

№ 1/57(584) январь-февраль 2010

Издается с 2002 года. Выходит шесть раз в год

Учредитель - ГОУ ВПО «Орловский государственный технический университет»

*Редакционный совет:*Голенков В.А., *председатель*Радченко С.Ю., *зам. председателя*

Борзенков М.И., Константинов И.С.,

Колчунов В.И., Новиков А.Н.,

Попова Л.В., Степанов Ю.С.

*Главный редактор:*

Константинов И.С.

*Редколлегия:*

Архипов О.П., Аверченков В.И.,

Гайндрик К.Г., Еременко В.Т.,

Иванов Б.Р., Иванников А.Д.,

Ипатов О.С., Колоколов Ю.В.,

Корндорф С.Ф., Коськин А.В.,

Подмастерьев К.В., Поляков А.А.,

Распопов В.Я., Сотников В.В.,

Шкатов П.Н.

*Адрес учредителя журнала:*302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
(4862) 43-48-90; www.ostu.ru; E-mail: nmu@ostu.ru*Адрес редакции:*302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40  
(4862) 43-40-49; www.ostu.ru; E-mail: isit@ostu.ru*Зарег. в Министерстве РФ**по делам печати, телерадиовещания  
и средств массовой информации.**Св-во о регистрации средства массовой информации  
ПИ № ФС77-35333 от 17.02. 2009 г.**Сдано в набор 15.01.2010 г. Подписано в печать  
25.01.2010 г.**Формат 70x108 1/16. Бумага офсетная. Печать  
офсетная.**Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.**Заказ № \_\_\_\_\_**Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе ОрелГТУ  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65*

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 ..... 5-17
2. Математическое и компьютерное моделирование ..... 18-49
3. Информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах ..... 50-74
4. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами ..... 75-100
5. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети ... 101-119
6. Информационная безопасность ..... 120-125

*Редакция:*

Г.А. Константинова

А.И. Мотина

А.А. Митин

*До второго полугодия 2009 г.  
журнал выходил под названием  
«Известия ОрелГТУ».  
Серия «Информационные системы и  
технологии».*

*Подписной индекс 15998  
по объединенному каталогу*

**«Пресса России»**

© ОрелГТУ, 2010

№ 1/57(584) January-February 2010

The journal is published since 2002, leaves six times a year

The founder – Orel State Technical University

*Editorial council:*Golenkov V.A., *president*Radchenko S.Y., *vice-president*

Borzenkov M.I., Konstantinov I.S.,

Kolchunov V.I., Novikov A.N.,

Popova L.V., Stepanov Y.S.

*Editor-in-chief:*

Konstantinov I.S.

*Editorial Committee:*

Arhipov O.P., Averchenkov V.I.,

Gaidrik K.G., Eremenko V.T.,

Ivanov B.R., Ivannikov A.D.,

Ipatov O.S., Kolokolov J.V.,

Korndorf S.F., Koskin A.V.,

Podmasteriev K.V., Polyakov A.A.,

Raspopov V.Ya., Sotnikov V.V.,

Shkatov P.N.

*The address of the founder of magazine:*

302020, Orel, Highway Naugorskoye, 29

(4862) 43-48-90; www.ostu.ru;

E-mail: nmu@ostu.ru

*The address of the edition:*

302020, Orel, Highway Naugorskoye, 40

(4862) 43-40-49; www.ostu.ru; E-mail: isit@ostu.ru

Journal is registered in State Committee  
of Russian Federation on printing.

The certificate of registration

III № ФС77-35333 from 17.02.2009.

It is handed over in a set of 15.01.2010,

25.01.2010 are sent for the press

Format 70x108 1/16. A paper offset.

The press offset

Press conditions L. 7,5. Circulation 300 copies

The order № \_\_\_\_\_

It is printed from a ready dummy

on polygraphic base of OrelSTU

302030, Orel, street Moscow, 65

In this number:

1. Software of the computer facilities and the automated systems ..... 5-17
2. Mathematical and computer simulation ..... 18-49
3. An information technology in social and economic and organizational-technical systems ..... 50-74
4. Automation and management of technological processes and manufactures ..... 75-100
5. Telecommunication systems and computer networks ..... 101-119
6. The informational safety ..... 120-125

*The edition:*

Konstantinova G.A.

Motina A.I.

Mitin A.A.

Before the second half of the year 2009 the magazine was leave under the name «Izvestia Orel State Technical University. Information systems and technologies».

Index on the catalogue  
of the «Pressa Rossii» 15998

© OrelSTU, 2010

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Правдин А.Л., Жердова Е.В. Формализация правил разграничения доступа в объектно-ориентированных базах данных .....	5
Радаев С.В., Кирюхин Д.А., Иванов И.В. Разработка алгоритма встраивания цифрового водяного знака в файлы формата трег-4 .....	13

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Аликов А.Ю., Щепетов А.В. Предельный переход от модернизации к реконструкции промышленных предприятий .....	18
Калачев А.В. Виртуальная форт машина для процессорного ядра AVR32 .....	22
Комолов Д.В. Модель, способы и экспресс-методика в моделировании процессов диагностирования телекоммуникационных средств промышленного предприятия.	27
Прокушев Е.Я. Моделирование вербальных методик тестирования .....	36
Смирнов А.Ю., Кривоногов А.Р. Автоматизация процесса профилирования компрессорных лопаток .....	40
Федоренко В.В., Семенов А.В. Математическое и программное обеспечение задачи планирования работы резервированной аппаратуры с учетом условий эксплуатации изделий .....	46

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Белов В.П., Грызлов И.Н. Информационная технология оценки социальной напряженности в регионах России .....	50
Грибановский А.М., Чайковская Л.А. Информационные системы бухгалтерского учета как инструмент развития института финансовой консолидированной отчетности .	58
Константинов И.С., Стычук А.А., Мозгов С.С., Засимов А.С. Разработка формализованного представления функциональности Интернет-системы обеспечения конфиденциальности документов .....	62
Овсянников А.А., Елецкий К.В. Подход к фильтрации сообщений СМИ на основе модели процесса оценки качества .....	68

### АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Егорова А.А., Акчурин М.Р. Направления развития автоматизации процессов управления и мотивации персонала на предприятии .....	75
Ефимова П.Е. Математическая модель распределения заказов в автоматизированной системе технологической подготовки производства на предприятиях авиационной промышленности .....	82
Калинина Ю.О. Аспекты концепции автоматизации производства и планирования на предприятиях наукоемкой отрасли .....	89
Суздальцев А.И., Загородних Н.А., Петров С.П., Сафронова Н.А. Нечеткая модель в алгоритмах управления пиковыми подогревателями в подсистемах теплоснабжения .....	93

### ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

#### И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

Войцеховский А.И. Методика оценки устойчивости функционирования сети связи .	101
Сысоев П.А., Еременко В.Т. Моделирование взаимодействия протокольных реализаций TCP RENO и TCP VEGAS в сети с ограниченной производительностью .....	109

### ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Халюзев А.Н. Способы защиты компьютерных сетей от вирусных эпидемий .....	120
---	-----

# CONTENT

## SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

<i>Pravdin A.L., Zherdova E.V.</i> Formalization of distribution of access regulations in object oriented databases .....	5
<i>Radaev S.V., Kiryuhin D.A., Ivanov I.V.</i> Algorithm design of digital watermark embedding into format mpeg-4 files .....	13

## MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

<i>Alikov A.YU., Shchepetov A.V.</i> Limiting transition from modernisation to reconstruction of the industrial enterprises .....	18
<i>Kalachev A.V.</i> Forth virtual machine for AVR32 processor core .....	22
<i>Komolov D.V.</i> Model, methods and express-technique in diagnostics process modelling of industry telecommunications equipment .....	27
<i>Prokushev Y.E.</i> Modelling of verbal techniques of testing .....	36
<i>Smirnov A.Yu., Krivonogov A.R.</i> Automation technique of compressor blades and vanes redesigning .....	40
<i>Fedorenko V.V., Semenenko A.V.</i> Mathematical providing and software of the work planning task of the reserved apparatus with the conditions of ware maintenance taken into account .....	46

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

<i>Belov V.P., Grizlov I.N.</i> Information technology of an estimation of social intensity in regions of Russia .....	50
<i>Gribanovsky A.M., Chaikovskaya L.A.</i> Information systems of book keeping as the tool of development of institute of the financial consolidated reporting .....	58
<i>Konstantinov I.S., Stychuk A.A., Mozgov S.S., Zasimov A.S.</i> Working out of the formalized representation of functionality of the Internet-system of maintenance of confidentiality of documents .....	62
<i>Ovsannikov A.A., Eletskiy K.V.</i> Approach to filtration media reports based on process model quality assessment .....	68

## AUTOMATION AND MANAGEMENT

### OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

<i>Egorova A.A., Akchurin M.R.</i> The tendency of management process automation development and personnel motivation .....	75
<i>Efimova P.E.</i> Mathematical model of automated system order distribution within production technological preparation process in aviation enterprises .....	82
<i>Kalinina J.O.</i> Conception aspects of automation production and planning on high-tech enterprises .....	89
<i>Suzdaltsev A.I., Zagorodnikh N.A., Petrov S.P., Safronova N.A.</i> Fuzzy model in algorithms for peaking heaters control in heat supply subsystems (Part I) .....	93

## TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

<i>Voitsehovskiy A.I.</i> Methods of the estimation to stability of the operation to telecommunications .....	101
<i>Sisoev P.A., Eremenko V.T.</i> Modelling of interaction of realizations of protocol TCP RENO and TCP VEGAS in a network with the limited performance .....	109

## THE INFORMATION SAFETY

<i>Haluzev A.N.</i> Methods of computer networks defense from viral epidemics .....	120
---	-----

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

УДК 004.652.5

ПРАВДИН А.Л., ЖЕРДОВА Е.В.

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРАВИЛ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА  
В ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ**

*В статье выявлены и формализованы основные взаимосвязи между привилегиями в ООБД. Анализируется организация разграничения доступа в современных СУООБД. Сформулированы правила разграничения доступа в ООБД, систематизирующие защиту от несанкционированного доступа, непреднамеренного и несанкционированного воздействия.*

**Ключевые слова:** безопасность БД; разграничение доступа; привилегии; ООБД; СУООБД.

*Main interrelations between privileges in OODB are developed and formalized. Distribution of access organization in modern OODBS is been analyzed. Distribution of access regulations are formulated, which systematize unauthorized access, inadvertent and unauthorized effect protection.*

**Keywords:** DB security; distribution of access; privileges; OODB; OODBS.

**ВВЕДЕНИЕ**

Задача обеспечения информационной безопасности (ИБ) систем баз данных (БД) состоит в разработке методов и средств, обеспечивающих выполнение трёх свойств системы: конфиденциальности, целостности, доступности [1]. Среди аспектов, подразумеваемых решением этой задачи, для объектно-ориентированных БД (ООБД) и систем управления ООБД (СУООБД), представляет интерес разграничение доступа (РД) и связанная с этим поддержка целостности. Остальные аспекты, такие как аутентификация, шифрование, менее зависят от используемой модели данных БД. Отличительными чертами СУООБД являются: совместное, иерархически выстроенное хранение данных и программного кода и наличие разнородных связей между элементами данных. Это требует более сложных, по сравнению с реляционными СУБД, правил РД.

СУООБД не сделали революцию в построении ИС, однако есть тенденция объединения хранения данных и описания обрабатываемого их кода совместно: встроенные языки БД в платформах Java, .NET, различные каркасы ИС (frameworks). При этом вопросы РД остаются слабо проработанными: часто, по аналогии со встраиваемыми СУБД, подразумевается, что приложение имеет полный доступ ко всем данным. Гибким и мощным способом РД в ООБД является создание соответствующей обработки в коде методов классов. Однако этот способ, как и другие, требует формальной основы. В зарубежной литературе существуют ссылки на патенты с описанием систем РД, похожих на предлагаемые в данной работе правила; в русскоязычной литературе описания таких систем авторами не обнаружены.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ  
К РАЗГРАНИЧЕНИЮ ДОСТУПА К СУООБД**

Рассмотрим две СУБД: СУБД Cache, которая не является СУООБД, но предоставляет полноценный объектный интерфейс и СУБД Versant, являющуюся классической СУООБД.

СУБД Cache производится корпорацией InterSystems; последняя версия на данный момент – «Cache 2009.1». Отличительная особенность СУБД Cache заключается в поддержке трех способов доступа к данным: прямого (многомерного), объектного и реляционного, ввиду чего её можно рассматривать как СУОБД.

Общие принципы РД в СУБД Cache базируются на назначении пользователям определенных ролей – именованных наборов привилегий, а также на прямом предоставлении пользователям отдельных SQL привилегий (для работы с таблицами, представлениями, хранимыми процедурами) [2]. Таким образом, в СУБД Cache 2009.1 поддерживаются ролевая и дискреционная модели РД. Помимо пользователей, роли могут назначаться приложениям [3]. На практике это означает, что приложению (серверным скриптам на языке CSP (Cache Server Pages) или явно указанной программе) даются полные права на выполнение, что подразумевает некоторое множество привилегий, являющихся ролью данного приложения. Затем пользователю даётся право на запуск приложения, что приобщает пользователя к роли этого приложения. При этом пользователь *не может явно использовать права, подразумеваемые такой ролью*.

В последних версиях СУБД Cache (начиная с Cache 2007.1) реализована возможность управления доступом на уровне строк таблиц, предполагающая добавление в таблицу системного столбца, содержащего список ролей и пользователей, которые имеют доступ к строке таблицы [4]. Это позволяет реализовать мандатную модель управления доступом [1]. Данный подход осуществляется только на уровне SQL и не применяется при прямом и объектном доступе.

В системе безопасности СУБД Cache вводятся следующие понятия. Под ресурсом (resource) понимается некоторый набор элементов (assert) БД, рассматриваемый при защите данных как единый элемент. Независимость доступа к данным от их физического расположения основывается в СУБД Cache на понятии области (namespace), представляющей собой логический набор данных и программ, хранимых в одной или нескольких физических БД.

Привилегия для доступа к ресурсу одного из типов: базы данных, администрирования и разработки, сервиса, пользовательскому – связывает права Read, Write, Use с именем ресурса. Типы ресурсов различаются в зависимости от защищаемых с их помощью элементов и обеспечивают соответственно контроль доступа к чтению и записи баз данных, возможности выполнять различные действия на сервере Cache, соединяться с Cache, осуществлять проверку ресурсов из пользовательских приложений и др. [2].

Для доступа к объектам базы данных и возможности их модификации необходимо иметь права Read и Write на базу данных (%DB\_<имя\_БД>). Привилегии ресурса базы данных не предоставляют защиты индивидуальным элементам внутри базы данных: разрешения Read и Write обеспечивают доступ ко всем содержащимся в ней объектам. Разграничение доступа на уровне таблиц обеспечивается назначением SQL привилегий. Для некоторой области в СУБД Cache возможность создания, изменения и удаления таблицы, соответствующей классу на объектном уровне доступа, определяется наличием SQL привилегий %CREATE\_TABLE, %ALTER\_TABLE, %DROP\_ (в синтаксисе Cache). Также имеются привилегии на создание и удаление методов, процедур и функций (%CREATE\_FUNCTION, %CREATE\_METHOD, %DROP\_METHOD и т.д.); модификацию и работу с данными отдельных таблиц и представлений (%ALTER, DELETE, INSERT, REFERENCES, SELECT и UPDATE), а также на выполнение хранимых процедур, соответствующих методам классов на объектном уровне (EXECUTE) [2].

Versant Object Database является объектно-ориентированной СУБД, соответствующей стандарту ODMG и разработанной компанией Versant Corporation; последняя выпущенная версия на данный момент – Versant Object Database 7.0.1.4.

В СУБД Versant применяется модель дискреционного управления доступом. Общие принципы РД основываются на предоставлении пользователям привилегий – прав на доступ к базе данных или к объектам внутри базы данных, а также на выполнение программ. Доступ к данным не контролируется на уровне объектов и права (Read-Only или Read-Write) предоставляются пользователю на всю базу данных. Более детальный доступ может быть обеспечен с помощью приложений или путём распределения объектов (различных по степени конфиденциальности) по нескольким базам данных. Пользователи базы данных получают доступ к ней, используя приложения и утилиты [5].

СУБД Versant поддерживает базы данных, доступные как нескольким (групповые), так и только одному пользователю (индивидуальные). Индивидуальные базы данных являются локальными и вводятся для сокращения числа обращений к серверу и для реализации длительных транзакций. Объекты, выбранные для работы, копируются из групповой БД в локальную и блокируются в групповой БД на чтение или запись (операция check out). После завершения сеанса работы (и соответствующей длительной транзакции) объекты копируются обратно в групповую БД, и их блокировка снимается (операция check in). Индивидуальные БД обладают определённой независимостью, позволяя работу при недоступной групповой БД.

Для пользователей базы данных определен набор привилегий на выполнение утилит для работы с объектами. Утилиты, связанные с объектными возможностями СУБД Versant, обеспечивают просмотр отдельных объектов и классов; удаление указанных классов, их подклассов и экземпляров; а также удаление всех экземпляров класса (экстента) без изменения схемы базы данных [6].

Организация SQL доступа к объектам в СУБД Versant осуществляется с помощью дополнительного модуля (reVind) [7]. Использование SQL доступа обеспечивает возможность назначения на уровне таблиц дополнительных привилегий, поддерживаемых стандартом языка. Так, например, имеются привилегии на выборку объектов из таблицы (select), вставку (insert), обновление (update) и удаление (delete) [7].

В других объектных и объектно-ориентированных СУБД (Gemstone, ITASCA, Postgres) разграничение доступа реализовано похожим образом [8]. Можно заключить, что в современных СУОБД отсутствует развитая система привилегий при объектном способе доступа: детальное разграничение доступа может быть реализовано только в коде приложений, использующих СУОБД.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Чтобы обеспечить безопасность ООБД, т.е. реализовать её защищённость от угроз нормальному функционированию [1], требуется систематизировать защиту от несанкционированного доступа, непреднамеренного и несанкционированного воздействия [12] применительно к ООБД и СУОБД. Для этого необходимо формализовать правила разграничения доступа в СУОБД. Больше всего от используемой в ООБД объектно-ориентированной модели данных зависят привилегии, рассмотрение которых не входит в описание классических моделей разграничения доступа (дискреционной, ролевых (RBAC0-RBAC3), мандатной [1]). Таким образом, следует определить набор привилегий (прав), специфичный для ООБД и то, каким образом привилегии взаимосвязаны между собой. Привилегии ООБД определяются набором объектов и

связей, которые встречаются в объектной модели данных. Объектная модель данных определяется стандартами консорциума OMG, в частности, стандартом языка UML [9]. В объектной модели данных возьмём наиболее важные элементы: классы (в т.ч. свойства и методы), связи (ассоциации и наследования). Менее важные элементы (интерфейсы, вложенные классы, связи агрегации, композиции и др.), а также объектно-реляционную модель, определяемую стандартом SQL-2005, оставим для дальнейших исследований. Допустим также, что используется дискреционная модель данных: привилегии даются непосредственно пользователю.

### ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРАВИЛ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА

Предлагаемые правила разграничения доступа основываются на понятии *неявных (подразумеваемых) привилегий*, которые должны быть выданы для обеспечения целостности программного кода методов классов ООБД и прикладного кода на его основе, который может выполнять конкретный пользователь. Неявные привилегии возникают из-за взаимосвязи классов через ссылки и иерархии наследования, а также из-за необходимости обеспечить выполнение методов классов, неявно использующих различные элементы схемы БД. Неявные привилегии можно рассматривать как *необходимые роли* в ролевой модели с ограничениями (RBAC2) – роли, которые необходимо иметь, чтобы получить требуемую [1]. Неявные привилегии для схемы ООБД приведены в таблице 1. Фрагмент объектной структуры, на который ссылается описание, приведён на рисунке 1. Взаимосвязь явных и неявных привилегий, указанных в таблице 1, образует правила разграничения доступа.

Сделаем замечания к таблице 1. Изменение значения ссылочного свойства подразумевает право удаления экземпляров класса, на которое оно ссылается. Это вызвано использованием механизма «сборки мусора» – очищением памяти неиспользуемых объектов. Если ссылка на объект А замещается ссылкой на объект Б, и это была последняя ссылка на А, то объект А будет удалён. При этом должен быть пользователь, ответственный за его удаление, которым и будет пользователь, удаливший последнюю ссылку на объект А. Если сборка мусора не используется, пользователь должен явно удалять объекты, для чего должен обладать соответствующей привилегией.

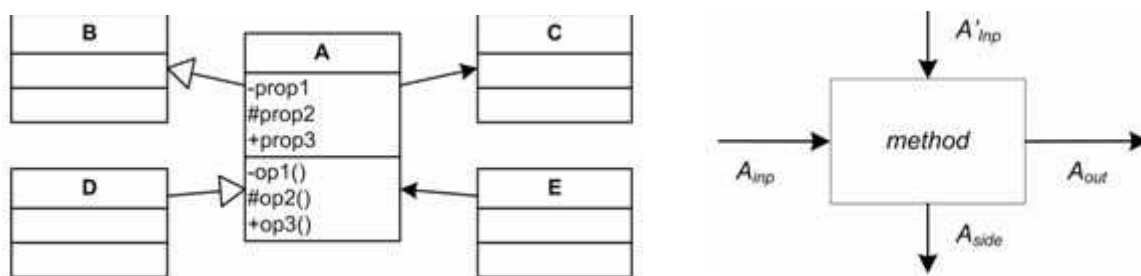


Рисунок 1 – Фрагмент объектной структуры Рисунок 2 – абстракция метода

Абстракция метода, для описания привилегий на методы, взята из работы [10] (рисунок 2). Для расширения описания введём предикат *isDirCalled*, показывающий, что операция *op\_called:op* непосредственно вызывается операцией *op\_caller:op*:

$$isDirCalled(op\_called : op, op\_caller : op). \tag{1}$$

Выражение (2) расширяет определение операции, данное в [10]. В выражении (2) и на рисунке 1:  $A_{ins}$  – входные параметры,  $A_{out}$  – выходные параметры,  $A'_{ins}$  – используемые



методом элементы окружения,  $A_{side}$  – элементы окружения, на которые распространяется сторонний эффект.

$$op = \langle opname : str; A_{inp}; A'_{inp}; A_{side}; A_{out}; classname : str; publicity : int; Op_{called}; S = \{classname \text{ in } classnames; A_{inp} \cup A'_{inp} = \emptyset, A_{side} \cup A_{out} = \emptyset; Op_{called} = \{o' : op \mid o' \in Op_{access}(classname) \ \& \ isDirCalled(o', o)\} \rangle. \quad (2)$$

где  $opname$  – имя операции,

$classname$  – имя класса, в котором определена операция,

$classnames$  – множество имён всех классов БД,

$publicity$  – видимость операции извне класса,

$Op_{called}$  – операции, непосредственно вызываемые методом,

$Op_{access}$  – операции, доступные классу,

$A_{ins}, A_{out}, A_{ins}', A_{side}$  – множества модельных атрибутов  $a_m$  (см. [10]),

$S$  – множество правил определения атрибута  $op$ ,

$o : op$  – определяемая операция.

Целесообразно определение отдельной привилегии для чтения структуры класса. В существующих СУБД она неявно даётся с другими правами на сущности БД. В случае ООБД, чтобы создать класс на основе другого класса, необходимо знать его полную структуру, при этом не обязательно обладать какими-либо другими правами на класс или его элементы.

Таблица 1 – Неявные привилегии для ООБД

Привилегия	Объект	Неявные привилегии
Чтение (select), прямое или опосредованное – через методы доступа (реализованы не во всех ООЯП).	Приватное свойство $A.prop1$	Если ссылается на класс $C$ , то чтение класса $C$ (здесь и далее: см. рисунок 1).
	Защищённое свойство $A.prop2$	То же, что для $A.prop1$ и чтение свойства $prop2$ в классе $D$ и его потомках.
	Публичное свойство $A.prop3$	То же, что для $A.prop2$ и чтение свойства $prop3$ в классе $E$ (в общем случае необходимо рассмотрение связей «friendly class»).
	Класс $A$	Чтение структуры класса $A$ , чтение всех свойств класса.
Изменение (update), в т.ч. назначение свойству nil-значения.	Приватное свойство $A.prop1$	Если ссылается на класс $C$ и используется «сборка мусора», то удаление экземпляров класса $C$ .
	Защищённое свойство $A.prop2$	То же, что для $A.prop1$ и изменение свойства $prop2$ в классе $D$ и его потомках.
	Публичное свойство $A.prop3$	То же, что для $A.prop2$
	Класс $A$	Чтение структуры класса $A$ , изменение всех свойств класса
	Приватный метод $A.op1$	Чтение всех $op1.A_{ins}, op1.A'_{ins}$ , чтение и изменение всех $op1.A_{out}, op1.A_{side}$ , (в т.ч. если элементы множеств $A_{ins}, A'_{ins}, A_{out}, A_{side}$ являются ссылками на классы), вызов всех операций из $op1.Op_{called}$ .

Продолжение таблицы 1

Выполнение (execute), (применимо как для методов объектов, так и для методов классов).	Защищённый метод <i>A.op2</i>	То же, что для <i>A.op1</i> и право на вызов этой версии метода в классе <i>D</i> и его потомках (если метод является виртуальным). Перегруженные версии метода считаются различными методами.	
	Публичный метод <i>A.op3</i>	То же, что для <i>A.op2</i>	
	Класс <i>A</i>	Чтение структуры класса <i>A</i> , выполнение всех методов класса <i>A</i> , кроме методов доступа к свойствам.	
Удаление из экстенста класса (delete)	Класс <i>A</i>	Чтение структуры класса <i>A</i> , удаление экземпляров классов всех ссылочных свойств.	
Вставка в экстенст класса (создание) (insert)	Класс <i>A</i>	Чтение структуры класса <i>A</i> , изменение класса <i>A</i> , вызов всех конструкторов класса <i>A</i> (в общем случае право на вставку должно подразумевать конкретный набор конструкторов).	
Изменение схемы (alter)	Определение ссылок на класс	Класс <i>A</i>	Чтение структуры класса <i>A</i> , чтение класса <i>A</i> , определение ссылок на класс <i>B</i> и его предков.
	Определение ссылок из класса	Класс <i>A</i>	Чтение структуры класса <i>A</i> , определение свойств класса <i>A</i> , чтение классов, на которые определяются ссылки.
	Наследование от класса	Класс <i>A</i>	Чтение структуры класса <i>A</i> .
	Добавление класса в иерархию наследования (добавление предка)	Класс <i>A</i>	Чтение структуры класса <i>A</i> .
	Определение свойств в классе <i>A</i>	Класс <i>A</i>	Чтение структуры класса <i>A</i> .
	Определение методов в классе <i>A</i>	Класс <i>A</i>	Чтение структуры класса <i>A</i> .
	Чтение структуры класса <i>A</i>	Класс <i>A</i>	Нет.
Владение классом (own)	Класс <i>A</i>	Все права на класс <i>A</i> .	

### РЕАЛИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРАВИЛ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА

Предлагаемые правила РД могут быть использованы во многих аспектах администрирования и разработки СУОБД и прикладного кода на её основе:

- в СУОБД для детализации разграничения доступа;
- в каркасах ИС для предотвращения ошибочных ситуаций при совместном использовании малых СУОБД [11] несколькими пользователями;
- в качестве инструмента анализа целостности и поиска потенциальных ошибочных ситуаций в защищённом программном коде на основе СУОБД.

В любом случае следует решить вопрос: обладает ли пользователь неявными привилегиями *явно*. Например: если пользователь обладает правами на вызов метода и всеми неявными привилегиями, может ли он из прикладного кода явно обращаться к элементам схемы БД, подразумеваемым неявными привилегиями? В реляционных СУБД право на вызов хранимой процедуры не даёт прав на используемые ею элементы;

в СУБД Cache роль назначенная приложению, также не даёт явных прав на используемые приложением элементы. Это приемлемое решение повышения уровня защищённости в ущерб целостности.

Неявные привилегии должны проверяться в следующих случаях:

1. во время изменения набора привилегий пользователя;
2. во время сеанса работы пользователя с объектами ООБД;
3. при изменении структуры ООБД.

В первом случае, до выдачи исходной, необходимо выдать все неявные привилегии. Если привилегии будут выдаваться явно, необходимо организовать соответствующую подсказку в пользовательском интерфейсе СУБД.

Для второго случая (сеанс работы пользователя) необходимо предусмотреть субъекты в информационной системе (ИС), которые будут реагировать на нарушение явных и неявных ограничений. В случае малых СУООБД [11] и автоматической генерации кода (в т.ч. использование каркасов ИС (frameworks) и разработки управляемой моделями (MDD)), соответствующие проверки могут быть автоматически вставлены в код методов. Иначе – в СУБД необходим собственный механизм проверки привилегий. Вторая проблема проверки привилегий во время сеанса работы пользователя – сильная взаимосвязь классов через связи и методы: если не существует привилегии на какой-либо объект, большая часть кода ИС может стать непригодной к использованию пользователем, т.к. будет порождать сложно восстанавливаемые ошибки. Возможным решением является анализ кода каждого метода и определение всех объектов, требуемых ему для нормального выполнения, до начала исполнения кода метода. Это уменьшит сложность обработки ошибочной ситуации. Чтобы соответствующий анализ не требовал ресурсов во время выполнения программ, он должен производиться при изменении структуры БД, в том числе – изменении кода методов.

В третьем случае, во время изменения структуры БД, существующие привилегии пользователей могут быть расширены или ограничены. Таким образом, само изменение структуры БД подразумевает обладание некоторыми привилегиями.

В каждом случае возникает вопрос сопряжения кода методов классов и прикладного кода пользователя: если в БД изменились права на используемые прикладным методом элементы схемы БД, метод не должен быть выполнен, чтобы не породить сложно восстанавливаемые ошибки. Таким образом, СУБД должна предоставлять некоторый API (application programmer interface), позволяющий проверять наличие всех необходимых прав для вызова пользовательских методов (операторы «assert» во многих ЯП). Также API должен предоставлять базовые средства восстановления после ошибочных ситуаций. Использование API остаётся на совести прикладного программиста.

Применение правил РД имеет ограничения. Для чёткого определения привилегий необходима жёсткая типизация ЯП, на которых определены методы классов ООБД и прикладной программный код. Кроме того, необходимо типизировать такие структурные шаблоны ЯП, как коллекции, матрицы и др.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемые правила РД показывают: между привилегиями в объектной модели существует множество взаимозависимостей. Это поднимает ряд вопросов администрирования, реализации СУООБД и защищённых приложений на её основе.

Применение предложенных в работе правил РД и рекомендаций по их использованию должно способствовать формализации администрирования ООБД, повышению её защищённости, уменьшению затрат на тестирование, внедрение и сопровождение программного кода на основе СУООБД.

