компьютерной атаки в общем случае состоит из четырех этапов: сбора информации; вторжения (проникновения в операционную среду); осуществления несанкционированного доступа; ликвидации следов несанкционированного доступа. А на каждом этапе осуществляется выполнение определенных действий соответствующих конкретному типу компьютерной атаки. Так для компьютерной атаки типа «Сканирование сети» на первом этапе выполняются следующие действия: сбор информации о топологии сети, в которой функционирует система; сбор информации о типе операционной системы; сбор информации о доступности узла.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Необходимо разработать способ защиты вычислительных сетей, обеспечивающий повышение защищенности, в том числе, достоверности и оперативности обнаружения несанкционированного воздействия на вычислительную сеть за счет контроля последовательности воздействий и определения выбранной нарушителем стратегии по определенным наборам появлений несанкционированных информационных потоков с возможностью формирования новых при изменении стратегии нарушителем.

ОСНОВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ И ДОПУЩЕНИЯ

Рассмотрено построение современной информационно-вычислительной сети, подключенной к внешней сети и имеющей средства защиты от компьютерных атак. Используется при передаче информации стек протоколов ТСП/IP.

РЕШЕНИЕ

Известны различные способы защиты вычислительных сетей от компьютерных атак. Так, один из них включает следующую последовательность действий: предварительно задают $P \geq 1$ ложных адресов абонентов вычислительной сети, эталоны идентификаторов типа протоколов взаимодействия, время задержки отправки пакетов сообщений $t_{\text{зад}}$ при несовпадении выделенных идентификаторов очередного принятого пакета с идентификаторами ранее запомненного i -го несанкционированного информационного потока, сравнивают адрес получателя в принятом пакете сообщений с предварительно заданными ложными адресами абонентов вычислительной сети и при их несовпадении блокируют передачу пакета сообщений и переходят к приему очередного пакета сообщений. При несовпадении адреса отправителя в принятом пакете сообщений с адресами

отправителей опорных идентификаторов санкционированных информационных потоков или совпадении адреса получателя в принятом пакете сообщений с адресами получателей опорных идентификаторов санкционированных информационных потоков, или его совпадении с предварительно заданными ложными адресами абонентов вычислительной сети запоминают идентификатор очередного несанкционированного информационного потока, увеличивают на единицу число его появлений K_i . В случае невыполнения условия $K_i \geq K_{\max}$, формируют ответный пакет сообщений, соответствующий идентифицируемому протоколу взаимодействия, а затем через заданное время задержки отправки пакетов сообщений $t_{\text{зад}}$ снижают скорость передачи сформированного пакета сообщений и передают его отправителю, после чего принимают из канала связи очередной пакет сообщений [1].

Недостатком способа является относительно низкая защищенность от несанкционированного воздействия, обусловленная отсутствием контроля последовательности воздействий на вычислительную сеть и определения выбранной нарушителем стратегии, что может повлиять на своевременность и адекватность осуществляемых защитных действий.

Реализацию заявленного способа можно пояснить на схеме вычислительной сети (ВС) (рис. 1).

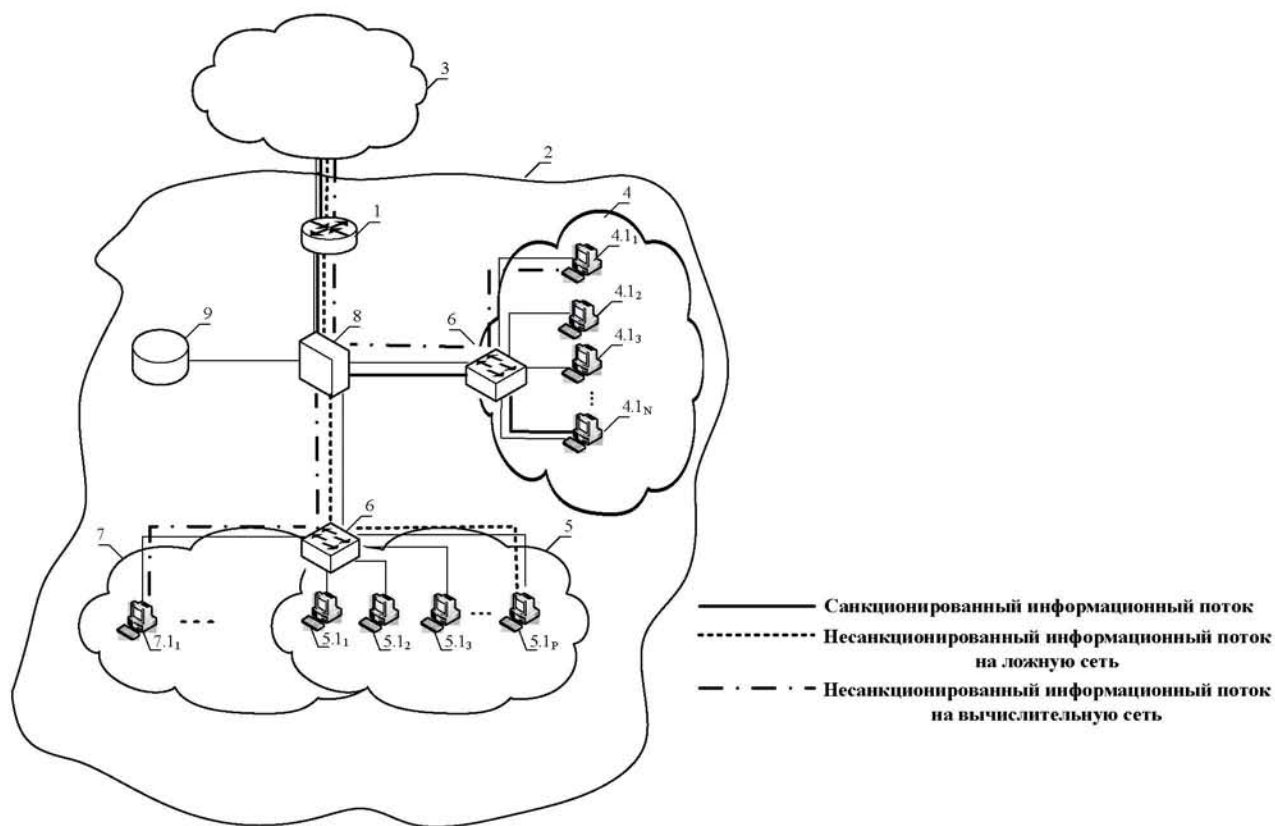


Рисунок 1 – Схема построения рассматриваемой вычислительной сети

Представленная ВС состоит из маршрутизатора 1, подключающего внутреннюю вычислительную сеть 2 к внешней сети 3. Внутренняя вычислительная сеть, в свою очередь, состоит из защищаемой локально-вычислительной сети (ЛВС) 4 и ложной ЛВС 5. В общем случае защищаемая ЛВС 4 представляет собой совокупность ПЭВМ 4.1₁–4.1_N, периферийного и коммуникационного оборудования 6, объединенного физическими линиями связи. Все эти элементы определяются идентификаторами, в качестве которых в наиболее распространенном стеке протоколов TCP/IP используются сетевые адреса (IP-адреса). Ложная ЛВС 5 состоит из ПЭВМ 5.1₁–5.1_P, имеющие ложные адреса, а также предусмотрена возможность введения дополнительных ложных адресов, начиная с ПЭВМ 7.1₁, объединяемых в дополнительную ложную ЛВС 7. Кроме того, имеется средство

защиты 8 и база данных 9 эталонного набора появлений несанкционированных информационных потоков (ИП).

Структура пакетов сообщений известна, как известен и принцип передачи пакетов в вычислительных сетях, что дает возможность анализа идентификаторов источника и получателя ИП и формирования опорных идентификаторов. Например, на рисунке 2 представлена структура заголовка IP-пакетов сообщений, где штриховкой выделены идентификаторы, а именно, поля адресов отправителя и получателя пакета сообщений.

Байты				
0		1	2	3
Версия	Длина заголовка	Тип обслуживания	Длина пакета	
Идентификатор			Флаги (3 бита)	Смещение фрагмента
Время жизни		Протокол	Контрольная сумма	
IP адрес отправителя				
IP адрес получателя				
Опции				
Данные				

Рисунок 2 – Логическая характеристика протокола IP

На рисунке 3 представлена блок-схема последовательности действий, реализующих алгоритм способа защиты ВС, в которой приняты следующие обозначения:

$N \geq 1$ – база из опорных идентификаторов санкционированных ИП, содержащих адреса отправителей и получателей пакетов сообщений;

$P \geq 1$ – база из ложных адресов абонентов вычислительной сети;

$t_{\text{зад}}$ – время задержки отправки пакетов сообщений;

ID – идентификатор ИП;

$\{ID_o\}$ – совокупность опорных идентификаторов санкционированных ИП;

$ID_{\text{нс}}$ – идентификатор несанкционированного ИП;

$\{ID_{\text{нс}}\}$ – совокупность идентификаторов ранее запомненного несанкционированного ИП;

IP_o – адрес отправителя, указанный в идентификаторе принятого пакета сообщений;

$\{IP_{oo}\}$ – совокупность адресов отправителей, указанных в опорных идентификаторах санкционированных ИП;

$\{IP_l\}$ – совокупность ложных адресов абонентов вычислительной сети;

$S_{\text{эт}}$ – множество эталонных наборов появлений несанкционированных ИП;

S_j – эталонный набор, соответствующий определенному j-му типу компьютерной атаки;

C_r – последовательность появлений несанкционированного ИП, отличающихся друг от друга идентификаторами;

$Q_{\text{совп}}^{\text{порог}}$ – пороговое значение коэффициента совпадения последовательности появлений несанкционированного ИП;

$Q_{\text{совп}}$ – значение коэффициента совпадения последовательности появлений несанкционированного ИП.

В процессе обнаружения несанкционированных воздействий будем учитывать не только интенсивность их проявлений, но и их последовательность. Процесс реализации компьютерной атаки в общем случае состоит из нескольких этапов: сбор информации; вторжение (проникновение в операционную среду); осуществление несанкционированного доступа; ликвидация следов несанкционированного доступа [2]. Поэтому предварительно задают множество эталонных наборов появлений несанкционированных информационных потоков, отличающихся друг от друга идентификаторами $S_{\text{эт}} = \{S_j\}$, где j – заданное количество эталонных наборов соответствующих определенным типам компьютерных

атак, $S_j = \{C_r\}$, где C_r – определенная последовательность появлений несанкционированного информационного потока отличающихся друг от друга идентификаторами, а также задают пороговое значение коэффициента совпадения $Q_{\text{совп}}$ порог последовательности появлений несанкционированного информационного потока с соответствующим эталонным набором.

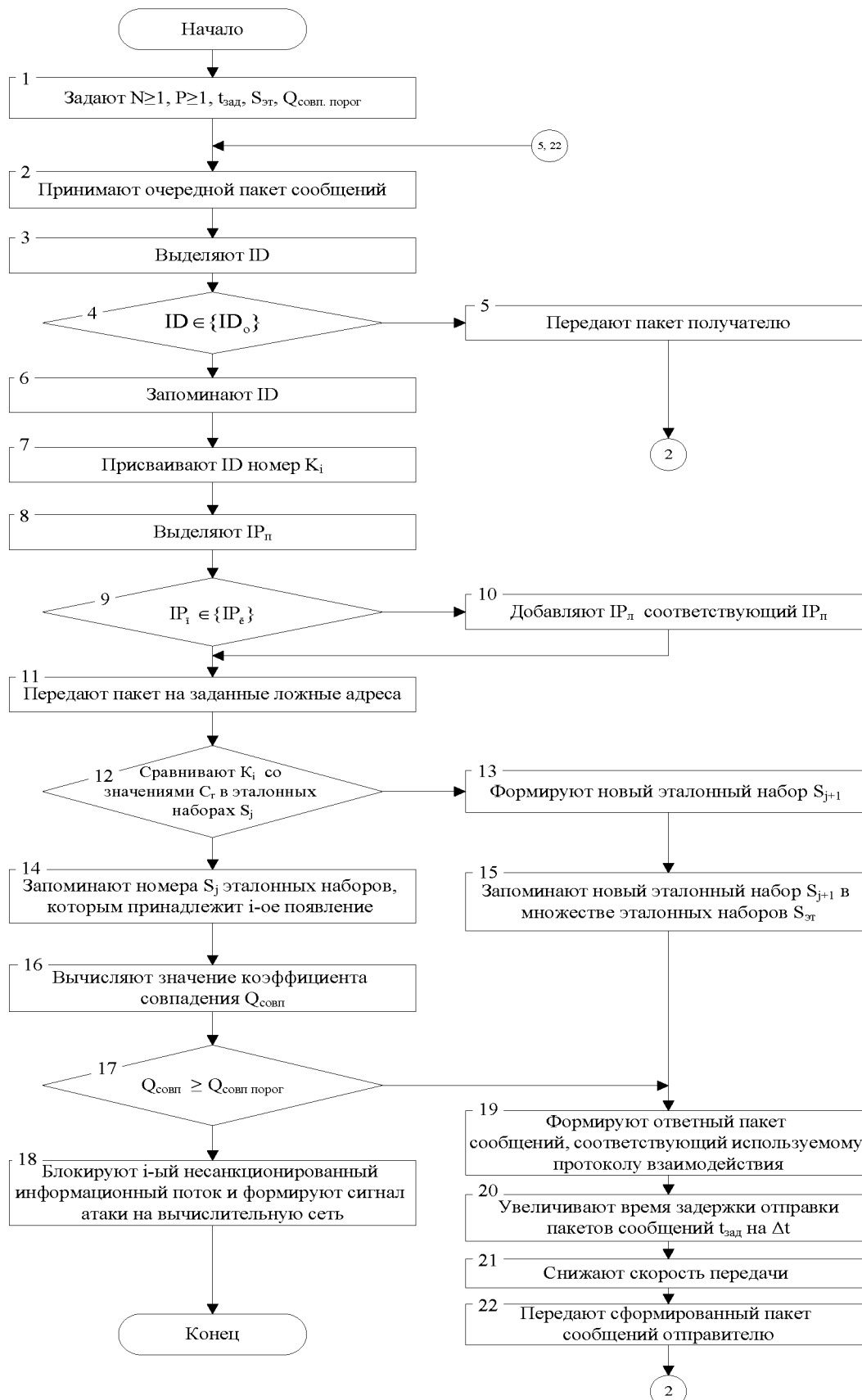


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма способа защиты вычислительных сетей

Действия нарушителя C_r являются последовательностью появлений несанкционированного ИП и задаются в виде эталонного набора S_j , соответствующего определенному j -му типу компьютерной атаки. Совокупность эталонных наборов $\{S_j\}$ используется в базе данных 9 множества эталонных наборов $S_{эт}$ появлений несанкционированных ИП.