Некоторые направления дальнейших исследований:

- включение в рассмотрение второстепенных объектов, предполагаемых объектной моделью OMG (интерфейсов, вложенных классов и т.п.);
- формальное описание правил РД на основе нотации из работы [10];
- расширение правил РД в соответствии с ролевыми моделями доступа (RBAC0 – RBAC3) и описание получившейся системы в виде объектной структуры;
- рассмотрение правил РД в других семантических моделях данных (например, в функциональной модели).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов С.Н. Безопасность систем баз данных. М.: Гелиос АРВ, 2007. – 352 с., ил. ISBN 978-5-85438-163-5.
2. Документация Cache 2009.1 – Cache Security Administration Guide [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <http://docs.intersystems.com/documentation/cache/20091/pdfs/GCAS.pdf>.
3. Технологический справочник Cache [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: [http://www.intersystems.ru/cache/technology/techguide/cache\\_tech-guide\\_02.html#01](http://www.intersystems.ru/cache/technology/techguide/cache_tech-guide_02.html#01).
4. Документация Cache 2009.1 – Using Cache Objects [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <http://docs.intersystems.com/documentation/cache/20091/pdfs/GOBJ.pdf>.
5. Документация Versant Object Database – Versant Database Fundamentals Manual (Release 7.0.1.0) [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: [http://www.versant.com/developer/resources/objectdatabase/documentation/database\\_admin\\_man.pdf](http://www.versant.com/developer/resources/objectdatabase/documentation/database_admin_man.pdf).
6. Документация Versant Object Database – Versant Database Administration Manual (Release 7.0.1.0) [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: [http://www.versant.com/developer/resources/objectdatabase/documentation/database\\_fund\\_man.pdf](http://www.versant.com/developer/resources/objectdatabase/documentation/database_fund_man.pdf).
7. Модуль reVind для Versant Object Database [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: [http://www.versant.com/en\\_US/products/objectdatabase/vsql](http://www.versant.com/en_US/products/objectdatabase/vsql).
8. Кузнецов С.Д. Три манифеста баз данных: ретроспектива и перспективы [Электронный ресурс] // <http://www.citforum.ru/database/articles/manifests/>.
9. Спецификация языка UML v.2.1.2 [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <http://www.omg.org/spec/UML/2.1.2/Infrastructure/PDF/>.
10. Правдин А.Л. Методика разработки концептуальной схемы структур данных системы технологической подготовки производства винтовых поверхностей // Известия ОрёлГТУ № 3/271(546) 2008, Орёл: изд-во ОрёлГТУ, 2008 – С. 50-57.
11. Правдин А.Л. Построение малых систем управления объектно-ориентированными базами данных // Известия ОрёлГТУ, серия «Информационные системы и технологии» № 2 (6) 2006 – Орёл: изд-во ОрёлГТУ, 2006, – С. 208-212.
12. ГОСТ Р 50922-2006 – Защита информации: основные термины и определения

#### **Правдин Алексей Леонидович**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Аспирант кафедры «Информационные системы»  
Тел.: 8(4862)41-98-09  
E-mail: pravdinalex@mail.ru

#### **Жердова Елена Владиславовна**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Студентка УНИИИТ  
E-mail: dialog057@mail.ru

УДК 004.056.5

С.В. РАДАЕВ, Д.А. КИРЮХИН, И.В. ИВАНОВ

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВОГО ВОДЯНОГО ЗНАКА В ФАЙЛЫ ФОРМАТА MPEG-4

В данной статье предлагается новый метод встраивания цифрового водяного знака (ЦВЗ) на уровне битовой плоскости. Основными достоинствами этого метода являются простота реализации и практически полное отсутствие внесения искажений в видеопоток за счет использования межкадровых интервалов. Размер межкадрового интервала составляет 1024 бита, следовательно, длина блока встраиваемых данных не должна превышать 1024 бита. Возникает проблема встраивания ЦВЗ блоками и обнаружения начала каждого из межкадровых интервалов. При детальном изучении выяснилось, что заключительный межкадровый интервал наиболее пригоден для встраивания ЦВЗ, так как он не имеет ограничений по длине, и ЦВЗ можно не разделять на блоки.

**Ключевые слова:** цифровой водяной знак; видеопоток; MPEG-4; межкадровый интервал.

*A new method of digital watermark embedding at the level of bit plane is suggested in this research paper. The main advantages of the given method are simplicity of realization and almost complete absence of distortion in the videostream due to interframe intervals usage. The interframe interval size is 1024 bits, consequently, the length of the embedded data block shouldn't be more than 1024 bits. There is a problem of digital watermark embedding in blocks and detecting of each of interframe intervals beginning. The detailed study showed that the last interframe interval is suitable for digital watermark embedding most of all, because it has no limits in its length, and the digital watermark can be not divided into blocks.*

**Keywords:** digital watermark; videostream; MPEG-4; interframe interval.

Разработка средств компьютерной стеганографии базируется на двух основных принципах:

- мультимедийные файлы могут быть видоизменены без потери своей функциональности, в отличие от других типов данных, требующих абсолютной точности;
- органы чувств человека не способны различить минимальные изменения в цвете изображения, в качестве звука или видео [5].

Анализ существующих стегопрограмм показал, что наиболее популярным типом мультимедийных файлов, используемых в качестве стегоконтейнера, являются видеофайлы стандарта avi, vob и mpg. Выбор стандарта mpg обусловлен следующими причинами:

- стандарт MPEG постоянно развивается, и похоже, что он будет играть одну из ведущих ролей в распространении мультимедиа-файлов посредством компьютерных сетей;
- в сети Интернет объем передаваемых видеофайлов стандарта MPEG-2 и MPEG-4 [3] от всего потока передаваемых файлов составляет 35-40%;
- наиболее стойкие к атакам стеганографические методы разработаны для многопоточного видео, так как обладают неоднородной файловой структурой, и анализ этой структуры представляет сложную вычислительную задачу большой размерности.

Степень сжатия MPEG-4 [3] такова, что позволяет записать полнометражный художественный фильм на один компакт-диск. Небольшой объем видео-файлов позволяет обмениваться ими и по сети. По этим причинам он и стал наиболее популярным в области «компьютерного» видео. Сегодня почти все фильмы на компакт-дисках пишутся в MPEG-4.

Проведенный анализ существующих программных продуктов в области защиты авторских прав показал, что наиболее распространёнными являются:

- Tigermark (Informix and nec) – система цифрового водяного знака (ЦВЗ), основанная на технологиях Tigermark (nec) и informix universal server (informix), предназначена для распространения аудио- и видеоматериалов через Интернет;
- Argent (the dice company) – система предназначена для обеспечения издателей мультимедиа мощным интеллектуальным средством защиты их авторских прав при распространении продукции в сетях и на других цифровых носителях;
- EZStego – основана на последовательном встраивании ЦВЗ в видео поток. Недостаток данной программы заключается в локализации энергии ЦВЗ в определенной части видеопотока, что в свою очередь позволяет легко его обнаружить;
- S-Tools – реализует метод распределённого внедрения. Распределяет ЦВЗ по всему объему видеофайла. В отличие от предыдущей программы, здесь нет чёткой границы между не тронутой при внедрении ЦВЗ частью видеофайла и изменённой частью;
- MSU StegoVideo – позволяет встраивать ЦВЗ в видеопоследовательность с расширением avi. При создании программы были проанализированы популярные кодеки и подобрано преобразование кадра, обеспечивающее наименьшие искажения и потери данных при сжатии видеопотока. Для исправления возникающих ошибок используется помехоустойчивое кодирование (сверточный код с декодером Витерби), что в результате обеспечивает стойкость ЦВЗ к сжатию с потерями.

Проанализировав достоинства и недостатки всех вышеперечисленных программ, можно сделать вывод о том, что наиболее эффективной и распространённой из них является MSU StegoVideo.

К основным достоинствам MSU StegoVideo относятся:

- возможность обнаружения ЦВЗ даже после сжатия с относительно низким качеством;
- отсутствие аналогов.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что основным недостатком данной программы является влияние процедуры встраивания ЦВЗ на аудиоданные.

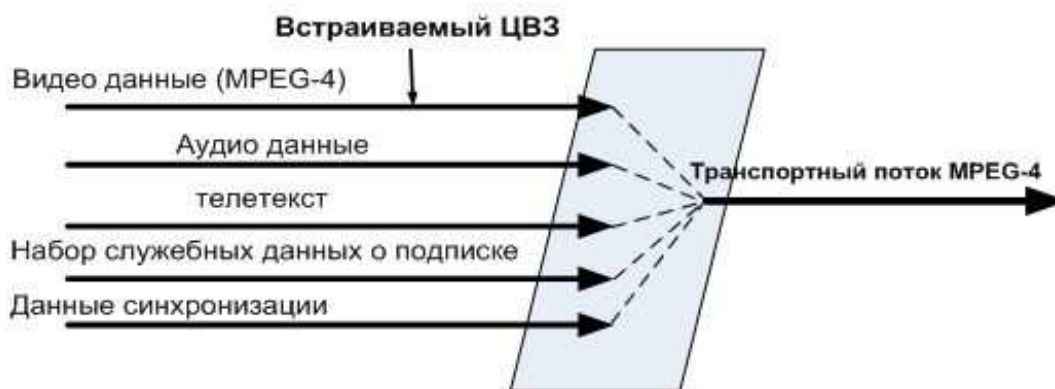
В данной статье предлагается новый метод встраивания ЦВЗ на уровне битовой плоскости. Основными достоинствами этого метода являются простота реализации и практически полное отсутствие внесения искажений в видео поток за счет использования межкадровых интервалов.

Межкадровый интервал – это область, расположенная в потоке между группами кадров и используемая кодеками для передачи своей служебной информации. Межкадровый интервал не имеет характерных особенностей построения и не выделяется в общей структуре видеопотока. Это связано с тем, что заполняется межкадровый интервал псевдослучайной последовательностью. Начало каждого из межкадровых

интервалов описано в служебных таблицах, передаваемых в потоке MPEG-4 отдельно от полезной нагрузки (видео потока) вместе с другой служебной информацией и субтитрами. Проведенные исследования позволяют сказать, что межкадровые интервалы фактически являются наиболее удобным местом для вложения информации. Длина межкадрового интервала не превышает 1024 бита и в одном видео-потоке может быть различной [3].

Следовательно, длина блока встраиваемых данных не должна превышать 1024 бита. Возникает проблема встраивания информации блоками и обнаружения начала каждого из межкадровых интервалов. Заключительный межкадровый интервал не ограничен по длине и имеет одну особенность – в конце его ставится служебная фраза окончания видеопотока [3].

При детальном изучении выяснилось, что этот интервал наиболее пригоден для встраивания ЦВЗ, так как его проще всего обнаружить в видеопотоке и информацию можно не разделять на блоки.



**Рисунок 1 – Формирование транспортного потока MPEG-4 и место встраиваемого цифрового водяного знака**

Однако внесение изменений в структуру кадра может привести к явно видимым искажениям видео, поэтому необходимо однозначно убедиться, что мы не будем встраивать информацию в значимую часть потока. Для того, чтобы внесенные изменения не были заметны после декодирования и чтобы поток видеоданных существенно не изменил своих размеров, необходимо выбирать начало области для встраивания данных перед служебной фразой окончания заключительного межкадрового интервала. Таким образом, встроенные данные будут восприниматься как часть межкадрового интервала. Так как размер видеофайлов формата MPEG-4 достаточно большой по сравнению с размерами встраиваемого ЦВЗ, то изменение размеров видео не будет заметным, следовательно, по внешним признакам определить наличие ЦВЗ в файле не удастся.

Алгоритм встраивания ЦВЗ представляет собой завершенный цикл, который помимо процедуры добавления бит в видеопоток выполняет процедуру кодирования UUE. Исходные данные разделяются на равные части и над ними производится ряд математических операций, которые необходимы для придания встраиваемой последовательности данных вида псевдослучайной и скрытия ЦВЗ.

Алгоритм реализует обнаружение служебной метки окончания видеопотока, затем происходит сдвиг последовательности на длину межкадрового интервала, с этого

момента и начинается процедура встраивания. Происходит замена исходного содержимого межкадрового интервала на встраиваемый ЦВЗ.

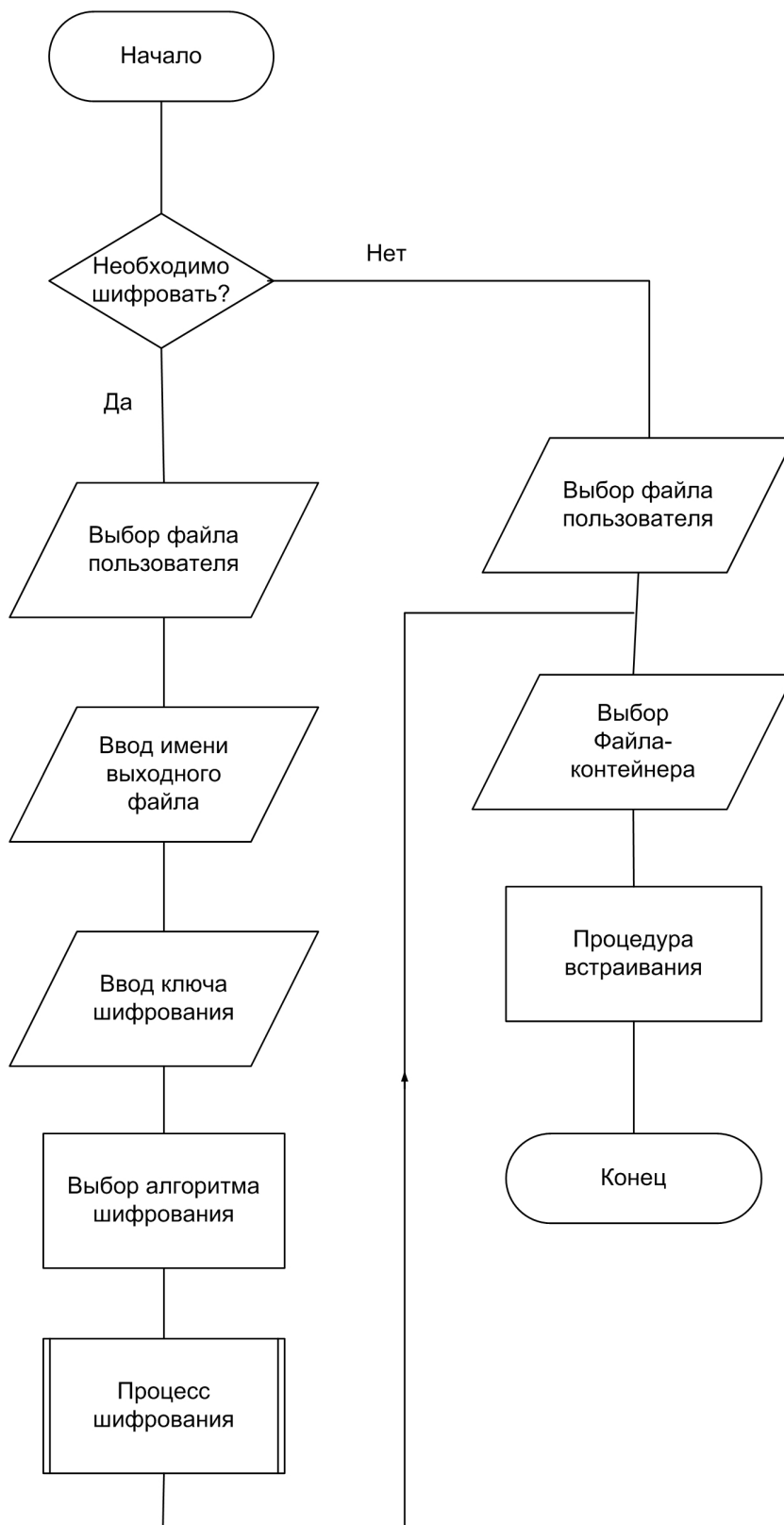


Рисунок 2 – Схема встраивания цифрового водяного знака



Для создания видеопотока, практически не отличимого от MPEG-4 в оригинале, в алгоритм добавлена процедура шифрования данных по известным алгоритмам шифрования (RC6, BlowFish, Rijndael). Помимо защиты данных от несанкционированного ее прочтения в случае обнаружения и извлечения, шифрование позволяет придать информации вид, практически не отличимый от псевдослучайного, поэтому вносимая погрешность очень мала.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Voloshynovskiy S., Pereira S., Iquise V., Pun T. Attack Modelling: Towards a Second Generation Watermarking Benchmark // Preprint. University of Geneva, 2001.
2. Langelaar G., van der Lubbe J., Biemond J. Copy Protection for Multimedia Data based on Labeling Techniques // 17th Symposium on Information Theory in the Benelux. 1996.
3. ISO/IEC 13818-2:1996(E), "Information Technology – Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information", Video International Standard, 1996.
4. Langelaar G., Lagendijk R., Biemond J. Real-time Labeling Methods for MPEG Compressed Video // 18th Symposium on Information Theory in the Benelux. 1997.
5. Грибунин В.Г. Цифровая стеганография. – М.: СОЛОН-Пресс, 2002..
6. Hartung F., Girod B. Watermarking of Uncompressed and Compressed Video // Signal Processing. 1998. Vol. 66. №. 3. P. 283-301.

**Радаев Сергей Владимирович**

Академия ФСО России, г. Орел  
E-mail: Radik0782@mail.ru

**Кирюхин Дмитрий Александрович**

Академия ФСО России, г. Орел  
E-mail: mestnii81@rambler.ru

**Иванов Иван Владимирович**

Академия ФСО России, г. Орел  
E-mail: mr.ivan@rambler.ru

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 338:658.589

А.Ю. АЛИКОВ, А.В. ЩЕПЕТОВ

### ПРЕДЕЛЬНЫЙ ПЕРЕХОД ОТ МОДЕРНИЗАЦИИ К РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*В статье рассмотрены вопросы модернизации технологии и реконструкции производства на основе экономико-математического моделирования процедур предельного перехода и анализа критериев, соответствующих структурно-параметрическим преобразованиям.*

**Ключевые слова:** модернизация технологии; реконструкция производства; структурно-параметрическая адаптация; экономико-математическое моделирование; системный анализ; предельный переход.

*In clause questions of modernization of technology and reconstruction of manufacture on the basis of economic-mathematical modeling procedures of limiting transition and the analysis of the criteria corresponding structurally-parametrical transformations are considered.*

**Keywords:** modernization of technology; reconstruction of manufacture; structurally-parametrical adaptation; economic-mathematical modeling; system analyzes; limiting transition.

#### ВВЕДЕНИЕ

Промышленные предприятия в процессе функционирования подвергаются не только помехам и возмущениям, но и естественным процессам старения технологии, изменения ресурсной базы, изменения характеристик и режимов поставок энергоносителей. Кроме того, постоянно изменяется как среда реализации выходных продуктов, так и экономические характеристики взаимодействия предприятия с внешней средой. Перечисленные факторы и параметры определяют предприятие как систему со своими элементами, связями и границами, определяют её место в системе более высокого порядка. Считая, что глобальной целью производственной системы является максимизация времени жизненного цикла при условии выполнения в процессе жизненного цикла заданных ограничений и условий функционирования, задачей системы управления является поиск таких управленческих воздействий на структуру и параметры системы (промышленного предприятия), которые обеспечили бы максимальное время жизненного цикла. В общем случае управленческие воздействия могут быть направлены на изменение структуры управляемой системы и на параметры как системы в целом, так и отдельных ее элементов. Очевидно, что данные управленческие воздействия должны адаптировать состав, структуру и связи промышленного предприятия, компенсировать или снижать отрицательные воздействия внешней среды и внутренних изменений. Практически при неизменной номенклатуре выходных продуктов адаптация может выполняться в двух направлениях:

- в параметрическом, при котором изменяются параметры технологии, технико-экономические характеристики агрегатов, настройки технологических режимов, параметры энергетических и материальных ресурсов;
- в структурном, при котором изменяется структура производства за счет введения новых или исключения действующих технологических агрегатов, за счет

изменения структуры транспортных операций, при введении новых технологических маршрутов, при изменении структур планирования и управления.

Эти направления связаны между собой – изменение структуры производства вызывает изменение параметров технологических и транспортных операций, технологических карт и инструкций. Мера качества структурной и параметрической адаптации производства определяется набором и значениями критериев, оценивающих их внутреннюю организационно-экономическую эффективность, потребительские свойства и эффективность рыночной реализации.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Наиболее рациональным способом выработки и реализации управленческих воздействий, направленных на структурно-параметрическую адаптацию производства, является экономико-математическое моделирование этих процессов и прогнозирование ожидаемых результатов. Кроме того, наибольшую сложность в формальном описании изложенных процессов представляет увязка относительно простых частных моделей и соотношений в общую модель, адекватную реальным процессам.

Проведенный анализ известных экономико-математических моделей показал, что наиболее приемлемой является модель Беллмана [1], определяемая формализуемым набором элементов, условий функционирования и связей между ними, правилами выбора параметрических изменений на основе предварительно сформулированной функции полезности:

$$M = \{X, Y, [Y_x \subset Y, x \in X], Q(X|X \times Y), w(X \times Y)\}, \quad (1)$$

где  $X$  – множество состояний;

$Y$  – множество управляющих альтернатив;

$[Y_x \subset Y, x \in X]$  – ограничения на допустимость управленческих альтернатив в зависимости от состояния;

$Q(X|X \times Y)$  – переходная функция, определяющая вероятности одношаговых переходов на множестве состояний в зависимости от управлений;

$w(X \times Y)$  – функция полезности, представляющая априорные предпочтения на управлениях  $y \in Y$  в соответствии с условием  $(y' > y) \leftrightarrow [w(x, y') > w(x, y)]$ , которая устанавливает и классифицирует по полезности соответствие состояний и управленческих воздействий.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В рамках модели такой структуры проблема всесторонне исследована под различными названиями: «марковские процессы принятия решений» [2], «динамическое программирование», «управляемые марковские процессы» [3], «стохастическое оптимальное управление» [4] и другими. Однако несмотря на известную универсальность этой модели, непосредственное ее применение в задачах определения системной живучести [5], структурно-параметрической адаптации [6], максимизации времени жизненного цикла и других экономико-математических задач систем, требует ее существенной доработки. Доработка касается, прежде всего, введения и формального представления набора критериев  $G(\cdot)$  и описания структуры производства  $S(s, M_s, I_s)$  с материальными  $M_s$  и информационными связями  $I_s$ . Поэтому, модель (1), в части структурно-параметрического представления для задач модернизации технологии и реконструкции производства должна иметь вид:

$$M = \{X, Y, [\cdot], Q(\cdot), w(\cdot), S(s, M_s, I_s)/G(\cdot)\}, \quad (2)$$

который учитывает состояние управляемой системы в сопоставлении с критериями  $G(\cdot)$ . В свою очередь, система критериев  $G(\cdot)$  должна учитывать диапазоны допустимых параметрических изменений, связывать их с экономическими параметрами  $\mathcal{E}(\cdot)$ , на основе которых оценивается эффективность функционирования промышленного предприятия. Считая, что экономическая эффективность адаптации является определяющей:

$$\mathcal{E}(\cdot) = f [M, Q(\cdot)] ,$$

модель становится трансцендентной относительно  $Q(\cdot)$ . Аналитическое решение такой модели затруднительно, поэтому представляется возможным решение методами последовательной линеаризации [7]. В качестве исходного управления задается описание (2). Из допустимых технологических и экономических переменных формируются начальные условия и выполняется предварительный расчет параметров элементов, ресурсных уравнений, уравнений преобразований, которые соответствуют «свободному движению», то есть функционированию производства без помех и возмущений. Далее подбираются такие значения  $Q(q_1, q_2, \dots, q_n)$ , которые соответствуют (2). Помехи и возмущения, действующие на производство, пересчитываются в их организационные, технологические и экономические эффекты – в изменения параметров и структуры при фиксированных ранее значениях  $Q(\times)$ . По существу проводится анализ траектории или свободного движения из условий принципа минимума отклонения. Значения параметров, выходящие за минимум отклонения, являются уставками или заданиями для параметрической адаптации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, находя предельные допустимые значения параметров, входящих в (2), можно выполнить переход параметрического преобразования (допустимых изменений параметров) и модернизацию технологии в условия, когда их изменения невозможны и требуются структурные преобразования, реконструкция производства, в которых элементы структуры (технологические агрегаты, транспортные коммуникации) должны соответствовать значениям, полученным в результате параметрических преобразований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В.В. Метод стационарных равновесий в задачах динамического принятия решений при неопределенности относительно состояния // Известия РАН. Теория и системы управления. №3, 2001. – С. 45-59.
2. Майн Х., Осаки С. Марковские процессы принятия решений. – М.: Наука, 1977. – 323 с.
3. Дынкин Е.Б., Юшкевич А.А. Управляемые марковские процессы. – М.: Наука, 1975. – 291с.
4. Бертсекас Д., Шрив С. Стохастическое оптимальное управление. – М.: Наука, 1985. – 243с.
5. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1990. – 265 с.
6. Воронов А.А. Управление социально-техническими системами. – М.: Издательство МГУ, 2002. – 189 с.
7. Федоренко Р.П. Приближенное решение задач оптимального управления. – М.: Наука, 1978. – 277 с.

**Аликов Алан Юрьевич**

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г.Владикавказ

Кандидат технических наук, доцент

Заведующий кафедрой системы автоматизированного проектирования

362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, СКГМИ (ГТУ), кафедра САПР

Тел.: (8672) 40-75-25; 8-960-403-95-86

E-mail: alan\_alikov@rambler.ru

**Щепетов Алексей Викторович**

Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета, г.Новокузнецк

Ассистент кафедры информационных систем и управления им. В.К. Буторина

654041, Кемеровская область, г. Новокузнецк, ул. Циолковского, 23,

НФИКемГУ, кафедра ИСУ им. В.К. Буторина

Тел.: (3843) 77-56-20; 8-923-625-55-55

E-mail: khaaan@mail.ru

## ИТНОП-2010

Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Государственный НИИ информационных технологий и телекоммуникаций «Информика», Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет), РУДН (филиал, г. Белгород), Институт математики и информатики НАН Республики Молдова, университет г. Лидс (Англия), университет Реймс (Франция), Национальная высшая горная школа Сент-Этьен (Франция), Орловский государственный технический университет проводят **IV Международную научно-техническую конференцию «Информационные технологии в науке, образовании и производстве»**.

К участию в конференции приглашаются руководители, профессорско-преподавательский состав, научные работники, аспиранты, магистранты и студенты высших учебных заведений, руководители, научные и инженерно-технические работники предприятий, представители общественности.

**Открытие конференции: 22 апреля 2010 года.**

УДК 519.687, 519.682.8

А.В. КАЛАЧЕВ

## ВИРТУАЛЬНАЯ ФОРТ МАШИНА ДЛЯ ПРОЦЕССОРНОГО ЯДРА AVR32

*В данной работе представлена модель виртуальной форт машины для контроллеров на базе процессорного ядра avr32. Осуществлена привязка регистров и областей памяти форт машины к регистрам и модели памяти ядра avr32. Произведены оценки затрат на эмуляцию стековой машины.*

**Ключевые слова:** форт; виртуальная форт-машина; модель; процессорное ядро AVR32; регистр.

*This work presents model of Forth virtual machine for microcontrollers based on AVR32 processors core. It's linking of registers and memory areas Forth machines to registers and memory model of the AVR32 core. An assessment of the cost of emulation stack machine.*

**Keywords:** forth; virtual Forth machine; model; AVR32 processor core; register.

### ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является создание модели виртуальной форт машины для процессорного ядра avr32, построение концепции компилятора языка Форт для данной архитектуры.

Основные задачи – свести к минимуму накладные расходы на эмуляцию стековой машины, обеспечить поддержку операций цифровой обработки сигналов, обеспечить совместимость со стандартами языка форт - FORTH83 и ANS FORTH 94.

### КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРХИТЕКТУРЫ AVR32

AVR32 позиционируется как высокопроизводительное ядро с низким энергопотреблением, предназначенное для функций цифровой обработки данных, контроля периферии [1,2]. Также компанией заявляется высокая плотность кода (компактность), что в принципе подтверждается тестами и исследованиями.

AVR32 имеет 16 регистров, объединенных в регистровый файл (регистры R0-R15). Стоит отметить, что указатель стека (SP), программный счётчик (PC) и регистр связи (LR) отражаются в регистровом файле – регистры R13, R15 и R14 соответственно. Возможно выполнение инструкций, таких, как сложение и вычитание с использованием SP, PC и LR регистров, что приводит к более эффективной адресации памяти. Данные регистры могут использоваться в качестве операнда источника или приёмника (регистра назначения) во всех инструкциях, которые используют регистровые операнды, включая арифметические или логические инструкции и инструкции загрузки/сохранения.

Инструкции, использующие PC как приёмник, следует рассматривать как инструкции перехода. Это подразумевает, что очищается конвейер и выполнение возобновляется с адреса, определяемого новым значением PC.

Регистр R12 предназначен для возврата значения из функций вызова, а так же выступает как скрытое возвращаемое значение команд перемещения и тестирования. Многоадресные команды загрузки и извлечения из стека имеют те же самые функциональные возможности, которые позволяют им использоваться как инструкции возвращения. Указатель стека также неявно используется некоторыми инструкциями.

Во всех режимах регистр общего назначения R14 используется как регистр связей (LR). Он сохраняет адрес возврата из программы. Когда подпрограмма вызова выполняется разновидностью команд call, LR запоминает адрес возврата из программы. Возврат из подпрограммы происходит при копировании LR в PC одной из разновидностей команды mov таких, как ldm, popm или ret. Во всех остальных случаях регистр связей R14 можно использовать как регистр общего назначения. Для работы с числами двойной точности используются регистровые пары R0-R1, R2-R3 и т.д. Ортогональный набор команд ядра AVR32 позволяет все регистры использовать как указатели.

Процессор имеет набор инструкций для цифровой обработки сигналов (DSP): умножение с накоплением – MAC, команды SIMD и инструкции поддержки языка JAVA.

Архитектура AVR32 определяет различные микроархитектуры, имеющие отличающиеся характеристики по величине расхода и сохранению энергии, составу регистров и порядку обработки прерываний и исключительных ситуаций.

### **МОДЕЛЬ ВИРТУАЛЬНОЙ ФОРТ МАШИНЫ (FORTH VIETUAL MACHINE-FVM)**

AVR32 позиционируется как ядро MCU/DSP, поэтому особое внимание уделено реализации команд групп SIMD (одиночный поток команд, множественный поток данных) и MAC (умножение с накоплением). Слова с действиями DSP, SIMD выносятся в отдельные словари. Для сохранения стиля имена SIMD и DSP слов совпадают с именами слов (перегрузка слов, если воспользоваться терминологией языка C) обычных операций: +, -, +-, D+, D-, D+-, MIN, MAX, RSHIFT, LSHIFT. Для операций с байтами и словами (16бит) соответственно. Данные также берутся со стека, семантика данных и контроль за их использованием лежит на программисте. При этом не вводится новых типов данных, при работе с различными данными достаточно переключения словаря.

Традиционная модель виртуальной форт машины состоит из двух стеков – данных и возвратов, общей области памяти, в которой организован словарь форт системы и свободная область памяти. Соответственно, для реализации на целевой платформе выделяют регистры указатели стека данных и возвратов, программный счетчик, иногда указатель свободной памяти, в случае многозадачной системы добавляется указатель области задачи.

Для большинства современных систем характерно выделение (кэширование) вершины стека данных, иногда стека возвратов, в отдельном регистре. Типичный состав регистров форт машины в этом случае следующий (например, в SwiftX):

U – пользовательский указатель – указатель области памяти задачи;

T – вершина стека данных;

SP – указатель стека данных;

R – указатель стека возвратов;

LR – регистр связи (вершина стека возвратов);

PC – программный счетчик.

При переключении задач сохраняются указатели стеков и кэширующие регистры.

Для более эффективной поддержки приложений цифровой обработки сигналов рассматривается следующая модификация FVM. К классической модели добавляется четыре регистра – регистры указатели и временного хранения данных – A, B, и индексные регистры X, Y [4]. Для данных регистров возможны операции автоинкремента-автодекремента. Как правило, в аппаратном варианте реализуются

только регистры А и В [3], индексные регистры X, Y реализуются в моделях FVM для процессоров общего назначения.

### РЕГИСТРОВАЯ МОДЕЛЬ FVM

С учетом возможностей различных вариантов архитектур (AVR32A, AVR32B), «системные» регистры форт машины располагаются в регистрах с R8 по R15. Основная задача при спецификации функций регистров – найти оптимальное распределение регистров, минимизировать количество промежуточных операций при моделировании работы стековой машины.

К рассмотрению предлагается модель FVM с кэшированием верхних элементов стеков возврата и данных (таблица 1).

Данная модель позволяет сохранять основные регистры форт системы при возникновении прерываний для любой микроархитектуры процессора. Позволяет за счет двух временных регистров кэшировать данные стека для осуществления арифметико-логических операций как одинарной, так и двойной точности, временно сохраняя данные в регистровых парах.

При создании ядра виртуальной форт-машины были рассмотрены наборы слов, реализуемых в различных системах на низком уровне. Для анализа были взяты системы: dsforth [6], ориентированная на работу в мобильных устройствах под управлением Windows CE; SwiftX [7], ориентированная на самостоятельную работу вне операционных систем и содержащая в себе небольшую систему – SwiftOS и SP-Forth – 32-битная система под Windows 9\*/2000/XP [8].

Таблица 1 – Регистровая модель FVM для AVR32

РЕГИСТР	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ФУНКЦИЯ В FVM
PC(R15)	PC	программный счетчик
LR(R14)	R0	вершина стека возвратов
SP(R13)	RP	указатель стека возвратов
R12	B	индексный регистр/регистр временного хранения данных
R11	S/A	индексный регистр/регистр временного хранения данных/второй элемент стека данных
R10	T	вершина стека данных
R9	SP	указатель стека данных
R8	U	указатель пользовательской области
R7-R0		отведены под локальные переменные
ACBA		базовый регистр вызова подпрограмм/функций (используется acall) может быть использован как указатель текущего словаря системы
JAVA_LVx		регистры локальных переменных (в том случае, если есть возможность использовать их в RISC режиме)

Основные часто используемые слова реализованы на низком уровне в виде макроассемблерных вставок, часть слов составляет словарь системы в виде набора подпрограмм. Такое решение позволяет сохранить баланс между размером программного кода и его быстродействием. Также в виде макроассемблерных вставок реализованы наборы слов, реализующие SIMD и DSP операции. В ядро системы



включены слова операций со стеками, арифметические (включая умножение и деление), строковые операции, доступ к памяти, операции сравнения. В результате иерархию слов форт-машины можно представить в виде модели, приведенной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Многоуровневая модель форт-системы

Накладные расходы на организацию работы виртуальной машины для случая смешанного подпрограммного кода с прямыми кодовыми вставками представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Затраты на реализацию виртуальной форт машины

ТИП ОПЕРАЦИЙ FVM	КОЛИЧЕСТВО RISC КОМАНД (СРЕДНЕЕ)
стековые операции одинарной точности	1-4 (2)
операции с памятью и переменными	2-3 (2)
арифметико-логические операции	2-5 (3)
переходы и циклы	2-8 (3)

Таким образом, переход к виртуальной форт-машине снижает производительность примерно в два раза. С другой стороны, переход к языку высокого уровня упрощает построение алгоритмов, структур данных. Выигрыш от кэширования верхнего элемента стека составляет примерно в два раза для стековых и арифметических операций [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. 32-разрядные микроконтроллеры / ЦПОС семейства AVR32 – [http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr\\_32/start.htm](http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr_32/start.htm).
2. Сидоренко Б. AVR32 – микроконтроллеры для применений 21-го столетия. / Chip News Украина. №8, 2008.
3. IntellaSys – SEAForth 40C18 – [http://www.intellasys.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=60&Itemid=75](http://www.intellasys.net/index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=75)
4. Stephen Pelc. Extreme Forth – <http://www.ddj.com/hpc-high-performance-computing/210603608.jsessionid=HWJRZLEQ3HPZ4QSNDLRSKH0CJUNN2JVN?pgno=2>
5. С.Н. Баранов, Н.Р. Ноздрунов. Язык Форт и его реализации. – Ленинград.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1988.
6. DELOSOFT / [www.delosoft.com](http://www.delosoft.com).
7. SwiftX embedded systems development – embedded Forth. / <http://www.forth.com/embedded/index.html>.
8. SP-FORTH – ANS FORTH 94 for Win95/98/ME/NT/2000/XP Open source project / <http://spf.sourceforge.net>.
9. kernel.S – AVR32 Forth kernel. / <http://nic-nac-project.de/~swestres/code/kernel.S>.

**Калачев Александр Викторович**

Алтайский государственный университет, г. Барнаул

Кандидат физико-математических наук, старший преподаватель

Тел.: 8-913-027-84-06

E-mail: [forther@yandex.ru](mailto:forther@yandex.ru)

УДК 681.5.017

Д.В. КОМОЛОВ

**МОДЕЛЬ, СПОСОБЫ И ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКА  
В МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СРЕДСТВ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*На основе трех способов, моделирующих процессы диагностирования, предложена методика экспресс-диагностирования телекоммуникационных средств промышленного производства. Способы моделирования процессов диагностирования рассмотрены в контексте применения методов интеллектуального анализа данных.*

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ данных; диагностирование; телекоммуникации.

*The proximate diagnostic strategy of industry telecommunication units on a base of three diagnostics processes modeling is given in article. Methods of a diagnostics processes modeling are considered in case of data mining methods.*

**Keywords:** data mining; diagnostics; telecommunication.

Развитие телекоммуникационных технологий, характеризуемое переходом к цифровым системам передачи с высокой пропускной способностью [1], появлением качественно новых услуг и сервисов [2], «интеллектуализацией» систем связи [3], требует новых технических решений задач диагностирования телекоммуникационных средств промышленного предприятия (ТСПП). Решение их возможно на этапе разработки, где закладывается возможность внутреннего диагностирования интеллектуальных узлов сетей связи, а также в процессе эксплуатации с использованием современных измерительных приборов.

Интенсивное развитие телекоммуникационных средств приводит к отставанию разработки и производства средств их контроля и диагностирования [4]. Кроме того, техника контроля и диагностирования телекоммуникаций приобретает все более узкую специализацию (анализаторы протоколов, анализаторы цифровых потоков, измерительные приборы ВОЛС и т.д.). Как правило, производители предлагают пакет стандартных решений контроля и диагностирования для эксплуатации поставляемого оборудования, но при использовании на телекоммуникационной сети промышленного предприятия оборудования нескольких производителей эти решения оказываются несогласованными [5]. Это приводит к необходимости разработки независимых от оборудования способов и методик диагностирования.

Процессы диагностирования определяются способами, реализующими их, поэтому анализ моделей процессов диагностирования есть то, как воплощаются способы в отношении технических систем и объектов.

Для комплексного решения задач диагностирования телекоммуникационных средств промышленного предприятия (ТСПП) предложены модель многофункционального средства связи [6] и ряд способов [7–9]. В основу модели и способов заложена гипотеза о том, что характеристики, соответствующие техническому состоянию объекта диагностирования (ОД), как минимум представляют собой диагностические параметры, заданные в технической документации на ОД:

- в виде номинального значения и допуска;
- в виде определенных сигнальных структур.

Первую группу параметров формируют на стадии проектирования ОД. Для каждого контролепригодного параметра определяют его номинальное значение  $H_{ном}$  и предельно допустимые отклонения – нижнюю  $H_1$  и верхнюю  $H_2$  границы. Установление численных границ  $H_1$  и  $H_2$  производится на основе тактико-технических требований к ОД. При статистическом моделировании ОД находят среднеквадратическое отклонение  $\sigma$  для каждого контролируемого параметра и из условия доверительной вероятности, равной 0,997, принимают ширину поля допуска в значении  $3\sigma$ . Необходимо, чтобы контролируемое значение параметра при функционировании ОД попадало в поле допуска, тогда ОД по данному свойству считается работоспособным.

Несколько иной критерий работоспособности ОД определен для сигнальных структур. Основная информация о нормальной работоспособности ОД закладывается в определенную форму сигнала, а не в статистические свойства этого сигнала. Отнесение фиксируемого в процессе контроля сигнала к классу эталонных работоспособных сигналов позволяет судить о работоспособности ОД.

Группа сигнальных структур является более общей и включает в себя первую группу параметров, которые во времени представляют собой монотонные сигналы. Однако, учитывая необходимость компактного представления контролируемых параметров, использование статистической модели для описания монотонных сигналов предпочтительней описания сигнальными структурами.

Учитывая сложность и многофункциональность современных ТСПП, определение необходимого и достаточного количества контролируемых при диагностировании параметров является наиболее важной задачей.

Решение данной задачи находится в поле возможностей современного направления анализа данных – Data Mining (DM) [10]. Эта область анализа направлена на выявление скрытых закономерностей или взаимосвязей между переменными в больших массивах необработанных данных. DM включает модели и методы статистического анализа и машинного обучения, но дистанцируется от них в область автоматического анализа данных. Инструменты DM позволяют проводить анализ данных предметными специалистами, не владеющими необходимыми математическими знаниями [11].

Основными задачами DM являются [12]:

- классификация — отнесение входного вектора (объекта, события, наблюдения) к одному из заранее известных классов;
- кластеризация — разделение множества входных векторов на группы (кластеры) по степени «похожести» друг на друга;
- сокращение описания — для визуализации данных, лаконизма моделей, упрощения счета и интерпретации, сжатия объемов собираемой и хранимой информации;
- ассоциация — поиск повторяющихся образцов;
- прогнозирование;
- анализ отклонений;
- визуализация.

Инструментарий DM возможно эффективно использовать для решения задач диагностирования ТСПП, так как основные задачи DM напрямую соотносятся с задачами диагностирования ТСПП. В способе [7] реализуются задачи сокращения описания и прогнозирования, в способе [8] – задачи кластеризации, ассоциации и визуализации, а в способе [9] – задачи прогнозирования на основе искусственных нейронных сетей.

Сокращение описания модели многофункционального средства связи (МСС) (рис.1) как основного структурного компонента ТСПП осуществляется на основе статистических методов ДМ. Применяя методы корреляционного и регрессионного анализа, определяют структурно-параметрическую зависимость между нормированными внутренними  $h_k^*$  и внешними контрольными параметрами  $y_i^*$  в виде системы регрессионных уравнений с нормированными регрессионными коэффициентами. Для технических систем с множественными целевыми характеристиками количество составных уравнений в системе регрессионных уравнений будет равно числу выходных характеристик. Сокращение описания модели достигается на множестве внутренних контролируемых параметров за счет выявления сильной взаимной корреляции между внутренними параметрами, а также сокращения незначимых регрессоров в системе уравнений при заданной достоверности. Полученные таким образом сокращенные системы регрессионных уравнений определяют сокращенное множество внутренних контрольных точек МСС.

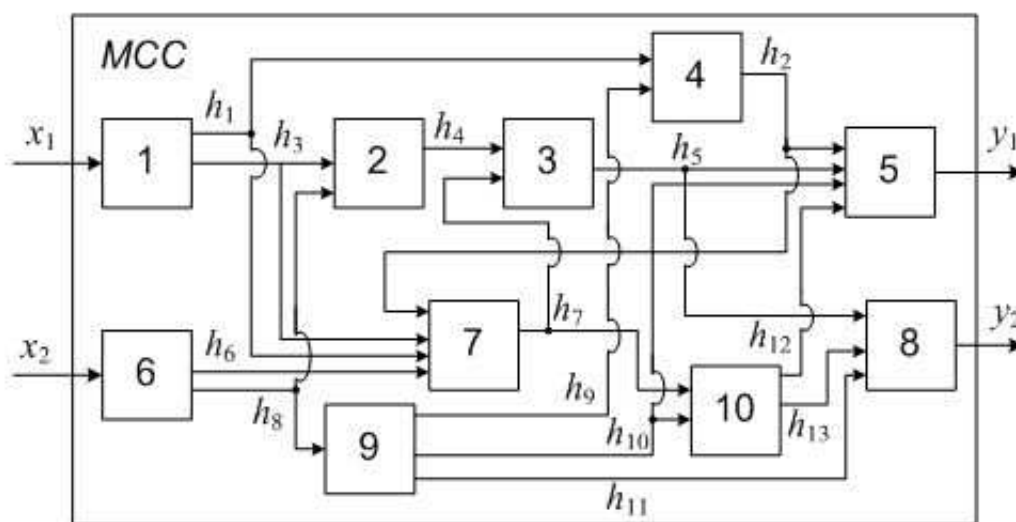


Рисунок 1 – Структурная схема многофункционального средства связи

Для МСС, изображенного на рисунке 1, в ходе действий, представленных в [6], был осуществлен переход от первичной системы регрессионных уравнений вида:

$$\begin{cases} y_1^* = -0,321 \times h_1^* + 0,555 \times h_2^* + 0,214 \times h_3^* - 0,312 \times h_5^* - 0,522 \times h_7^* + \\ + 0,648 \times h_8^* + 0,674 \times h_9^* - 0,246 \times h_{10}^* + 1,113 \times h_{12}^* \\ y_2^* = -5,056 \times h_1^* + 3,731 \times h_2^* + 3,741 \times h_3^* - 1,894 \times h_5^* + 0,123 \times h_7^* + \\ + 2,942 \times h_8^* + 1,312 \times h_9^* - 0,617 \times h_{10}^* + 1,407 \times h_{13}^* \end{cases} \quad (1)$$

к сокращенному, по количеству внутренних параметров, виду:

$$\begin{cases} y_1^* = 0,326 \times h_9^* + 0,889 \times h_{12}^* \\ y_2^* = -1,746 \times h_1^* + 0,990 \times h_2^* + 1,496 \times h_3^* - 0,274 \times h_5^* + 1,126 \times h_8^* + 0,177 \times h_{13}^* \end{cases} \quad (2)$$

В результате общее количество контролируемых параметров сократилось с 15 до 10, то есть на 33%.

Количественные значения проверки на адекватность и точность рассчитанной системы регрессионных уравнений по показателям [13]: средней ошибки –  $ME$ , среднего

квадрата ошибки –  $MSE$ , средней абсолютной ошибки –  $MAE$  и средней абсолютной процентной ошибке –  $MPAE$ , для каждого входящего в модель уравнения по данным расчетных и реальных значений выходных параметров сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты оценки на адекватность и точность модели

Показатели модели	Для уравнения $y_1^*$	Для уравнения $y_2^*$
$ME$	- 0,037	- 0,024
$MSE$	0,446	- 1,395
$MAE$	0,528	- 0,78
$MPAE$	2,11%	0,63%

Данные результаты показывают, что модель в виде системы регрессионных уравнений (2) для описания зависимости внешних параметров от внутренних параметров многофункциональных средств связи является адекватной и точность её высока (значения  $MPAE$  для каждого уравнения системы не превышают порога 5%).

Системы регрессионных уравнений для каждого режима функционирования МСС являются эталонными структурно-параметрическими моделями для реализации способа диагностирования телекоммуникационных средств [7]. Контроль параметров, соответствующих эталонным моделям, осуществляется в зависимости от значения нормированного коэффициента регрессии: чем больше абсолютное значение нормированного коэффициента регрессии, тем больший вклад в изменение значения выходного параметра вносит внутренний параметр при этом коэффициенте. В первую очередь регистрируют внутренние параметры при больших коэффициентах, а при соответствии их норме и допуску производят измерение остальных внутренних параметров в порядке убывания их влияния на выходные параметры. С учетом монотонности изменения параметров во времени осуществляют прогнозирование перехода МСС в предотказовое состояние методом экспоненциального сглаживания или оценкой тенденции тренда. Проверка наличия во временной последовательности контролируемых параметров тренда осуществляется следующим образом. Для последовательности внутренних параметров МСС  $h_1, \dots, H_n$  подсчитывают число пар, для которых  $H_j > H_i, j > i$ . Пусть это число равно  $C$ . Всего существует  $n(n - 1)/2$  пар, математическое ожидание числа  $C$  для случайного ряда равно  $n(n - 1)/4$ . Если число  $C$  превышает последнее число, то это указывает на тенденцию к положительному тренду, в противном случае тренд отрицателен. Точка пересечения линией тренда пределов допуска соответствует прогнозируемому времени перехода в предотказовое состояние ОД.

Таким образом, способ [7] позволяет предупредить возникновение постепенных отказов ОД и тем самым сократить наиболее ресурсоемкую по временным затратам задачу диагностирования – поиск места отказов. Однако кроме постепенных отказов в процессе функционирования МСС вероятно возникновение внезапных отказов. В данном случае процедура поиска места отказа для достижения всех целей диагностирования необходима. На основании информации, используемой при расчетах в способе [7], поиск места внезапных отказов МСС целесообразно проводить следующим образом:

- из множества целевых функций определяется функция, не соответствующая нормам, заявленным в технической документации;
- выделяется из системы регрессионных уравнений то уравнение, которое соответствует данной целевой функции;

- входящие в состав данного уравнения факторы ранжируются по абсолютным значениям нормированных коэффициентов регрессии;
- схема поиска места отказа производится последовательно по внутренним параметрам в порядке ранжирования соответствующих им нормированных коэффициентов регрессии.

Если сокращенная система регрессионных уравнений не позволяет определить место отказа, т.е. внезапный отказ произошел в элементе МСС, параметр которого не присутствует в этой системе, поиск места отказа осуществляется следующим образом:

- по матрице (полуматрице) коэффициентов парной корреляции для определенной целевой функции и внутренних контрольных параметров единой физической сущности, с учетом структурно-параметрической связи, определяется статистическая значимость каждого коэффициента множественной корреляции;
- подсчитывают количество парных связей (локальных степеней) для каждого статистически значимого элемента матрицы (полуматрицы);
- элементы ранжируют по числу локальных степеней от максимального до минимального, а в случае равенства локальных степеней двух или более элементов каждому присваивают ранг в порядке следования элемента в матрице;
- полученную ранжированную последовательность используют для определения места отказа в выделенной структурно-параметрической зависимости для определенной целевой характеристики.

Обобщенное ранжирование элементов для всех целевых функций сложной технической системы позволит определить схему поиска серии одновременных внезапных отказов для более чем одной целевой характеристики.

Дополнение способа [7] предлагаемой последовательностью действий по поиску мест внезапных отказов позволяет расширить его функциональные возможности и выполнить все задачи диагностирования МСС в комплексе для первой группы диагностических параметров.

Задачу определения технического состояния ТСПП для второй группы диагностических параметров реализует способ [8], направленный на расширение функциональных возможностей и повышение достоверности. Данный способ позволяет анализировать как цифровые сигналы, так и сигналы, представленные в виде двухградационного изображения на неквантованной плоскости. Применяя модифицированное кодирование, обе группы диагностических сигналов преобразуются в цепи – последовательности цифр, состоящие из  $n$  кодов созвездия однонаправленной кривой. Повышение достоверности определения технического состояния ТСПП основывается на устранении субъективности при определении минимального пространства классов, соответствующих тому или иному техническому состоянию ОД. Определение минимального пространства классов для множества цепей предполагает проведение следующих действий.

Для всех доступных для анализа цепей осуществляется процедура иерархической классификации в метрике евклидова расстояния по правилу связывания «ближайшего соседа» [10]. Это позволяет построить дерево иерархической классификации [14] и определить пороги объединения анализируемых сигналов в объединенные классы. Далее выполняют расчет евклидова расстояния между классами цепей и средней цепью ортогонального пространства, совпадающей с временной осью. Сравнивают пороги объединения цепей в классы с минимальным евклидовым расстоянием между классами и средней цепью ортогонального пространства. Классы цепей с порогом объединения в

один класс по дереву иерархической классификации, меньшим минимального евклидова расстояния между классами и средней цепью ортогонального пространства, объединяют в один общий класс. Полученные объединенные группы классов приводят в соответствие техническому состоянию ТСПП. При диагностировании сигнал преобразуют в цепь и определяют его принадлежность к классу технического состояния ТСПП.

Дополнительным свойством способа [8] является его применимость для визуализации данных диагностирования ТСПП. В [15] отмечается, что развитие современных средств контроля и диагностирования сетей и средств телекоммуникаций нацелено на реализацию требований к графическому пользовательскому интерфейсу и удобство работы с ним, особенно в специализированных диагностических системах с большим количеством параметров. Также в [15] определено, что конечным отображением графики технического диагностирования должен стать специализированный язык диагностирования для описания систем высокой размерности.

Использование компактной знаковой записи вместо насыщенной графики позволит соединить данные о состоянии телекоммуникационной сети с ее топологией или картографией без перегрузки изображения дополнительными символами. Графически концепция перехода от измерительных приборов к символьным диагностическим анализаторам представлена на рисунке 2.

Дерево иерархической классификации по способу [8] для всех возможных цепей является основой для перехода от графического представления к знаковому виду. Каждому знаку может соответствовать либо класс технического состояния ОД, либо семантическая единица в наборе диагностических симптомов. Формализация действий способа анализа сигналов о состоянии объекта позволяет их использовать для автоматизации диагностирования.

Использование ТСПП для обеспечения промышленного предприятия телекоммуникационными услугами и сервисами неразрывно связано с организацией их сетевого взаимодействия. Физическая природа этого взаимодействия определяется обычно средой передачи телекоммуникационных сообщений и функциональной направленностью ТСПП.

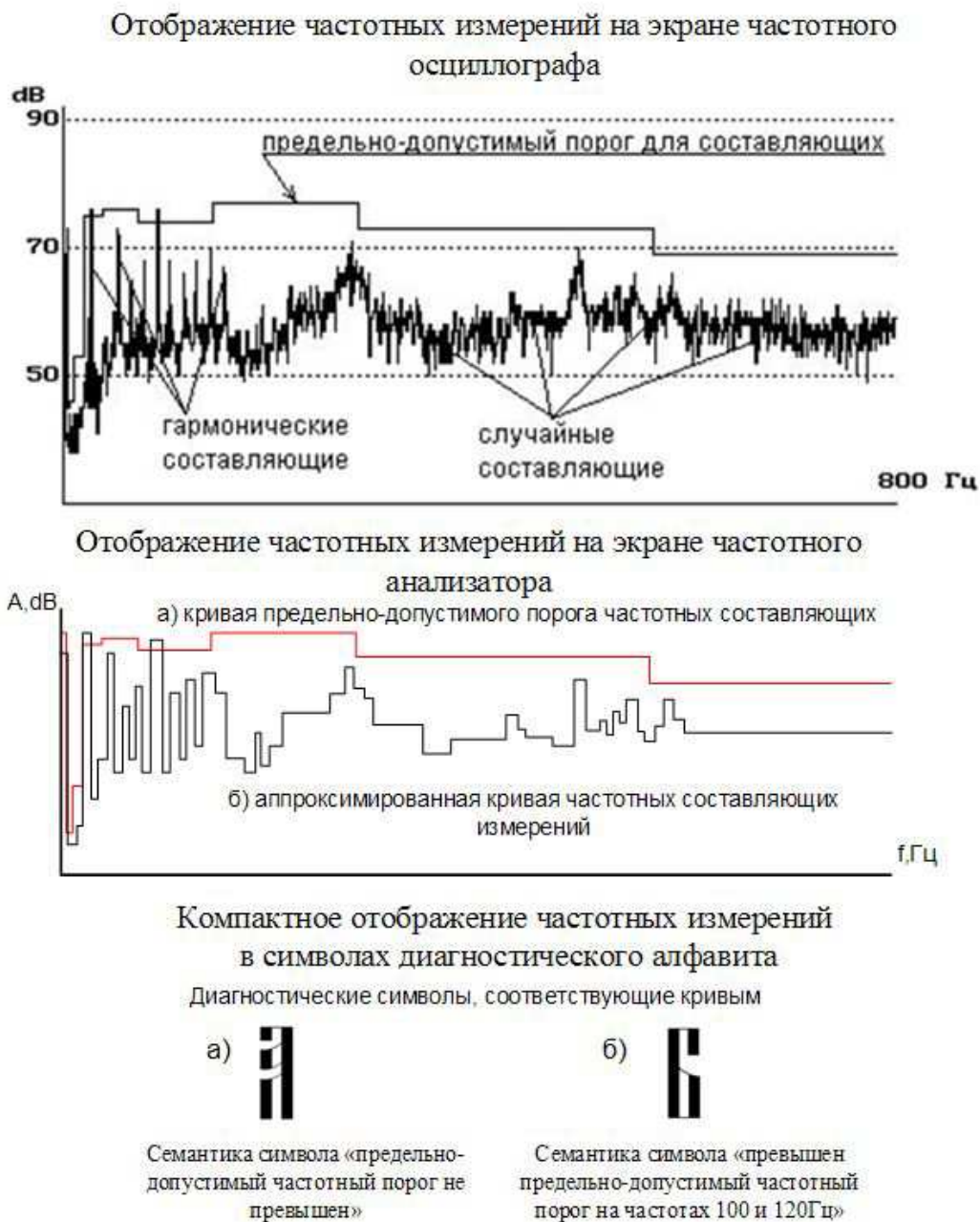
В отличие от тестов соответствия ТСПП к телекоммуникационной сети промышленного производства более применимы тесты производительности [4]. Измерения производительности дают возможность не только определить, будет ли работать составное оборудование телекоммуникационной сети, но и проанализировать, насколько хорошо эта сеть будет функционировать, какие ограничения будет иметь в использовании. Именно оценки производительности телекоммуникационной сети гарантируют качество функционирования сетевого оборудования.

Задача прогнозирования производительности телекоммуникационных линий промышленного предприятия реализуется действиями способа [9]. В нем предложено на основе двух типов искусственных нейронных сетей (ИНС) осуществлять расчет влияния внешних воздействий на производительность каждого типа телекоммуникационной линии в составе телекоммуникационной сети промышленного предприятия, а также прогнозировать значение производительности сети по значениям текущих внешних воздействий.

Определение зависимости влияния внешнего воздействия на производительность той или иной телекоммуникационной линии сводится к задаче аппроксимации, которая в контексте искусственных нейронных сетей реализуема на основе сети с радиальными базисными элементами RBF (Radial Basis Function network) [15]. В качестве



прогнозирующей искусственной нейронной сети используется фокусирующая сеть прямого распространения с задержкой по времени TLFN (focused Time Lagged Feedforward Network).



**Рисунок 2 – Концепция перехода от измерительных приборов к символьным диагностическим анализаторам**

Способ осуществляется в два этапа. На первом этапе происходит обучение ИНС RBF предъявлением нормированных значений внешних воздействий и нормированных реакций каждого типа линии связи. Итогом обучения является запись в банк данных матриц весовых коэффициентов ИНС RBF для каждого типа линии связи. На втором этапе, при функционировании конкретной телекоммуникационной сети промышленного предприятия, определяются необходимые типы линий связи в составе сети. Для них из

банка данных выделяются матрицы весовых коэффициентов обученных ИНС RBF. По количеству типов линий связи устанавливается количество ИНС RBF. Измеряется текущий физический уровень внешнего воздействия, нормируется и поступает на сеть ИНС RBF для определения текущего нормированного значения производительности всех линий связи в составе телекоммуникационной сети промышленного предприятия. По серии рассчитанных значений производительности искусственная нейронная сеть TLFN прогнозирует значение производительности, по данному значению принимается решение о доступности к моменту прогноза той или иной линии связи в составе телекоммуникационной сети промышленного предприятия.

Несмотря на то, что каждый из представленных способов частично реализует задачи диагностирования ТСПП, их комплексное использование в единой методологии реализует методику экспресс-диагностирования – диагностирования по ограниченному числу параметров за заранее установленное время. Суть предлагаемой методики заключается в следующем.

На этапе проектирования и разработки ТСПП осуществляется выявление структурно-параметрических зависимостей между сокращенным набором внутренних функциональных элементов и выходов ТСПП в виде систем регрессионных уравнений для каждого режима функционирования. Полученные системы регрессионных уравнений проецируются на структурную схему ТСПП, определяется сокращенная схема контроля внутренних параметров. В свою очередь, данная схема контроля вносится в конструкцию ТСПП в виде блока диагностики и контроля ТСПП. При функционировании ТСПП по назначению в определенном режиме блок диагностики и контроля осуществляет по заложенной в нем программе измерения внутренних параметров конечной системы регрессионных уравнений. По данным измерений осуществляется прогнозирование предотказового состояния для каждого из ТСПП. Для любых по форме структурированных сигналов ТСПП осуществляется их преобразование в цепи, по способу [8] определяется минимальное количество классов сигналов, соответствующих определенному техническому состоянию ТСПП. При функционировании ТСПП измеряются структурированные сигналы, кодируются в цепи, по иерархическому дереву классификации, начиная от среднего, определяется единственный класс принадлежности к определенному техническому состоянию. Оценка производительности телекоммуникационной сети промышленного предприятия осуществляется для каждой входящей в ее состав линии связи по способу [9]. Дополнение способа [7] перечнем действий, определяющих единичные и множественные внезапные отказы, позволяет судить о выполнении всех задач диагностирования.

Таким образом, на основе модели многофункционального средства связи и дополненных способов, моделирующих процессы диагностирования ТСПП, предложена методика экспресс-диагностирования. Данная методика применима вне зависимости от типа телекоммуникационных средств промышленного предприятия, что соответствует поставленной задаче исследования. Автоматизация формализованных процедур предлагаемых технических решений позволяет сократить временной ресурс при диагностировании ТСПП с заданной достоверностью или обеспечить необходимую достоверность оценки их технического состояния, что свойственно методике экспресс-диагностирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Залужный А.Н. Перспективы Industrial Ethernet [Электронный ресурс] / Электронный журн. «CONNECT! Мир связи». – М.: ИД «CONNECT», 2009. – Режим доступа к журн.: <http://www.connect.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. Гургенидзе А.Т., Кореш В.И. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа: Монография – СПб.: «Профи», 2006. – 400 с.
3. Гольдштейн Б.С. Интеллектуальные сети / Б.С. Гольдштейн, И.М. Ехриель, Р.Д. Рерле. – М.: Радио и связь, 2000. – 324 с.
4. Бакланов И.Г. Измерения в телекоммуникациях // Электронный журн. «CONNECT! Мир связи». – М.: ИД «CONNECT», 2003. – Режим доступа к журн.: <http://www.connect.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Левченко А.Ф. Многофункциональные компьютерные системы измерения, диагностирования и контроля в области связи // Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 2001. № 2. С. 62-64.
6. Комолов Д.В. Регрессионные модели в экспресс-диагностировании средств связи / Комолов Д.В., Любимов В.А., Гречишников Е.В. // Новые информационные технологии в научных исследованиях и образовании: Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции / ГРТУ – Рязань, 2007. – С. 93-95.
7. Пат. 2345492 Российская Федерация, МПК7 H 04 B 17/00. Способ диагностирования средств связи телекоммуникационных систем / Иванов В. А., Любимов В. А., Гречишников Е. В., Комолов Д. В.; Заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. – № 2006143217/09; заявл. 06.12.2006; опубл. 27.01.2009, Бюл. № 3. – 14 с.: ил.
8. Пат. 2355028 Российская Федерация, МПК7 G 06 K 9/00. Способ анализа сигналов о состоянии объекта / Ю.И. Стародубцев, Е.В. Гречишников, Д.В. Комолов; Заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. – № 2007123832/09; заявл. 25.06.2007; опубл. 10.05.2009, Бюл. № 13. – 17 с.: ил.
9. Стародубцев Ю.И. Использование нейронных сетей для обеспечения устойчивости сетей связи в условиях внешних воздействий / Ю.И. Стародубцев, Е.В. Гречишников, Д.В. Комолов // Телекоммуникации, 2009. № 2. С. 24-30.
10. The handbook of data mining / edited by Nong Ye – Mahwah, New Jersey.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. – 2003. – p. 689.
11. Смирнов Н.А. Анализ без математики / Электронный журн. «Директор информационной службы». – М.: Издательство «Открытые системы», 2009. – № 6. – Режим доступа к журн.: <http://www.osp.ru/cio/2009/06/8714243/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
12. Чубукова И.А. Data mining. – Издательство «Интернет – университет информационных технологий – ИНТУИТ.ру, БИНОМ лаборатория знаний», 2008. – 384 с.
13. Сигел Э. Практическая бизнес-статистика: Изд. 4-е. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 1056 с.
14. Теория распознавания и анализ сцен: Пер. с англ. / Р.О. Дуда, П.Е. Харт.; под. ред. Стефанюка В.Л. – М.: Мир, 1976. – 511 с.
15. Бакланов И.Г. Таблица, график, карта / Электронный журн. «CONNECT! Мир связи». – М.: ИД «CONNECT», 2005. – Режим доступа к журн.: <http://www.connect.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
16. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс: Изд. 2-е. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

**Комолов Дмитрий Викторович**

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Соискатель кафедры «Информационные системы»

Тел.: (4862) 466713

E-mail: dimkomolov@mail.ru

УДК 159.9.072:519.8

Я.Е. ПРОКУШЕВ

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРБАЛЬНЫХ МЕТОДИК ТЕСТИРОВАНИЯ

*В статье рассмотрены особенности построения моделей вербальных тестов, используемых в профессиональном и психологическом тестировании.*

**Ключевые слова:** тест; вербальные тесты; моделирование.

*The article describes features of construction of models of the verbal tests used in professional and psychological testing.*

**Keywords:** test; verbal tests; modeling.

Несмотря на многообразие современных тестовых методик, отличающихся как по назначению, так и по способу подсчета результатов тестирования, вербальные тесты, составляют большинство используемых методик и чаще остальных применяется в профессиональном или психологическом тестировании. Рассмотрим математический аппарат, описывающий большинство вербальных тестов.