Определение легитимности пакета сообщения ИП осуществляется посредством защиты 8. После приема очередного пакета сообщения и определения средством защиты 8 по соответствующим идентификаторам отправителя и получателя ИП и его принадлежности к санкционированным ИП данный пакет считается легитимным и передается получателю.

Адрес получателя пакета сообщения несанкционированного ИП сравнивается с предварительно заданными ложными адресами абонентов вычислительной сети 5.11–5.1Р, при несовпадении вводится дополнительный ложный адрес ПЭВМ 7.11, после чего пакет сообщения несанкционированного ИП передается на ложную ЛВС 5 или дополнительную ложную ЛВС 7.

Кроме того, сравнивают идентификаторы появления K_i принимаемого несанкционированного потока со значениями C_r , имеющимися в эталонных наборах S_j появлений несанкционированных ИП, содержащихся в базе данных 9. При отсутствии соответствующего эталонного набора формируют новый S_{j+1} эталонный набор, дополняют им множество эталонных наборов появлений несанкционированного ИП и запоминают его в базе данных 9.

Вычисляют значение коэффициента совпадения $Q_{совп}$ последовательности появлений K_i несанкционированного ИП с запомненными эталонными наборами S_j . После этого сравнивают полученное значение коэффициента совпадения $Q_{совп}$ с пороговым значением $Q_{совп \text{ порог}}$ и при выполнении условия $Q_{совп} \geq Q_{совп \text{ порог}}$ блокируют i -ый несанкционированный ИП и формируют сигнал атаки на вычислительную сеть.

При невыполнении условия $Q_{совп} \geq Q_{совп \text{ порог}}$ формируют ответный пакет сообщения и увеличивают время задержки отправки пакетов сообщений $t_{зад}$ на заданный интервал времени Δt , что, с одной стороны, имитирует функционирование реальной ВС, с другой – вынуждает нарушителя увеличить время реализации проводимой компьютерной атаки и тем самым уменьшает количество возможных несанкционированных деструктивных воздействий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, заявленный способ за счет контроля последовательности воздействий и определения выбранной нарушителем стратегии по определенным наборам появлений несанкционированных информационных потоков с возможностью формирования новых при изменении стратегии нарушителем позволяет повысить защищенность, в том числе, достоверность и оперативность обнаружения несанкционированного воздействия на вычислительную сеть.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2307392, класс G06F 21/00, H04L 9/32, заявл. 02.05.2006 г.
2. Руководящий документ. Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных // ФСТЭК России, 2008. – С. 21-49.

Бухарин Владимир Владимирович

Военная академия связи, г. Санкт-Петербург

Кандидат технических наук, докторант кафедры «Безопасность инфокоммуникационных систем специального назначения»

Тел.: 8 (812) 556-93-41

E-mail: bobah_buch@mail.ru

Кирьянов Александр Владимирович

Военная академия связи, г. Санкт-Петербург

Адъюнкт кафедры «Безопасность инфокоммуникационных систем специального назначения»

Тел.: 8 (812) 556-93-41

E-mail: alex1175@rambler.ru

Стародубцев Юрий Иванович

Военная академия связи, г. Санкт-Петербург

Заслуженный деятель науки РФ, доктор военных наук, профессор кафедры «Безопасность инфокоммуникационных систем специального назначения»

Тел.: 8 (812) 556-93-41

V.V. BUKHARIN (*Candidate of Engineering Sciences, doctoral candidate of department
«Safety of infocommunication systems of a special purpose»*)

A.V. KIRYANOV (*Graduated in a military academy of department «Safety of infocommunication
systems of a special purpose»*)

Yu.I. STARODUBTSEV (*Doctor of Military Sciences, Professor, Head of department
«Safety of infocommunication systems of a special purpose»*)

Military academy of communication, St. Petersburg

METHOD FOR PROTECTING COMPUTER NETWORKS

The way of protection of computer networks, at the expense of the control of sequence of influences and definition of the strategy chosen by the infringer on certain sets of occurrences of not authorized information streams with possibility of formation new is considered at change of strategy by the infringer. The given way allows to raise security, including reliability and efficiency of detection of not authorized influence on the computer network.

Keywords: *protection of computer networks; computer attacks.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Patent RF № 2307392, klass G06F 21/00, H04L 9/32, zayavl. 02.05.2006 g.
2. Rukovodyashhij dokument. Bazovaya model' ugroz bezopasnosti personal'ny'x danny'x pri ix obrabotke v informacionny'x sistemax persnal'ny'x danny'x // FSTE'K Rossii, 2008. – S. 21-49.

О.Б. ЗЕЛЬМАНСКИЙ

**МЕТОДИКА СИНТЕЗА РЕЧЕПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ
НА РАЗНЫХ ЯЗЫКАХ ДЛЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

Рассмотрены современные методы синтеза речи по тексту. Предложена методика компиляционного синтеза речеподобных сигналов, обеспечивающая формирование речеподобных сигналов на разных языках в режиме реального времени как с использованием заранее сформированных баз аллофонов, так и непосредственно из речи участников разговора, или с использованием заранее сформированных баз аллофонов с одновременным подмешиванием речеподобных сигналов, которые формируются непосредственно из речи участников переговоров. Предложенная методика включает детектирование речи, верификацию диктора, сегментацию и классификацию речи и может применяться в активных системах защиты акустической информации от утечек по техническим каналам.

Ключевые слова: синтез речи; речеподобный сигнал; детектирование речи; аллофон; сегментация речи; классификация речи.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность задачи защиты информации от утечки по акустическим и виброакустическим каналам занимает одно из главных мест в области безопасности информации ввиду того, что информация представляется ключевым элементом в жизни современного мира и именно через нее реализуется значительная часть угроз безопасности. Наиболее важным в этом направлении представляется защита речевой или акустической информации, поскольку речь является самой естественной формой взаимодействия для человека и, следовательно, именно посредством речи передается большая часть конфиденциальной информации. Существует множество способов несанкционированного съема акустической информации, например, с использованием направленных или лазерных микрофонов, миниатюрных диктофонов, аппаратуры съема информации с сетей обеспечения контролируемого помещения и прочие. Таким образом, защита акустической информации от всех возможных угроз довольно сложная и дорогостоящая задача.

Одним из подходов к ее решению является активная маскировка разговора, которая состоит в создании маскирующего акустического шума по периметру защищаемого помещения или непосредственно в самом помещении, где проводится секретный разговор. Характер используемых помех в значительной мере определяет необходимый уровень помехи в помещении, а также ее эффективность. Анализ существующих на сегодняшний день систем активной акустической маскировки выявил тот факт, что в большинстве систем в качестве маскирующего используется «белый» или «окрашенный» шум. Для его создания используются специализированные низкочастотные генераторы аналогового типа на основе электровакуумных, газоразрядных и полупроводниковых элементов и цифровых или аналоговых устройств изменения спектра сигнала. Однако принимая во внимание степень развития технологий по обработке звука, в частности, по очистке от шумов, следует отметить, что подобного рода шумы могут быть скомпенсированы с большой степенью подавления. Кроме того, при использовании «белого шума» уровень сигнала, необходимый для надежной защиты помещения, может превышать комфортный уровень, а иногда и допустимые санитарные нормы. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о целесообразности применения в качестве шума речеподобного сигнала (РПС). Согласно [1, 2], РПС – это синтезируемый по случайному закону акустический сигнал, который по своим основным характеристикам соответствует речевому сигналу, но не содержит смысловой информации. Тем не менее, в большинстве систем активной акустической маскировки формирование такого вида сигналов не имеет научной базы и ориентировано не на создание случайного сигнала, а на изменение реального речевого сигнала таким образом, чтобы смысл его становился непонятным [3].

Таким образом, существует необходимость в разработке методики синтеза РПС для систем защиты информации.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

Формирование речевых сигналов можно осуществлять на двух уровнях:

- на сигнальном уровне, т.е. формируя непосредственно некоторый процесс, временные и спектральные параметры которого соответствуют параметрам речи;
- на текстовом уровне, т.е. генерируя по некоторым специально разработанным алгоритмам тексты, которые при их озвучивании специально предназначенными для этого средствами дают речевой сигнал.

Второй подход позволяет обеспечить большую гибкость на этапе озвучивания, т.е. непосредственного получения речевого сигнала, что позволяет применять одну и ту же методику для формирования речевых сигналов на разных языках. В соответствии с этим подходом может быть предложено несколько способов формирования РПС.

Наиболее простым является формирование «слов» с использованием безусловных вероятностей появления букв и пробелов в текстах моделируемого языка [4]. Однако озвучивание такого текста мало напоминает естественную речь.

Для повышения сходства формируемых сигналов с речью был исследован способ формирования РПС, основанный на вероятностях появления звуков в различных частях слова [4]. Синтезированный по данному тексту сигнал на слух оказывается более похожим на естественную речь, чем в предыдущем случае, но все еще недостаточно.

Также можно формировать не сам текст, а последовательность фонем, что должно более соответствовать поставленной задаче формирования РПС, так как человек произносит не слова, а фонемы [5]. Тем не менее, озвучивание подобного псевдотекста значительно отличается от звучания речи.

Другим способом является синтез слов на основе вероятностей появления различных слогов. При этом используется двумерное распределение вероятности, т.е. вероятность появления данного слога не постоянна, а зависит от предшествующего слога [6-8]. Недостатком данного метода является необходимость хранить довольно большой объем статистических данных. Для уменьшения объема данных вероятностей можно перейти к модифицированному слоговому методу формирования текста, который также основан на использовании вероятностей появления различных слогов. По этому алгоритму слово разделяется на начальные слоги, первый предударный слог, ударный слог, заударные слоги. Для каждой группы слогов подсчитываются безусловные вероятности появления слогов. За счет малого числа статистических данных можно либо увеличить частоту дискретизации выдаваемого сигнала, так как поиск нужного значения будет производиться гораздо быстрее, либо увеличить число слогов, что приведет к более полному соответствию формируемого текста реальным текстам.

Таким образом, применение модифицированного слогового метода позволяет генерировать псевдотекст на определенном языке и в соответствии со статистическими особенностями этого языка.

Следующим этапом является формирование речевых сигналов по сформированному псевдотексту. Известные методы синтеза речевых сигналов делятся на два типа: параметрические и компиляционные [9]. Параметрические методы моделируют акустические процессы речеобразования (акустику артикуляции или акустику формантных процессов). В результате их работы речевой сигнал генерируется подобно тому, как это происходит в речевом тракте человека. Параметрические процессоры могут быть построены на основе геометрической модели акустики речевого тракта или формантной модели акустической системы. Однако из-за того, что реальные функции сечений речевого тракта определяются недостаточно достоверно, до сих пор не существует удовлетворительно действующей геометрической модели речевого тракта. Лучшие практические результаты среди параметрических процессоров показали формантные синтезаторы.

Компиляционные процессоры игнорируют физическую природу процесса речеобразования. Здесь для синтеза используются отрезки естественной речевой волны (микроволны, аллофоны, дифоны и т.д.). Из них в дальнейшем собирается (компилируется) звучащий речевой сигнал. В таких синтезаторах звук не генерируется, а извлекается из памяти, где хранятся определенные отрезки естественной речевой волны. Преимущество компиляционных синтезаторов заключается в том, что они позволяют при определенных условиях приблизить качество синтезированной речи к естественной и имитировать персональный голос любого диктора. Недостатками компиляционного метода являются потенциально большой объем информации, которую нужно запомнить, очень трудоемкая работа по созданию баз данных элементов речи. Акустический процессор компиляционного типа может быть построен на базе мельчайших элементов речи, так называемых микроволн, которые соответствуют отрезкам речевой волны, равным периоду колебаний голосовых связок. Однако в этом случае требуется решить целый ряд проблем, связанных с плавным соединением микроволн, передачей информации о просодике речи, управлением длительностью звука под действием просодики. В связи с этим более эффективными являются аллофонные синтезаторы. В них используются аллофоны, которые представляют собой реализации фонем, обусловленные их конкретным фонетическим окружением.

Таким образом, в результате проведенного анализа можно заключить, что наиболее эффективным и гибким методом формирования РПС является метод компиляции участков естественной речевой волны по псевдотексту, генерируемому вероятностными методами [10]. Однако такой подход требует заранее сформированных баз аллофонов. Процесс формирования подобных баз является достаточно трудоемким. Причем для каждого диктора должна быть сформирована своя индивидуальная база, которая должна периодически обновляться, например, в связи с простудой или охриплостью диктора, что затрудняет широкое использование систем, реализующих данный метод.

ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ СИНТЕЗА РЕЧЕПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ

Предлагается методика, базирующаяся на компиляции аллофонов по псевдотексту, генерируемому с помощью модифицированного слогового метода, и позволяющая формировать РПС на разных языках, например, на русском, английском или арабском, а также одновременно на нескольких языках, что позволит применить предложенную методику при проведении переговоров между разноязычными участниками. Данная методика предполагает генерирование псевдотекстов на разных языках в соответствии со статистическими закономерностями этих языков и их последующее озвучивание путем компиляции аллофонов, которые предварительно выделяются из речи дикторов (носителей соответствующих языков) и формируют базы аллофонов. Это позволяет формировать РПС на каком-либо одном языке или одновременно на нескольких языках, при этом РПС будет представлять собой смесь нескольких РПС на соответствующих языках. Для определения моментов смены языка предлагаемая методика использует верификацию диктора по речи. Она заключается в распознавании диктора и подтверждении его личности на основе уникальных голосовых характеристик. Перед началом переговоров все участники проходят процедуру регистрации, во время которой в базу данных заносятся образцы их речи, из которой выделяются индивидуальные характеристики, а также информация о том, на каком языке будет говорить каждый диктор. Следовательно, в процессе верификации устанавливается и подтверждается личность диктора, определяется язык, в соответствии со статистикой которого будет формироваться псевдотекст, и выбирается соответствующая ему база аллофонов, на основании которой начинается формирование РПС. Однако данная методика требует наличия заранее сформированных баз аллофонов дикторов, носителей русской, английской и арабской речи, кроме того, статистических закономерностей этих языков. В связи с этим была проведена работа по исследованию данных языков. Целью данного исследования являлось выявление статистических закономерностей этих языков, а также выделение из речи носителей русского, арабского и английского языков аллофонов,

которые представляют собой реализации фонем, обусловленные их конкретным фонетическим окружением, и могут использоваться при синтезе РПС на соответствующих языках.

Следует отметить, что метод компиляционного синтеза РПС основывается на использовании заранее сформированных баз аллофонов, выделенных не из речи участников переговоров, а из речи других дикторов, следовательно, характеристики формируемых РПС будут отличаться от характеристик речи участников, что может снизить надежность защиты акустической информации. В связи с этим необходима методика компиляционного синтеза РПС в режиме реального времени непосредственно из речи участников переговоров, не требующая предварительного создания баз аллофонов участников [10]. Кроме того, системы, реализующие данную методику, обеспечат синтез РПС на разных языках, что является необходимым для защиты РИ при ведении международных переговоров на разных языках.

В основу разработанной методики синтеза РПС положена идея формирования РПС из аллофонов, выделяемых непосредственно из речи дикторов, участвующих в защищаемом разговоре в режиме реального времени. Идея формирования РПС из аллофонов состоит в следующем [11]:

1. Из слогов, учитывая частоту встречаемости, составляется слово, определяются положения ударного и предударного слогов. Очередной слог формируется с помощью модели, которая позволяет учесть предыдущий слог.
2. Из слов формируется синтагма.
3. Из синтагм составляется фраза.
4. Из фраз формируется фоноабзац.
5. Слова орфографического текста преобразуются в слова фонемного текста.
6. Последовательно расположенные буквы фонемного текста преобразуются в последовательность аллофонов и озвучиваются. При этом принимаются во внимание длительности пауз между синтагмами, фразами и фоноабзацами и сформированная частота основного тона.

Формирование слогов, учитывая предыдущий слог, осуществляется следующим образом. Выполняется разбиение статистически представительного текста на слоги по правилам:

- в слоге должна быть одна гласная;
- согласные, расположенные перед первой гласной слова, относятся к первому слогу;
- согласные, расположенные после последней гласной слова, относятся к последнему слогу;
- первая из согласных, расположенных между двумя гласными, относится к предыдущему слогу, все остальные – к следующему слогу;
- одна согласная, расположенная между двумя гласными, относится к следующему слогу;
- мягкий знак относится к согласной, предшествующей ему, и не отделяется от нее.

В процессе разбиения текста на слоги во внимание принимается количество одинаковых слогов. После чего составляется словарь наиболее употребляемых слогов, которые покрывают 90% текста. Далее текст вновь разбивается на слоги с учетом данного словаря, полученного по описанным выше правилам. Суть данного этапа заключается в анализе условной вероятности появления того или иного слога словаря, учитывая предыдущий слог или его отсутствие. Слог, выбираемый из словаря для формирования слова, определяется числом, случайно сгенерированным и равномерно распределенным от 0 до 1. Используемое в ходе поиска слога распределение определяется предыдущим, т.е. ранее выбранным слогом. На основе правила преобразования каждой буквы в фонему формируемые таким образом слова орфографического текста переводятся в слова фонемного текста. Составленные из фонем слова в соответствии с правилом преобразования каждой фонемы в аллофон переводятся в последовательность аллофонов.

Следует отметить, что формирование орфографического псевдотекста происходит в соответствии со статистическими особенностями языка. Таким образом, данная методика позволяет генерировать орфографический псевдотекст на разных языках, например, на русском, арабском или английском, в зависимости от того, статистические закономерности какого языка загружены. Озвучивание псевдотекста производится на основании составленной последовательности аллофонов, звуковые реализации которых содержатся в базах аллофонов, формируемых в режиме реального времени непосредственно из речи участников переговоров. При этом для озвучивания псевдотекстов на разных языках используются базы аллофонов соответствующих языков.

Методика формирования баз аллофонов из речи дикторов в режиме реального времени включает в себя детектирование речи, верификацию диктора, сегментацию речи на фонетические единицы, их классификацию и сохранение в базу.

Детектирование речи заключается в обнаружении и выделении речи из акустической обстановки. Методика детектирования речи заключается в сравнении классификационных параметров сигнала с соответствующими пороговыми значениями, при этом для определения пороговых значений применяется отслеживание статистического минимума данных параметров. В качестве классификационных параметров используются параметры как во временной, так и в частотной областях. Временными характеристиками сигнала являются кратковременное среднеквадратическое значение сигнала и кратковременная функция среднего числа переходов сигнала через ноль. А частотной характеристикой является спектральная оценка сигнала, объем вычислений которой уменьшается при использовании БПФ и свойства симметрии преобразования Фурье [12].

Верификация диктора [13] позволяет отделить речь одного участника разговора от речи другого с целью формирования базы аллофонов диктора из произнесенной именно им речи, что также позволяет разделить речь, произнесенную на разных языках. Кроме того, в результате верификации может быть установлено, что для данного диктора уже имеется ранее сформированная база аллофонов и нет необходимости в формировании новой.

В процессе сегментации выделенная при детектировании речь разбивается на участки однородных колебаний, соответствующие фонетическим единицам, путем нахождения межфонемных переходов. В методике сегментации речи используется анализ функции изменения спектра как меры корреляции между последовательными окнами анализируемого сигнала. При этом в качестве меры корреляции используется расстояние между векторами параметров, описывающими окна сигнала [14].

При классификации фонетических единиц устанавливается, к какому классу фонем относится каждая из них. Методика классификации речи состоит в вычислении коэффициентов различия между анализируемой фонетической единицей и базой образцов вариантов реализации фонем, обусловленных конкретным фонетическим окружением этих фонем, представленных кепстральными коэффициентами, на основе корреляционной матрицы. Принятие решения о принадлежности анализируемой фонетической единицы к той или иной группе фонем, а также ее классификация как определенной фонемы осуществляется путем нахождения образца с наиболее близкой анализируемой фонетической единице длительностью, которому соответствует наименьшее значение коэффициента различия. В результате создается база аллофонов диктора, говорящего на определенном языке, содержащая звуковые реализации фонетических единиц и информацию о них.

Тем не менее, методика формирования РПС непосредственно из речи дикторов, участвующих в переговорах в режиме реального времени, требует наличия как минимум одной, заранее сформированной базы аллофонов, которая будет использоваться в начале разговора, пока еще не сформированы базы аллофонов участников этого разговора. Возможно также использование заранее сформированных неполных баз аллофонов каждого из дикторов, которые будут дополняться в процесс разговора. Такая необходимость позволяет предложить многофункциональную объединенную методику компиляционного синтеза РПС, сочетающую в себе способность формирования РПС на основе уже

имеющихся, заранее сформированных баз аллофонов, а также добавления к ним РПС генерируемых непосредственно из речи участников разговора в режиме реального времени на определенном языке или одновременно на нескольких языках. Применение данной методики позволит начать синтез РПС в необходимый момент времени без предварительной регистрации участников переговоров благодаря использованию заранее сформированных баз аллофонов из речи произвольных дикторов либо после предварительной регистрации участников переговоров с использованием аллофонов, выделяемых непосредственно из их речи в режиме реального времени. Кроме того, возможно формирование РПС при использовании заранее сформированных баз с постепенным подмешиванием РПС, генерируемых в процессе переговоров из аллофонов, формируемых в режиме реального времени непосредственно из речи участников этих переговоров.

СИСТЕМА СИНТЕЗА РЕЧЕПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ

С целью апробации предложенной методики была разработана система синтеза РПС на разных языках в режиме реального времени. Структурная схема разработанной системы синтеза РПС в соответствии с предложенной методикой приведена на рисунке 1.

Основной задачей системы генерирования РПС является маскирование конфиденциального разговора. Следовательно, данная система должна быть активизирована непосредственно в момент начала этого разговора. Таким образом, первым модулем системы является модуль детектирования речи, анализирующий окружающую акустическую обстановку [12]. Основной задачей данного модуля является определение момента начала разговора и запуск генератора РПС. На выход модуля детектирования речи поступают только те участки входного сигнала, которые содержат речь.

Предлагаемая система защиты РИ должна обеспечивать генерирование РПС на основе голосов участников переговоров, таким образом, чтобы было невозможно разделить их речь и генерируемый шум. Для этого шум формируется из участков произносимой ими речи. Данный процесс реализуется в модулях сегментации речи, классификации речи и синтеза речи.

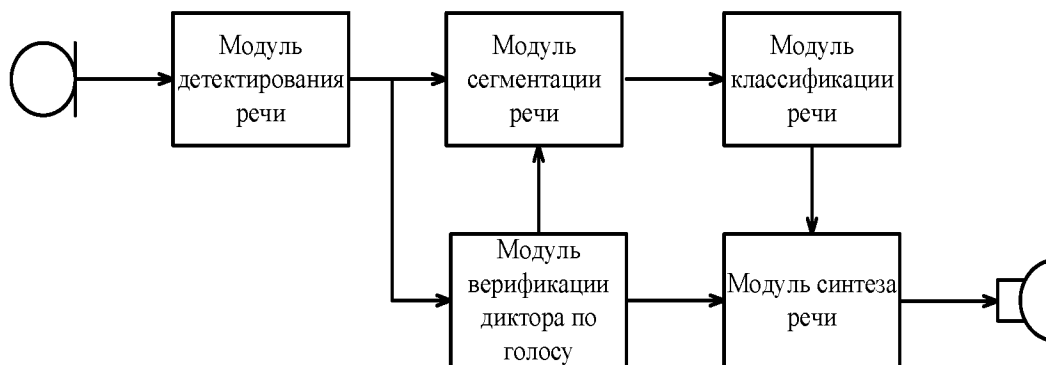


Рисунок 1 – Структурная схема системы синтеза РПС

Сегментация представляет собой процесс разбиения речи на участки однородных колебаний, соответствующие разным типам фонем: гласноподобные, назальные, фрикативные, смычные. Очевидно, что в рамках задачи по разработке активного средства защиты РИ применение ручной сегментации представляется невозможным, поскольку разрабатываемое средство защиты должно работать в режиме реального времени. При автоматической сегментации не исключается возможность ошибок, тем не менее, ее результаты могут быть воспроизведены. На вход модуля сегментации [14] с выхода модуля детектирования речи поступает сигнал, содержащий только речевые участки. Данный сигнал сегментируется на фонетические единицы, которые передаются на выход модуля сегментации.

После того, как речь сегментирована на фонетические элементы, необходимо их разделение по классам, что осуществляется в модуле классификации речи. Задача

классификации требует для своего решения специальных классифицирующих характеристик. Каждый полученный сегмент характеризуется определенными спектрально-временными параметрами, которые можно разделить на классы по форме спектра, по изменению энергии, по периодичности и т.д. Проведенные исследования [15] показали, что нет одного какого-либо параметра, позволяющего точно распознать все типы сегментов. Каждый тип обладает своими определенными особенностями, отличающими его, например, от второго типа, но не отличающими его от третьего типа, для чего требуется использовать уже другие особенности. Таким образом, требуется использовать набор параметров и решать задачу классификации отдельно для каждого типа сегментов. Однако поскольку задача классификации решается в рамках создания системы синтеза РПС, в функции которой входит генерирование сигнала, по своим основным временным, спектральным характеристикам и восприятию на слух наиболее подобного речи, то высокая точность распознавания фонем не является обязательным требованием к модулю классификации речи. С выхода модуля сегментации речи фонетические элементы поступают на вход модуля классификации речи, на выходе которого формируется массив фонетических единиц, разделенных по классам. Далее из полученного набора классифицированных фонетических единиц происходит формирование базы аллофонов.

Непосредственный синтез РПС, формируемых по случайному закону и по всем формальным признакам (всплесковый характер, наличие слов, промежутков между словами, частотный диапазон) максимально подобных речевых сигналов, но не содержащих смысловой информации, осуществляется модулем синтеза речи. Основной задачей данного модуля является преобразование формируемого с учетом статистических закономерностей выбранного языка орфографического псевдотекста в акустические колебания звукового диапазона частот, которые поступают на выход данного модуля. Для этого используются аллофонная модель синтезатора речи, базы аллофонов дикторов и модифицированный слоговый метод синтеза текста.