Как правило, тест имеет несколько шкал или критериев оценки, которые представляют множество  $U$ , состоящее из  $m$  элементов, где  $m$  – количество критериев (1):

$$U = \{u_1, u_2 \dots u_m\} . \quad (1)$$

Кроме того, тест состоит из множества вопросов  $Q$ (2):

$$Q = \{q_1, q_2 \dots q_n\} , \quad (2)$$

где  $n$  – количество элементов множества.

В общем случае может иметь место корреляция вопросов по различным критериям оценки, как, например, в различных модификациях методики ММРІ.

В этом случае участие вопроса в формировании оценки по каждому критерию можно описать с помощью произведения множеств  $K = Q \times U$  и ввода коэффициента участия вопроса  $k_{mn}$  (3):

$$\begin{matrix} k_{11}a_{11} & k_{12}a_{12} & \dots & k_{1n}a_{1n} \\ k_{21}a_{21} & k_{22}a_{22} & \dots & k_{2n}a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{m1}a_{m1} & k_{m2}a_{m2} & \dots & k_{mn}a_{mn} \end{matrix} . \quad (3)$$

Значения коэффициента участия вопроса  $k_{n1m1}$  могут варьироваться в пределах, определенных конкретной тестовой методикой в соответствии с выражением (4):

$$\begin{aligned} 1 &\leq m_1 \leq m \\ 1 &\leq n_1 \leq n \\ 0 &\leq k_{n1m1} \leq \lim \end{aligned} , \quad (4)$$

где  $k_{m1n1}$  – коэффициент участия вопроса  $n_1$  в расчете критерия  $m_1$ . Значение параметра  $\lim$  является индивидуальным для каждой тестовой методики и определяет максимальный коэффициент участия вопроса.

Если значение коэффициента равно 0, то вопрос не учитывается при подсчете результатов критерия. В подавляющем большинстве используемых тестов коэффициенты  $k_{m1n1}$  и  $\lim$  равны 1. Однако имеются методики, в которых  $k_{m1n1}$  может принимать несколько дискретных значений. В частности в модификациях шестнадцатифакторного теста Кэттелла на 105 и 187 вопросов  $k_{m1n1}$  может принимать

значения 0, 1, 2. Таким образом, в общем случае, всю совокупность значений  $k_{m1n1}$  можно представить как множество элементов (5):

$$K = \{k_1, k_2, k_3 \dots k_j\}, \quad (5)$$

где  $j$  – число, обозначающее количество возможных состояний коэффициента участия, причем  $k_j = \lim$ .

После проведения тестирования и расчетов результатов по шкалам теста сотрудник, проводивший обследование, получает первичный результат тестирования. Из уравнения (3) видно, что результатом для  $m$ -го критерия будет уравнение вида (6):

$$k_{m1}a_{m1} + k_{m2}a_{m2} + \dots + k_{mn}a_{mn} = Res_{um}. \quad (6)$$

Пределы возможных значений элемента  $Res_{um}$  могут быть выражены в виде двойного неравенства (7):

$$Res_{\min um} \leq Res_{um} \leq Res_{\max um}. \quad (7)$$

В подавляющем большинстве методик значение  $Res_{\min um} = 0$ .

Для некоторых методик он же является и окончательным. Тем не менее, в ряде случаев расчет первичных результатов является промежуточным этапом общего процесса подведения итогов.

Во-первых, помимо критериев, которые являются основными и составляют множество  $U$ , возможно наличие множества  $W$  вторичных критериев (8):

$$W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_t\}, \quad (8)$$

где  $t$  – количество вторичных критериев (мощность множества  $W$ ).

Вторичные критерии представляют собой некоторую функциональную зависимость от рассчитанных ранее результатов по первичным шкалам. Наиболее вероятен вариант получения результатов по некоторому вторичному критерию на основе суммы первичных критериев (9):

$$w_t = \sum_{i=1}^m p_{it} \times U_i, \quad (9)$$

где  $p_{it}$  – коэффициент участия  $i$ -го первичного критерия в расчете  $t$ -го вторичного критерия. В качестве примеров можно привести опросник Басса-Дарки, исследующий проявления агрессивности в поведении респондентов. В тесте Басса-Дарки предусмотрен расчет индексов агрессивности и враждебности, которые являются суммами результатов по некоторым шкалам.

Менее распространены более сложные зависимости. Например, безразмерные коэффициенты, представляющие собой отношения двух сумм различных множеств основных критериев (10):

$$w_t = \frac{\sum_{r=1}^m p_{rt} \times U_r}{\sum_{i=1}^m p_{it} \times U_i}. \quad (10)$$

Во-вторых, многие тестовые методики используют специальные переводные шкалы полученных «сырых» тестовых баллов в так называемые «стены». Подобный механизм имеется, прежде всего, в методиках Кэттелла, вариациях теста ММРІ, тесте IQ оценки коэффициента общего уровня интеллектуального развития личности Ю. Айзенка.

Функциональные зависимости между сырыми баллами и стенами могут носить различный характер и зависят от тестовой методики. Тривиальным вариантом является обычная линейная зависимость (11):

$$St = c \times B + b, \quad (11)$$

где  $c$  – множитель сырых баллов,  $b$  – начальная константа,  $B$  – значение в баллах по критерию  $u_m$ , причем  $B \leq Res_{um}$ ,  $St$  – результат в стенах.

Для случая, когда  $St = B$  для любого  $B \in [0, Res_{um}]$ , имеем  $c = 1$  и  $b = 0$ .

Кроме линейных зависимостей могут быть степенные зависимости между баллами и стенами (12):

$$St = c \times B^x, \quad (12)$$

где  $x$  показатель степени. В случае если  $x < 1$ , получается зависимость логарифмического типа.

Наконец, зависимости между стенами и баллами могут выражаться формулой (13):

$$St = b + \frac{c \times (B - M)}{\sigma}, \quad (13)$$

где  $M$  – эмпирически выявленная медиана или среднеквадратичный показатель по критерию;

$\sigma$  – величина среднеквадратичного отклонения от нормы, обнаруженная в процессе стандартизации.

Следует отметить, что выведению зависимостей, представленных в формулах (11), (12), (13) предшествует работа по длительному обследованию большого числа респондентов в течение нескольких лет.

В-третьих, возможно формирование дополнительных заключений о результатах тестирования на основе сочетания значений по различным шкалам. Яркими примерами в данном случае являются вариации методики ММРІ, а также тест темперамента по методике Айзенка. В общем случае вторичные заключения представляют собой множество  $Z$ , мощностью  $x$  (14):

$$Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_x\}. \quad (14)$$

Выбор определенного элемента  $z_x$  из множества дополнительных заключений обусловлен сочетанием ряда первичных и (или) вторичных критериев методики тестирования. В результате может быть получена система двойных неравенств, общий вид которой описывается выражениями (15):

$$\begin{aligned} V(U)_{1 \min} &\leq Res(U)_1 \leq V(U)_{1 \max} \\ V(U)_{m1 \min} &\leq Res(U)_{m1} \leq V(U)_{m1 \max} \\ V(W)_{1 \min} &\leq Res(W)_1 \leq V(W)_{1 \max} \\ V(W)_{t1 \min} &\leq Res(W)_{t1} \leq V(W)_{t1 \max} \end{aligned} \Rightarrow z_x, \quad (15)$$

где  $V(U_{m1})_{\min}$  – минимально допустимое для элемента  $z_x$  значение результата по первичному критерию  $U_{m1}$ ;

$V(U_{m1})_{\max}$  – максимально допустимое для элемента  $z_x$  значение результата по первичному критерию  $U_{m1}$ ;

$m1 \leq m$ , где  $m$  – количество первичных критериев в тесте;

$Res(U_{m1})$  – результат тестирования по первичному критерию  $U_{m1}$ .

$V(W_{m1})_{\min}$  – минимально допустимое для элемента  $z_x$  значение результата по вторичному критерию  $W_{m1}$ ;

$V(W_{m1})_{\max}$  – максимально допустимое для элемента  $z_x$  значение результата по вторичному критерию  $W_{m1}$ ;

$t1 \leq t$ , где  $t$  – количество вторичных критериев в тесте;

$Res(W_{m1})$  – результат тестирования по вторичному критерию  $W_{m1}$ .

Получение дополнительных заключений подчас важнее, чем просто рассчитанный результат, поскольку позволяет выявить скрытые особенности личности или проверить

достоверность полученного результата. Отличие дополнительного заключения от вторичного критерия в том, что заключение является качественной, а не количественной оценкой. Что же касается вторичных критериев, то их значение является итогом определенной функциональной зависимости. Рассчитанная количественная оценка затем обуславливает появление вербального заключения по данному вторичному критерию. Приведенный в данной статье математический аппарат, описывающий методики тестирования может быть расширен, поскольку он рассматривает лишь относительно небольшое подмножество методик тестирования.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Клайн П. Справочное руководство по конструированию тестов. Введение в психометрическое проектирование. – Киев: ПАН Лтд., 2002. – 406 с.

**Прокушев Ярослав Евгеньевич**

Белгородский университет потребительской кооперации, г. Белгород

Кандидат экономических наук

Доцент кафедры «Организация и технология защиты информации»

Тел.: 8(4722)26-38-31

E-mail: diddqd@mail.ru

УДК 004.415.2.041

А.Ю. СМИРНОВ, А.Р. КРИВОНОГОВ

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОФИЛИРОВАНИЯ КОМПРЕССОРНЫХ ЛОПАТОК

*В работе описывается методика автоматизации процесса профилирования компрессорных лопаток, основанная на восстановлении пера лопатки компрессора на базе задания формы средней линии и распределения толщин профилей по средней линии.*

**Ключевые слова:** компрессорная лопатка; профилирование лопатки; параметры лопатки; профиль пера лопатки; средняя линия профиля; сечение пера лопатки; распределение толщины.

*This paper describes automation technique of compressor blades and vanes redesigning using profile centerline and for distribution optimization thickness.*

**Keywords:** compressor blade; blade design; blade parameters; mid. line; section blade; distribution thickness; profile centerline.

В настоящее время все российские конструкторские бюро пытаются решить задачу о создании двигателя пятого поколения, который должен обладать высокой степенью двухконтурности, иметь вентилятор с широкохордными рабочими лопатками с высокой степенью закрутки и минимально возможным расстоянием между ротором и статором.

Прогресс в области вычислительной техники совместно с последними достижениями в численных методах уже на этапе проектирования делает возможным оптимизировать основные геометрические параметры турбомшины.

Таким образом, разработка новой системы профилирования, позволяющей создавать лопатки сложной пространственной формы и контролировать ее параметры на начальном этапе проектирования, является актуальной.

Новая методика создания лопаток турбомшины должна предусматривать возможность коррекции параметров пера лопатки на предварительном этапе проектирования, а также возможность восстановления профилей на криволинейных поверхностях тока по распределению углов наклона касательных к средней линии и распределению толщин профилей. В настоящее время в большинстве отечественных предприятий двигателестроительной области для моделирования лопаток используется САД система Unigraphics, в связи с этим наиболее оптимальным будет интеграция нового комплекса в данную систему.

С учетом вышеперечисленных требований разработана методика, основанная на восстановлении профилей пера лопатки по форме средней линии и распределению толщины профилей, позволяющая профилировать компрессорные лопатки сложной пространственной формы. Она позволяет не только создавать модели новых лопаток, но и анализировать характеристики уже существующих. Предлагаемый метод основан на восстановлении профилей пера лопатки на трехмерных криволинейных поверхностях тока без использования конформного отображения. В существующих комплексах проектирования лопаток использование конформного отображения искажает форму профиля, при этом, чем больше искривлена поверхность тока, тем сильнее искажаются профили.



Разработанный программный комплекс состоит из четырех модулей:

- модуль определения характеристик лопатки по твердотельной модели на конических криволинейных поверхностях тока [1];
- модуль визуализации, контроля и интерактивной коррекции параметров лопатки [2];
- модуль генерации пера лопатки [3];
- модуль генерации плоских сечений, определения величин контрольных параметров и формирования таблицы координат профилей [4].

В результате работы модуля определения характеристик получаем параметризованную модель пера лопатки. Полученные геометрические характеристики – хорда профилей, длина средней линии, распределение углов наклона касательных по средней линии, распределение толщины и другие – могут быть использованы для проведения газодинамического расчета или переданы в качестве исходных данных в модуль интерактивной коррекции параметров.

В модуле визуализации и интерактивной коррекции параметров пользователь имеет возможность интерактивного изменения величин всех характеристик профилей. Разработана и реализована методика вписывания величины заданного радиуса для входной и выходной кромок в существующее распределение толщины профиля. Методика заключается в следующем:

- выполняется вписывание величины заданного относительного радиуса в кривую распределения толщины;
- определяется величина изменения хорды и проводится коррекция точек кривой (рис. 1).

Данный способ позволяет вписывать радиусы любого значения, что является особенно ценным при проектировании лопаток с малыми значениями хорды, высоты и толщины.

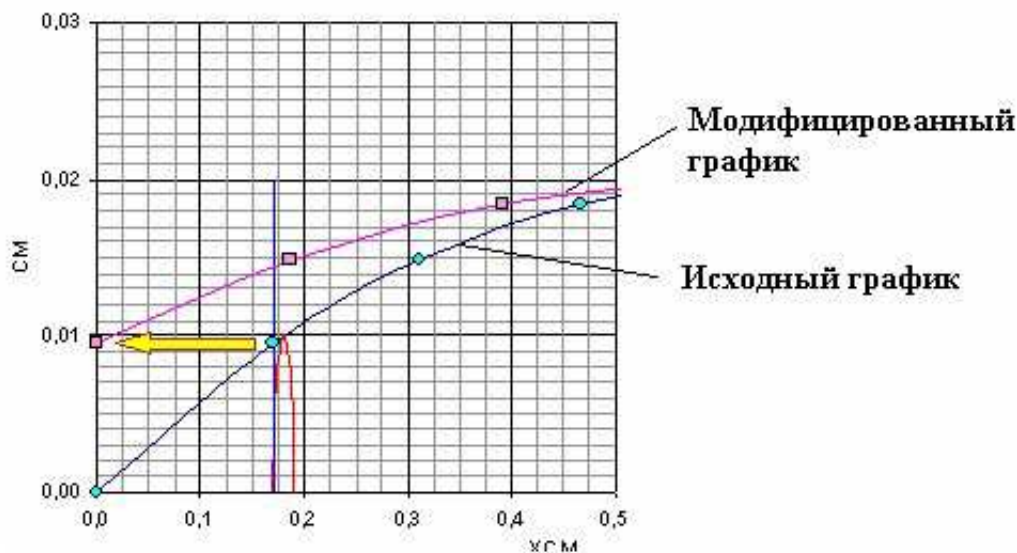


Рисунок 1 – Коррекция входной кромки

В процессе подготовки исходных данных для профилирования лопатки проводится коррекция распределения толщины профиля в соответствии с заданной максимальной толщиной. Для этого разработана следующая методика (рис. 2).

Корректировка толщины:

$$CMFT = CMVT * CM/10,$$

где  $CMVT$  – массив значений толщины профиля;

$CMFT$  – массив значений модифицированной толщины профиля;

$CM$  – заданная максимальная толщина профиля.

Корректировка продольной координаты до места расположения максимальной толщины:

$$XCMF = XСMT * XСM/XСMB,$$

где  $XСMT$  – массив относительной координаты вдоль хорды;

$XСMF$  – массив модифицированных относительных координат вдоль хорды;

$XСMB$  – положение максимальной толщины базового профиля;

$XСM$  – положение максимальной толщины профиля.

Корректировка продольной координаты после места расположения максимальной толщины:

$$XСMF = XСM + (XСMT - XСMB) * (1 - XСM)/(1 - XСMB).$$

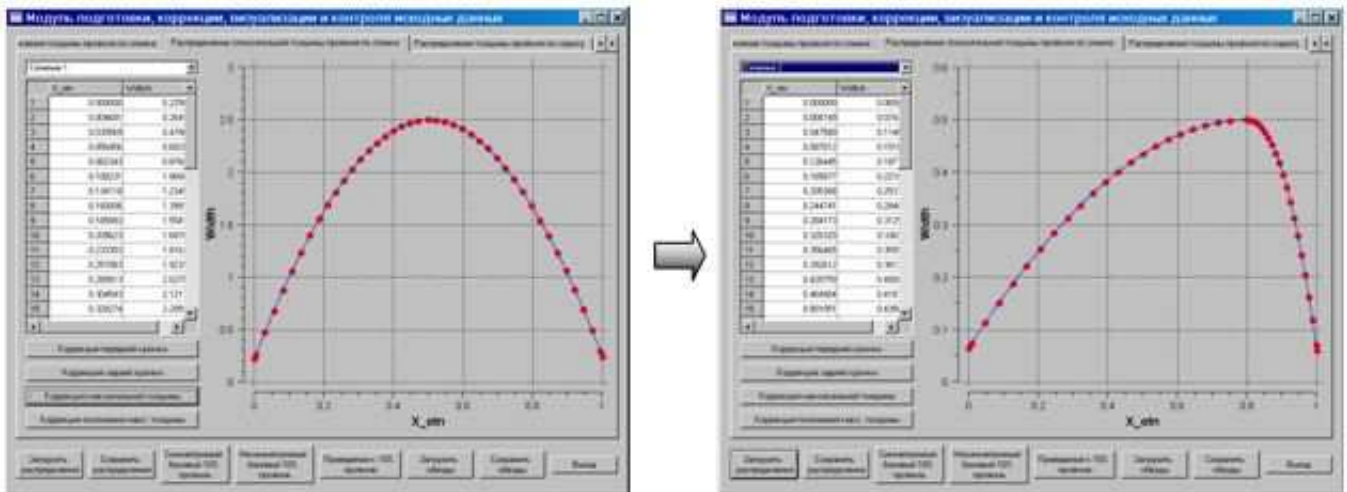


Рисунок 2 – Корректировка максимальной толщины профиля и ее положения

В разработанной методике коррекции исходных данных предусмотрена возможность задания по отдельности параметров спинки и корыта профилей для лопаток с несимметричным распределением толщины, реализована возможность задания формы кромок пера лопатки (в том числе и эллиптической). Это позволяет профилировать лопатки сложной пространственной формы.

Модуль генерации пера лопатки предназначен для построения трехмерной модели лопатки в Unigraphics по заданным геометрическим характеристикам.

Восстановление происходит по следующей методике:

- восстановление средней линии по заданному распределению углов наклона касательной и заданному значению хорды профиля;
- восстановление линий спинки и корытца по заданному распределению толщин профилей;
- вписывание величин заданных радиусов кромок;

- построение поверхностей спинки, корыта, входной и выходной кромок, нижней и верхней торцевых поверхностей;
- объединение полученных поверхностей в солид пера лопатки.

Для построения средней линии профиля разработана методика, позволяющая на порядок увеличить точность восстановления средней линии. Построение средней линии производится на криволинейной поверхности тока, что позволяет избежать искривлений заданной формы профиля (в отличие от плоского моделирования и последующего конформного отображения на поверхность тока).

Построение проводится следующим образом (рис. 3): находится точка пересечения передней кромки пера лопатки с поверхностью тока. В данной точке определяется угол наклона касательной ( $\alpha$ ). На поверхности тока из точки пересечения передней кромки лопатки с линией тока проводится касательная к поверхности тока. Полученная касательная поворачивается на угол  $\alpha$  и проецируется на поверхность вращения (получаем кривую L1). Далее по линии тока откладывается дельта до следующей точки в распределении, строится касательная к поверхности и проецируется на поверхность (получаем кривую L2). Находим точку пересечения линий L1 и L2. Это будет вторая точка искомой средней линии. Аналогично восстанавливаем все точки. Производим контрольный замер величины хорды полученной средней линии, сравниваем с требуемым значением, в случае необходимости производим корректировку распределения и строим среднюю линию с заданной величиной хорды.

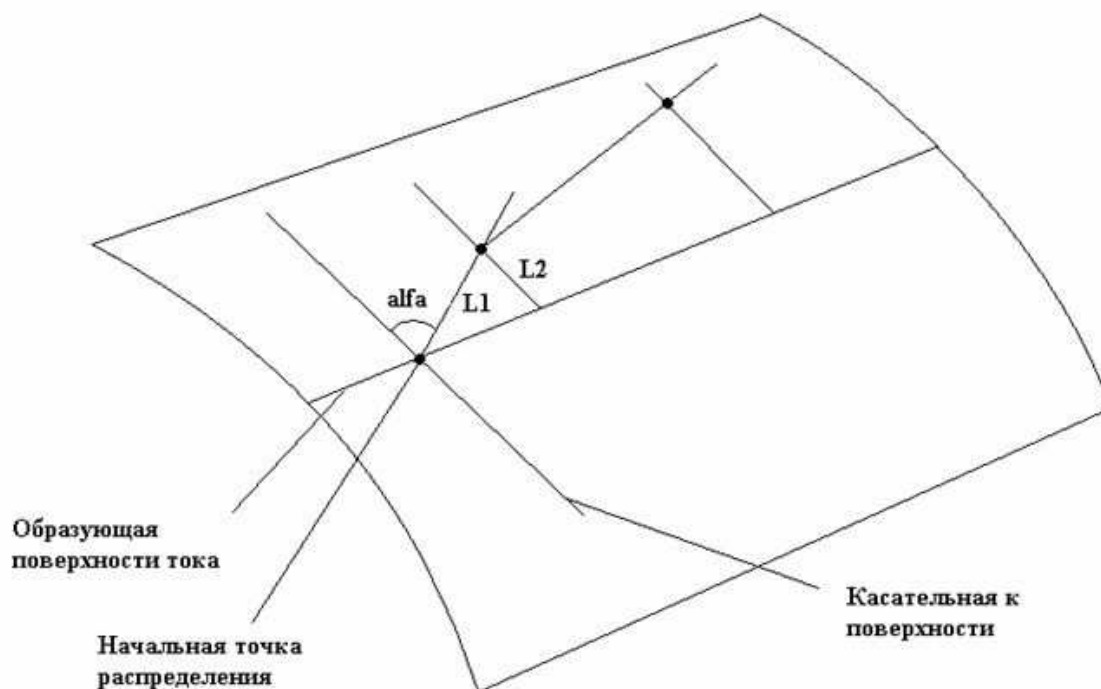


Рисунок 3 – Восстановление средней линии профиля

Модуль генерации плоских сечений и определения величин контрольных параметров предназначен для автоматизации процесса формирования конструкторской документации, включающий в себя формирование таблицы координат профилей и определение величин контрольных параметров лопатки.

В результате тестирования комплекса (таблица 1) установлено, что в результате применения новой методики профилирования на порядок улучшена точность создания модели пера лопатки по сравнению с существующими системами проектирования компрессоров, такими, как «Корвет», «AxSTREAM™», «Parser».

Таблица 1 – Анализ точности восстановления пера лопатки

	По хорде	По средней линии	По углу на входе	По углу на выходе	По макс. толщине
Средняя ошибка	0,006167	0,006184	0,014449	0,001309	0,00517
Рабочее колесо с высокой степенью закрутки	0,000153	4,99E-05	0,087738	0,021367	0,001108
Направляющий аппарат с высокой степенью закрутки	0,010114	0,01033	0,099926	0,074603	0,008525
Рабочее колесо S-образного профиля	0,001501	0,001484	0,063087	0,046997	0,002063
Направляющий аппарат с низкой степенью закрутки	0,005772	0,005898	0,054642	0,04383	0,005282
Рабочее колесо с низкой степенью закрутки	0,004741	0,004789	0,063968	0,037621	0,00443

Разработка методики восстановления средней линии, основанной на создании профилей непосредственно на поверхности тока, позволила значительно повысить точность моделирования пера лопатки, исключив влияние деформации линейных соотношений, принятых для плоского профиля, значительно упростила процедуру задания исходных данных для генерации средней линии профиля (в аналогичных программах необходимо задавать закон, по которому изменяется кривизна средней линии – по эллипсу, параболе, гиперболу, окружности, или комбинации из нескольких участков, описываемых разными законами).

Разработанная методика профилирования позволяет профилировать лопатки сложной пространственной формы (в том числе широкохордные лопатки вентилятора с высокой степенью закрутки), создавать лопатки с несимметричным распределением толщины профиля по средней линии, значительно увеличить точность проектирования лопаток и сократить время профилирования лопатки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.Ю., Кривоногов А.Р. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам «Программы для ЭВМ базы данных топологии интегральных микросхем» 2006. Модуль для параметризации компрессорной лопатки, Москва, регистрационный номер 2006613345.
2. Смирнов А.Ю., Кривоногов А.Р., Степанов А.А. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам «Программы для ЭВМ базы данных топологии интегральных микросхем» 2006. Модуль визуализации и контроля параметров компрессорной лопатки, Москва, регистрационный номер 2006613408.
3. Смирнов А.Ю., Степанов А.А., Кривоногов А.Р. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам «Программы для ЭВМ базы данных топологии интегральных микросхем» 2007. Модуль Profile для построения твердотельной модели пера лопатки, Москва, регистрационный номер 2006613345.

4. Смирнов А.Ю., Кривоногов А.Р., Ермакова О.О., Томилина Т.В., Степанов А.А. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам «Программы для ЭВМ базы данных топологии интегральных микросхем» 2008. Модуль генерации плоских сечений и определения параметров пера лопатки, Москва, регистрационный номер 2006613345.

**Смирнов Антон Юрьевич**

Рыбинская государственная авиационно-технологическая академия, г. Рыбинск

ОАО «НПО «Сатурн»

Аспирант, инженер-программист 2-ой категории

Тел.: 8(4855)29-64-71, 8-910-825-90-20

E-mail: ant\_sm.ru@mail.ru

**Кривоногов Альберт Рудольфович**

ОАО «НПО «Сатурн»

Заместитель начальника отдела

Тел.: 8(4855)29-62-74

## ИТНОП-2010

**В апреле 2010 года** в Орловском государственном техническом университете проводится IV Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в науке, образовании и производстве».

Открытие конференции: **22 апреля 2010 года в 10 часов.**

Работа конференции будет организована по следующим секциям:

- 1. Методологические и теоретические аспекты создания и развития информационных технологий.**
- 2. Проблемы применения информационных технологий в производстве.**
- 3. Актуальные вопросы создания единого информационного образовательного пространства.**
- 4. Проектирование и внедрение распределенных телекоммуникационных систем и структур управления.**

Подробная информация на сайте **[www.itnop.ostu.ru](http://www.itnop.ostu.ru)**.

УДК 681.3

В.В. ФЕДОРЕНКО, А.В. СЕМЕНЕНКО

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ  
РЕЗЕРВИРОВАННОЙ АППАРАТУРЫ  
С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ**

В статье предложена математическая модель надежности резервированной аппаратуры в виде матрицы значений вероятностей безотказной работы для различных условий прошедшей и предстоящей эксплуатации изделий. Разработана программа расчета показателей гарантированной надежности резервированной аппаратуры при планировании ее работы на предстоящий период в априори неопределенных условиях эксплуатации.

**Ключевые слова:** резервированная аппаратура; условия эксплуатации; гарантированная надежность; математическая модель; программа расчета.

*The mathematical model of the reserved apparatus reliability is offered in the article as a matrix of probabilities values of faultless work for different terms of the last and forthcoming ware maintenance. The index calculation program of assured reliability of the reserved apparatus is developed by its work planning for the forthcoming period in a priori indefinite ware maintenance.*

**Keywords:** reserved apparatus; ware maintenance; assured reliability; mathematical model; calculation program.

При планировании работы резервированной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) на предстоящий период эксплуатации возникает задача оптимального временного распределения нагрузки между изделиями системы. Для обеспечения большей безотказности работы системы желательно учитывать степень выработки ресурса каждым из изделий, но при этом возникают две проблемы, затрудняющие решение задачи:

1. сложность учета влияния различных условий  $\varepsilon_1^{(i)}$  ( $i = \overline{1, n}$ ) прошедшей эксплуатации изделий на расход ресурса;
2. наличие априорной неопределенности относительно условий  $\varepsilon_2^{(j)}$  ( $j = \overline{1, m}$ ) предстоящей эксплуатации системы.

Для разрешения первой проблемы воспользуемся физическим принципом надежности, впервые сформулированном в [1], в соответствии с которым безотказность работы  $i$ -го изделия в условии  $\varepsilon_1^{(i)}$  за время  $\tau_i^{(i)}$  равна безотказности работы объекта при другом условии  $\varepsilon_2^{(j)}$ , но за некоторое другое время  $\tau_i^{(j)}$ , при этом вероятности безотказной работы (ВБР):

$$P\left(\tau_i^{(i)}, \varepsilon_1^{(i)}\right) = P\left(\tau_i^{(j)}, \varepsilon_2^{(j)}\right). \quad (1)$$

Устранение второй проблемы возможно при использовании в целевой функции задачи выбора  $i$ -го изделия максиминных критериев [2], обеспечивающих гарантированную надежность аппаратуры с ВБР  $P^*$  при любом  $j$ -м условии ( $j = \overline{1, m}$ ) эксплуатации, т.е.:

$$P^* = \max_i \min_j P_{ij} \left( \varepsilon_1^{(i)}, \tau_i^{(i)}; \varepsilon_2^{(j)} \right). \quad (2)$$

Выразим вероятности безотказной работы (1) через интенсивности отказов  $\lambda$ , являющихся функциями времени работы изделий в определенных условиях [3]:

$$\int_0^{\tau_i'} \lambda(t|\varepsilon_1^{(i)}) dt = \int_0^{\tau_i''} \lambda(t|\varepsilon_2^{(j)}) dt. \quad (3)$$

В частном случае экспоненциального характера плотности распределения времени безотказной работы, когда интенсивности отказов постоянны на временном интервале, но зависят от условий  $\varepsilon_1^{(i)}$  и  $\varepsilon_2^{(j)}$ , из выражения (3) следует [4]:

$$\exp[-\lambda(\varepsilon_1^{(i)}) \cdot \tau_i'] = \exp[-\lambda(\varepsilon_2^{(j)}) \cdot \tau_i'']. \quad (4)$$

Определив из (4) время  $\tau_i''$ , получим выражение для ВБР изделия к моменту  $t = T$  выполнения планируемой целевой задачи:

$$P_{ij} = \exp \left\{ -\lambda(\varepsilon_2^{(j)}) \cdot \left[ \tau_i' \lambda(\varepsilon_1^{(i)}) / \lambda(\varepsilon_2^{(j)}) + T \right] \right\}. \quad (5)$$

Матрица значений  $|P_{ij}|_{nm}$ , рассчитанных в соответствии с (5), представляет математическую модель в структуре задачи планирования работы резервированной РЭА с учетом условий прошедшей и предстоящей эксплуатаций (рисунок 1).

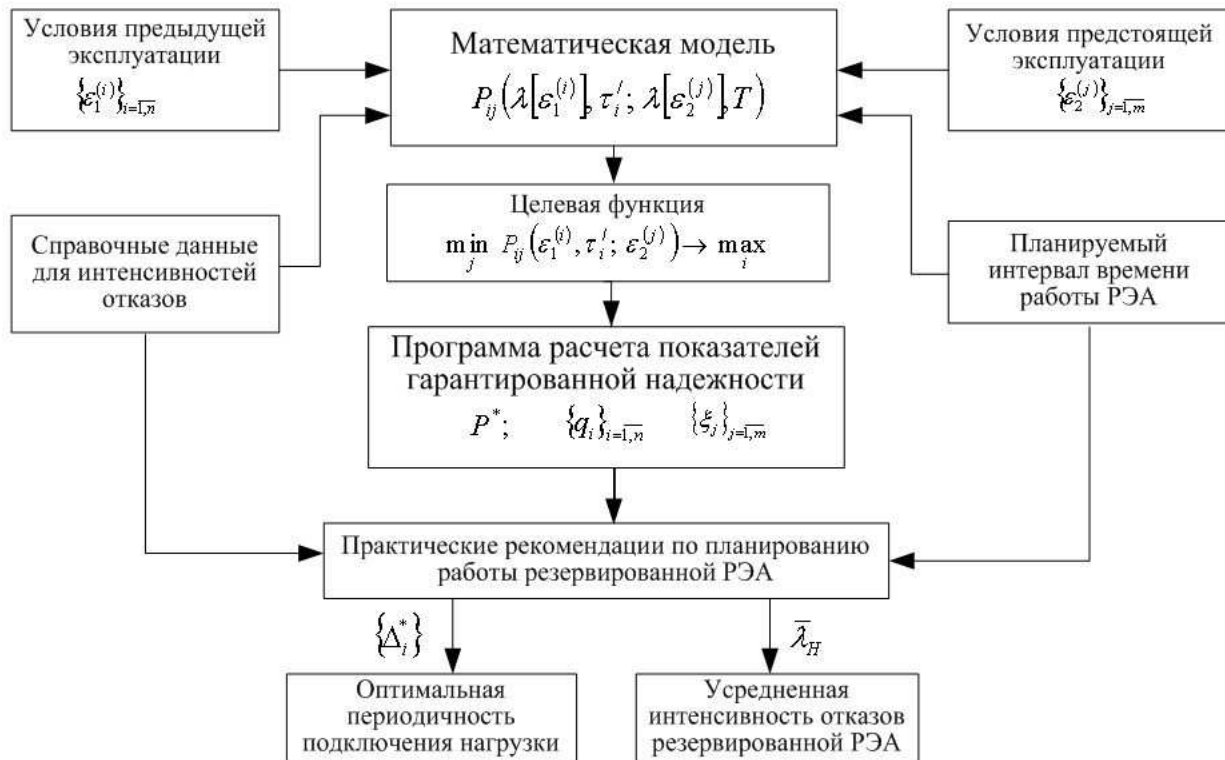


Рисунок 1 – Структура задачи планирования работы резервированной аппаратуры с учетом условий прошедшей и предстоящей эксплуатации

Матрицу  $|P_{ij}|_{nm}$  можно рассматривать как платежную матрицу задачи теории игр с двумя участниками: РЭА и система воздействующих факторов (СВФ), причем для РЭА стратегиями выбора являются изделия, отработавшие время  $\tau_i'$  в условиях  $\varepsilon_1^{(i)}$ , а для СВФ – условия  $\varepsilon_2^{(j)}$  предстоящей эксплуатации на интервале времени  $t \in [0, T]$ .

Для решения игровой задачи с целевой функцией вида  $\min_j P_{ij} \left( \varepsilon_1^{(i)}, \tau_i^j; \varepsilon_2^{(j)} \right) \rightarrow \max_i$  итерационным методом разработана программа расчета показателей гарантированной надежности резервированной аппаратуры: вероятностей безотказной работы  $P^*$ ; относительных временных интервалов  $\{q_i\}_{i=1, \dots, n}$  (где  $\sum_{i=1}^n q_i = 1$ ) подключения нагрузки к изделиям, обеспечивающих ВБР не ниже значения  $P^*$ ; обеспечивающих устойчивое решение игры на уровне  $P^*$  вероятностей  $\{\xi_j\}_{j=1, \dots, m}$  возникновения условий  $\{\varepsilon_2^{(j)}\}_{j=1, \dots, m}$  (где  $\sum_{j=1}^m \xi_j = 1$ ). Пример решения игровой задачи с платежной матрицей  $|P_{ij}|_{55}$  размера  $5 \times 5$  и 15 итерациях ее решения представлен на рисунке 2.

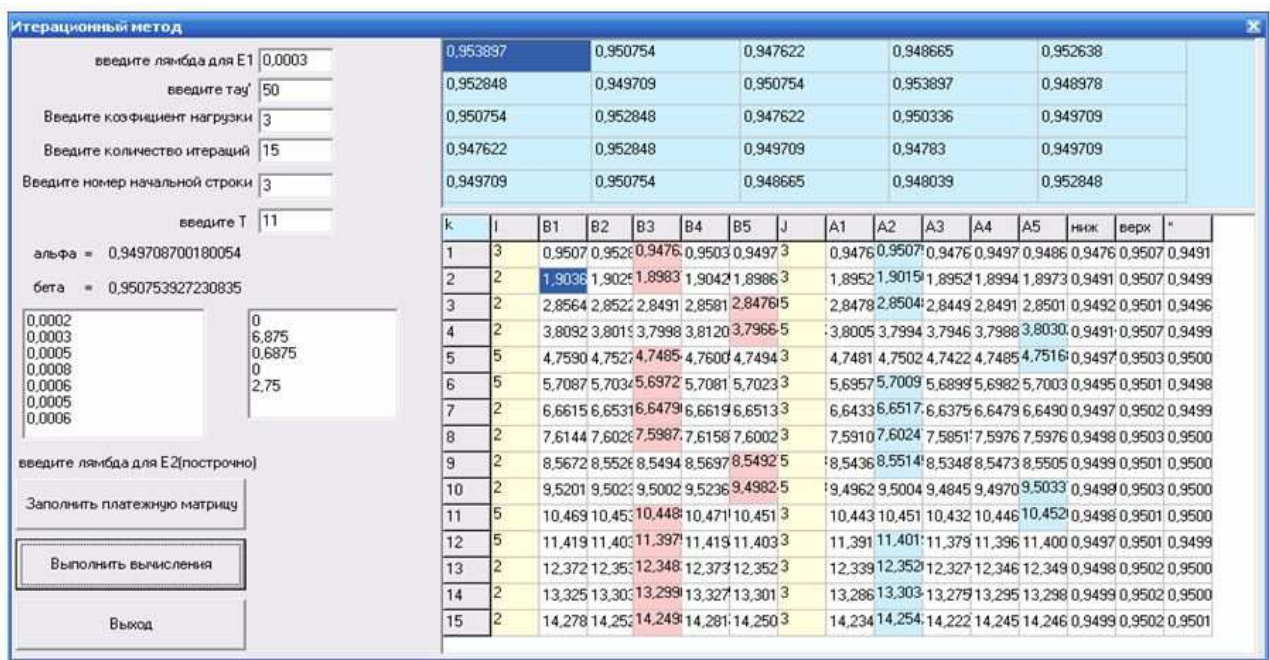


Рисунок 2 – Экранная форма программы расчета показателей гарантированной надежности резервированной аппаратуры

В рассматриваемом примере гарантированное значение ВБР  $P^* = 0,9501$  возможно при следующих параметрах распределения нагрузки между изделиями и условий предстоящей эксплуатации РЭА  $q_1 = q_4 = 0; q_2 = 10/15 \approx 0,667; q_3 = 1/15 \approx 0,067; q_5 = 4/15 \approx 0,266; \xi_1 = \xi_2 = \xi_4 = 0; \xi_3 = 11/15 = 0,733; \xi_5 = 4/15 = 0,267$ .

Полученные значения используются при составлении практических рекомендаций по планированию работы резервированной РЭА. Оптимальная периодичность подключения нагрузки к изделиям рассчитывается по формуле:  $\Delta_i^* = q_i \cdot T$ . Усредненная интенсивность отказов резервированной РЭА определяется как математическое ожидание:  $\bar{\lambda}_H = \lambda_1 \left( \varepsilon_2^{(1)} \right) \cdot \xi_1 + \lambda_2 \left( \varepsilon_2^{(2)} \right) \cdot \xi_2 + \dots + \lambda_j \left( \varepsilon_2^{(j)} \right) \cdot \xi_j + \dots + \lambda_m \left( \varepsilon_2^{(m)} \right) \cdot \xi_m$ .

Разработанное математическое и программное обеспечения задачи планирования работы резервированной аппаратуры с учетом условий эксплуатации изделий позволяет автоматизировать процесс обработки информации о наработках изделий РЭА в прошлом и получить решения об их использовании на предстоящий период, обеспечивающие гарантированные значения показателей надежности всей аппаратуры.



**ЛИТЕРАТУРА**

1. Седякин Н.М. Об одном физическом принципе теории надежности// Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1966. – №3. – С.80-87.
2. Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций/ Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 436 с.
3. Надежность и эффективность в технике. Том 10: Справочные данные по условиям эксплуатации и характеристикам надежности/ Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Машиностроение, 1990. – 336 с.
4. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.

**Федоренко Владимир Васильевич**

Ставропольский военный институт связи, г. Ставрополь

Доктор технических наук, профессор

Тел.: 8-962-446-37-73

E-mail: fovin\_25@mail.ru

**Семененко Александр Владимирович**

Ставропольский военный институт связи, г. Ставрополь

Начальник лаборатории кафедры технического обеспечения связи и АСУ

Тел.: 8-919-742-31-33

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.9

В.П. БЕЛОВ, И.Н. ГРЫЗЛОВ

### ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ В РЕГИОНАХ РОССИИ

*В данной статье рассматривается один из возможных подходов к формированию информационной технологии оценки социальной напряженности в регионах России на основе использования статистической информации. Введено понятие «социального потенциала» региона. Предлагается методика формирования индекса социального потенциала региона на основе использования статистической информации, лежащая в основе информационной технологии. Материал предназначен для специалистов информационно-аналитических подразделений.*

**Ключевые слова:** информационная технология; регион; социальная напряженность; социальный потенциал; статистический показатель; критерий; методика.

*This article discusses one of the possible approaches to the development of information technology for the assessment of social tension in Russia's regions through the use of statistical information. The concept of "social potential" of the region is given. A method of forming the index of social potential of the region through the use of statistical information underlying information technology is offered. The material is intended for professional information and analytical units.*

**Keywords:** information technology; region; social tensions; social potential; the statistical indicator; criteria; methodology.

#### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Современное состояние российского общества в силу социально-политических, социально-экономических, правовых, экологических и других проблем характеризуется постоянным наличием внутренних противоречий. Основной причиной этих процессов можно назвать несоответствие между естественными стремлениями людей, их интересами и реальным развитием страны. Следствием этого можно считать рост протестного потенциала общества, выражающегося в акциях массового протеста, актах неповиновения хозяйственной администрации или органам государственной власти, забастовках, демонстрациях, пикетах, а также вынужденных акциях террористического характера (перекрытие важнейших транспортных магистралей).

Для количественного измерения этого социального феномена предлагается ввести информационную категорию «социальный потенциал» социальной системы. Социальный потенциал – интегральная информационная характеристика социальной системы, отражающая уровень общественных отношений социальных страт внутри системы, связанных с социально-экономическим развитием инфраструктуры государства.

В границах данной статьи мы ограничимся рассмотрением регионального уровня. Понятие социальной напряжённости региона рассматривается как характеристика социальной системы, отражающая динамику изменения социального потенциала во времени и в сравнении с другими регионами, то есть в пространстве, определяемом декартовым произведением времени и субъекта управления.

Изучение механизмов формирования социального потенциала в регионах России, оценка уровня и прогнозирование его снижения или роста в настоящее время является одной из первостепенных задач органов государственного и муниципального управления. Следует отметить, что выявление наиболее острых политических и социально-экономических проблем, способных повлиять на формирование угроз безопасности, в том числе связанных с ростом социального потенциала и участием населения в различных формах акций массового протеста, на основе использования информационной технологии оценки социальной напряжённости будет способствовать органам власти всех уровней в выработке эффективных управленческих решений для достижения социального согласия, политической стабильности и экономического созидания в регионах России.

Как известно, информационная технология – это совокупность методов, информационных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации для снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов, повышения их надежности и оперативности [1]. Для формирования информационной технологии необходимо определить методы, процессы и средства, позволяющие выполнять вышеперечисленные функции.

В основе информационной технологии оценки социальной напряжённости должна лежать методика оценки социальной напряжённости, опирающаяся на реальную информационную базу органов власти и управления. Анализ существующих методик оценки социальной напряжённости показал, что имеют место подходы к формированию информационной базы исследования этого феномена на основе статистической информации, на основе опросных методов и комбинированных способов. В данной статье рассматривается технология, в которой в качестве информационной базы используется статистическая информация. Использование статистической информации обусловлено следующими обстоятельствами:

1. Потребностью в оценке динамики социального потенциала за длительный промежуток времени (пять, десять, двадцать лет и т.д.). Как правило, исследователь для удовлетворения данной потребности не обладает надежными и сопоставимыми ретроспективными данными о состоянии социальной системы, тогда как данные по однотипным показателям, накопленные органами статистики на протяжении десятилетий, опосредованно отражают доминантные мнения и установки индивидов.
2. Необходимостью фиксации уровня социального потенциала в больших социальных системах регионального или общенационального уровня. В силу существующих ограничений временных и материальных ресурсов оптимальным можно считать исследование по оценке социального потенциала, основанное на анализе материалов, собранных органами статистики и независимыми информационными центрами.
3. Подверженностью опросной информации, в отличие от статистической информации, целенаправленному информационному воздействию (рефлексивному управлению), осуществляемому со стороны контр-партнёра [2].

При формировании информационной технологии оценки социальной напряжённости предлагается использовать базу данных статистической информации органов государственной власти «Фонд показателей» (ФП).

ФП содержит цифровые значения более чем по 1600 показателям, структурированных в шестнадцать разделах. ФП предназначен для хранения данных по показателям, характеризующим социально-экономическое положение регионов России и Российской Федерации в целом; является технологическим источником, служащим для пополнения баз данных информационно-аналитических и справочных систем. Объем хранения данных в расчете на 1 год составляет 1,2 млн значений.

Входная информация системы – числовые значения показателей – поступают из различных источников в виде:

- статистических отчетов, представляемых органами статистики России;
- отчетной статистической информации, поступающей из региональных органов управления, федеральных органов исполнительной власти, предприятий и организаций.

Использование реальной базы статистической информации органов государственной власти позволит обеспечить выполнение двух функций информационной технологии оценки социальной напряженности – сбор и хранение необходимой статистической информации с существующим необходимым технологическим обеспечением.

Для реализации функции обработки статистической информации необходимо разработать методику оценки социальной напряженности на основе использования индекса социального потенциала, полученного с помощью специального вида свёрток ряда частных (статистически регистрируемых) критериев социального потенциала.

С этой целью необходимо решить следующие задачи:

1. Определить исходный перечень частных критериев социального потенциала  $(x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(m)})$ , прямо или косвенно влияющих на формирование социального потенциала.
2. Предложить методику отбора ограниченного числа частных критериев, оказывающих максимальное влияние на формирование социального потенциала, из исходного перечня частных критериев социального потенциала.
3. Осуществить нормирование исходных данных – переход к унифицированным  $([0; 1])$  шкалам в измерении частных критериев социального потенциала таким образом, чтобы нулевое значение преобразованного показателя означало самое низкое качество по отношению к соответствующему свойству, а единичное – самое высокое.
4. Предложить методику построения индекса социального потенциала на основе статистически регистрируемых частных критериев.
5. Разработать порядок формирования индикатора социальной напряженности на основе использования индекса социального потенциала.

Формирование исходного набора частных критериев социального потенциала предлагается осуществлять, руководствуясь при этом следующими требованиями [3]:

1. требование представительности, в соответствии с которым в данном перечне должны быть представлены все основные, наиболее существенные показатели рассматриваемой синтетической категории;
2. требование информационной доступности, в соответствии с которым привлекаемые к дальнейшему анализу показатели и частные критерии должны быть доступны для их статистической регистрации (или могут быть вычислены по

значениям статистических показателей) – это требование выполняется при использовании реальной базы данных статистической информации органов государственной власти;

3. требование информационной достоверности, в соответствии с которым используемые статистические данные должны адекватно отражать состояние анализируемого аспекта социального потенциала.

Далее из состава сформированного исходного набора частных критериев социального потенциала требуется оставить для дальнейшего анализа сравнительно небольшое число показателей таким образом, чтобы выполнялись следующие условия:

1. выделенные показатели оказывают максимальное влияние на формирование социального потенциала;
2. по значениям выделенных показателей с помощью подходящих моделей регрессии можно достаточно точно восстановить значения всех остальных (исключенных из априорного набора) частных критериев.

Общая методологическая схема, позволяющая реализовать поставленные задачи, состоит в следующем.

Осуществляется анализ мультиколлинеарности частных критериев исходного набора показателей. С этой целью для переменных каждого из наборов по числу обобщающих свойств рассчитываются:

- матрица значений парных коэффициентов корреляции  $r(x^{(j,l)}, x^{(j,\nu)})$ , ( $l, \nu = 1, 2, \dots, m_j$ ), характеризующих степень тесноты попарных статистических связей между частными критериями  $j$ -го анализируемого свойства (по количеству обобщающих свойств, частных синтетических показателей социального потенциала);
- коэффициенты детерминации  $R^2$  каждого из частных критериев  $x^{(j,l)}$  анализируемого исходного набора по всем остальным показателям этого набора.

Анализ полученных числовых характеристик позволит провести предварительную стадию выявления тесно связанных между собой пар, троек и тому подобных групп переменных и поставить вопрос об отборе от каждой такой группы по одному представителю.

Полученные данные позволят провести анализ и выявить группы переменных, коррелирующих друг с другом, что даст возможность осуществить предварительный отбор от каждой такой группы по одному показателю, тем самым снизив общее количество показателей.

Далее осуществляется отбор наиболее информативных частных критериев среди показателей редуцированных наборов каждого обобщающего свойства.

Пусть задан количественный состав ( $s_j$ ) редуцированного набора показателей определенного ( $j$ -го) интегрального свойства ( $s_j < m_j$ ). Назовем набор частных критериев  $x^{(j,l_1^0)}, x^{(j,l_2^0)}, \dots, x^{(j,l_{s_j}^0)}$  наиболее информативным, если:

$$\sum_{l=1}^{m_j} R^2(x^{(j,l)}; (x^{(j,l_1^0)}, \dots, x^{(j,l_{s_j}^0)})) = \max_{l_1, l_2, \dots, l_{s_j}} \sum_{l=1}^{s_j} R^2(x^{(j,l)}; (x^{(j,l_1)}, \dots, x^{(j,l_{s_j})})), \quad (1)$$

где  $R^2(y; (x^{(1)}, \dots, x^{(s_j)}))$  – коэффициент детерминации зависимой переменной  $y$  по объясняющим переменным  $x^{(1)}, \dots, x^{(s_j)}$ . Очевидно, при подобном выборе апостериорных редуцированных ограниченных наборов частных критериев максимизируется прогностическая сила регрессионных моделей, с помощью которых можно восстановить

значения всего априорного набора показателей анализируемого интегрального свойства по значениям только тех частных критериев, которые попали в этот ограниченный набор.

Выбор количественного состава ( $s_j$ ) ограниченного набора частных показателей осуществляется в каждом конкретном случае на базе сочетания теоретических (содержательных) соображений и требований к минимально допустимым значениям  $R_{min}^2$  коэффициентов детерминации  $R^2(x^{(j,l)}; (x^{(j,l_1^0)}, \dots, x^{(j,l_{s_j^0}^0)})$ .

В итоге должны быть определены апостериорные наборы частных критериев социального потенциала.

Перед описанием процедуры свертки необходимо применить к каждому из анализируемых показателей  $x^{(j)}$ , ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), такое преобразование, в результате которого область его возможных значений определится отрезком  $[0,1]$ , то есть осуществить нормализацию данных. Условимся, что нулевое значение преобразованного показателя будет означать самое низкое качество по отношению к соответствующему свойству, а единичное — самое высокое.

Все выделенные ранее показатели социального потенциала могут быть разбиты на два непересекающихся класса:

1. класс монотонно изменяющихся свойств (монотонные показатели);
2. класс немонотонных показателей.

Класс монотонных показателей состоит из показателей  $x^{(j)}$ , ( $j = 1, 2, \dots, m_1$ ), значения которых монотонно связаны с количественной оценкой качества анализируемого свойства. К монотонным показателям относятся, в частности, все переменные, значения которых оцениваются в баллах в определенной шкале.

Если большие значения  $x^{(j)}$  соответствуют более высокому качеству свойства, то при переходе к нормированным показателям  $\tilde{x}^{(j)}$  следует воспользоваться преобразованием:

$$\tilde{x}^{(j)} = \frac{x^{(j)} - x_{min}^{(j)}}{x_{max}^{(j)} - x_{min}^{(j)}}. \quad (2)$$

Если же относительно большие значения свидетельствуют о плохом качестве, то при переходе к нормированным переменным следует воспользоваться преобразованием:

$$\tilde{x}^{(j)} = 1 - \frac{x^{(j)} - x_{min}^{(j)}}{x_{max}^{(j)} - x_{min}^{(j)}}. \quad (3)$$

В соотношениях (2) и (3)  $x_{min}^{(j)}$  и  $x_{max}^{(j)}$ , соответственно, — наименьшее и наибольшее возможные значения исходной качественной характеристики.

Очевидно, преобразованная (нормированная)  $j$ -я качественная характеристика  $\tilde{x}^{(j)}$  может принимать значения от  $\tilde{x}^{(j)} = 0$  (что соответствует наихудшему качеству свойства) до  $\tilde{x}^{(j)} = 1$  (что соответствует наилучшему качеству свойства).

Класс немонотонных показателей состоит из исходных качественных характеристик  $x^{(j)}$ , ( $j = 1, 2, \dots, m_2$ ), для которых существует некоторое условно оптимальное (соответствующее наилучшему качеству в смысле измеряемой этой переменной категории) значение  $x_{opt}^{(j)}$ , определенное внутри диапазона изменения этого показателя  $[x_{min}^{(j)}, x_{max}^{(j)}]$ . Переход к преобразованным переменным  $\tilde{x}^{(j)}$  для этого класса показателей рекомендуется осуществлять с помощью преобразования вида:

$$\tilde{x}^{(j)} = 1 - \frac{|x^{(j)} - x_{opt}^{(j)}|}{\max \left\{ |x_{opt}^{(j)} - x_{min}^{(j)}|, |x_{opt}^{(j)} - x_{max}^{(j)}| \right\}}. \quad (4)$$

Легко видеть, что и в этом случае преобразованная  $j$ -я качественная переменная будет принимать значения от  $\tilde{x}^{(j)} = 0$  (соответствующего наихудшему качеству – максимально удалённое значение от оптимального) до  $\tilde{x}^{(j)} = 1$  (соответствующему наилучшему качеству – максимально близкое значение к оптимальному).

В общем виде для приведения к  $q$ -бальной шкале переменной  $x^{(j)}$ , ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), измеренной в произвольной шкале, к этой переменной необходимо применить следующее преобразование:

$$\tilde{x}^{(j)} = \left( 1 - \frac{|x^{(j)} - x_{opt}^{(j)}|}{\max \left\{ |x_{opt}^{(j)} - x_{min}^{(j)}|, |x_{opt}^{(j)} - x_{max}^{(j)}| \right\}} \right) \cdot q. \quad (5)$$

Минимальное (максимальное) значение переменных определяется как минимальное (максимальное) значение этой переменной среди всех анализируемых регионов. Оптимальное значение переменной, связанной с качеством монотонно возрастающей (монотонно убывающей) зависимостью, определяется как её максимальное (минимальное) значение. Наконец, оптимальное значение переменной, связанной с качеством немонотонной зависимостью, определяется как среднее значение этой переменной, взятое по пяти регионам, лучшим по той результирующей синтетической категории, для которой эта переменная используется в качестве объясняющей. При этом, если такая переменная является объясняющей для нескольких результирующих синтетических категорий, то в качестве её оптимального значения берётся среднее из средних, подсчитанных по регионам, лучшим по этим результирующим категориям.

Полученные в результате преобразований данные позволят осуществить их корректное использование на дальнейших этапах анализа.

В отличие от методов оценки социальной напряжённости, опирающихся на использование социологической информации, в нашем случае в качестве исходных статистических данных мы располагаем лишь значениями  $m$  статистических показателей (то есть матрицей  $\tilde{X}_i = (\tilde{x}_i^{(1)}, \tilde{x}_i^{(2)}, \dots, \tilde{x}_i^{(m)})$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $n$  – общее число статистически обследованных регионов), но не имеем экспертно оцененных значений индекса социального потенциала. Тем не менее, мы хотим иметь возможность охарактеризовать социальный потенциал каждого  $i$ -го региона агрегированным сводным скалярным индикатором  $y_i$ , который подсчитывался бы как некоторая функция  $y = f(x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(m)})$  от значений частных показателей  $x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, \dots, x_i^{(m)}$ .

Базовая идея, на которую опирается наш выбор метода решения этой задачи, состоит в следующем. Среди всех скалярных переменных, характеризующих социальный потенциал региона, мы будем искать такую, с помощью которой можно было бы наиболее точно (в определённом смысле) восстановить значения всех частных показателей социального потенциала этого социума, т.е. значения  $\tilde{x}^{(1)}, \tilde{x}^{(2)}, \dots, \tilde{x}^{(m)}$ . Как известно [4], именно таким свойством обладает 1-я главная компонента, построенная по исходным частным показателям. Таким образом, построение индекса социального потенциала региона в условиях отсутствия экспертных оценок мы сводим к построению 1-й главной компоненты частных пронормированных показателей, которое, как известно, реализуется с помощью следующей процедуры:

1. по исходным наблюдениям  $\tilde{x}_i^{(j)}$ , ( $j = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n$ ), подсчитываются средние значения частных показателей:

$$\bar{x}^{(j)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^{(j)}; \quad (6)$$

2. по центрированным значениям частных показателей  $\tilde{x}_i^{(j)} - \bar{x}^{(j)}$  подсчитываются элементы  $\sigma_{jk}$  ковариационной матрицы  $\Sigma = (\sigma_{jk}), (j, k = 1, 2, \dots, m)$  с помощью формулы:

$$\sigma_{jk} = \frac{1}{n-m} \sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i^{(j)} - \bar{x}^{(j)}) (\tilde{x}_i^{(k)} - \bar{x}^{(k)}); \quad (7)$$

3. определяется наибольшее собственное значение  $\lambda_1$  матрицы  $\Sigma$ , т.е. наибольший по величине корень так называемого характеристического уравнения:

$$\left| \Sigma - \lambda I_m \right| = 0, \quad (8)$$

где с помощью  $|A|$  обозначен определитель матрицы  $A$ , а  $I_m$  – это единичная матрица размерности  $m$ ;

4. из системы уравнений:

$$\left( \Sigma - \lambda_1 I \right) \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

определяются компоненты  $c_j$  собственного вектора  $C = (c_1, c_2, \dots, c_m)^T$ ;

5. для каждого  $i$ -го региона подсчитывается значение характеризующей его 1-й главной компоненты:

$$z_i = c_1(\tilde{x}_i^{(1)} - \bar{x}^{(1)}) + c_2(\tilde{x}_i^{(2)} - \bar{x}^{(2)}) + \dots + c_m(\tilde{x}_i^{(m)} - \bar{x}^{(m)}), \quad (10)$$

а также определяются наименьшее и наибольшее значения 1-й главной компоненты:

$$\begin{aligned} z_{min} &= \min \{z_i\}, 1 \leq i \leq n, \\ z_{max} &= \max \{z_i\}, 1 \leq i \leq n. \end{aligned} \quad (11)$$

6. значение искомого индекса социального потенциала для  $i$ -го региона ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) будет определяться соотношением

$$y_i = \frac{z_i - z_{min}}{z_{max} - z_{min}}, \quad (12)$$

где значения определяются с помощью соотношений (10) и (11).

Таким образом, будут получены индексы социального потенциала регионов. Индикатор социальной напряжённости на основе использования индекса социального потенциала предлагается рассчитывать как разность индексов социального потенциала регионов (в случае оценки территориальной динамики) или как разность социальных потенциалов региона в различные моменты времени (в случае оценки временной динамики).

Функции вывода и распространения информации разрабатываемой информационной технологии оценки социальной напряжённости в регионах предлагается возложить на технологические возможности ситуационных центров органов государственной власти.

Предложенная информационная технология оценки социальной напряжённости в регионах России позволит обеспечить комплексность и повысить обоснованность при подготовке и выработке эффективных управленческих решений по этому направлению.



**ЛИТЕРАТУРА**

1. Воройский Ф.С. Информатика. Новый систематизированный толковый словарь – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 760 с.
2. Белов В.П. Информационная безопасность государственного управления: учеб. пособие / В.П. Белов, Е.А. Дербин, М.А.Родионов. – М.: Военная академия генерального штаба ВС РФ, 2004.
3. Айвазян С.А. Интегральные индикаторы качества жизни населения: их построение и использование в социально-экономическом управлении и межрегиональных сопоставлениях – М.: ЦЭМИ РАН, 2000. – 118 с.
4. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для вузов: в 2 т. – 2-е изд., испр. – Т.1: Теория вероятностей и прикладная статистика / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с.

**Белов Владимир Павлович**

Российская академия государственной службы при Президенте Российской Федерации,  
г. Москва

Доктор технических наук

Профессор кафедры «Информационные технологии в управлении»

Тел.: (495) 436-03-94

E-mail: isgs@ur.rags.ru

**Грызлов Игорь Николаевич**

Российская академия государственной службы при Президенте Российской Федерации,  
г. Москва

Аспирант кафедры «Информационные технологии в управлении»

Тел.: 4862) 76-04-52

E-mail: igryzlov@gmail.com

УДК 004.588:[657+34

А.М. ГРИБАНОВСКИЙ, Л.А. ЧАЙКОВСКАЯ

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ БУХГАЛТЕРСКОГО УЧЕТА КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ИНСТИТУТА ФИНАНСОВОЙ КОНСОЛИДИРОВАННОЙ ОТЧЕТНОСТИ

*Данная статья рассказывает о времени, месте и причинах зарождения института консолидированной отчетности, кратко описывает его виды и определяет, какую роль в развитии института сыграли информационные системы бухгалтерского учета. Также в данной статье описываются этапы развития информационных систем бухгалтерского учета и дается оценка их дальнейшего влияния на институт консолидированной финансовой отчетности.*

**Ключевые слова:** консолидированная финансовая отчетность; ERP; ИСБУ; информационные системы бухгалтерского учета.

*This article describes the time, the place and the reasons of the first appearance of the institute of the consolidated financial reporting. In short comments its types and define the role of information accounting systems in its development. Also this article shows stages of evolution of information accounting systems and assumes future influence on institute of the consolidated financial reporting.*

**Keywords:** consolidated financial reporting; ERP; IAS; information accounting systems.

Холдинговые структуры получили свое бурное развитие в конце 19-го – начале 20-го веков, когда пришло осознание финансовой выгоды от юридического дробления и экономического объединения различных видов бизнеса, породившее волну слияний и объединений компаний. Управлять компанией без информации невозможно. Когда бизнес состоит сразу из нескольких компаний, то объем необходимой информации увеличивается, так как помимо данных об индивидуальной компании необходима еще и информация о группе компаний в целом. Менеджеры компании, отвечающие за успехи группы, должны располагать информацией, позволяющей им оценивать успехи холдинга и его состояние. Собственникам компании, инвестировавшим в холдинг, необходимо знать, сколько для них заработали менеджеры, управляющие целой группой компаний. Кредиторам холдинга также необходима информация о финансовом благосостоянии компании. Так, с появлением холдинговых структур появился и институт консолидированной отчетности, основной целью которого является удовлетворение потребностей в информации о состоянии группы компаний в целом, как для внутренних, так и для внешних пользователей.