Следует отметить, что система синтеза РПС содержит модуль верификации диктора по голосу, который позволяет подтвердить личность говорящего на основании уникальных голосовых характеристик [13]. Информация о личности диктора может быть использована для выбора заранее сформированной базы аллофонов данного диктора и ее последующего применения в модуле синтеза речи для генерации РПС. Кроме того, верификация диктора необходима для отделения речи одного диктора от речи другого диктора с целью формирования баз аллофонов для каждого из них, а также разделения речи на разных языках. Модуль верификации диктора по голосу подключается к выходу модуля детектирования речи и обеспечивает подтверждение личности говорящего на основе его уникальных голосовых характеристик. Исходя из результатов процедуры подтверждения личности говорящего, выбирается соответствующая данному диктору ранее сформированная база аллофонов, представляющая собой набор отрезков естественной речевой волны, соответствующих фонетическим единицам речи диктора. В том случае, если личность диктора не подтверждена, необходимо формирование новой базы аллофонов данного диктора, для чего речь передается в модуль сегментации речи для разбиения ее на фонетические единицы (аллофоны), которые далее классифицируются в модуле классификации речи и поступают в базу аллофонов дикторов.

Сформированный таким образом сигнал накладывается на речь участников конфиденциального разговора. Полученная смесь информационного и маскирующего сигналов может улавливаться потайными диктофонами или микрофонами и прочими средствами разведки, но восстановить смысл разговора будет невозможно.

Предлагаемая система синтеза РПС имеет три режима работы. В первом режиме РПС формируется из заранее сформированных аллофонов произвольных дикторов. Второй режим позволяет генерировать РПС непосредственно из речи участников переговоров. В третьем режиме для синтеза РПС используются заранее сформированные базы аллофонов с одновременным подмешиванием РПС на основе речи участников переговоров. Кроме того,

имеется возможность выбора языка, на котором будет синтезироваться РПС. В системе предусмотрено три канала для русского, арабского и английского языков. Можно задействовать какой-либо один канал или одновременно несколько каналов для формирования РПС сразу на нескольких языках.

Таким образом, разработанная система для активной защиты акустической информации автоматически включается при начале секретного разговора, обеспечивает защиту самого секретного разговора, поскольку маскирующий сигнал формируется на основе голосов участников разговора и не несет никакой смысловой нагрузки, следовательно, позволяет защититься от большинства способов несанкционированного съема акустической информации. Данная система может быть использована в тех случаях, когда невозможно гарантировать полную безопасность помещения, в том числе, в случаях ведения переговоров в машине, «чужом» помещении, на улице.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе работы были проанализированы методы синтеза речи. Было установлено, что для синтеза РПС следует использовать модифицированный слоговый метод с целью формирования псевдотекста и аллофонную модель синтезатора речи по тексту с целью компиляции отрезков естественной речевой волны дикторов в РПС.

Была разработана методика компиляционного синтеза РПС, обеспечивающая формирование РПС на разных языках в режиме реального времени как с использованием заранее сформированных баз аллофонов, так и непосредственно из речи участников разговора, или с использованием заранее сформированных баз аллофонов с одновременным подмешиванием РПС, который формируется непосредственно из речи участников переговоров. Были составлены базы аллофонов дикторов на русском, арабском и английском языках путем сопоставления сегментированных на фонемы текстов с результатами временного и спектрального анализа аудиозаписей этих текстов.

Предложена методика формирования баз аллофонов разноязычных дикторов в режиме реального времени для систем синтеза РПС, включающая детектирование речи, верификацию диктора, сегментацию и классификацию речи.

С целью апробации предложенной методики была разработана система синтеза РПС на разных языках в режиме реального времени, которая может использоваться для защиты акустической информации от утечки по техническим каналам при проведении международных переговоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационные технологии. Средства защиты речевой информации виброакустические. Классификация и общие технические требования: СТБ П 34.101.28-2007. – Введ. 01.04.2008. – Минск: НП РУП «Научно-исследовательский институт технической защиты информации», 2008. – 8 с.
2. Воробьев В.И. Речеподобные сигналы: разновидности, основные параметры, способы формирования, области применения / В.И. Воробьев, А.Г. Давыдов, Г.В. Давыдов // Доклады БГУИР, 2009. – № 3(41). – С. 9-15.
3. Активные и пассивные методы и средства защиты информации от утечки по техническим каналам / М.О. Аль-Хатми, О.Б. Зельманский, Л.М. Лыньков, С.Н. Петров. – Минск: Бестпринт, 2011. – 275 с.
4. Сапожков М.А. Речевой сигнал в кибернетике и связи. – М.: Связьиздат, 1963. – 452 с.
5. Сапожков М.А., Михайлов В.Г. Вокодерная связь. – М.: Радио и связь, 1983. – 248 с.; ил.
6. Воробьев В.И., Давыдов А.Г. Синтез речеподобных сигналов // XI сессия Российского акустического общества: сб. тр., Москва, 19-23 ноября 2001 г. – М.: ГЕОС, 2001. – Т. 3. – С. 83-86.
7. Воробьев В.И. Синтез речеподобных сигналов с использованием аллофонов / В.И. Воробьев, А.Г. Давыдов, Б.М. Лобанов // XIII сессия Российского акустического

- общества: сб. тр., Н. Новгород, 25-29 августа 2003 г. – М.: ГЕОС, 2003. – Т. 3. – С. 110-114.
8. Воробьев В.И., Давыдов А.Г. Синтез речеподобных сигналов // Акустический журнал, 2002. – № 5. – Т. 48. – С. 701-704.
 9. Лобанов Б.М. Синтез речи по тексту // 4-я Международная школа-семинар по искусственному интеллекту: сборник научных трудов. – Минск: БГУИР, 2000. – С. 57-76.
 10. Зельманский О.Б., Давыдов А.Г. Система генерирования речеподобных сигналов для маскирования акустической информации // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: материалы 20 Междунар. Крымской конф., Севастополь, Крым, Украина, 13-17 сентября, 2010 г. / СевНТУ, КНТЦ им. Попова; редкол.: П.П. Ермолов и др. – Севастополь, 2010. – С. 506-507.
 11. Лобанов Б.М., Елисеева О.Е. Речевой интерфейс интеллектуальных систем: учебное пособие. – Минск: БГУИР, 2006. – 152 с.
 12. Зельманский О.Б. Построение программного модуля детектирования речи на основе классификационных параметров аудиосигнала // Доклады БГУИР, 2008. – № 7(37). – С. 72-76.
 13. Зельманский О.Б. Программные средства текстозависимой верификации диктора по голосу // Доклады БГУИР, 2009. – № 4(42). – С. 37-41.
 14. Зельманский О.Б., Давыдов А.Г. Модуль сегментации речи для систем синтеза речеподобных сигналов // «Milex 2011»: материалы V Междунар. науч.-техн. конф. по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения. Минск, 25-26 мая 2011 г. – 386 с.
 15. Цыплихин А.И., Сорокин В.Н. Сегментация речи на кардинальные элементы // Информационные процессы, 2006. – № 3. – Том 6. – С. 177-207.

Зельманский Олег Борисович

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Магистр технических наук, аспирант кафедры защиты информации

E-mail: 7650772@rambler.ru

O.B. ZELMANSKIJ (Master of technical science, Post-graduate student of the department of protection of information)

Belarusian State University of Informatics and radioelectronics

METHOD OF SPEECHLIKE SIGNALS SYNTHESIS IN DIFFERENT LANGUAGES FOR INFORMATION PROTECTION SYSTEMS

Modern speech synthesis methods are considered. Speechlike signal generation method is suggested. It is based on the compilation of allophones in accordance with statistically formed pseudotext. Suggested method provides synthesis of speechlike signals in different languages from allophone databases produced in advance or from allophones extracted from the speech of the speaker in real time or from both. Proposed method contains voice activity detection, speaker verification, speech segmentation and speech classification and can be used in active systems of acoustic information protection.

Keywords: *speech synthesis; speech-like signal; voice detection; allophone; speech segmentation; speech classification.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Informacionny'e texnologii. Sredstva zashhity' rechevoj informacii vibroakusticheskie. Klassifikaciya i obshhie texnicheskie trebovaniya: STB P 34.101.28-2007. – Vved. 01.04.2008. – Minsk: NP RUP «Nauchno-issledovatel'skij institut texnicheskoy zashhity' informacii», 2008. – 8 s.
2. Vorob'yov V.I. Rechepodobny'e signaly': raznovidnosti, osnovny'e parametry', sposoby' formirovaniya, oblasti primeneniya / V.I. Vorob'yov, A.G. Davy'dov, G.B. Davy'dov // Doklady' BGUIR, 2009. – № 3(41). – S. 9-15.
3. Aktivny'e i passivny'e metody' i sredstva zashhity' informacii ot utechki po texnicheskim kanalam / M.O. Al'-Xatmi, O.B. Zel'manskij, L.M. Ly'n'kov, S.N. Petrov. – Minsk: Bestprint, 2011. – 275 s.
4. Sapozhkov M.A. Rechevoj signal v kibernetike i svyazi. – M.: Svyaz'izdat, 1963. – 452 s.
5. Sapozhkov M.A., Mixajlov V.G. Vokodernaya svyaz'. – M.: Radio i svyaz', 1983. – 248 s.; il.

6. Vorob'yov V.I., Davy'dov A.G. Sintez rechepodobny'x signalov // XI sessiya Rossijskogo akusticheskogo obshhestva: sb. tr., Moskva, 19-23 noyabrya 2001 g. – M.: GEOS, 2001. – T. 3. – S. 83-86.
7. Vorob'yov V.I. Sintez rechepodobny'x signalov s ispol'zovaniem allofonov / V.I. Vorob'yov, A.G. Davy'dov, B.M. Lobanov // XIII sessiya Rossijskogo akusticheskogo obshhestva: sb. tr., N. Novgorod, 25-29 avgusta 2003 g. – M.: GEOS, 2003. – T. 3. – S. 110-114.
8. Vorob'yov V.I., Davy'dov A.G. Sintez rechepodobny'x signalov // Akusticheskij signal, 2002. – № 5. – T. 48. – S. 701-704.
9. Lobanov B.M. Sintez rechi po tekstu // 4-aya Mezhdunarodnaya shkola-seminar po iskustvennomu intellektu: sbornik nauchny'x trudov. – Minsk: BGUIR, 2000. – S. 57-76.
10. Zel'manskij O.B., Davy'dov A.G. Sistema generirovaniya rechepodobny'x signalov dlya maskirovaniya akusticheskoy informacii // SVCh-texnika i telekommunikacionny'e texnologii: materialy' 20 Mezhdunar. Kry'mskoj konf., Sevastopol', Kry'm, Ukraina, 13-17 sentyabrya, 2010 g. / SevNTU, KNTC im. Popova; redkol.: P.P. Ermolov i dr. – Sevastopol', 2010. – S. 506-507.
11. Lobanov B.M., Eliseeva O.E. Rechevoj interfejs intellektual'ny'x system: uchebnoe posobie. – Minsk: BGUIR, 2006. – 152 s.
12. Zel'manskij O.B. Postrenie programmogo modulya detektirovaniya rechi na osnove klassifikacionny'x parametrov audiosignala // Doklady' BGUIR, 2008. – № 7(37). – S. 72-76.
13. Zel'manskij O.B. Programmny'e sredstva tekstozaavisimoy verifikacii diktora po golosu // Doklady' BGUIR, 2009. – № 4(42). – S. 37-41/
14. Zel'manskij O.B., Davy'dov A.G. Modul' segmentacii rechi dlya sistem sinteza rechepodobny'x signalov // «Milex 2011»: materialy' V Mezhdunar. nauch.-texn. konf. po voenno-texnicheskim problemam, problemam oborony' i bezopasnosti, ispol'zovaniyu texnologij dvojnogo primeneniya. Minsk, 25-26 maya 2001 g. – 386 s.
15. Cy'plixin A.I., Srkin V.N. Segmentaciya rechi na kardinal'ny'e e'lementy' // Informacionny'e processy', 2006. – № 3. – T. 6. – S. 177-207.

В.В. КОМАШИНСКИЙ, Г.М. САЗОНОВ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ОТ УТЕЧКИ ПО АКУСТИЧЕСКИМ И ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ КАНАЛАМ

В данной статье авторами освещается проблема оценки защищенности речевого сигнала, циркулирующего в защищаемом помещении, от утечки по акустическим и виброакустическим каналам. Также представлены критерии защищенности речевого сигнала и способы защиты речевой информации.

Ключевые слова: речевой сигнал; защита речевой информации; акустические и виброакустические каналы.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с резким повышением интереса к проблемам информационной безопасности возникает необходимость правильной оценки защищенности информации. На сегодняшний день существует множество технических каналов утечки информации, разновидностью которых являются каналы утечки речевой информации, подразделяющиеся на воздушные, вибрационные, акустоэлектрические, параметрические и др. Для руководства организаций особое значение занимает безопасность конфиденциальных разговоров в кабинете. Для этого проводится специсследование помещения. Одной из основных частей этой работы является оценка защищенности информации от утечки по акустическим и виброакустическим каналам.

Защита речевой информации от утечки по акустическим и виброакустическим каналам – это комплекс организационных, организационно-технических и технических мероприятий, исключающих или ослабляющих бесконтрольный выход конфиденциальной информации за пределы контролируемой зоны. Для исключения утечки конфиденциальной информации из категорированного помещения необходимо произвести оценку ее защищенности.