Сложившийся за долгие годы практики современный институт консолидированной отчетности подразделяется на консолидированную финансовую, управленческую и налоговую отчетности, в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1.

Институт консолидированной финансовой отчетности имеет широкую практику в разных странах мира. Данный институт регламентируется ведущими мировыми стандартами (ГААП США, МСФО), что подчеркивает его значимость для бизнеса.

Институт консолидированной управленческой отчетности, как и сама управленческая отчетность, не регламентируется законодательством, поэтому и развивается в соответствии с корпоративными стандартами и в рамках концепции и

политики менеджмента холдинговой структуры. Реальная необходимость данного вида отчетности для управления группой компаний является залогом развития данного института.

Институт консолидированной налоговой отчетности распространен в странах с развитой налоговой системой и содержит специальные правила, позволяющие объединять экономические результаты взаимозависимых обществ для целей налогообложения. Организации-участники консолидированной группы фактически рассматриваются как обособленные подразделения единого налогоплательщика. В зависимости от юрисдикции правила такого объединения существенно различаются по требованиям, предъявляемым к участникам группы, порядку зачета прибыли и убытков внутри группы и т.д.



**Рисунок 1 – Институты консолидированной отчетности**

Первопроходцами в консолидированной финансовой отчетности стали Соединенные Штаты Америки, во многом этому способствовало отсутствие барьеров со стороны государства для создания холдинговых структур, а также отсутствие барьеров для создания инновационной практики составления отчетности, удовлетворяющей заинтересованные стороны. Первые консолидированные отчетности компании в Соединенных штатах стали составлять еще до 20-го века. Фундаментом для развития финансовой отчетности послужило наличие в США крупного частного бизнеса, а также наличие хорошо развитого финансового рынка. По своей идее консолидированная финансовая отчетность начала 20-го века мало чем отличается от отчетности начала 21-го века. И фундаментом для существования консолидированной финансовой отчетности, как и 100 лет назад, являются крупный частный бизнес и хорошо развитый финансовый рынок. А вот техническая сторона составления отчетности преобразилась сильно. Именно использование ЭВМ в бизнесе и появление информационных систем бухгалтерского учета позволило бухгалтерам работать с колоссальным объемом информации, оставив однообразную рутинную работу компьютерным программам, высвободив больше времени на контроль и совершенствование учетных процедур, а также анализ информации. Схема данного процесса представлена на рисунке 2.

Если первый американский холдинг «U.S. Steel», составивший консолидированную финансовую отчетность за 1902 год [1], состоял из шести компаний [2], то сейчас, к примеру, немецкая группа «Bosch» состоит более чем из 300 дочерних компаний и зарубежных филиалов [3], а группа компаний «Henkel» более чем из 350 [4]. Никакая команда самых лучших менеджеров и самых ответственных работников не смогла бы

работать и управляться с более чем с тремя сотнями предприятий без современных информационных систем и уж тем более составлять финансовую отчетность для бизнеса такого размера. Во второй половине 20-го века бизнес сильно изменился и здорово прибавил в своих размерах, скорости и оперативности благодаря появлению информационных систем. Появившиеся компьютерные системы планирования предприятия (так называемые ERP) позволили не только эффективнее и грамотнее управлять компаниями, но и быстрее и качественнее составлять финансовую отчетность.

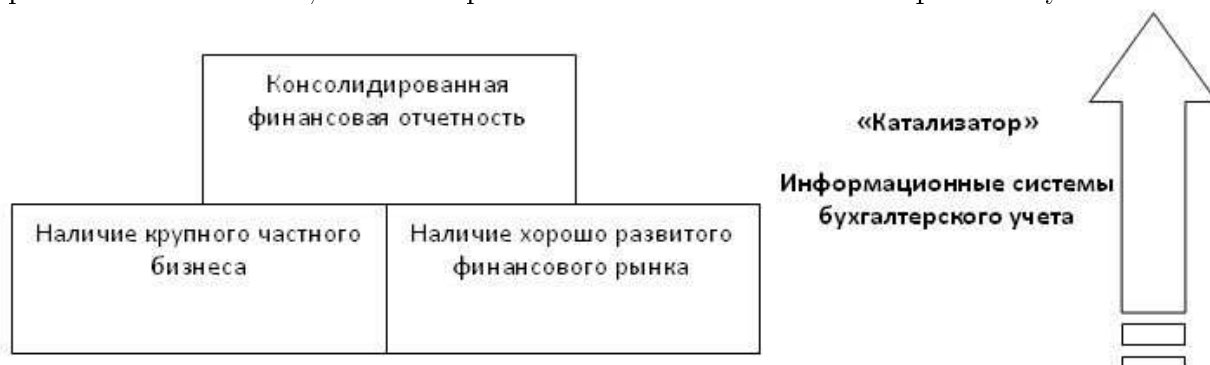


Рисунок 2 – Фундамент развития консолидированной финансовой отчетности

Одной из таких ERP программ, изменивших и упростивших составление финансовой консолидированной отчетности, является комплекс SAP R/3, разработанный компанией «SAP» (сокращение от Systems, Applications and Products). Примечательно то, что фирма «SAP» была создана пятью бывшими сотрудниками IBM (Claus Wellenreuther, Hans-Werner Hector, Klaus Tschira, Dietmar Hopp и Hasso Plattner) в городе Вейнгейме [5]. Тогда она называлась «SAP Systemanalyse und Programmentwicklung». В 1976 году была основана компания «SAP GmbH», а годом позже фирма переместилась в Вальдорф, Германия, где и обитает по сей день. На 2005 год корпорация насчитывала порядка 32000 сотрудников, 8200 из которых занимались разработкой продуктов семейства SAP R/3 и других приложений. SAP R/3 является одной из самых известных интегрированных систем управления предприятием в мире. Система ориентирована главным образом на крупные и средние предприятия и успешно применяется в таких областях, как машиностроение, связь и телекоммуникации, металлургия и т.д. Данный программный продукт очень популярен и используется многими именитыми компаниями и организациями. В их числе армия и ВМФ США, Национальное управление по авионавигации и исследованию космического пространства (NASA), «Reebok», «Colgate» и другие [6].

Развитие информационных бухгалтерских систем можно представить в виде шкалы. В 70-х годах появилась электронная передача и обработка информации. Сначала появились первые коммерческие системы с простейшими программами EDI и MRP (Material Resource Planning). В 80-х годах научились интегрировать EDI и расширять MRP с тем, чтобы включать и остальные компоненты производственного процесса (MRPII). К концу 90-х годов система MRPII была расширена и вобрала в себя кадровые и прочие корпоративные функции, в результате чего возникла концепция ERP. Повышение популярности Интернета и появление электронной коммерции породило много новых возможностей, таких, как электронное управление цепями поставок, взаимоотношениями с клиентами и другие формы электронного бизнеса. По мнению экспертов Gartner Group, одной из ведущих консалтинговых компаний в сфере IT, скоро сами программы будут представлять из себя корпоративный интеллект (business

intelligence), что позволит бизнесу существовать в рамках «виртуальных предприятий» (Virtual Enterprise) [7]. Процесс развития информационных систем бухгалтерского учета представлен на рисунке 3.

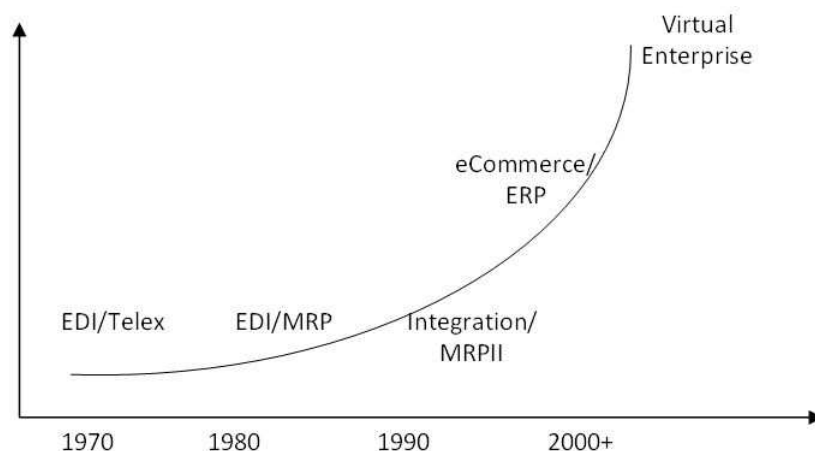


Рисунок 3 – Развитие информационных систем бухгалтерского учета [8]

Переход бизнеса к идее «виртуальных предприятий» не меняет назначение консолидированной финансовой отчетности, а значит, и не сможет поменять основные принципы ее составления и стандарты, ее регламентирующие. Зато все большее количество механических и однообразных действий, которые делали бухгалтеры, сможет сделать сама программа, что будет влиять на техническую сторону составления консолидированной финансовой отчетности. Отчетность станет более прозрачной и достоверной, сведутся к нулю риски наличия ошибок в расчетах, а также значительно сократится время составления самой отчетности. Именно благодаря компьютерным программам холдинги способны регулярно составлять консолидированную отчетность не для шести компаний, как в начале века, а для 350 компаний, что регулярно сейчас и делает группа компаний «Henkel».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Thomas A. King. More Than a Numbers Game A Brief History of Accounting. John Wiley Sons Inc, 1992. – 340 с.
2. Annual Report of the United States Steel Trust. Scientific American – 18 April 1903.
3. <http://www.ussteel.com/corp/company/profile/history.asp>
4. Robert Bosch GmbH Annual Report 2008,  
[http://www.bosch.com/content/language2/downloads/GB2008\\_En.pdf](http://www.bosch.com/content/language2/downloads/GB2008_En.pdf)
5. <http://www.kommersant.ru/doc.aspx?DocsID=861943>
6. <http://www.sap.com/about/company/history/index.epx>
7. <http://www.sap.com/industries/index.epx>
8. [http://www.gartner.com/DisplayDocument?doc\\_cd=108756 & ref=g\\_fromdoc](http://www.gartner.com/DisplayDocument?doc_cd=108756&ref=g_fromdoc)

#### Чайковская Любовь Александровна

Российская Экономическая Академия им. Г.В. Плеханова  
Доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита  
E-mail: chaik@yandex.ru

#### Грибановский Александр Михайлович

Российская Экономическая Академия им. Г.В. Плеханова  
Аспирант  
Тел.: 8-916-911-05-69  
E-mail: alex.gribanovskiy@gmail.com

УДК 654.1.02

И.С. КОНСТАНТИНОВ, А.А. СТЫЧУК, С.С. МОЗГОВ, А.С. ЗАСИМОВ

## РАЗРАБОТКА ФОРМАЛИЗОВАННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ИНТЕРНЕТ-СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ ДОКУМЕНТОВ

*В статье рассмотрена проблема обеспечения конфиденциальности документов в процессе документооборота. Представлен возможный путь решения проблемы конфиденциальности документов при современном документообороте – разработка специализированного Интернет-сайта системы обеспечения конфиденциальности документов. Описано решение важных задач при создании Интернет-системы обеспечения конфиденциальности документов – разработка функциональных и нефункциональных требований, выделение категорий пользователей и проектирование структуры базы данных данной системы.*

**Ключевые слова:** Интернет-система; конфиденциальность; документ; документооборот; система электронного документооборота; печатный документ; интернет-сайт.

*In article the problem of maintenance of confidentiality of documents in the course of document circulation is considered. The possible way of the decision of a problem of confidentiality of documents is presented at modern document circulation – working out of a specialised Internet site of system of maintenance of confidentiality of documents. The decision of the important problems is described at creation of The Internet system of maintenance of confidentiality of documents - working out functional and not functional requirements, selection of categories of users and designing of structure of a database of the given system.*

**Keywords:** Internet-system; confidentiality; document; document circulation; system of electronic document circulation; printing document; internet-site.

### ВВЕДЕНИЕ

Конфиденциальность информации, в соответствии с Федеральным законом РФ [1], – обязательное для выполнения лицом, получившим доступ к определенной информации, требование не передавать такую информацию третьим лицам без согласия ее обладателя (статья 2, пункт 7). Базовый элемент любой системы документооборота – документ. Внутри системы электронного документооборота (СЭД) документом может быть файл, а может быть запись в базе данных. Говоря о конфиденциальном документообороте, часто подразумевают именно защиту документов, защиту той информации, которую они в себе несут. В этом случае все сводится к задаче защиты данных от несанкционированного доступа.

Одним из возможных путей решения проблемы конфиденциальности документов современного документооборота может быть разработка специализированного Интернет-сайта системы обеспечения конфиденциальности документов. На данном сайте необходимо разместить описание предоставляемых услуг, а также возможность регистрации для потенциальных клиентов (заказчиков). Заказчиками могут быть все организации и частные лица, желающие обеспечить конфиденциальность обращения своих документов. Зарегистрированные клиенты получают доступ к возможностям программной системы, размещенным на Интернет-сайте [2].

Для обеспечения функционирования Интернет-сайта необходимо формирование целой системы создания, обслуживания и поддержки предоставляемых услуг, которая должна включать технические, программные, организационные, информационные и методические средства. Интернет-система обеспечения конфиденциальности документов [3] позволит эффективно противодействовать нештатным, ошибочным и противоправным действиям легальных участников документооборота, предотвратить противоправные информационные и материальные вложения в легальную корреспонденцию со стороны посторонних лиц, исключить ошибки при пересылке, регистрации и получении корреспонденции [4].

Целью данной статьи является описание разработанных функциональных и нефункциональных требований, выделенных категорий пользователей и структуры базы данных Интернет-системы обеспечения конфиденциальности документов.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В разрабатываемой Интернет-системе обеспечения конфиденциальности документов (ИСОКД) должны быть реализованы следующие обязательные функциональные подсистемы, обеспечивающие продажу услуг по обеспечению конфиденциальности документов [4].

1. Подсистема регистрации пользователя должна обеспечивать: добавление пользователя, редактирование пользователя и удаление пользователя.
2. Подсистема аутентификации и авторизации должна обеспечивать: установление подлинности пользователя и предоставление ему прав на выполнение некоторых действий (использование предоставляемых услуг).
3. Подсистема журналирования должна обеспечивать регистрацию всех событий, происходящих в системе.
4. Подсистема администрирования должна обеспечивать: добавление ролей пользователей, удаление ролей пользователей, редактирование ролей, назначение ролей пользователям и формирование отчетов.
5. Подсистема генерации страниц должна на основании правил авторизации обеспечивать формирование пользовательского интерфейса.
6. Подсистема оплаты должна обеспечивать: взаимодействие с различными платежными системами по приему платежей, зачисление средств на лицевой счет соответствующего пользователя.
7. Подсистема учета заказов (учет заказов-услуг) должна обеспечивать: добавление заказов-услуг, удаление заказов-услуг, редактирование списка заказов-услуг.
8. Подсистема управления лицевым счетом должна обеспечивать: списание средств со счета определенного пользователя, пополнение лицевого счета, формирование отчетов о движении средств по счету.
9. Подсистема хранения и организации доступа к документам должна обеспечивать хранение документов (файлов) пользователей, организацию доступа к файлам с учетом предоставляемых пользователям прав, определенные технологии работы с документами для пользователей внутри одной организации.

Более подробно основные и дополнительные функциональные возможности Интернет-системы обеспечения конфиденциальности документов представлены в форме прецедентной модели способов использования в соответствии со спецификацией UML на рисунке 1.

Нефункциональные требования к разрабатываемой системе заключаются в следующем [4]:

1. Мощность аппаратно-программной платформы сайта должна обеспечивать возможность не менее 1000 обращений к сайту в секунду.
2. Объем дискового пространства для хранения материалов сайта должен составлять не менее 1 ГБайт на одного пользователя с возможностью последующего расширения при необходимости.
3. Дисковая память сервера баз данных должна поддерживать механизм резервирования.
4. Информационная система должна быть реализована в виде Интернет-приложения, функционирующего на Web-сервере, на основе технологии HTML 4.0 (XHTML 1.0) и языков PHP 5.0, Python 2.5 и JavaScript.
5. Информационная база системы должна быть реализована на основе технологии клиент-сервер и функционировать под управлением СУБД MySQL 5.0 с подключенным модулем mysqli (MySQL Improved), или PostgreSQL.
6. Серверное прикладное программное обеспечение должно включать: http-сервер Apache версии 2.x и выше с поддержкой протокола безопасной передачи данных SSL.
7. Файлы index.php и index.py должны определяться как индексные.
8. В информационной базе системы необходимо обеспечить хранение истории внесения изменений в информационное пространство администраторами системы.
9. Информационная система должна осуществлять логический контроль вводимых данных и обеспечивать целостность базы данных на уровне СУБД.
10. Доступ пользователей и администраторов к информации должен осуществляться посредством Интернет-соединения с помощью стандартных браузеров. Верстка страниц должна учитывать особенности отображения веб-документов преимущественно следующими браузерами: Microsoft Internet Explorer версии 6.0 и выше, Opera версии 9.0 и выше, Mozilla Firefox версии 2.0 и выше с поддержкой Java Script.
11. Для обеспечения безопасности функционирования соединения администраторов системы должны осуществляться с использованием протокола безопасной передачи данных SSL (Secure Sockets Layer).
12. Авторизация администраторов системы на сервере должна осуществляться с помощью клиентских SSL сертификатов. Для сертификатов необходимо создать приватный 1024 битный ключ стандарта RSA, зашифрованный алгоритмом TripleDES.
13. В информационной системе должна быть предусмотрена возможность масштабирования и расширения за счет увеличения числа пользователей, перечня задач и повышения производительности технических средств.
14. Программное обеспечение ИСОКД должно обеспечивать функционирование в круглосуточном режиме с допустимыми перерывами на профилактику и устранение сбоев не более чем 5 часов в месяц. При корректном перезапуске аппаратных средств и операционной системы функционирование ИСОКД должно восстанавливаться в полном объеме автоматически, без участия администраторов.

Состав пользователей ИСОКД представлен на рисунке 2.



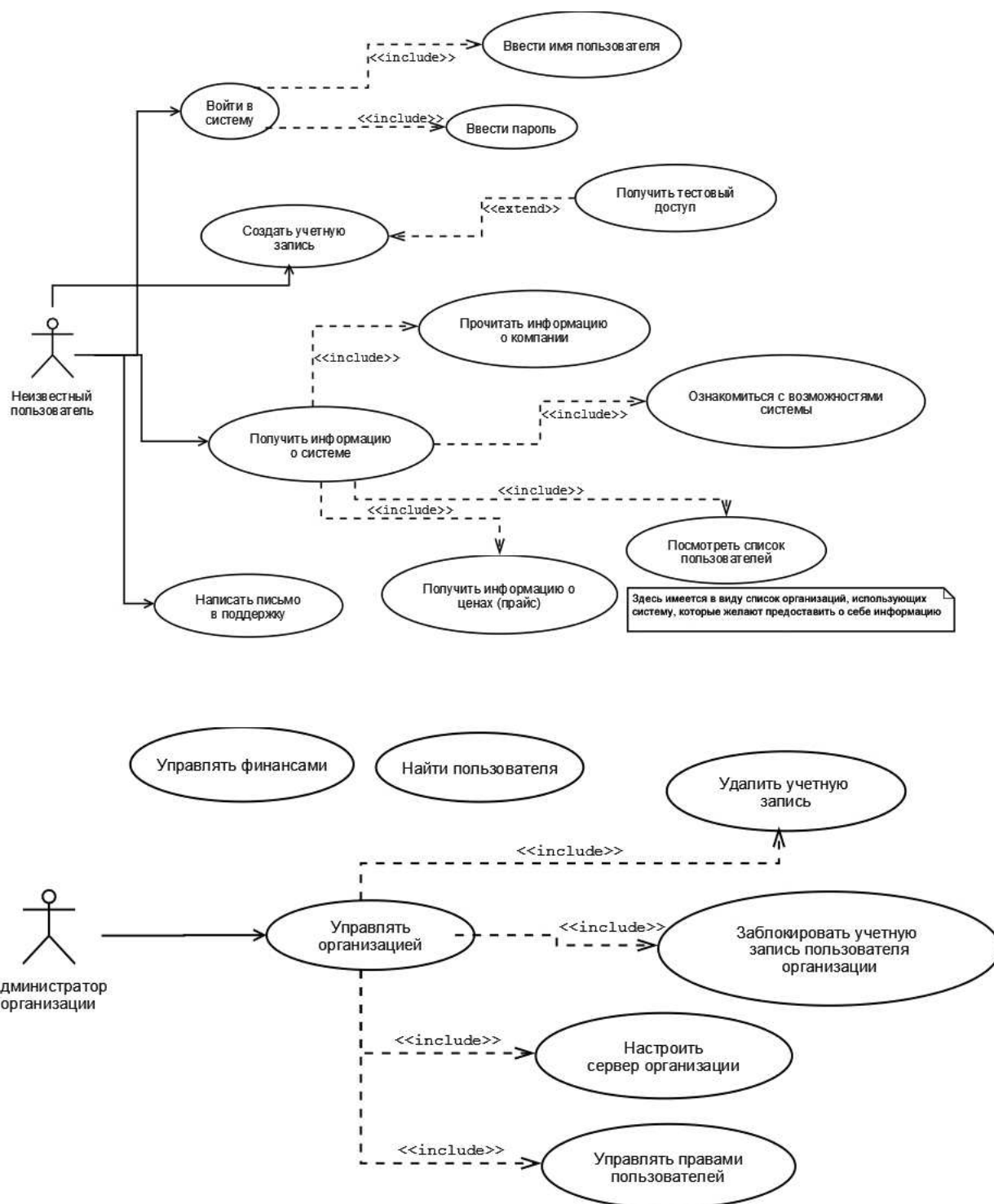


Рисунок 1 – Фрагмент прецедентной модели способов использования ИСОКД

Организация базы данных ИСОКД представлена в виде ER-диаграммы (диаграммы «сущность-связь»), или концептуальной схемы. Примененные при разработке концептуальной схемы CASE-средства позволят в дальнейшем автоматически сгенерировать SQL-запросы для физического создания базы данных.

При проектировании были выделены следующие сущности: «Пользователь», «Разрешенные действия», «Права пользователя», «Системное действие», «Системный тип», «Роль», «Состояние объекта», «Пользователь-родитель», «Пользователь-адрес»,

«Группа безопасности», «Организация», «Пользователь-узел», «Пользователь-телефон», «Пользователь-E-mail», «ОКВЭД-организация», «Пользователь среднего уровня», «Пользователь-файл», «Группа безопасности файла», «Пользователь-сессия», «Пользователь-переменная», «Конс-ячейка», «Сохраненное состояние автомата» [5].

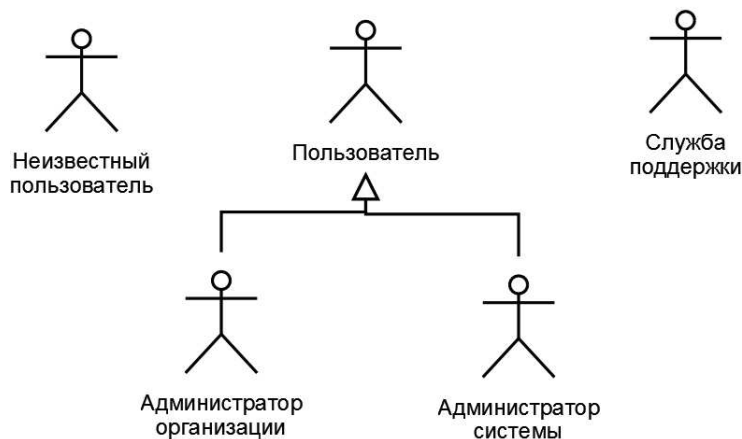


Рисунок 2 – Категории пользователей ИСОКД

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возможными путями решения существующих проблем по обеспечению конфиденциальности в современном документообороте можно выделить такие, как усовершенствование электронных цифровых подписей (ЭЦП), создание высокоэффективных алгоритмов и технологий кодирования (декодирования) для нанесения специальных маркеров на бумажный носитель и последующей идентификации этих документов [6]. Еще одним путем решения можно назвать исследования и разработки методов генерации уникальных фрагментов отпечатков, чтобы с их помощью обеспечить возможность идентификации (визуальной и/или автоматизированной) авторов документов, электронно-вычислительных машин и принтеров, на которых были изготовлены и распечатаны документы, для подтверждения их подлинности на любом виде носителя: будь то электронный или бумажный в оперативном документообороте [7]. Совершенствование известных и разработка новых методов и средств обеспечения конфиденциальности документов является актуальной проблемой, требующей глубоких исследований. Ее решение позволит существенно повысить объем и улучшить качество представляемых на Интернет-сайте системы обеспечения конфиденциальности документов услуг.

В заключение можно выделить направление для дальнейших исследований. Это проектирование Интернет-системы обеспечения конфиденциальности документов.

Работа ведется при финансовой поддержке государства в лице Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (<http://www.fasie.ru/>).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Российская Федерация. Законы. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: федер. закон от 27 июля 2006 г. №149-ФЗ : [принят Гос. Думой 8 июля 2006 г. : одобр. Советом Федерации 14 июля 2006 г. – М.: «РГ» – Федеральный выпуск №4131 от 29 июля 2006 г.

2. Константинов И.С. Разработка организационной структуры Интернет-системы обеспечения конфиденциальности документов / И.С. Константинов, А.А. Стычук, С.С. Мозгов, А.С. Засимов // Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ. – 2009. – №3/53 (564). Май – июнь 2009. – 99 с. – С. 57 – 63.
3. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2009610390. Интернет-система обеспечения конфиденциальности документов / О.П. Архипов, И.С. Константинов, А.А. Стычук, А.И. Фролов, Р.А. Лунёв, С.С. Мозгов, И.В. Бизин, В.Н. Волков, Д.В. Рыженков, А.Н. Савенков, Н.А. Кравцова, О.Э. Лысков, Е.П. Долгов, А.А. Митин (РФ). – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 16.01.2009 г.
4. Разработка формализованного представления функциональности системы: Разработка презентационной версии Интернет-системы обеспечения конфиденциальности документов: отчет о НИР (промежуточ.) / ООО «Стерх-2»; рук. Константинов И.С. – Орел, 2009. – 22 с. – Исполн.: Стычук А.А., Архипов О.П., Борисова И.С., Мозгов С.С., Засимов А.С., Лунёв Р.А., Рыженков Д.В., Бизин И.В., Фролов А.И., Кравцова Н.А., Волков В.Н. – № ГР 01200950766. – Инв. № 02200951903.
5. Разработка логической модели базы данных, алгоритмов управления и схемы пользовательского интерфейса: Разработка презентационной версии Интернет-системы обеспечения конфиденциальности документов: отчет о НИР (промежуточ.) / ООО «Стерх-2»; рук. Константинов И.С. – Орел, 2009. – 21 с. – Исполн.: Стычук А.А., Архипов О.П., Борисова И.С., Мозгов С.С., Засимов А.С., Лунёв Р.А., Рыженков Д.В., Бизин И.В., Фролов А.И., Кравцова Н.А., Волков В.Н., Лысков О.Э., Долгов Е.П. – № ГР 01200950766.
6. Кузнецов А. В. Проблемы достоверности документов. – Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ. – 2009. – №1/51 (562). Январь-февраль 2009. – 98 с. – С. 51 – 57.
7. Архипов О.П. Технологии создания уникальных растров / О.П. Архипов, П.О. Архипов, Л.Н. Бородина. – М. : ИПИ РАН, 2006. – 76 с.

**Константинов Игорь Сергеевич**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Информационные системы»  
Тел.: 8(4862)40-96-14  
E-mail: konstantinov@ostu.ru

**Стычук Алексей Александрович**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»  
Тел.: 8(4862)40-96-14  
E-mail: stychuk@ostu.ru

**Мозгов Сергей Сергеевич**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Кандидат технических наук  
Старший преподаватель кафедры «Информационные системы»  
Тел.: 8(4862)43-26-19  
E-mail: mozgovs@mail.ru

**Засимов Алексей Сергеевич**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Аспирант кафедры «Проектирование и технология электронных и вычислительных систем»  
Тел.: 8(4862)43-26-19  
E-mail: alexz@ostu.ru

УДК 004.8

А.А. ОВСЯННИКОВ, К.В. ЕЛЕЦКИЙ

## ПОДХОД К ФИЛЬТРАЦИИ СООБЩЕНИЙ СМИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

Рассматривается задача совершенствования методов оценивания качества текстовой информации, привлекаемой к процессу подготовки аналитических материалов путем разработки формализованных средств и инструментария оценки качества первичной текстовой информации. Предложены модель показателя качества и алгоритм оценочного анализа текстов средств массовой информации, рассмотрены их особенности, сформулированы рекомендации по их использованию в системе обработки текстовой информации. Исследованием подтверждается необходимость комплексного использования системного подхода, экспертных методов, нечеткой логики, лингвистики, теории принятия решений для построения математического и программного обеспечения слабоформализуемых задач, связанных с компьютерной обработкой текстовой информации. Материал предназначен для специалистов информационно-аналитических подразделений.

**Ключевые слова:** информационная технология; тональность; качество текстовой информации; модель; методика.

*The problem of improving methods of evaluating the quality of textual information, be involved in the preparation of analytical materials through the development of formal means and tools for assessing the quality of primary textual information. A model quality index and an algorithm for evaluation analysis of texts of the media, by considering their characteristics, makes recommendations for their use in the processing of textual information. The study confirms the need for integrated systems approach, expert methods, fuzzy logic, linguistics, decision theory to construct mathematical and software not studied carefully tasks associated with computer processing of text information. The material is intended for professional information and analytical units.*

**Keywords:** information technology; tonality; the quality of textual information; model; methodology.

Политематичность, доступность и актуальность средств массовой информации (СМИ), огромные объемы опубликованной в них информации, разнообразие оценок, мнений по важнейшим вопросам жизнедеятельности государства и общества – основные достоинства этого источника знаний.

Первичная текстовая информация из СМИ обычно рассматривается экспертом-аналитиком на качественном уровне, при этом какие-либо формализованные понятия и процедуры оценки качества не используются.

Поэтому в условиях ограниченности ресурса проявляется риск того, что система мониторинга перестанет быть способной аккумулировать все полезные сообщения, оставляя без внимания или вовсе исключать прохождение вредных, что **обосновывает необходимость** совершенствования системы мер качества текстовой информации, предназначенных для выявления недостоверной (дефектной) информации.

Переходя к конкретным проблемам обработки информации, необходимо отметить, что текстовая информация в общем объеме анализируемых данных (входной информации) составляет около 80 процентов. Кроме того, исследования документальных потоков в СМИ показывают, что с ростом степени информатизации общества появляется

все больше печатных и электронных источников текстовой информации, которые как бы «запрограммированы» на интеллектуальную перегрузку. Поэтому недостаточное внимание к проблеме качества текстов СМИ приводит к тому, что приобретает массовый характер явление, когда первичная информация, далеко не внушающая доверия, подвергается переработке с помощью совершенного логико-математического аппарата новейших компьютерных систем [1].

Известно, что проверенный источник влияет на достоверность любого набора данных. Поэтому для проведения анализа достоверности источников текстовой информации требуется оценка двух факторов, характеризующих каждое представленное сообщение – источник информации и её содержание. Причем в содержании текста важно уметь определить целевое назначение публикации, скорость чтения, сложность восприятия и ряд других параметров.

Таким образом, в технологии обработки текстов возникает задача моделирования понимания коммуникативного значения текста. Моделирование понимания коммуникативного значения текста отличается от традиционного для лингвистики языкового смысла, так как включает в себя рассмотрение функциональных, а не грамматических параметров. С этой целью нами введен интегральный показатель «мера доверия» к текстовой информации и ряд соответствующих частных показателей.

На начальном этапе исследования с помощью коллектива экспертов нами были доопределены базовые типы свойств текстов, функционально связанные с информационными потребностями аналитика, которые должны быть учтены при оценке качества текстовой информации: *речевые* (тенденциозность, экспрессивность, избыточность), *фактические* (неуверенность, субъективизм) и *структурные* (разрывы фрагментов, затрудненное чтение, смешение стилей).

Отклонения указанных свойств от норм вызывают дефекты в коммуникативной составляющей текста, что может стать причиной последующей коммуникативной неудачи (недопонимание, домысливание информации аналитиком). Результаты опытов подтвердили устойчивость выделенных свойств коммуникативной составляющей содержания текстов СМИ.

В разработанной нашим коллективом модели основными системообразующими свойствами текстов, определяющими доверие к текстовой информации, являются следующие три: мера истинности ( $Q_1$ ); мера информативности ( $Q_2$ ); мера композиционной неоднородности ( $Q_3$ ).

В ходе решения задачи на основе построенной модели осуществляется «переход» от области характеристик содержания текста в область критериев оценки качества с учетом общих принципов их построения [2].

Прикладной оценочный анализ «отслеживает» показатели качества коммуникативной составляющей содержания текста, в результате формируется оценочный протокол наблюдения, включающий частные оценки по свойствам и общую оценку показателя «мера доверия» по качественной шкале.

Показатель «меры доверия» предназначен для определения фиксированной нормы искаженной (дефектной) информации в содержании коммуникативной составляющей текста СМИ.

Математическая модель оценки показателя «мера доверия» к текстовой информации [3] выглядит следующим образом: пусть  $E$  – универсальное множество текстов СМИ,

$$E = \langle x_1 \dots \dots \dots x_n \rangle, \quad (1)$$

где  $x$  – произвольный текст.

Тогда на множестве  $E$  определим  $E_{M_{kom}}$  – универсальное множество пороговых значений показателя качества текста, расположенных в интервале  $[0;1]$ , причем качество одного текста ( $x_k$ ) представимо в следующем виде:

$$E_{M_{kom}}(x_k) = W_{M_{kom}}(x_k) = \langle \mu_{sm}^*(x_k) \cup \mu_{tr}^*(x_k) \cup \mu_{kom}^*(x_k) \rangle, \quad (2)$$

где  $\mu_{sm}^*(x_k)$ ,  $\mu_{tr}^*(x_k)$ ,  $\mu_{kom}^*(x_k)$  – характеристические функции принадлежности к области оценки качества, принимающие значения в некотором диапазоне  $[0,1]$ .

На множестве  $E_{M_{kom}}$  возможно определить нечеткие множества, соответствующие различным значениям показателя «мера доверия».

Для определения принадлежности к нечеткому множеству использованы характеристические функции «мера истинности сообщаемого» –  $\mu_{sm}^*$ , «мера информативности сообщаемого» –  $\mu_{tr}^*$ , «мера композиционной неоднородности» –  $\mu_{kom}^*$ . Задача вычисления функции «мера истинности сообщаемого» в публикации СМИ может быть представлена выражением:

$$\mu_{sm}^*(x_k) = M_u(x_k) + M_s(x_k), \quad (3)$$

где  $M_u(x_k)$  – показатель «мера уверенности автора» в истинности сведений;

$M_s(x_k)$  – показатель «мера субъективизма сообщаемого».

Показатель  $M_u(x_k)$  представлен следующим выражением:

$$M_u(x_k) = (\alpha_{11}(x_k) \times z_{11} + \alpha_{12}(x_k) \times z_{12} + \alpha_{13}(x_k) \times z_{13}), \quad (4)$$

где  $\alpha_{11}(x_k)$  – показатель модальных слов (1);

$z_{11}$  – коэффициент значимости модальных слов;

$\alpha_{12}(x_k)$  – показатель специальной лексики (2);

$z_{12}$  – коэффициент значимости специальной лексики;

$\alpha_{13}(x_k)$  – пунктуационный показатель (3);

$z_{13}$  – пунктуационный коэффициент значимости.

Коэффициенты  $z_{11}$ ,  $z_{12}$ ,  $z_{13}$  получены методом экспертного опроса [4] и нормированы на интервал  $[0;1]$  [5].

Показатели  $\alpha_{11}(x_k)$ ,  $\alpha_{12}(x_k)$ ,  $\alpha_{13}(x_k)$  рассчитываются по формуле:

$$\alpha_{1i}(x_k) = O_{\alpha_{1i}}(x_k)/N_{all}, \quad (5)$$

где  $O_{\alpha_{1i}}(x_k)$  – общее количество слов в тексте ( $x_k$ ), соответствующих различным идентифицируемым категориям;

$N_{all}$  – общее число слов в анализируемом тексте.

Показатель «мера субъективизма сообщаемого»  $M_s(x_k)$  произвольного текста ( $x_k$ ) рассчитывается как сумма показателей:

$$M_s(x_k) = \alpha_{21}(x_k) + \alpha_{22}(x_k) \times z_{22}, \quad (6)$$

где  $\alpha_{22}(x_k)$  – показатель ссылочных слов и словосочетаний;

$\alpha_{22}(x_k)$  – показатель личных местоимений;

$z_{22}$  – коэффициент значимости личных местоимений.

Показатели  $\alpha_{21}(x_k)$ ,  $\alpha_{22}(x_k)$  рассчитываются аналогично формуле 6, коэффициент  $z_{22}$  получен методом экспертного опроса.

Задача вычисления функции «меры информативности сообщаемого» в публикации СМИ может быть представлена выражением:

$$\mu_{tr}^*(x_k) = M_t(x_k), \quad (7)$$

где  $M_t(x_k)$  – показатель «мера тенденциозности изложения».

Показатель «мера тенденциозности изложения»  $M_t(x_k)$  произвольного текста ( $x_k$ ) представлен в виде показателей:

$$M_t(x_k) = (\alpha_{31}(x_k) \times z_{31} + \alpha_{32}(x_k) \times z_{32} + \alpha_{33}(x_k) \times z_{33}), \quad (8)$$

где  $\alpha_{31}(x_k)$  – лексический показатель степени выраженности эмоциональной тональности;

$z_{31}$  – коэффициент значимости лексического показателя выраженности эмоциональной тональности;

$\alpha_{32}(x_k)$  – морфемный показатель степени выраженности эмоциональной тональности;

$z_{32}$  – коэффициент значимости морфемного показателя;

$\alpha_{33}(x_k)$  – пунктуационный показатель степени выраженности эмоциональной тональности;

$z_{33}$  – коэффициент значимости пунктуационного показателя.

Показатели  $\alpha_{31}(x_k)$ ,  $\alpha_{32}(x_k)$ ,  $\alpha_{33}(x_k)$  рассчитываются по формуле 5.

Коэффициенты  $z_{31}$ ,  $z_{32}$ ,  $z_{33}$  получены методом экспертного опроса и нормированы на интервал  $[0;1]$ .

Задача вычисления функции «мера информационно-структурной целостности» в публикации СМИ может быть представлена выражением:

$$\mu_{ком}^*(x_k) = M_n(x_k) + M_{kn}(x_k), \quad (9)$$

где  $M_n(x_k)$  – показатель «мера структурной напряженности»;

$M_{kn}(x_k)$  – показатель «мера композиционной неоднородности».

Показатель «мера структурной напряженности» текста  $M_n(x_k)$  произвольного текста  $x_k$  состоит из безразмерных качественных характеристик, имеющих разные диапазоны измерения в однотипных шкалах, для которых существуют значения, определенные внутри диапазона изменения данных показателей:

$$M_n(x_k) = (x^{(\alpha_{41})} + x^{(\alpha_{42})}), \quad (10)$$

где  $x^{(\alpha_{41})}$  – нормированный показатель связанности текстовой информации.

Вычисление показателя основано на выявлении повторов лексических единиц «вширь» – осуществляется связывание каждого предложения с каждым  $(\alpha_{41}(x)_{\min} = 0, \alpha_{41}(x)_{\max} = 100)$ ;

$x^{(\alpha_{42})}$  – нормированный показатель избыточности текстовой информации, основанный на результатах анализа тавтологий, а также алгоритма определения семантической связности текстовой информации  $(\alpha_{42}(x)_{\min} = 0, \alpha_{42}(x)_{\max} = 100)$ .

Показатель «мера композиционной неоднородности» текста  $M_{kn}(x_k)$  произвольного текста ( $x_k$ ) состоит из безразмерных качественных характеристик, имеющих разные диапазоны измерения в однотипных шкалах, для которых существуют значения, определенные внутри диапазона изменения данных показателей:

$$M_{kn}(x_k) = x^{(\alpha_{43})} \times z_{44}, \quad (11)$$

где  $x^{(\alpha_{43})}$  – нормированный показатель легкости чтения текста [6] – мера, характеризующая сложность восприятия текста читателем, а ее вычисление основано на подсчете статистики слогов и слов в предложении. Для данного показателя экспертным методом определены границы допустимых значений  $(\alpha_{43}(x)_{\min} = 0, \alpha_{43}(x)_{\max} = 100)$ .

$z_{44}$  – коэффициент смешения стилей (коэффициент определяется методом экспертного опроса).

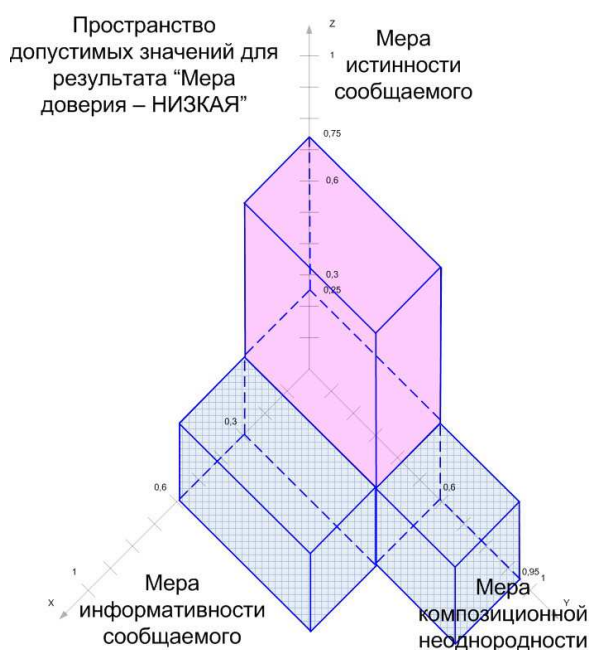
Принципы построения коллектива решающих правил (КРП) основаны на результатах вычисления пространства допустимых значений трех показателей:

«мера истинности сообщаемого», «мера информативности сообщаемого», «мера композиционной неоднородности».

Предлагаемый в статье подход к построению КРП во многом аналогичен процедуре согласования мнений нескольких экспертов при принятии решений в системах искусственного интеллекта [7].

На рисунке 1 представлен пример границ пространства допустимых значений для показателя «мера доверия».

В целом модель показателя качества базируется на развитии принципов автоматизации понимания текстов на естественных языках В.М. Глушкова [8] и ситуационного управления Д.А. Поспелова [9]. Практически реализована разновидность *логической нейронной сети*, построенная на основе логического описания (описание опыта оценки качества текста также является логическим описанием, так как устанавливает связи вида «если – то») процедуры оценивания, вывода и принятия решений об оценке, способная реализовать теоретические достижения математической логики. В то же время она позволяет учитывать неопределенность как на уровне представления предметной области (оценки доверия), так и на уровне исходных данных (признаков-индикаторов), а также позволяет получать взвешенные оценочные решения, сформированные на основе нечеткой логики.



**Рисунок 1 – Пространство допустимых значений показателя «мера доверия»**

измерение и оценку признаков – оценочный анализ текста.

На первом (предобработка) и втором этапах в комплексе использованы подходы бессловарного морфологического анализа [11], нечувствительного к языку N-граммного метода (марковская цепь) [12], основанного на использовании допустимых буквенных сочетаний и словарного метода, основанного на использовании эталонных и частотных словарей. Словари эталонной лексики получены методом экспертного опроса.

В качестве логического типа на результирующем этапе алгоритма принят тип с семью возможными значениями. Стандартные отметки на шкале доверия приведены в таблице 2.

Результат функционального моделирования процесса оценивания качества текста по разработанной модели показателя позволил обосновать общий алгоритм оценочного анализа текстовой информации.

Алгоритм оценочного анализа реализует выделение характеристик качества и отображение определившегося значения комплексного показателя на шкалу «меры доверия». Алгоритм получен на основе использования принципов функциональной декомпозиции информационных процессов и метода структурного системного анализа [10].

Лингвистическая часть алгоритма выполняет первичную и наиболее трудно формализуемую и алгоритмизируемую обработку, называемую структуризацией. Вторая часть алгоритма реализует



Таблица 2 – Шкала доверия

Мера доверия	Отметки по шкале доверия
Очень высокая	1,00...0,80
Высокая	0,80...0,63
Выше среднего	0,63...0,57
Средняя	0,57...0,43
Скорее низкая	0,43...0,29
Низкая	0,29...0,14
Очень низкая	0,14...0,00

Эмпирическим путем выявлено, что значение  $M_{kom}(x_k) = 0,47$  обычно соответствует границе допустимых значений показателя «мера доверия». Поэтому после получения оценки допустимых значений меры доверия на девятом этапе алгоритма модулем логического вывода могут быть выданы следующие рекомендации аналитику:

1. Если  $M_{kom}(x_k) \in [0,47; 1]$ , то отклонения содержания текста по свойству истинности допустимы, рекомендуется продолжить обработку публикаций.
2. Если  $M_{kom}(x_k) \in [0; 0,47]$ , то отклонения содержания текста по свойству истинности значительные, рекомендуется найти подтверждающую информацию.

Интерпретация результатов анализа потока (источника текстовой информации) может быть выполнена аналогично.

Предложенная модель оценки показателя «меры доверия» к текстовой информации и алгоритм оценочного анализа публикаций СМИ легли в основу компьютерной системы «Motiv-SMI», разработанной нашим авторским коллективом.

Информация (метасообщения) по этапам оценивания выдается специалисту (аналитику) по его требованию в виде пояснения (коммуникативно-прагматическая карта текста) или диаграмм (карта качества потока).

В компьютерной системе «Motiv-SMI» оценка свойств отдельного текста делается группой алгоритмов на основе проведения анализа свойств формально-логических отношений, выраженных в содержании текстов, и базируется на знании характера поведения контролируемых величин этих свойств.

По мере накопления текстов в оценочной базе программа-визуализатор может формировать карту потока текстов, позволяющую расширить возможности человека по анализу качества больших объемов поступающей текстовой информации. Накапливаемые структурированные данные оценочного анализа далее возможно обрабатывать стандартными средствами методов анализа данных.

В типовой системе анализа информации аттестация источников СМИ позволяет снабжать новыми подробностями данные, полученные социологическими опросами, что в целом позволит улучшить качество социологических прогнозов.

Разработанную модель оценки качества текстов возможно использовать в аналитических подразделениях, ситуационных центрах и других организациях, где осуществляется целенаправленная обработка и анализ текстовой информации. Также считаем полезным использование модели оценки качества текстов в машинном информационном поиске, редакторской деятельности и системах документооборота государственных органов. Кроме того, модель может найти свое применение для фильтрации сообщений незапрашиваемой рассылки и построения компьютерных систем защиты от «спама» в электронной почте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Еляков А.Д. Помехи как фактор развития социальной информации. НТИ сер. 2. – № 9. – 2008, с. 1-10.
2. Могилевский В.Д. Методология систем. М.: Экономика, 1999. – 251 с.
3. Овсянников А.А., Голубинский Е.Ю., Грызлов И.Н., Елецкий К.В. Тезисы доклада. 6-я Всероссийская научная конференция «Проблемы развития технологических систем государственной охраны, специальной связи и информации»: Орел: Академия ФСО России, 2009 (в печати).
4. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982 – 431 с.
5. Крымский С.Б., Жилин Б.Б. Экспертные оценки в социологических исследованиях. Киев.: 1990. – 318 с.
6. Flesh R., The art of readable writing. New York: Harper Row, 1974. – 220 с.
7. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
8. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. М.: Наука, 1982. – 154 с.
9. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 284 с.
10. Марка Д., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования SADT.: Пер. с англ. – М.: Банксервис, 1993. – 240 с.
11. Белоногов Г.Г., Богатырев В.И. Автоматизированные информационные системы. М.: Советское радио, 1983. – 328 с.
12. Маслов В.П. Комплексные Марковские цепи и континуальный интеграл Фейнмана для нелинейных уравнений. М.: Наука, 1976. – 399 с.

**Овсянников Анатолий Анатольевич**

ФГНУ НИЦ ФСО России, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории

Тел.: 8(4862)47-55-21

**Елецкий Кирилл Вячеславович**

ФГНУ НИЦ ФСО России, г. Орел

Младший научный сотрудник

Тел.: 8-920-287-85-50

E-mail: orel.kir@rambler.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 007.51:65.015.3

А.А. ЕГОРОВА, М.Р. АКЧУРИН

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ И МОТИВАЦИИ  
ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Проводится анализ существующих автоматизированных систем управления персоналом, указываются их недостатки в части автоматизации процессов мотивации персонала. Рассматриваются вопросы развития автоматизации процессов управления персоналом и мотивации персонала на предприятии. В рамках единой автоматизированной системы управления персоналом предлагаются методы оценки работы персонала и системы мотивации предприятия.

**Ключевые слова:** автоматизация процессов управления персоналом; автоматизация системы мотивации персонала; оценка работы персонала; оценка системы мотивации предприятия.

*The realized automated personnel management systems have been analyzed, disadvantages in automation part have been indicated. Some aspects of personnel management automation development and personnel motivation are considered. Methods for personnel effort assessment and motivation system effect are proposed within an integrated automated system of personnel management.*

**Keywords:** *personnel management process automation; personnel motivation automation; personnel effort assessment; personnel motivation system assessment.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Среди наблюдающегося в настоящее время интенсивного развития автоматизированных систем по управлению различными процессами предприятий можно выделить отдельный класс систем – автоматизированные системы управления персоналом. Именно они являются предметом исследования настоящей статьи, в первую очередь, в части автоматизации процессов мотивации персонала.

Но, прежде всего, определим исследуемую проблемную область и основные понятия, встречающиеся в статье.

«HR» (*Human Resource HR* – Управление персоналом) – подбор и расстановка работников, обучение прогрессивным приемам работы, обновление знаний, морально-психологическое воздействие, разрешение конфликтных ситуаций в коллективе с целью обеспечения слаженной, эффективной работы.

«HRM» обозначает «*Human Resource Management*», что дословно переводится, как «управление человеческим ресурсом». В русскоязычной литературе, как правило, применяется термин «управление персоналом», хотя также встречается «управление трудовыми ресурсами» и «управление человеческим капиталом». [1]

Автоматизировать процесс управления персоналом призваны Автоматизированные Системы управления персоналом (HRM-системы). Далее эти понятия будут использоваться как равнозначные.

Под HRM-системой понимается автоматизированная комплексная система управления персоналом. HRM-системы предназначены для управления персоналом, но

их функциональность шире, чем у систем автоматизации кадровых операций. Основная задача *HRM*-систем – это автоматизация рутинных управленческих операций, сбор, обработка и анализ информации, необходимой руководству для принятия управленческих решений и т.п.

Продукты этого класса позволяют работать не только с количественными, но и с качественными показателями персонала.

Система Мотивация персонала – это совокупность внутренних и внешних движущих сил, побуждающих человека к трудовой деятельности и придающих этой деятельности направленность, ориентированную на достижение определенных целей. Система Мотивации персонала является подсистемой Управления персоналом. Здесь возникает вопрос – можно ли систему заработной платы считать эквивалентной системе мотивации? Безусловно, нет, т.к. это только одна из составляющих системы мотивации, хотя и весьма существенная (точнее, основная, без которой практически невозможно функционирование предприятия).

Уже в силу данного выше определения системы мотивации персонала можно сделать два основных вывода: без нее не функционирует ни одно предприятие, система мотивации – наименее поддающаяся формализации подсистема управления персоналом.

Модуль мотивации – программная (или программно-аппаратная) часть *HRM*-системы, реализующая процессы мотивации персонала на предприятии, оценку которой реализовать довольно проблематично в связи с тем, что оперировать приходится преимущественно качественными показателями.

Стоит отметить, что *HRM*-системы предназначены для крупных и очень крупных предприятий.

Более всего потребность в *HRM*-системах существует в сфере предоставления услуг. Здесь доля оплаты труда может достигать 70%-80% себестоимости готового продукта. Соответственно система мотивации персонала здесь играет одну из ключевых ролей. Тот факт, что основной деятельностью авиакомпании является предоставление услуг перевозки, говорит о том, что использование *HRM*-систем здесь особенно актуально.

## **СУЩЕСТВУЮЩИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**

С целью выявления полноты реализованных функций в *HRM*-системах по управлению и мотивации персонала был проведен собственный анализ зарубежных и отечественных систем управления персоналом, а также использованы сторонние материалы анализа *HRM*-систем.

Анализ реализованной в *HRM*-системах функциональности позволил разбить их на классы, соответствующие уровню технологического развития продукта. В рамках анализа были рассмотрены 19 *HRM*-систем, наиболее широко представленных на российском рынке, в результате чего была составлена «матрица функциональности» и на ее базе – рейтинг *HRM*-систем и их разработчиков. Рассмотренные программные продукты были сгруппированы по классу функциональной полноты (классы *A, B, C, D* – от высшего к низшему). Согласно выполненной оценке из 19 рассмотренных первым двум классам соответствуют 7 решений.

К классу «*A*» были отнесены системы компаний *SAP* (Германия) и *Oracle*(США), являющиеся лучшими по широте реализованной функциональности, а также отечественная система БОСС-Кадровик. В класс «*B*» прошли решения компаний

*Robertson & Blums* (Латвия), «Галактика», «Инэк» и *IFS* (Швеция). В классе «С» присутствуют продукты компаний «Компас», «Монолит», «Информконтакт», «Бизнес Технологии» и *Epicor* (США). Что же касается класса «D», то к нему были отнесены все остальные решения, «1С:Зарплата и Управление Персоналом 8.0», «АиТ:правление персоналом» и КИС «Трудовик».

Таким образом, тройка лидеров российского рынка *HRM*-систем среди иностранных поставщиков включает компании *SAP* (Германия), *Oracle* (США) и *Robertson & Blums* (Латвия). Аналогичную тройку российских вендоров составляют «БОСС. Кадровые системы», «Корпорация Галактика» и «Компас». [1]

Основываясь на данных исследования «Дорожная карта» по *HRM*-система в России» компании *TAdviser* [1], первое место среди рассмотренных систем занимает *mySAP ERP HCM* (от компании *SAP* (Германия)). Но, к примеру, ознакомившись с официальным обзором функциональности [4] системы *mySAP ERP HCM* «Решение *SAP* для авиакомпаний», можно сделать совершенно очевидный вывод о том, что в данной системе отсутствуют методы немонетарной мотивации персонала предприятия, а мотивация персонала в системе в целом развита недостаточно хорошо.

Таким образом, опираясь на результаты собственных и сторонних исследований существующих *HRM*-систем, авторы сделали вывод, что современные *HRM*-системы содержат модули, которые реализуют функции кадрового учета, а также поддерживают систему выплат – не только заработной платы, но и премии, бонусные выплаты и т.п., т.е. все, что мы относим к монетарной мотивации. Поддержка же немонетарной мотивации в данных *HRM*-системах отсутствует или развита слабо и осуществляется на предприятиях, использующих данные системы, «вручную» или с помощью локальных информационных систем. В этом случае реализация процессов немонетарной мотивации требует существенных временных затрат, становится менее оперативной и, самое главное, нарушается целостность системы управления персоналом.

### **АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ**

Таким образом, было определено, что в настоящее время развитие поддержки немонетарной мотивации в *HRM*-системах является актуальным направлением. Т.е. *HRM*-система должна поддерживать большое количество возможных методов мотивации, в т.ч. немонетарных.

Определим далее, какие направления, помимо немонетарной мотивации, актуальны для *HRM*-систем.

Для этого необходимо понять, а кто вообще определяет структуру системы мотивации. Безусловно, это задача *HR*-служб предприятия, которая решается на основе планов развития предприятия (в том числе, и стратегических), миссии предприятия, состояния рынка труда и другого, т.е. определяется целым рядом факторов. Более того, учитывая слабую формализуемость показателей в этой области, система мотивации очень живая, допускающая внедрение методом «проб» и «ошибок». Определить изменение ее эффективности после внедрения дополнительных форм мотивации просто необходимо. Для чего? Во-первых, для того, чтобы оценить, насколько быстро мы приближаемся к решению задач, поставленных руководством предприятия в отношении персонала, а во-вторых, для того, чтобы оценить затраты предприятия.

Не стоит забывать, что цели предприятия и сотрудника разные. Предприятие должно получить прибыль, а любые мотивационные программы требуют затрат. В

таком случае встает задача оптимизации затрат. Известно, что существует целый ряд форм и методов мотивации. Их разумная комбинация позволит достичь желаемых результатов (или к ним приблизиться).

Таким образом, можно выделить еще одно актуальное направление развития автоматизированных систем управления персоналом на предприятии: оценка эффективности системы мотивации персонала.

Следует особо отметить, что объективная оценка эффективности системы мотивации персонала будет возможна в том случае, если учитывать и оценку результатов работы методов мотивации (с точки зрения персонала), и оценку эффективности работы (результатов) самого персонала. Т.е. HRM-система должна поддерживать оба вида оценок и на их основе производить комплексную оценку эффективности системы мотивации персонала на предприятии.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ**

Для реализации HRM-системы с учетом определенных выше направлений развития необходимо решить задачи по оценке эффективности мотивации персонала и по оценке эффективности работы (результатов) самого персонала.

Решение этих задач и интеграция методов оценки в HRM-систему позволит существенно сократить время и стоимость обработки статистических данных о результатах деятельности персонала и результатов работы методов мотивации на предприятии, а также повысить достоверность результатов обработки данных. Можно предложить несколько инструментов для решения поставленных задач.

В качестве инструмента по оценке результатов работы методов мотивации предлагается использовать Метод анализа иерархий, созданный для решения задач оценки и сравнения качественных характеристик объектов. А в качестве инструментов по оценке эффективности работы персонала предлагается использовать:

- систему сбалансированных показателей – ССП (*Balanced Scorecard BSC* – Сбалансированная система показателей) – система управления, позволяющая руководителям переводить стратегические цели компании в четкий план оперативной деятельности подразделений. [6];
- ключевые показатели эффективности – КПЭ (*Key Performance Indicator KPI* – Ключевой показатель эффективности) – показатели, используемые для оценки результативности и эффективности действий, процессов и функций управления. Это показатель, поддающийся количественному измерению и считающийся наиболее важным для оценки эффективности деятельности компании в целом и отделов и сотрудников в отдельности. КПЭ может быть финансовым и нефинансовым (т.е. характеризовать финансовые и нефинансовые показатели компании) [5].

### **МЕТОДЫ ПО ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СИСТЕМЫ МОТИВАЦИИ**

Раскроем подробнее суть Метода анализа иерархий.

Идея Метода анализа иерархий была предложена американским математиком Т. Саати (*Saaty Thomas L*) около 35 лет назад [3]. Метод анализа иерархий – эффективный и доступный способ для решения слабоструктурированных задач принятия решений и ранжирования множества альтернатив. Его применение основано на экспертной информации об относительной важности критериев в виде матрицы парных сравнений [2].

Подход, предложенный Т. Саати, позволяет не просто произвести ранжирование множества объектов по неким свойствам, но и присвоить им «веса». Веса – показатели, придающие численные характеристики каждому из множества оцениваемых объектов. Впоследствии этот метод сформировался в целый раздел принятия решений при наличии одного, а также нескольких критериев и получил наименование метода анализа иерархий (*the Analytic Hierarchy Process, АНР*), сокращенно МАИ.

В соответствии с МАИ имеется некоторое начальное множество альтернатив (объектов, стратегий)  $X$ , среди которых необходимо произвести ранжирование альтернатив и присвоение им весов по предпочтениям лица (или лиц) (экспертов) принимающего решение.

Задана главная цель  $F$ , исходя из которой будет производиться выбор или ранжирование с присвоением весов множества альтернатив  $X$ . В большинстве случаев главная цель (главный критерий) разбивается на подцели (так называемые частные критерии). С учетом этого добавляется дополнительное условие: задано некоторое множество подцелей  $f_1, f_2, \dots, f_n$ , учитываемых при выборе или ранжировании альтернатив множества  $X$ .

Необходимо с учетом цели  $F$  и подцелей  $f_1, f_2, \dots, f_n$  произвести ранжирование альтернатив (объектов) по степени их значимости и присвоить им соответствующие веса.

Такая постановка задачи и используемое решение успешно согласуется с задачей определения эффективности методов мотивации на предприятии. При этом в качестве экспертов, участие которых необходимо в МАИ, авторами статьи предлагается использовать персонал предприятия. Причем каждым работником оценка производится независимо. Данное предложение является ни чем иным, как одним из составляющих метода Дельфи. Согласно методу Дельфи, каждый участник группы отвечает анонимно на заранее подготовленную анкету, чтобы избежать непропорционального влияния сильных личностей. [3]

Оценку следует проводить в форме анкетирования персонала. При этом сотрудники должны быть уверены в конфиденциальности предоставляемой информации, также следует учитывать то, что не все сотрудники могут иметь рабочее место, оборудованное компьютером. Таким образом, заполнение электронных анкет с рабочего компьютера невозможно.

Кроме того, следует учитывать, что в связи с большим количеством экспертов, которые могут проводить оценку, и большим количеством вопросов, на которые необходимо ответить для оценки, суммарное количество ответов (оценок), которые необходимо обработать, становится значительным. Сбор и обработка такого количества информации потребует больших финансовых и временных затрат. Т.е. встает еще одна задача – задача уменьшения времени и стоимости сбора и обработки оценок экспертов.

Одним из путей рационального решения данной задачи может быть следующая технология. Предлагается проводить анкетирование путем раздачи сотрудникам бумажных анкет. Анкеты построены в форме выбора ответов, и сотрудник производит заполнение анкеты путем отметки соответствующего пункта из нескольких предлагаемых. Обработка анкет может производиться автоматизированным способом. На крупных предприятиях данный метод является наиболее предпочтительным, а иногда и единственно возможным.

После того как работник произвел заполнение анкеты, он погружает лист анкеты в Автоматизированную Систему для сбора данных анкет [7], которая может быть расположена при выходе с территории предприятия. Устройство для считывания

аналогично тому, что применяется при автоматизированной обработке результатов голосования Центральной Избирательной Комиссией РФ на некоторых избирательных участках. Данное устройство производит автоматическое считывание вариантов ответов анкеты и в автоматическом режиме передает информацию по каналам связи в Автоматизированную систему.

Независимо от способа обработки информации сотрудникам гарантируется конфиденциальность анкетирования, т.к. на анкетах отсутствуют отличительные знаки.

## **МЕТОДЫ ПО ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Раскроем теперь суть Сбалансированной системы показателей (ССП) и Ключевых показателей эффективности (КПЭ) в качестве инструментов для оценки эффективности работы персонала предприятия.

Сбалансированная система показателей и Ключевые показатели эффективности являются действенными инструментами для решения задачи оценки эффективности персонала и значительно облегчают решение данной задачи как с точки зрения временных, так и с точки зрения финансовых затрат.