Оценка защищенности воздушного и вибрационного каналов основывается на инструментально-расчетном способе определения отношений «речевой сигнал/акустический (вибрационный) шум» (далее «сигнал/шум») в контрольных точках в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц с последующим сравнением полученных отношений «сигнал/шум» с нормированными значениями или с последующим пересчетом полученных значений «сигнал/шум» в числовую величину словесной или формантной разборчивости речи и сравнения ее с нормированным значением.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

Для проведения инструментального контроля с использованием аппаратуры общего применения должны быть сформированы передающий и приемный измерительные комплексы

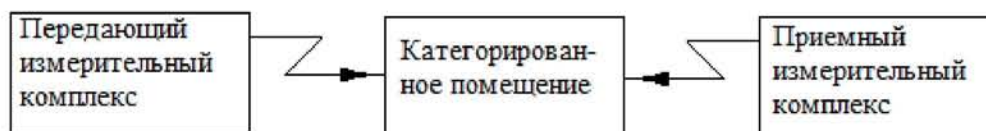


Рисунок 1 – Структура методики измерений параметров каналов утечки речевой информации

Передающий и приемный измерительные комплексы должны содержать:

- генератор шума;
- усилитель мощности;
- акустический излучатель;
- измерительный микрофон;

- шумомер;
- полосовые октавные фильтры со среднегеометрическими частотами 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

В качестве тестового (контрольного) сигнала рекомендуется использовать акустический шумовой сигнал с нормальным распределением плотности вероятности мгновенных значений в пределах каждой октавной полосы частот. В зависимости от технических возможностей используемых генераторов шума контрольный сигнал может излучаться одновременно во всех октавных полосах либо последовательно в каждой отдельно взятой полосе. С целью сокращения времени на проведение контроля рекомендуется использовать тестовый (контрольный) сигнал, излучаемый одновременно во всех октавных полосах.

Допускается также использование гармонических (тональных сигналов) со среднегеометрическими частотами октавных полос. В этом случае в контрольной точке необходимо провести не менее трех измерений на частотах $f_{срi} \pm \Delta f$, где $f_{срi}$ – среднегеометрическая частота i -октавной полосы, Δf – частотная поправка, равная 10-15% от $f_{срi}$.

При настройке и оценке системы эффективность работы в значительной степени зависит от числа и размещения контрольных точек (КТ) в конкретном выделенном помещении. Измерения в КТ для настройки системы выполняются в соответствии с методикой НМД АРР. Контрольные точки можно разделить на 3 группы – размещаемые на окнах, дверях и стенах. На рисунке 2 представлено выделенное помещение, которое необходимо оценить на предмет утечки акустической информации.

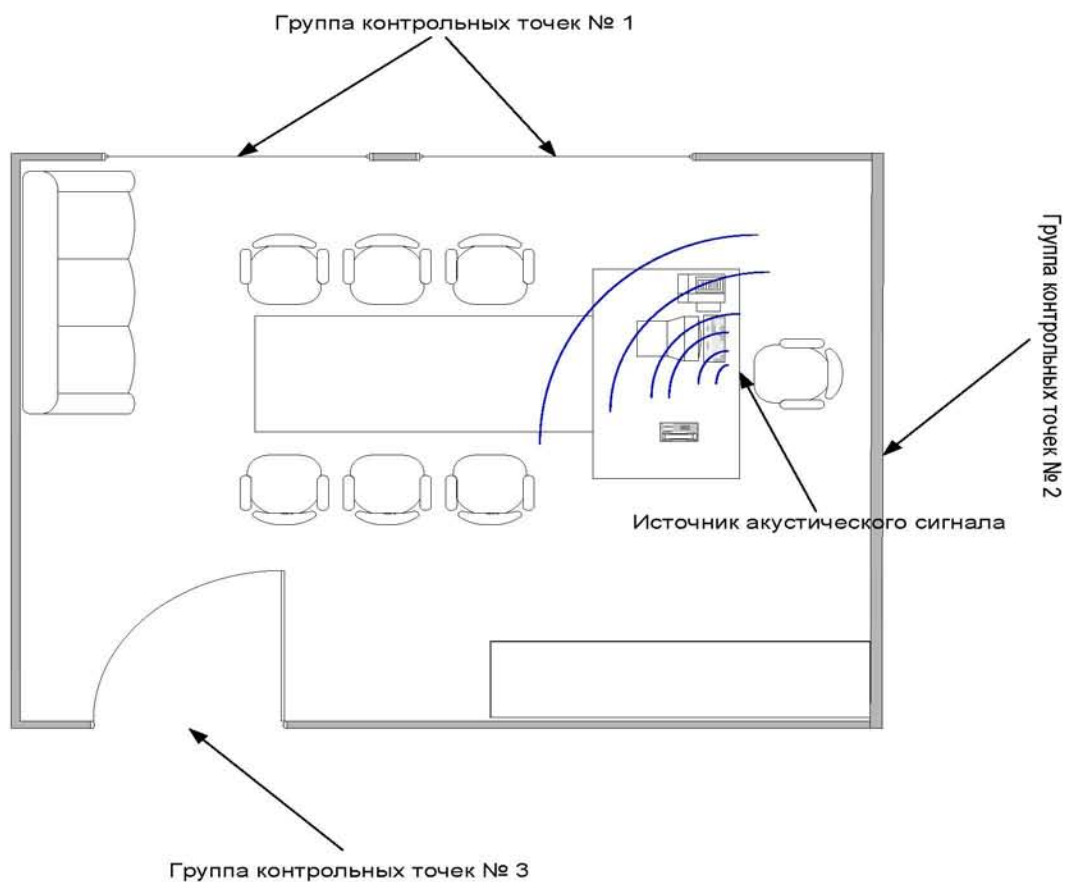


Рисунок 2 – Выбор групп контрольных точек в выделенном помещении

Общие рекомендации при выборе КТ на остеклении окон (группа контрольных точек №1) представлена на рисунке 3.

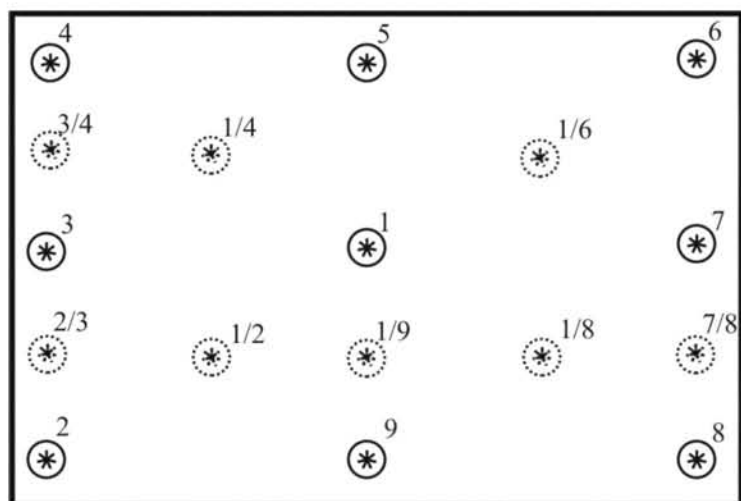


Рисунок 3 – Рекомендуемое распределение контрольных точек на стекле и их типовая нумерация

В соответствии со схемой, приведённой на рисунке 3, первое измерение и расчёт параметра защищённости выполняется в КТ1. Далее выполняются измерения в КТ по порядку возрастания номеров, не исключая тех, которые размещаются в непосредственной близости от преобразователей.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ ВЫБОРЕ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ДВЕРНЫХ ПРОЁМОВ (ГРУППА КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК № 2)

Контрольные точки при настройке системы рекомендуется выбирать в зависимости от конструкции и размеров дверного проёма. При одностворчатой конструкции и верхнем расположении акустического излучателя достаточно одной КТ по центру двери в 0,5 м от её полотна. В случае наличия щели между полом и полотном двери необходимо произвести измерения в двух КТ на высоте 1,5 и 0,5 м от уровня пола.

Для двухстворчатого проёма рекомендуется настраивать акустические преобразователи системы в трёх КТ – по центру проёма и напротив левого и правого обрезов дверной коробки. В случае наличия щели число КТ возрастает до шести.

Общие рекомендации при настройке защиты ограждающих конструкций. Контрольные точки на ограждающих конструкциях для настройки системы (по вибрационному каналу) рекомендуется размещать на максимальном удалении от вибровозбудителей и в местах известных неоднородностей конструкции (трещины, изменения толщины, переходы от материала к материалу и т.д.).

Общее число КТ должно составлять не менее $2 \div 3$ на 5 погонных метров конструкции (при условии её однородности). При переходах от материала к материалу необходимо в обязательном порядке размещать КТ по обе стороны перехода в $10 \div 15$ см от границы раздела с шагом порядка 1 м. По акустическому каналу ограждающие конструкции (стены, перегородки, полы, потолки) для настройки акустических излучателей контролируются на максимальном удалении от них и в районе известных неоднородностей (трещины, щели, проёмы, заглушенные двери, встроенные шкафы и т.д.) Рекомендованный шаг расположения КТ вдоль конструкции не более $2 \div 3$ м.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИЩЕННОСТИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

Дано:

L_{sh} , дБ – уровень звукового давления шума;

L_{a_sh} , дБ – уровень звукового давления сигнал + шум;

F , кГц – октавная частота;

L_{ozvN} , дБ – норма озвучивания помещения;

L_{ozv} , дБ – калибровочный (реальный) уровень озвучивания помещения;

A , дБ – формантный параметр речевого спектра;

k – весовой коэффициент октавной полосы.

Найти:

E – октавное соотношение сигнал/шум;

W – словесная разборчивость;

Y – формантная разборчивость.

Для уровней сигнал + шум в каждой октавной полосе:

$$L_a = (L_{a1}, L_{a2}, L_{a3}, L_{a4}, L_{a5}, L_{a6}).$$

Аналогично для уровня шума в каждой октавной полосе:

$$L_{sh} = (L_{sh1}, L_{sh2}, L_{sh3}, L_{sh4}, L_{sh5}, L_{sh6}).$$

В качестве исходных данных присутствуют результаты озвучивания помещения, которые включают в себя: октавную частоту (F , кГц), норму озвучивания (L_{ozvN} , дБ) и калибровочный (реальный) уровень озвучивания (L_{ozv} , дБ).

$$F = (0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8);$$

$$L_{ozvN} = (66, 66, 61, 56, 53, 50);$$

$$L_{ozv} = (86, 86, 81, 76, 73, 70).$$

Далее необходимо найти учет поправки уровня озвучивания (ΔI), для каждой октавной полосы.

$$\Delta I = L_{ozv} - L_{ozvN}.$$

После этого производится расчет уровней акустического сигнала L_c . Все расчеты проводятся для значений в каждой октавной полосе.

$$L_c = L_{a_sh} - 0, \quad \text{если} \quad L_{a_sh} - L_a > 10,$$

$$L_c = L_{a_sh} - 1, \quad \text{если} \quad 6 \leq L_{a_sh} - L_a \leq 10,$$

$$L_c = L_{a_sh} - 2, \quad \text{если} \quad 4 \leq L_{a_sh} - L_a < 6,$$

$$L_c = L_{a_sh} - 3, \quad \text{если} \quad 3 \leq L_{a_sh} - L_a < 4,$$

$$L_c = L_{a_sh} - 4, \quad \text{если} \quad 2 \leq L_{a_sh} - L_a < 3,$$

$$L_c = L_{a_sh} - 7, \quad \text{если} \quad 1 \leq L_{a_sh} - L_a < 2,$$

$$L_c = 10 \cdot \log(10^{0.1(L_{a_sh}+0.1)} - 10^{0.1L_{sh}});$$

После нахождения уровней акустического сигнала производится расчет октавного соотношения сигнал / шум (с учетом реальных уровней озвучивания).

$$E = L_c - L_{sh} - \Delta I.$$

Вспомогательными данными являются формантный параметр речевого спектра в октавной полосе (A , дБ) и весовой коэффициент октавной полосы частот (k).

$$A = (18, 14, 9, 6, 5, 3);$$

$$k = (0.03, 0.12, 0.2, 0.3, 0.26, 0.05).$$

Далее формируем матрицу z :

$$z = 0 \text{ если } E \geq A;$$

$$z = 1 \text{ если } E < A.$$

После этого необходимо найти октавный индекс артикуляции речи (r).

$$r = k \cdot \left| z - \frac{0.78 + 5.46 \cdot \exp(-4.3 \cdot 10^{-3} \cdot (27.3 - |E - A|)^2)}{1 + 10^{0.1|E - A|}} \right|,$$

Затем интегральный индекс артикуляции речи (R);

$$R = \sum r;$$

Завершающим этапом необходимо определить словесную разборчивость речи (показатель противодействия акустической речевой разведке):

$$W = 1.54 \cdot R^{0.25} \cdot (1 - \exp(-11 \cdot R)), \quad \text{если} \quad R < 0.15,$$

$$W = 1 - \exp\left(\frac{-11 \cdot R}{1 + 0.7 \cdot R}\right).$$

Перевод в формантную разборчивость (Y) производится в соответствие с матрицей перевода:

$$Y := \begin{pmatrix} 6 & 13 & 20 & 26 & 32 & 38 & 43 & 48 & 52 & 56 & 60 & 63 & 67 & 70 & 72 & 75 & 77 & 79 & 81 & 83 & 84 & 86 & 87 & 88 & 89 & 90 & 91 & 92 & 92.5 & 93 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 & 27 & 28 & 29 & 30 \end{pmatrix},$$

где верхняя строчка – это словесная разборчивость (W), а нижняя – формантная разборчивость (Y). В результате проведения измерений формантной разборчивости возникает возможность определить степень защищенности речевого сигнала от утечки по акустическим и виброакустическим каналам.

КОНТРОЛЬНЫЙ ПРИМЕР

- Дано:
1. $\Delta I = 81 - 61 = 20$ [дБ];
 2. $L_a = 35$ дБ.
 3. $L_{a_sh} = 40$ дБ
 4. $F = 1$ кГц.
 5. $R = 0,003$;
 6. $W = 1.54 \cdot 0,003^{0.25} \cdot (1 - \exp(-11 \cdot 0,003)) = 0,01 \cdot 100 = 1\%$;
 7. $Y = 0,833$;
 8. $0,833 < Y_n$.
- Найти: $r = 0,003$;
- $Y, \%$

Примечание: расчет проводился только в одной октавной полосе $F = 1$ кГц.

КРИТЕРИИ ЗАЩИЩЕННОСТИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

Практический опыт показывает, что составление подробной справки о содержании перехваченного разговора невозможно при словесной разборчивости менее 60-70%, а краткой справки-аннотации – при словесной разборчивости менее 40-50%. При словесной разборчивости менее 20-30% (формантной 3-5%) значительно затруднено установление даже предмета ведущегося разговора, а при словесной разборчивости менее 10% (формантной 1,8%) это практически невозможно даже при использовании современной техники фильтрации помех.

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА

Пассивные методы защиты направлены на уменьшения (ослабления) уровня речевого сигнала. Активные методы защиты заключаются в создании маскирующих акустических и вибрационных помех средствами разведки, то есть использованием виброакустической маскировки информационных сигналов.

Пассивные:

1. звукоизоляция.
 - использование специальных звукопоглощающих материалов;
 - установка на расстоянии в 6-10 см от стен и перегородок помещений однослойных и многослойных ограждений;
 - установка виброизолирующих опор;
 - звукоизоляция отверстий и проемов в перекрытиях;
 - звукоизоляция окон;
 - оборудование входа в помещение звукоизолирующим тамбуром;
 - звукоизоляция вентиляционных систем.

Активные:

2. зашумление.

- применение генераторов «белого» шума;
- применение генераторов «розового» шума;
- применение генераторов шумовой «речеподобной» помехи.

Приведенная методика оценки защищенности речевого сигнала от утечки по акустическим и виброакустическим каналам дает возможность выбрать контрольные точки,

рассчитать значения разборчивости речи, классифицировать помещение по уровню защищенности и выбрать средства и методы противодействия акустической и виброакустической разведке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железняк В.К. Защита информации от утечки по техническим каналам: учебное пособие. – СПб.: ГУАП, 2006. – 188 с.
2. Технические средства и методы защиты информации: учебник для ВУЗов / Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мешеряков Р.В. и др.: под ред. А.П. Зайцева и А.А. Шелупанова. – М.: ООО «Издательство Машиностроение», 2009. – 508 с.
3. Система постановки виброакустических и акустических помех «Шорох 3». Техническое описание и инструкция по эксплуатации МСШЕ 42-7700-296-2613-8 ТО и ИЭ. – Москва, 2008.
4. ГОСТ Р 50840-95. Государственный стандарт Российской Федерации. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. Издание официальное. – М.: Госстандарт России, 1997.
5. Железняк В.К., Макаров Ю.К., Хорев А.А. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты речевой информации // Специальная техника, 2000. – № 4.
6. Кученков Е.Б., Музалев Е.А. Экспериментальная оценка акустической защищенности исследуемых помещений // Вопросы защиты информации, 1999. – № 3.
7. Хорев А.А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть 1. Технические каналы утечки информации. – М.: Гостехкомиссия РФ, 1998. – 320 с.

Комашинский Владимир Владимирович

Академия ФСО России, г. Орел

Кандидат технических наук, сотрудник

Тел.: 8 920 082 93 93

Сазонов Георгий Михайлович

Академия ФСО России, г. Орел

Сотрудник

V.V. KOMASHINSKIY (*Candidate of Engineering Sciences, Employee*)

G.M. SAZONOV (*Employee*)

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

METHODS OF SECURITY ASSESSMENT OF THE SPEECH SIGNAL FROM THE LEAKAGE THROUGH ACOUSTIC AND VIBROACOUSTIC CHANNELS

In this article, the authors revealed the problem of security assessment of the speech signal circulating in the space to be protected from leakage via acoustic and vibroacoustic channels. The same criteria are protected speech and how to protect voice communications.

Keywords: *speech signal; security assessment; acoustic and vibroacoustic channels.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Zheleznyak V.K. Zashhita informacii ot utechki po texnicheskim kanalām: uchebne posobie. – SPb.: GUAP, 2006. – 188 s.
2. Texnicheskie sredstva i metody' zashhity' informacii: uchebnik dlya VUZov / Zajcev A.P., Shelupanov A.A., Mesheryakov R.V. i dr.: pod red. A.P. Zajceva i A.A. Shelupanova. – M.: ООО «Izdatel'stvo Mashinostroenie», 2009. – 508 s.
3. Sistema postanovki vibroakusticheskix i akusticheskix pomex «Shorox 3». Texnicheskoe opisanie i instrukciya po e'kspluatácii MSShE 42-7700-296-2613-8 TO i IE'. – Moskva, 2008.
4. GOST R 50840-95. Gosudarstvenny'j standart Rossijskoj Federacii. Peredacha rechi po traktam svyazi. Metody' ocenki kachestva, razborchivosti i uznavaemosti. Izdanie oficial'noe. – M.: Gosstandart Rossii, 1997.
5. Zheleznyak V.K., Makarov Yu.K., Xorev A.A. Nekotory'e metodicheskie podxody' k ocenke e'ffektivnosti zashhity' rechevoj informacii // Special'naya texnika, 2000. – № 4.
6. Kuchenkova E.B., Muzalev E.A. E'ksperimental'naya oценка akusticheskoy zashhishhynnosti issleduemy'x pomeshhenij // Voprosy' zashhity' informacii, 1999. – № 3.
7. Xorev A.A. Zashhita informacii ot utechki po texnicheskim kanalām. Chast' 1. Texnicheskie kanaly' utechki informacii. – M.: Gostexkomissiya RF, 1998. – 320 s.

С.Н. ДАНИЛИН

СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ ИНФОРМАЦИИ

Проведен анализ причин многообразия представлений о сущности информации в различных областях науки и практики, вызывающих сложность однозначного ее определения. Рассмотрены наиболее характерные точки зрения авторов по данному вопросу. На основе современных научно-технических достижений и методологий предложен общий подход решения проблемы формирования представления об информации. Сформулировано определение термина «информация», соответствующее широкой сфере современных информационных явлений и процессов.

Ключевые слова: информация; информатика; информационные технологии.

При разработке алгоритмов преобразования информации в любом логическом базисе и проектировании устройств, реализующих данные алгоритмы, в соответствии с действующими Российскими и международными стандартами устанавливаются технические требования к ним, в частности, по точности работы, быстродействию, отказоустойчивости, надежности. Объектом, к которому эти показатели относятся, является информация, а не сигнал – носитель информации. Следовательно, необходимо точное определение – что такое информация? Ответ на этот вопрос следует ожидать от соответствующей отрасли науки – информатики [1].

«Информатика – отрасль науки, изучающая структуру и общие свойства информации, а также вопросы, связанные с ее сбором, хранением, поиском, переработкой, преобразованием, распространением и использованием различных сферах деятельности» [2]. Информатика находится в процессе своего становления и, как оказалось, еще не выработала единого определения предмета своего изучения – информации, чью структуру и общие свойства она изучает. Ю.А. Шафрин в учебнике «Информационные технологии» сообщает школьникам: «Информация является первичным и неопределяемым в рамках науки понятием. Мы можем лишь утверждать, что это понятие предполагает наличие материального носителя информации, передатчика информации, приемника и канала связи между источником и приемником» [3].

Коллектив авторов, возглавляемый С.В. Симоновичем, в учебном пособии для средней школы отмечает: «Несмотря на то, что человеку постоянно приходится иметь дело с информацией (он получает ее с помощью органов чувств), строгого научного определения, что же такое информация, не существует. В тех случаях, когда наука не может дать четкого определения какому-то предмету или явлению, люди пользуются понятиями. Понятия отличаются от определений тем, что разные люди при разных обстоятельствах могут вкладывать в них разный смысл» [4]. В учебнике для школьников (содержание учебника соответствует образовательному стандарту по информатике и ИКТ) коллектива авторов, возглавляемого Семакиным И.Г., говорится: «Третьей реальностью окружающей нас действительности является информация. Любой человек интуитивно понимает смысл этого слова. Информация – это сведения, знания, которые мы получаем из книг, газет, радио, телевиденья, от людей, с которыми общаемся. Изучение любого предмета в школе связано с получением информации. В жизни современного общества информация играет не меньшую роль, чем вещество и энергия» [5]. В учебнике Угриновича Н.Д. [6] для 10-11 классов сказано: «Понятие «информация» является базовым в курсе информатики, невозможно дать его определение через другие более «простые понятия»».

Итак, от имени науки школьникам сказано, что нет возможности разъяснить им, что же такое информация (что они будут изучать). Обратимся к книгам для студентов. Другой коллектив авторов, также возглавляемый С.В. Симоновичем, в удачной по отзывам специалистов книге «Информатика. Базовый курс» [7] (предназначенной для студентов технических ВУЗов, изучающих информационные технологии, преподавателей всех

специальностей, слушателей военных учебных заведений) дает следующее определение: «Информация – это продукт взаимодействия данных и адекватных им методов».

В толковом словаре-справочнике Воройского Ф.С. [8] предложено следующее понятие: «Информация – это данные, необходимые или полезные тому, кому они передаются». В учебнике «Информатика» Балдина К.В. и Уткина В.Б. [9] говорится: «До настоящего времени в науке не выбрано строгого определения понятия информации. Говоря об информационных процессах в автоматизированных информационных системах, мы пока будем понимать некоторую совокупность данных (тепловых, числовых, графических) и связей между ними».

В учебнике «Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств» Головицыной М.В. [10] сказано: «Под информацией необходимо понимать не сами предметы и процессы, а их отражение или отображение в виде чисел, формул, описаний, чертежей, символов, образов. Сама по себе информация может быть отнесена к области абстрактных категорий, подобных, например, математическим формулам, однако работа с ней всегда связана с использованием каких-нибудь материалов и затратами энергии».

Михеева Е.В. в учебнике и в учебном пособии предлагает следующую точку зрения: «Ключевым понятием информатики является понятие информации, однако единого ее определения до сих пор не существует. Поэтому вместо определения обычно используют понятие об информации [11]. Информация – сведения о фактах, концепциях, событиях, идеях, которые в данном контексте имеют вполне определенное значение. Информация – это не просто сведения, сведения нужные, имеющие значение для лица, обладающего ими [12].»

В учебнике [13] коллектив авторов уклоняется от формулировки определения информации, сообщая читателям: «Понятие «информация» является одним из основных понятий информатики. Общеизвестна сложность проблемы определения этого понятия, которая в настоящее время весьма еще далека от своего решения». В удачном, по мнению преподавателей и студентов, учебнике Степанова А.Н. «Информатика» [14] сказано: «Информация относится к первичным неопределяемым понятиям».

Такие определения и суждения об информации при современном уровне научно-технического прогресса и знаний об окружающем нас мире вызывают только удивление, так как из них сразу же следует, что информация существует только в человеческом обществе.

В учебнике «Информатика» для студентов технических и экономических специальностей ВУЗов В.А. Острейковского [15] можно прочесть: «В широком смысле информация – это отражение реального мира; в узком смысле информация – это любые сведения, являющиеся объектом хранения, передачи и преобразования». Такое определение нельзя признать удачным, так как в широком смысле информация отождествляется с философской категорией «отражение», в узком смысле – сводится к кибернетическому пониманию информации, имевшему место до середины XX века.

В учебном пособии «Информатика» для студентов педагогических ВУЗов [16] авторы уклонились от формального определения информации, подчеркнув, что понятие информации является одним из фундаментальных в современной науке вообще и базовым для изучаемой информатики. Автор учебника «Информатика» для студентов, обучающихся по естественнонаучным направлениям, В.А. Каймин [17] сообщает читателям: «С содержательной точки зрения информация – это сведения о ком-то или о чем-то, а с формальной точки зрения – набор знаков и сигналов». Затем приводится юридическое определение информации по действующему в России законодательству [39]. Данное сочетание определений можно признать наиболее удачным для читателя, хотя оно и содержит ряд недостатков, присущих, например, определению автора [15].

В учебнике «Правовая информатика и кибернетика», изданным под редакцией Н.С. Полевого для студентов, аспирантов и преподавателей юридических ВУЗов [18], говорится: «Под собственно информацией следует понимать данные, которые характеризуют объект познания, и могут быть выделены познающим субъектом в том или ином отображении познаваемого объекта». Из этого определения следует, что информация явление

субъективное, присущее только человеческому обществу. Это явно не соответствует действительности.

Авторы учебника «Основы информатики» [19] рассматривают предмет нашего анализа следующим образом: «Понятие информации можно рассматривать с двух позиций: в широком смысле слова – это окружающий нас мир, обмен сведениями между людьми, обмен сигналами между живой и неживой природой, людьми и устройствами; в узком смысле слова информация – это любые сведения, которые можно сохранить, преобразовать и передать».

Информация – специфический атрибут реального мира, представляющий собой его объективное отражение в виде совокупности сигналов и проявляющийся при взаимодействии с «приемником» информации, позволяющим выделять, регистрировать эти сигналы из окружающего мира и по тому или иному критерию их идентифицировать.

Из этого определения следует, что:

- информация объективна, так как это свойство материи – отражение;
- информация проявляется в виде сигналов и лишь при взаимодействии объектов;
- одна и та же информация различными получателями может быть интерпретирована

по-разному в зависимости от «настройки приемника». Приведенная точка зрения может быть отнесена к наиболее удачным. Ее слабые места будут показаны ниже.

Таким образом, в рамках специализированной научной дисциплины информатики, по определению занимающейся прикладными проблемами информации в различных областях человеческой деятельности, понятие (определение) информации не сформировано.

Обратимся к общенаучным представлениям. Большая Российская Энциклопедия [2] дает такое современное определение информации: «Общенаучное понятие, включающее обмен сведениями между людьми, человеком и автоматом, автоматом и автоматом; обмен сигналами в животном и растительном мире; передачу признаков от клетки к клетке, от организма к организму; одно из основных понятий кибернетики». С приведенным понятием нельзя согласиться, так как информация отождествляется с передачей (обменом) информации.

В связи с этим возникает вопрос – в чем причина такого положения вещей и можно ли и сформулировать понятие информации?

Причину следует искать в том, что информатика развивалась сверхбыстрыми темпами только в последние 10-15 лет на основе всеобщей компьютеризации общества. Названный исторический период совпал в нашей стране с крушением социалистического строя, развалом Советского Союза, ломкой старых и построением новых общественных отношений. В результате отрицания всего социалистического было забыто или отвергнуто много позитивного.

Таким позитивным моментом было широкое использование в частных науках философских (системных) методов познания. Философия изучает наиболее общие законы движения, развития природы, общества и мышления [20]. Особо важной для ученых всех областей знаний является методологическая функция философии для получения новых знаний об окружающем мире [21]. В современных учебниках по философии эта функция в значительной степени утрачена [22, 23].

Еще одно общее для всех стран мира обстоятельство отметил доктор философии З. Рейдак в предисловии к книге Ф. Ханцеверова «Эниология» [24]. Это имевшая место в 20 веке сверхспециализация ученых, разобившая людей, забывших, что они частица природы, что главное предназначение их – работать не для процветания науки, а для процветания человека. Такой подход определенное время обеспечивал прогресс человечества, но он себя исчерпал. Природа заставляет вернуться к пониманию важности философского знания об окружающем мире через экологические изменения (озоновые дыры, парниковый эффект, загрязненная окружающая среда), социальные потрясения (рост во всех странах преступности, моральное разложение и т.д.).

В связи с этим попытаемся найти определение информации, обратившись к философии.

Философский энциклопедический словарь [25] дает такое толкование: «Информация: 1) сообщение, осведомление о положении дел, сведения о чем-либо, передаваемые людьми; 2) уменьшаемая, снимаемая неопределенность в результате получения сообщений; 3) сообщение, неразрывно связанное с управлением, сигналы в единстве синтаксических, семантических и прагматических характеристик; 4) передача, отражение разнообразия в любых объектах и процесса (неживой и живой природы) ... Не существует одного общего определения этого понятия».

Продолжим рассмотрение этого вопроса, обратившись к фундаментальным работам, посвященным нахождению места и роли информации в окружающем мире. В философском коллективном труде [26] на 726 страницах обсуждаются различные стороны категории отражения, мнения многих ученых, но четкого определения, что такое информация, не дается. Отмечается, что «наука признала информацию видом объективного движения в природе, обществе и в самом человеческом организме». В другой большой монографии «Информация» [27] А.Д. Урсул, проанализировав и сопоставив более 300 работ отечественных и зарубежных авторов, назвал информацию количественной мерой отражения. В своих более поздних работах он называл информацию еще более широко – отраженное разнообразие.

В чем же проблема философов? Философская наука сформировала две противостоящие концепции информации – атрибутивную и функциональную. Атрибутисты квалифицируют информацию как свойство всех материальных объектов, т.е. как атрибут материи. Функционалисты связывают информацию лишь с функционированием сложных, самоорганизующихся систем. Некоторые сторонники такого подхода, очевидно поверив в виртуальную реальность, утверждают: «Материя существует постольку, поскольку обеспечивает жизнеспособность информации: информация – это содержание, а материя – ее форма» [1].

Оба этих подхода не являются полными. Философы с позиций основного вопроса философии пытались по-разному обобщить знания об информации, полученные частными науками. Наиболее известные определения частных наук звучат так: информация – это обозначение содержания, полученного от внешнего мира в процессе приспособления к нему [28]; информация – отрицание энтропии [29]; информация – коммуникация и связь, в процессе которой устраняется неопределенность [30]; информация – передача разнообразия [31]; информация – оригинальность, новизна, мера сложности структур [32]; информация – вероятность выбора [33].

Все эти определения характеризуют отдельные стороны сложного явления. Общим является идея, зародившаяся с появлением теории автоматического управления, развившейся в кибернетику. Идея состояла в том, что в системах различной физической природы и сложности циркулируют, запоминаются, преобразуются одинаковые потоки информации.

Рассмотрим определение информации, данное советским кибернетиком, академиком В.М. Глушковым еще в 1964 году: «Информация в самом общем ее понимании представляет собой меру неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и времени, меру изменений, которыми сопровождаются все протекающие в мире процессы» [34].

Определение дано с позиций материалистической диалектики и в значительной степени объединяет взгляды атрибутистов и функционалистов. Оно отвечает и предложению Р.Ф. Абдеева [35] различать информацию:

1) структурную, присущую объектам живой и неживой природы, естественного и искусственного происхождения;

2) оперативную (рабочую), циркулирующую между объектами материального мира.

На самом деле информация в окружающем нас мире либо содержится в структуре качественно однородных предметов (как мера внутренних статических и динамических свойств), либо происходит обмен (прием и передача) частями (элементами) этой информации между предметами через неоднородности передающей среды. Две разновидности информации находятся в неразрывном единстве, они связаны взаимной

обусловленностью, но не тождественны. Совпадать могут только отдельные элементы. Это относительное разделение.

По некоторым своим свойствам предметы качественно разнообразны, по другим – едины и отличаются только количественно. Пример в неживой природе: при комнатной температуре в твердом состоянии (в одном качестве) находятся многие металлы, керамика, стекло, отличаясь количественными показателями твердости. По другому свойству – электропроводности, в одном качестве – проводников электрического тока пребывают как жидкие вещества (растворы многих солей, металлическая ртуть), так и твердые – металлы, сплавы, отличаясь количественными показателями электропроводности. Пример в живой природе: волки и зайцы по одному свойству качественно едины – млекопитающие, по другому свойству – качественно разнообразны. Одни хищники, другие травоядные.

В человеческом обществе отмеченные явления еще более многосторонние, однако закономерности те же. Коллектив работников фирмы или организации качественно однороден по признаку места работы. Однако образует множество других однородных групп в иных сферах на основе дружеских, родственных, семейных, научных, религиозных и прочих интересов.

С общенаучных позиций структурную информацию внутри качественно однородных предметов (явлений, процессов) можно назвать внутренней, оперативную – информацией связи или меры в философии взаимодействия (рис. 1). Информация может быть обнаружена, измерена, преобразована, принята и т.д., но это вторично.

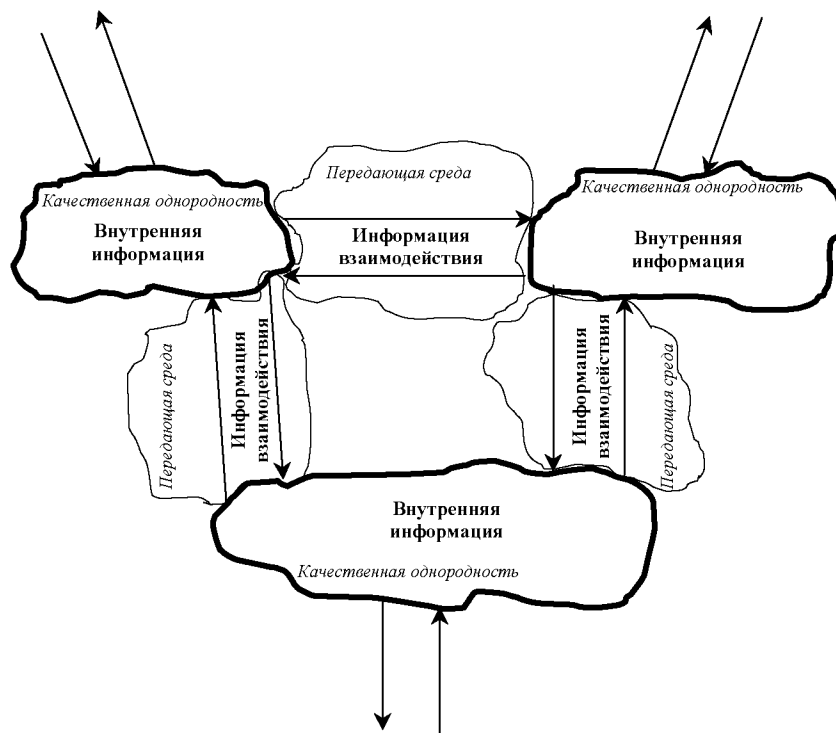


Рисунок 1 – Разновидности информации

Категория меры является общепринятой. Мера – диалектическое единство качества и количества или такой интервал количественных изменений, в пределах которого сохраняется качественная определенность предмета [21]. Мера неоднородности распределения материи и энергии – это мера количественных и качественных свойств предметов, мера изменений процессов – мера динамических свойств.

Понятие меры давно используется в точных науках с позиций метрологии – науки об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности. Мера в метрологии – средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера (то есть устройство, воспроизводящее, вырабатывающее меру.) Наиболее точная, образцовая мера носит название эталона. Измерением называют

совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства и позволяющего сопоставить с ней измеряемую величину [36].

Современные достижения науки и практики показали несостоятельность, искусственность, надуманность противопоставления законов функционирования социальных систем законам функционирования сложных технических систем. Жизнь подтверждает верность учения теоретиков кибернетики. Практическая деятельность человечества внесла коррективы в понимание термина «измерение» применительно к явлениям социальной сферы. Измерение свойств социальных явлений и процессов (экономических, правовых и др.) проводит статистика [37]. Воспроизведение меры производят не технические устройства, а фондовые и валютные биржи, законодательные и другие органы государства или общества. Результат воспроизведения – не физические величины, а экономические (индексы фондовых бирж, курсы валют), правовые (статьи ГК, УК), социальные (допустимый жизненный уровень населения, допустимый уровень безработицы) и политические (рейтинг, общественное мнение, вотум доверия). Функции измерительных устройств, сопоставляющих явления или процессы с мерой, выполняют, соответственно, экономисты, юристы, социологи и политики.

Таким образом, нет весомых аргументов, чтобы признать философское определение информации, сделанное академиком В.М. Глушковым не адекватным современным представлениям об окружающем мире.

Переходя с языка философии на общенаучный, свойственный информатике, с учетом понятия информации в Законе: «Информация – сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления» [38], можно утверждать: информация – это мера (характеристика) качественных и (или) количественных свойств любых объектов и процессов, явлений или событий в окружающем мире, независимо от формы ее существования или представления.

Проведенный анализ позволяет заключить, что возможна общенаучная формулировка понятия «информация», соответствующая достаточно широкой сфере информационных явлений и процессов в окружающем мире. Кроме того, приведенная формулировка не противоречит определению информации в Законе, так как «мера качественных и количественных свойств любых объектов и процессов, явлений или событий» – это сведения о них.

На основе сформулированного определения информации был предложен теоретико-экспериментальный подход к проектированию нейронных сетей различного назначения, который показал на практике свою эффективность [40-46].

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-08-97551.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еляков А. Современное информационное общество // Высшее образование в России, 2001. – № 4. – С. 77-85.
2. Новая иллюстрированная энциклопедия. Кн. 7. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. – 209 с.
3. Шафрин Ю.А. Информационные технологии. – М.: Базовая лаборатория знаний, 1998. – 20 с.
4. Симонович С.В. Общая информатика: учебное пособие для средней школы / С.В. Симонович, Г.А. Евсеев, А.Г. Алексеев. – М.: АСТ-ПРЕСС, Инфорком-Пресс, 1999. – 592 с.
5. Семакин И.Г. Информатика и ИКТ: учебник для 8 класса / И.Г. Семакин, Л.А. Залогова, С.В. Русаков, Л.В. Шестакова. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. – 165 с.
6. Угринович Н.Д. Информатика и информационные технологии: учебник для 10-11 классов. – 2-е изд. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 511 с.
7. Симонович С.В. и др. Информатика. Базовый курс. – С-Пб.: Издательство «Питер», 2000. – 640 с.
8. Воройский Ф.С. Информатика. Новый систематизированный толковый словарь-справочник. – М.: Физматлит, 2003. – 377 с.
9. Балдин К.В., Уткин В.Б. Информатика: учебник для ВУЗов. – М.: Проект, 2003. – 304 с.

10. Головицына М.В. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств: учебник. – М.: Интернет-университет информационных технологий. Серия «Основы информационных технологий». Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 431 с.; ил.
11. Михеева Е.В. Информатика: учебник ср. проф. обр. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 352 с.
12. Михеева Е.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности: уч. пособие для студентов ср. проф. обр. – 6-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 384 с.
13. Данчул А.Н. Теоретические основы информатики: учебник / А.Н. Данчул, Т.М. Аскеров, В.П. Бродько. – М.: Эл. библ. ПС М-МФ МГУ, 2004. – 525 с.
14. Степанов А.Н. Информатика: учебник для ВУЗов. 4-е изд. – С-Пб.: Питер, 2006. – 684 с.
15. Острейковский В.А. Информатика: учебник для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1999. – 511 с.
16. Могилев А.В. и др. Информатика: учебное пособие для студ. пед. ВУЗов / А.В. Могилев, Н.И. Пак, Е.К. Хеннер; под ред. Е.К. Хеннера. – М.: Изд. центр «Академия», 2000. – 816 с.
17. Каймин В.А. Информатика: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 232 с.
18. Правовая информатика и кибернетика: учебник / под ред. Н.С.Полевого. – М.: Юрид. лит., 1993. – 528 с.
19. Беляев М.А. Основы информатики: учебник для ВУЗов / М.А. Беляев, В.В. Лысенко, Л.А. Малинина. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2006. – 526 с.
20. Константинов Ф.В. и др. Основы марксистско-ленинской философии: учебник для ВУЗов. – 6-е изд. – М.: Политиздат, 1982. – 448 с.
21. Фролов И.Т. Введение в философию: учебник для ВУЗов. – В 2-х частях. – Ч. 2 / И.Т. Фролов, Э.Т. Араб-Оглы, Г.С. Арефьева и др. – М.: Политиздат, 1989. – 640 с.
22. Философия: учебник для ВУЗов / под ред. В.П. Кохановского. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 1998. – 576 с.
23. Радугин А.А. Философия: курс лекций. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Центр, 1999. – 272 с.
24. Ханцеверов Ф.Р. Эниология. Кн.1. – М.: Изд-во АМН, 1996. – 282 с.
25. Философский энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1983. – С. 217-218.
26. Ленинская теория отражения и современность / под ред. академика Т. Павлова. – София: Изд-во «Наука и искусство», 1969. – 726 с.
27. Урсул А.Д. Информация. – М.: Наука, 1971. – 296 с.
28. Винер Н. Кибернетика и общество. – М.: Издательство иностранной литературы, 1958. – 200 с.
29. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. – М.: ГИФМЛ, 1960. – 392 с.
30. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 829 с.
31. Эшби У.Г. Введение в кибернетику. – М., 1959. – 432 с.
32. Моль А. Теория информации и эстетическое восприятие. – М.: Мир, 1966. – 351 с.
33. Яглом А.М., Яглом И.М. Вероятность и информация. – М.: ГИТТЛ, 1957. – 160 с.
34. Глушков В.М. О кибернетике как науке // Кибернетика, мышление, жизнь. – М.: Наука, 1964. – 53 с.
35. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. – М.: ВЛАДОС, 1994. – 161 с.
36. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: учебник для ВУЗов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 711 с.
37. Общая теория статистики. Статистическая методология в изучении коммерческой деятельности: учебник / под ред. О.Э. Башиной, А.А. Спирина. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 440 с.
38. Федеральный закон от 27.07.2006. N 149-ФЗ «Об информации, информатизации, информационных технологиях и защите информации» (с изм. и дополн.) // ГАРАНТ. Информационно-правовой портал.
39. Данилин С.Н. О современном понятии информации // Информационные технологии, 2003. – № 11. – С. 52-57.
40. Данилин С.Н. Метод определения точности работы устройств с нейросетевой архитектурой / С.Н. Данилин, М.В. Макаров, С.А. Щаников // Методы и устройства передачи и обработки информации, 2011. – Вып. 12. – С. 68-70.

41. Данилин С.Н., Пантелеев С.В. Контроль отказоустойчивости нейронных сетей // Методы и устройства передачи и обработки информации / под ред. В.В. Ромашова, В.В. Булкина. – С.-Петербург: Гидрометеиздат, 2006. – Вып. 7. – С. 180-185.
42. Данилин С.Н. Экспериментальное исследование надежности обученных нейронных сетей прямого распространения // Журнал «Нейрокомпьютеры: разработка, применение». – Москва: Изд. «Радиотехника», 2005. – № 12. – С. 63-70.
43. Данилин С.Н. Исследование отказоустойчивости устройства преобразования координат с нейросетевой архитектурой. Радиосистемы. Методы и устройства формирования и обработки сигналов в связи и локации. – М.: «Радиотехника», 2009. – Вып. 5. – С. 31-33.
44. Данилин С.Н. Исследование влияний значений весовых коэффициентов нейронов на уровень отказоустойчивости нейронных сетей / С.Н. Данилин, М.В. Макаров, С.А. Щаников // ВРЭ. Серия ОТ. – Вып. 1. – М.: «ЦНИИ ЭЛЕКТРОНИКА», 2010. – С. 34-39.
45. Данилин С.Н. Оптимизация разрядности аппаратных средств при обеспечении требуемой точности работы нейронных сетей / С.Н. Данилин, М.В. Макаров, С.А. Щаников // ВРЭ. Серия ОТ. – Вып. 1. – М.: «ЦНИИ ЭЛЕКТРОНИКА», 2010. – С. 39-43.
46. Данилин С.Н., Пантелеев С.В. Разработка методов синтеза нейросетевых алгоритмов идентификации. Методы и устройства передачи и обработки информации: Межвузовский сборник научных трудов / под ред. В.В. Ромашова, В.В. Булкина. – М.: «Радиотехника», 2009. – Вып. 1. – С. 386-394.

Данилин Сергей Николаевич

Муромский институт (филиал) Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром

Кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования электронных средств

E-mail: dsn-55@mail.ru

S.N. DANILIN (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of systems of the automated design of electronic means*)

Murom Institute (Branch) State Institution of Higher Professional Education «Vladimir State University named after Alexander and Nicholas Stoletovs»

MODERN CONCEPT OF INFORMATION

The analysis of the reasons, a variety of the information essence concepts causing a complexity of its univocal definition had been performed. The most typical points of view of authors to this question were considered. The general approach to a solution of the information essence concepts problem was offered on the basis of modern scientific and technical achievements and methodologies. The Definition of the term «the information» corresponding to the wide field of the modern information phenomenons and processes was formulated.

Keywords: *information; information science; information technology.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Elyakov A. Sovremennoe informacionnoe obshchestvo // Vy'sshee obrazovanie v Rossii, 2001. – № 4. – С. 77-85.
2. Novaya illyustrirovannaya e'nciklopediya. Kn. 7. – М.: Bol'shaya Rossijskaya e'nciklopediya, 2000. – 209 s.
3. Shafrin Yu.A. Informacionny'e texnologii. – М.: Bazovaya laboratoriya, 1998. – 20 s.
4. Simonovich S.V. Obshhaya informatika: uchebnoe posobie dlya srednej shkoly' / S.V. Simonovich, G.A. Evseev, A.G. Alekseev. – М.: AST-PRESS, Infokom-Press, 1999. – 592 s.
5. Semakin I.G. Informatika i IKT: uchebnik dlya 8 klassa / I.G. Semakin, L.A. Zalogova, S.V. Rusakov, L.V. Shestakova. – М.: Binom. Laboratoriya znaniy, 2011. – 165 s.
6. Ugrinovich N.D. Informatika i informacionny'e texnologii: uchebnik dlya 10-11 klassov. – 2-e izd. – М.: Binom. Laboratoriya znaniy, 2005. – 511 s.
7. Simonovich S.V. i dr. Informatika. Bazovy'j kurs. – S-Pb.: Izdatel'stvo «Piter», 2000. – 640 s.
8. Vorojskij F.S. Informatika. Novy'j sistematizirovanny'j tolkovy'j slovar'-spravochnik. – М.: Fizmatlit, 2003. – 377 s.
9. Baldin K.V., Utkin V.B. Informatika: uchebnik dlya VUZov. – М.: Proekt, 2003. – 304 s.
10. Glovicy'na M.V. Informacionny'e texnologii proektirovaniya radioe'lektronny'x sredstv: uchebnik. – М.: Internet-universitet informacionny'x texnologij. Seriya «Osnovy' informacionny'x texnologij». Binom. Laboratoriya znaniy, 2008. – 431 s.; il.
11. Mixeeva E.V. Informatika: uchebnik sr. prof. obr. – М.: Izd. centr «Akademiya», 2007. – 352 s.

12. Mixeeva E.V. Informacionny'e tekhnologii v professional'noj deyatel'nosti: uch. posobie dlya studentov sr. prof. obr. – 6-e izd., ster. – M.: Izd. centr «Akademiya», 2007. – 384 s.
13. Danchul A.N. Teoreticheskie osnovy' informatiki: uchebnik / A.N. Danchul, T.M. Askerov, V.P. Brod'ko. – M.: E'l. bibl. PS M-MΦF MGU, 2004. – 525 s.
14. Stepanov A.N. Informatika: uchebnik dlya VUZov. 4-e izd. – S-Pb.: Piter, 2006. – 684 s.
15. Ostrejkskij V.A. Informatika: uchebnik dlya VUZov. – M.: Vy'sshaya shkola, 1999. – 511 s.
16. Mogilev A.V. i dr. Informatika: uchebnoe posobie dlya stud. ped. VUZov / A.V. Mogilev, N.I. Pak, E.K. Xenner; pod red. E.K. Xennera. – M.: Izd. centr «Akademiya», 2000. – 816 s.
17. Kajmin V.A. Informatika: uchebnik. – M.: INFRA-M, 2010. – 232 s.
18. Pravovaya informatika i kibernetika: uchebnik / pod red. N.S. Polevogo. – M.: Yurid. lit., 1993. – 528 s.
19. Belyaev M.A. Osnovy' informatiki: uchebnik dlya VUZov / M.A. Belyaev, V.V. Ly'senko, L.A. Malinina. – Rostov-na-Donu: «Feniks», 2006. – 526 s.
20. Konstantinov F.V. i dr. Osnovy' marksistko-leninskoj filosofii: uchebnik dlya VUZov. – 6-e izd. – M.: Politizdat, 1982. – 448 s.
21. Frolov I.T. Vvedenie v filosofiyu: uchebnik dlya VUZov. – V 2-x chastyax. – Ch. 2 / I.T. Frolov, E.T. Arab-Ogly', G.S. Aref'eva i dr. – M.: Politizdat, 1989. – 640 s.
22. Filosofiya: uchebnik dlya VUZov / pod red V.P. Koxanovskogo. – Rostov-na-Donu: «Feniks», 1998. – 576 s.
23. Radugin A.A. Filosofiya: kurs lekcij. – 2-e izd., pererab. i dopoln. – M.: Centr, 1999. – 272 s.
24. Xanceverov F.R. E'niologiya. Kn.1. – M.: Izd-vo AMN, 1996. – 282 c.
25. Filosofskij e'nciklopedicheskij slovar'. – M.: Sov. e'nciklopediya, 1983. – S. 217-218.
26. Leninskaya teoriya otrazheniya i sovremennost' / pod red. akademika T. Pavlova. – Sofiya: Izd-vo «Nauka i iskusstvo», 1969. – 726 s.
27. Ursil A.D. Informaciya. – M.: Nauka, 1971. – 296 s.
28. Viner N. Kibernetika i obshhestvo. – M.: Izdatel'stvo inostrannoj literatury', 1958. – 200 s.
29. Brill'yue'n L. Nauka i teoriya informacii. – M.: GIFML, 1960. – 392 s.
30. Shennon K. Raboty' po teorii informacii i kibernetike. – M.: Izdatel'stvo inostrannoj literatury', 1963. – 829 s.
31. E'shbi U.G. Vvedenie v kibernetiku. – M., 1959. – 432 s.
32. Mol' A. Teoriya informacii i e'sticheskoe vospriyatie. – M.: Mir, 1966. – 351 s.
33. Yaglom A.M., Yaglom I.M. Veroyatnost' i informaciya. – M.: GITTL, 1957. – 160 s.
34. Glushkov V.M. O kibernetike kak nauke // Kibernetika, my'shlenie, zhizn'. – M.: Nauka, 1964. – 53 s.
35. Abdeev R.F. Filosofiya informacionnoj civilizacii. – M.: VLADOS, 1994. – 161 s.
36. Kry'lova G.D. Osnovy' standartizacii, sertifikacii, metrologii: uchebnik dlya VUZov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: YuNITI-DANA, 2000. – 711 s.
37. Obshhaya teoriya statistiki. Statisticheskaya metodologiya v izuchenii kommercheskoj deyatel'nosti: uchebnik / pod red. O.E'. Bashunov, A.A. Spirina. – M.: Finansy' i statistika, 1999. – 440 s.
38. Federal'ny'j zakon ot 27.07.2006. № 149-ФЗ «Ob informacii, informatizacii, informacionny'x tekhnologiyax i zashhite informacii» (s izm. i dopoln.) // GARANT. Informacino-pravovoj portal.
39. Danilin S.N. O sovremennom ponyatii informacii // Informacionny'e tekhnologii, 2003. – № 11. – S. 52-57.
40. Danilin S.N. Metod opredeleniya tochnosti raboty' ustrojstv s nejrosetevoj arxitekturoj / S.N. Danilin, M.V. Makarov, S.A. Shhanikov // Metody' i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii, 2011. – Vy'p. 12. – S. 68-70.
41. Danilin S.N., Panteleev S.V. Kontrol' otkazoustojchivosti nejronny'x setej // Metody' i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii / pod red. V.V. Romashova, V.V. Bulkina. – S.-Peterburg: Gidrometeoizdat, 2006. – Vy'p. 7. – S. 180-185.
42. Danilin S.N. E'ksperimental'noe issledovanie nadyozhnosti obuchenny'x nejronny'x setej pryamogo rasprostraneniya // Zhurnal «Nejrokompyutery': razrabotka, primeneniye». – Moskva: Izd. «Radiotekhnika», 2005. – № 12. – S. 63-70.
43. Danilin S.N. Issledovanie otkazoustojchivosti ustrojstva preobrazovaniya koordinat s nejrosetevoj arxitekturoj. Radiosistemy'. Metody' i ustrojstva formirovaniya i obrabtki signalov v svyazi i lokacii. – M.: «Radiotekhnika», 2009. – Vy'p. 5. – S. 31-33.
44. Danilin S.N. Issledovanie vliyanij znachenij vesovy'x koefficientov nejronov na uroven' otkazoustojchivosti nejronny'x setej / S.N. Danilin, M.V. Makarov, S.A. Shhanikov // VRE'. Seriya OT. – Vy'p. 1. – M.: «CzNII E'LEKTRONIKA», 2010. – S. 34-39.
45. Danilin S.N. Optimizaciya razryadnosti apparatny'x sredstv pri obespechenii trebuemoj tochnosti raboty' nejronny'x setej / S.N. Danilin, M.V. Makarov, S.A. Shhanikov // VRE'. Seriya OT. – Vy'p. 1. – M.: «CzNII E'LEKTRONIKA», 2010. – S. 39-43.
46. Danilin S.N., Panteleev S.V. Razrabotka metodov sinteza nejrosetevy'x algoritmov identifikacii. Metody' i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii: Mezhhvuzovskij sbornik nauchny'x trudov / pod red. V.V. Romashova, V.V. Bulkina. – M.: «Radiotekhnika», 2009. – Vy'p. 1. – S. 386-394.

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! • 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.