Внедрение и использование ССП и КПЭ являются довольно емкими с точки зрения трудовых, временных и финансовых затрат. Поэтому использование ССП и КПЭ на предприятии целесообразно не только для оценки результатов работы персонала, но и одновременно для оценки других показателей предприятия. А точнее, применение этого метода действительно эффективно и актуально для предприятий, уже использующих ССП и КПЭ для оценки результатов своей деятельности. В настоящее время в российских компаниях этот метод применяется все чаще, а в западных – он один из наиболее популярных.

Однако, несмотря на существование других методов оценки и затратность ССП и КПЭ, данные инструменты являются актуальными и эффективным средством оценки различных показателей не только авиапредприятий, но и предприятий других форм деятельности.

Суть ССП, как инструмента оценки эффективности персонала, в следующем. Руководство компании, определяет стратегию развития предприятия, а также стратегические цели, которые необходимо достигнуть. Далее эти цели декомпозируются на задачи, которые необходимо выполнить для достижения цели. Вначале цели декомпозируются до руководителей подразделений, отделов и т.д., пока не достигнут рядовых работников.

Таким образом, у каждого сотрудника предприятия есть конкретно определенные цели, к которым необходимо стремиться, и задачи, выполнение которых позволит двигаться в той стратегии, которую определило руководство предприятия.

В свою очередь, своевременность и качество выполненной задачи, поставленной перед конкретным сотрудником, можно определить показателями – в ССП используется терминология Ключевые Показатели Эффективности. КПЭ подлежат измерению, если это количественные показатели, или оценке, если это качественные показатели.

Именно КПЭ и будут служить исходными данными для автоматизации оценки эффективности работы персонала предприятия.

Определение показателей, по которым будет оцениваться сотрудник, позволяет фокусировать работу каждого сотрудника на достижении поставленных целей, с одной стороны. А использование КПЭ как инструмента оценки персонала в Модуле мотивации



позволит предоставлять оперативную достоверную информацию руководству предприятия об эффективности работы персонала предприятия, с другой стороны.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Естественно, что встраивание методов оценки в *HRM*-системы возможно (и необходимо) не только в области мотивации персонала. Другие направления (например, адаптация, обучение, оценка и т.д.) требуют своих методов оценки эффективности и также зачастую сложно формализуемы. Но это уже другая задача, решение которой выходит за рамки настоящей статьи.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ИТ в кадровом учете и управлении персоналом // Компания TAdviser – 2007. – С. 63-64. URL: [http://www.tadviser.ru/storage/HRM\\_open.pdf](http://www.tadviser.ru/storage/HRM_open.pdf) (дата обращения: 11.12.2008).
2. Ногин В.Д. Принятие решений при многих критериях. – СПб.: ЮТАС, 2007. – 104 с.
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 314 с.
4. Решение SAP для авиакомпаний // Компания SAP AG – 2005. URL: <http://www.sap.com/cis/pdf/avia.pdf> (дата обращения 02.03.2009).
5. Ржехин В.М. Разработка показателей эффективности отделов, подразделений, персонала. Пошаговая инструкция. – М.: Вершина, 2008. – 224 с.
6. Гершун А. М. Разработка сбалансированной системы показателей: практическое руководство с примерами. – М.: Олимп-Бизнес, 2007. – 128 с.
7. Рудычева Н. Создание и модернизация ГАС «Выборы» // Журнал CNEWS.RU. – 2007. URL: [http://www.cnews.ru/reviews/free/gov2007/articles/01\\_selections.shtml](http://www.cnews.ru/reviews/free/gov2007/articles/01_selections.shtml) (дата обращения: 21.03.2009).

#### **Акчурин Марат Равильевич**

Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва  
Аспирант кафедры прикладной математики  
Тел.: 8-915-471-17-08  
E-mail: marat-akchurin@yandex.ru

#### **Егорова Алла Альбертовна**

Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва  
Доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики МГТУ ГА

УДК 65.011

П. Е. ЕФИМОВА

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАКАЗОВ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*В статье на основе сочетания методов решения транспортной задачи и алгоритма «муравьиных колоний» предложена математическая модель распределения заказов, поступающих в конструкторское бюро (КБ) проектирования оснастки в процессе технологической подготовки производства (ТПП). Разработанная модель позволяет эффективно организовать деятельность подразделения с учётом особенностей труда конструкторов и необходимости анализировать связь работ.*

**Ключевые слова:** управление заказами; транспортная задача; алгоритмы «муравьиной колонии»; технологическая подготовка.

*The article considers mathematical model based on transportation problem and ant algorithms, that fulfils order distribution in tool set design constructor department used within production technological preparation process. Worked out model allows to organize its work considering constructors' labour peculiarities and demand to analyse workflow connection.*

**Keywords:** order management; transportation problem; ant algorithms; technological preparation.

### ВВЕДЕНИЕ

Объективной тенденцией развития общества является повышение доли интеллектуального труда, что в большинстве работ позиционируется как третья научно-техническая революция, революция в области управления и формирование «Общества знания» [1]. Формирование нового общества требует соответствующих ему изменений в структуре рынка информационных систем. Однако к настоящему времени уровень автоматизации для систем, поддерживающих управленческую деятельность, составляет 20%, в то же время на уровне непосредственных исполнителей он составляет 60% [2]. Причинами этого являются творческий характер работы, требования к принятию нестандартных решений. Известно, что творческая деятельность в меньшей степени поддаётся нормированию, что вызывает проблемы с её формализованным описанием, автоматизированным планированием и контролем. Помимо этого, требуется одновременный учёт большого числа переменных, что приводит к значительной размерности задачи. В повышении уровня автоматизации управления кроется значительный резерв повышения эффективности производства, что в настоящее время сдерживается влиянием человеческого фактора.

Развитие автоматизированных систем требует в качестве основы адекватного математического аппарата. Первоначально (с 70-х гг.) основой систем автоматизированного управления производством и диспетчерских систем послужили методы теории расписаний, получившей развитие, начиная с работ Конвея, Максвелла [3]. Объективные трудности при решении задач подобного класса (NP-полный случай) в теоретических исследованиях впоследствии привели к созданию квазиоптимальных методов решения задач такого рода (нейронные сети, метод отжига, генетические алгоритмы, алгоритм «муравьиных колоний» [4,5]).

Последние исследования разворачиваются по следующим направлениям: исследование NP-полных случаев на основе модификаций теорем и методов теории расписаний (Лазарев, Гафаров, 2001 [6]), сочетания различных методов (комбинирование алгоритмов путем направления выхода одного из них на вход другого – Прилуцкий [7], «принцип конструктора» – РАИ[8]). Однако в практику применения реальных управляющих систем данные методы входят с большим опозданием – преимущественно это системы имитации сигналов и т.д.

Исходя из выявленной необходимости создания информационных систем нового уровня и отмеченного расхождения между фундаментальными исследованиями и практической реализацией, ставится задача разработки математической модели, учитывающей особенности управления в рамках конкретной предметной области. В рамках настоящей статьи это будет сделано на примере КБ, осуществляющих проектирование оснастки по заказам цехов основного производства предприятия авиационной промышленности.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ**

Процесс обеспечения оснасткой основных цехов состоит из следующих этапов. Цехи направляют в КБ частично формализованное требование на создание или изменение оснастки, руководствуясь планами производства изделия, в меньшей степени – внезапно возникшими потребностями. Заказы поступают в отдел ТПП, где происходит назначение плановых сроков, распределение по КБ и далее по исполнителям. После завершения проектирования заказ направляется на инструментальный завод. Изготовленная оснастка апробируется и внедряется в цехе.

Согласно процессному подходу, управление предполагает процессы планирования, организации, мотивации и контроля. Применительно к анализируемой предметной области это определение сроков выполнения работ, расчёт прогнозной загрузки заказами, распределение заданий между исполнителями, отслеживание текущего положения дел в подразделении и выполнение корректирующих действий. В соответствии с этим была построена базовая модель задачи, включающая блоки планирования, распределения работ, определения сроков, а также исполнения заказов и контроля над ним. Блоки связаны с цветной сетью Петри, которая моделирует переход заказов из стадии в стадию с возможными возвратами, «стопорение» заказов вследствие непредвиденных обстоятельств (болезни сотрудника и др.), поступление дополнительных работ (замечаний) по ранее выполненным заказам, удаление заказов, утративших актуальность.

В рамках статьи будет более подробно рассмотрен блок распределения работ (заказов) как наиболее важный для осуществления внутреннего управления в подразделении. На входе блока имеются данные о заказах, как уже назначенных, так и вновь поступивших, и требованиях включить их в работу данного периода (выход блока планирования), а также условно-постоянная (квалификация, специализация) и текущая (присутствие на рабочем месте, недавно выполненные работы) информация о конструкторах.

### **МОДИФИКАЦИЯ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В МОДЕЛИ**

Анализируемая задача близка хорошо исследованной задаче о назначениях. Однако при решении данного класса задач каждая работа относится к одному исполнителю и каждый исполнитель выполняет одну работу. Для рассматриваемого

случая распределение работ может происходить в виде  $1 - k$  (у каждого исполнителя несколько заказов) либо даже  $l - k$  (у каждого исполнителя несколько заказов, каждый заказ может быть назначен нескольким исполнителям). В связи с этим предлагается отталкиваться от формулировки, близкой задаче о назначениях транспортной задачи. Её особенностью в классе распределительных задач является тождество единиц измерения работ и ресурсов. Используем фонд рабочего времени конструкторов (ресурсов) и трудоёмкость заказов (работ), что и позволяет привести измерение к единым величинам – часам.

Блок распределения работ начинает функционирование после срабатывания перехода «Принят в подразделение». Они поступают небольшими группами, при этом для каждой из них точными методами (небольшая размерность задачи) может быть найден оптимум распределения. Однако для успешного функционирования подразделения необходимо учитывать связь вновь поступивших заказов с уже распределёнными, что требует обработки больших объёмов данных и значительно усложняет задачу. Для решения данной проблемы предложена следующая методика, сочетающая точные методы и элементы алгоритма «муравьиной колонии».

Обратимся к исходной постановке транспортной задачи. Обозначим заказы в качестве «поставщиков» трудоёмкости  $A = a_1, a_2 \dots a_i \dots a_m$ , где  $i = 1, 2 \dots m$ , конструкторов в качестве «потребителей»  $B = b_1, b_2 \dots b_j \dots b_n$ , где  $j = 1, 2 \dots n$ .

Трудоёмкость  $a_i$  каждого планируемого заказа находится по формуле (1):

$$a_i = K * M_T, \tag{1}$$

где  $K = 0 \dots 1$  – коэффициент включения заказа в плановые работы периода;

$M_T$  – оцениваемая по требованиям к оснастке продолжительность выполнения заказа.

Коэффициент включения в работы периода является выходом блока планирования, в рамках которого с помощью операций над базовыми матрицами, определяемыми целями предприятия и сложившейся ситуацией, осуществляется переход от конечной цели – создания изделия – к плану повышения технологической оснащённости, отображением которого является матрица «Срок» – «Заказ». Данная матрица является прогнозным графиком ТПП [9].

$K = 1$  для максимального элемента строки матрицы «Срок» – «Заказ».

Для определения трудоёмкости заказов  $M_T$  используются следующие данные, сведённые в таблицу 1.

Таблица 1 – Матрицы определения трудоёмкости заказа

Код	Смысл			Нормировка
	строки	столбца	элемента	
1	2	3	4	5
$E^T = \ e_{ij}\ ^T$ , матрица «Заказ» – «Оснастка»	$i^e$ – номер заказа	$j^e$ – код оснастки	Вероятность наличия данного типа оснастки в заказе	$\forall i : \sum_j e_{ij} = 1$
$V = \ \nu_{ij}\ $ , матрица «Оснастка» – «Трудоёмкость»	$i^\nu$ – код оснастки	$j^\nu$ – код нормированных значений трудоёмкости	Вероятность проектирования в течение определенного времени	$\forall i : \sum_j \nu_{ij} = 1$

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
$M_{T_n} = \ m_{i1}\ $ – столбец нормированных значений трудоёмкости			Принятый ряд планирования трудоёмкости	
$S = \ s_{ij}\ $ , матрица «Заказ» – «Стадия»	$i^s$ – номер заказа	$j^s$ – номер этапа выполнения	Прирост готовности заказа на стадии (непосредственно проектирование, согласование)	$\forall i : \sum_j s_{ij} = 1$

На основании данных таблицы по формуле (2) рассчитываются математические ожидания трудоёмкости заказов:

$$M_T = E^T * V * M_{T_n}, \quad (2)$$

по формуле (3) – распределение времени по стадиям работ:

$$ST = M_T^* S = E^T * V * M_{T_n}^* S. \quad (3)$$

Фонд времени  $b_j$ , которым располагает конструктор, определяется по формуле (4):

$$b_j = (F + s\_h - \sum (M_T(1 - \alpha)) - \sum M_T S_c) * (1 - \beta), \quad (4)$$

где  $F$  – фонд времени с учётом рабочих и праздничных дней, плановых отпусков и заложенного процента на внеплановые неявки;

$s\_h$  – лимитируемое время сверхурочных работ;

$\alpha$  – процент готовности ранее назначенных заказов;

$S_c$  – доля времени на согласование, указанная в столбце матрицы  $S$ ;

$\beta$  – доля времени, затрачиваемая на дополнительные работы (работу со службами предприятия, ответы на запросы по телефону и т.д.).

Рассмотрим коэффициенты целевой функции  $C_{ij}$ . В качестве затрат на выделение ресурса на выполнение заданной работы  $C_{ij}$  берутся величины, обратные совокупной способности успешно выполнить работу. Способность успешно выполнить работу оценивается итоговой матрицей  $I$  «Исполнитель» – «Заказ», которая является взвешенной суммой матриц, отражающих предпочтения в распределении работ по различным параметрам, и определяется по формуле (5):

$$I = \sum \gamma_j * I_j, \quad (5)$$

где  $\gamma_j$  – весовые коэффициенты значимости характеристик,

$I_j$  – матрица, которая представляет собой произведение матриц «заказ-характеристика» и «характеристика-конструктор».

Склонность конструктора к выполнению заказа оценивается по следующим критериям: общая специализация (доля заказов заданного типа в опыте работника), показатель наличия схожих заказов (предшествующие периоды), квалификация (вероятность успешного выполнения работы при имеющейся категории), применяемый инструмент проектирования (кульман, САПР). Если оцениваемая способность равна 0 хотя бы по одному из частных показателей, в качестве  $C_{ij}$  принимается  $M$  (назначение недопустимо).

Для учёта опыта по ранее выполненным работам вследствие большого количества заказов используются методы для NP-полных задач. Проведём аналогию между

характеристиками предметной области и параметрами, известными по методу «муравьиных колоний» [3].

Таблица 2 – Аналоги понятий реализуемого алгоритма алгоритму «муравьиных колоний»

Термин, применяемый в алгоритме «муравьиных колоний»	Аналог в данной системе	Обозначение
Муравей	Заказ	$l$
Ребро графа	Конструктор	$t$
След фермента (феромона)	Память (опыт) конструктора о ранее выполненных заказах	$\tau_{ij}^l(t)$
Путь, пройденный муравьём между точками графа	Мера различия заказа с полученными ранее	$L^l(t)$
Испарение феромона	Забывание	$\tau_{ij}(t)^{new} = \tau_{ij}(t)(1 - \rho)$

Уравнение (6) показывает количество фермента, который был оставлен на каждой грани пути для муравья  $l$  [3]. Параметр  $Q$  является константой.  $L$  в исходном алгоритме представляет путь, в данном случае это взвешенная сумма показателей различия заказов: число отличающихся цифр в обозначении детали, группы оснастки, группе специализации цехов.

$$\Delta\tau_{ij}^l(t) = \frac{Q}{L^l(t)}. \tag{6}$$

Результат формулы (6) в алгоритме «муравьиной колонии» является средством измерения пути: короткий путь характеризуется более высокой концентрацией фермента, длинный – более низкой. Здесь же более близкие к текущему заказы оставляют более сильный след в сознании конструктора, нежели никак не связанные с текущим. Близкие «запахи» складываются по формуле (7):

$$\tau_{ij}(t) = \Delta\tau_{ij}(t) + \tau_{ij}^l(t). \tag{7}$$

К наиболее удалённым во времени заказам применяется процедура испарения фермента. Получаем уравнение (8):

$$\tau_{ij}(t)^{new} = \tau_{ij}(t)(1 - \rho), \tag{8}$$

где  $\tau_{ij}(t)^{new}$  – новое значение параметра, характеризующего память о заказе данного типа,

$\rho$  – параметр, принимающий значения в интервале  $0 \dots 1$ .

Таким образом, при каждом назначении заказа массив «запахов» дополняется (7), а с некоторой периодичностью происходит уменьшение величины всех «запахов» (8). Величины  $\tau_{ij}(t)$  формируют переменную матрицу  $I_j$ , по строению аналогичную упомянутым ранее матрицам специализации и др.

После определения всех матриц  $I_j$  ищется минимум целевой функции (9):

$$q = -C_{ij}^* x_{ij}, \tag{9}$$

где  $q$  – критерий качества распределения,

$x_{ij}$  – трудоёмкость заказа (в часах), назначенная для выполнения конструктору.

По результатам распределения заказов формируются матрицы, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Выход блока распределения работ

Код	Смысл			Нормировка
	строки	столбцы	элементы	
$R = \ r_{ij}\ $ , матрица отнесения к рабочему месту «Заказ» – «Исполнитель»	$i^r$ – номер заказа	$j^r$ – код конструктора	Доля конструктора в выполнении заказа	$\forall i : \sum_j r_{ij} = 1$
$L = \ l_{ij}\ $ , матрица параллельности работ «Заказ» – «Исполнитель»	$i^l$ – номер заказа	$j^l$ – код конструктора	Доля времени, затраченная на заказ в данном периоде	$\forall j : \sum_i r_{ij} = 1$

По формуле (10) рассчитывается нагрузка на сотрудников:

$$LT = M_T^* L = E^{T*} V^* M_{T_n}^* L. \quad (10)$$

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная математическая модель представляет собой гибкий комплекс, позволяющий формировать расписание, корректировать его в случае необходимости, предоставлять информацию для принятия управленческих решений.

Система позволяет обеспечить следующие преимущества:

- адекватно описывать состояние и учитывать неопределенность функционирования предметной области;
- проводить расчёты с малым количеством данных, то есть приводить к приемлемому уровню размерность задачи с целью применения точных методов;
- учитывать связь работ без предварительной кластеризации за счёт использования показателя недавно выполненных работ;
- позволяет учитывать психологические особенности труда конструкторов (опыт, настройку на работу);
- даёт возможность быстро формировать отчёты с помощью матриц R, L, S, LI.
- за счёт многомерного (матричного) представления позволяет рассмотреть ситуацию с различных сторон, увязать разнородные показатели, дать комплексное представление о проблеме.

Описанная модель реализована в виде информационной системы на основе баз данных, позволяющей обслуживать потребности руководителей низшего уровня. Для создания информационной системы необходимо разработать структуры данных и алгоритмы их обработки, чему и была посвящена дальнейшая исследовательская работа.

В результате реализации разработанной модели:

- сокращается суммарная трудоёмкость выполняемых работ за счёт повышения коэффициента наследования работ;
- чётко учитывается приоритет работ, что позволяет обоснованно назначать сроки выполнения заказов, уменьшить «авралы», сверхурочные работы;
- более равномерно планируется загрузка и соответственно повышается ритмичность и качество работ.

Таким образом, предложенная математическая модель позволяет адекватно распределять и учитывать работы, эффективно поддерживая деятельность подразделения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Питер Дракер. «Общество знания» [электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.drucker.ru>, свободный.
2. Карминский А.М., Черников Б.В. Информационные системы в экономике: в 2-х ч. – М.: Финансы и статистика, 2006.
3. Р.В. Конвей, В.Л. Максвелл, Л.В. Миллер – Теория расписаний. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1975. – 360 с.
4. Rudolph G. «Convergence analysis of canonical genetic algorithms» //IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 5 N 1. 1994. - pp. 96-101.
5. Goldberg D. E. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Reading, MA: Addison-Wesley. 1989.
6. А. А. Лазарев, Е. Р. Гафаров Теория расписаний. Минимизация суммарного запаздывания для одного прибора. – Научное издание. – Вычислительный центр им. А. А. Дородницына, 2006. – 150 с.
7. М. Х. Прилуцкий, В. С. Власов Метод комбинирования эвристических алгоритмов для конвейерных задач теории расписаний / Электронный научный журнал «Исследовано в России». – 2007. – 086. – с. 901-905.
8. Вишневский К. П., Чижиков В. И. Вероятностный полиномиальный алгоритм для решения NP-полных задач Труды ФОРА, 2007. – № 12.
9. Ефимова П. Е. Система управления потоками работ в конструкторском бюро проектирования оснастки. – Образование и наука в региональном развитии. – Материалы научно-практической конференции. Часть 1. – Тутаев, 2008. – с.141-149.

#### **Ефимова Полина Евгеньевна**

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия  
имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск

Аспирант кафедры «Вычислительные системы»

Тел.: 8(4855)28-04-70

Факс: 8(4855)21-39-64

E-mail: root@rgata.ru, poline\_e@pisem.net



УДК 004 : [658.52 : 681.51] : 621.38

Ю.О. КАЛИНИНА

## АСПЕКТЫ КОНЦЕПЦИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НАУКОЕМКОЙ ОТРАСЛИ

Статья посвящена ряду специфических особенностей и требований, предъявляемых к модели планирования и диспетчеризации производства полупроводниковых приборов, которые необходимо учитывать при разработке концепции автоматизации управления предприятием наукоемкой отрасли.

**Ключевые слова:** ERP-система; модель планирования; специфические требования; полупроводниковое производство.

*This article is devoted to a number of specific particularities and requirements, presented to planning and scheduling model of semiconductor devices production, which should be taken into account during the development of automation conception of high-tech enterprise management.*

**Keywords:** Enterprise Resource Planning System; planning model; specific requirements; semiconductor production.

Современный мир немалым без информационных технологий. Информация все больше становится важнейшим стратегическим ресурсом общества и занимает ключевое место в экономике, образовании и культуре. Именно поэтому современным предприятиям, для того, чтобы обладать конкурентным преимуществом на рынке, иметь устойчивое финансовое положение и перспективы развития, необходима оперативная и релевантная информация для прогнозирования, планирования, учета и анализа своей экономической деятельности.

Такая необходимость обусловила в начале 60-х гг. XX в. тенденцию формирования концепций, которые впоследствии перешли в разряд бизнес-стандартов. Так появились стандарты MRP (Material Requirements Planning), MRPII (Manufacturing Resource Planning) и ERP (Enterprise Resource Planning) [1].

Сегодня практические реализации стандартов находят свое воплощение в корпоративных информационных системах ERP класса и их дополнительных модулях: CRM (Customer Relations Management), SCM (Supply Chain Management), APS (Advanced Planning and Scheduling), PDM (Product Data Management) и др. В связи с таким разнообразием модулей некоторые авторы говорят о таких новых стандартах XXI века, как CSRП (Customer Synchronized Resource Planning) и ERP II (Enterprise Resource and Relationship Processing) [2].

Примерный перечень основных задач, решаемых ERP-системами, является общепризнанным. К ключевым аспектам, затрагиваемым ERP-системами, относятся производство, планирование, финансы и бухгалтерия, материально-техническое снабжение, управление кадрами, сбыт, управление запасами, ведение заказов на изготовление (поставку) продукции и предоставление услуг. Как видно, все эти аспекты взаимосвязаны между собой и образуют производственную и коммерческую деятельность предприятия (рис. 1).

Аспекты 3, 4, 5, 6, 7 в большей степени одинаковы для всех промышленных предприятий. Аспекты 1 и 2, наоборот, довольно специфичны, так как каждое предприятие имеет свою стратегию и тип производства, свое отраслевое направление,

что в свою очередь оказывает влияние на модель планирования, связанную с ней концепцию учета хода производства, процедуру диспетчеризации и, как следствие, на требования, предъявляемые к функциональной модели ERP-системы.

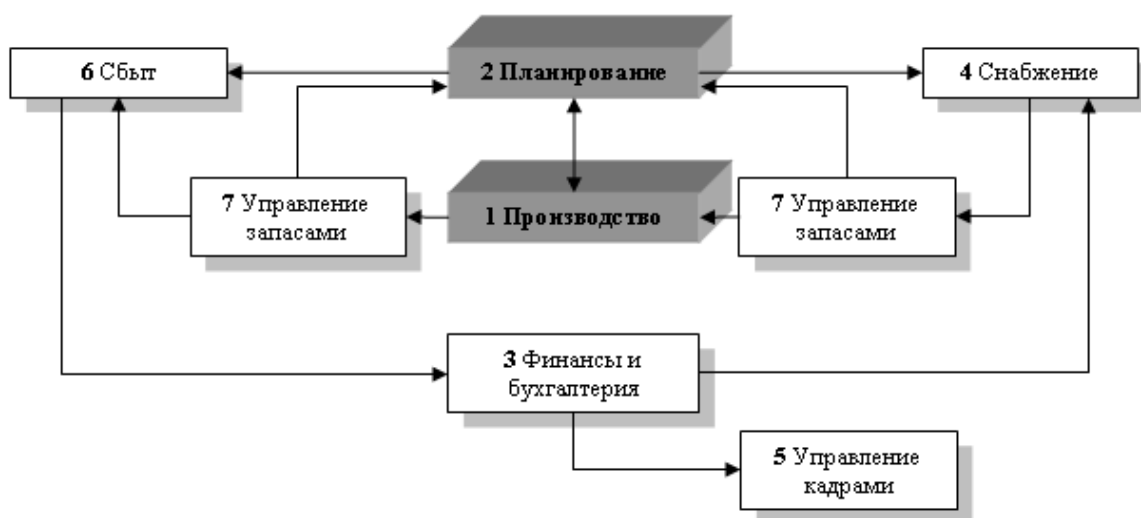


Рисунок 1 – Упрощенная взаимосвязь аспектов деятельности предприятия

Количество стратегий производства ограничено. Всего можно выделить четыре стратегии, которые применяются либо в «чистом виде», либо (что чаще) в различных сочетаниях применительно к группам продукции. К таким стратегиям производства относятся:

- производство на склад (make-to-stock), при котором планирование производства осуществляется в основном на основе прогноза спроса и имеющихся заказов клиента на готовую продукцию;
- сборка под заказ (assemble-to-order), при которой на основе прогноза спроса планируется изготовление узлов, используемых в большинстве наименований готовой продукции;
- производство под заказ (make-to-order), при котором производство конечной продукции и всех ее деталей планируется только под конкретный заказ клиента, а закупка материалов производится под прогноз спроса или под заказ;
- разработка под заказ (development-to-order), при которой не только производство конечной продукции и всех необходимых компонентов, но и закупка материалов, а также разработка изделия и подготовка конструкторско-технологической документации планируются только под конкретный заказ клиента.

Относительно типов производства можно сказать, что в настоящее время практика управления производством рассматривает два основных типа управления, которые отличаются структурой и концепцией построения:

- позаказное управление подразумевает управление по индивидуальным рабочим заданиям – заданиям на производство или заказ-нарядам на производство;
- поточное управление подразумевает управление по план-графикам [3].

Для того, чтобы ERP-система оправдывала ожидания управленческого персонала предприятия по аспектам планирования и диспетчеризации производства, функционал системы должен поддерживать ряд стандартных и специфических требований, предъявляемых к аспектам.

Стандартные требования обуславливаются стратегиями производства, перечень же специфических требований определяется отраслевыми особенностями и спецификой организации технологических процессов на конкретном предприятии. Рассмотрим аспекты концепции автоматизации производства и планирования на предприятиях полупроводникового производства, относящихся к наукоемкой отрасли.

Современные полупроводниковые приборы представляют собой чрезвычайно сложные устройства, отдельные компоненты которых имеют размеры не более доли микрометра. Изготовление таких устройств (тиристоров, диодов, резисторов и др.) осуществляется на монокристаллических полупроводниковых пластинах с использованием фотолитографии. Полупроводниковые пластины, предназначенные для формирования изделий микроэлектроники, характеризуются совершенной атомной структурой и высокой геометрической точностью. Для обеспечения этих качеств разработана оригинальная технология механической, химической и химико-механической обработки монокристаллических материалов, создано прецизионное оборудование, зачастую не имеющее аналогов в других отраслях народного хозяйства [4].

Технологический процесс производства полупроводниковых приборов включает комплекс процессов индивидуальной и групповой обработки, вид которой зависит от вида технологического процесса: шлифовки, гидромеханической отмычки, окисления, диффузии, эпитаксии, вакуумного напыления, фотолитографии, струйного травления, сплавления, теххимической обработки и испытания.

Каждой технологической операции присущи свои особенности. Сосредоточимся на тех, которые оказывают непосредственное влияние на концепцию автоматизации производства и планирования.

Процесс диффузии обеспечивает внедрение атомов легирующего элемента в кристаллическую решетку полупроводника для образования р-п-перехода. На участке диффузии используются диффузионные печи, в реакторах которых температура достигает порядка 2000 °С и выше. На производительность этого оборудования накладывается ограничение одновременного обрабатываемого количества. Причем в реактор можно загрузить только определенное сочетание диаметров полупроводниковых пластин в определенном количестве. Диффузия является сложным стохастическим процессом и в результате обработки на выходе можно получить структуру, непригодную для изготовления запланированного прибора, например, тиристора. В то же время, данная структура может оказаться годной в качестве сборочной единицы для диода. Таким образом, возникает вопрос о вычислении процента выхода годных изделий на участке диффузии и распределения изготовленных сборочных единиц под утвержденные заказы клиентов. Похожая ситуация характерна и для процесса испытаний. Отличие заключается в том, что после выполнения диффузии можно осуществить перевод прибора на другой тип, а после испытаний – на тот же тип прибора, но с другими рабочими параметрами.

Технологический маршрут производства полупроводниковых приборов включает этап измерения электрических параметров, классификации и испытания приборов (климатические, механические, электрические). С точки зрения автоматизации, особенность данной операции заключается в том, что, получив на вход полупроводниковую структуру для изготовления прибора с одними параметрами, на выходе можно получить структуру с параметрами, отличными от запланированных под заказ клиента параметров прибора. Но такая ситуация не всегда свидетельствует о непригодности структуры. В зависимости от направления отклонения фактических

параметров структуры от плановых, данная сборочная единица может быть использована для сборки в следующих вариантах:

– если значения параметров, полученных при измерении и испытании полупроводниковой структуры, выше (больше) плановых, то данную структуру можно использовать для сборки прибора, который можно соотнести как с целевым (плановым) заказом клиента, так и с каким-либо иным заказом клиента на прибор с параметрами, соответствующими измеренным (более дорогим, экономически выгодным заказом).

– если же значения параметров, полученных при измерении и испытании полупроводниковой структуры, ниже (меньше) плановых, то данную структуру можно использовать для сборки прибора, который можно соотнести только с каким-либо иным заказом клиента на прибор с параметрами, соответствующими измеренным.

Кроме особенностей технологии существует еще ряд специфических требований, предъявляемых к модели планирования и диспетчеризации производства:

– расчет объема производственных партий должен осуществляться как по алгоритмам разделения принятых заказов клиентов достаточно большого объема, так и с использованием методов консолидации, в случае принятия нескольких небольших заказов клиентов на однотипную готовую продукцию;

– при расчете плановых объемов производства должны учитываться нормативные коэффициенты выхода годных изделий, задаваемых для каждой производственной контрольной точки (участка, рабочего центра);

– производственные задания на последующую технологическую операцию должны учитывать этот нормативный коэффициент, а в случае фактического выполнения предыдущей технологической операции – фактически обработанное количество в партии.

Описанные специфические особенности и требования, предъявляемые предприятиями, производящими полупроводниковые приборы, не охватываются полностью стандартными решениями модулей планирования и диспетчеризации производства, которые предлагают существующие ERP-системы. Как следствие, требуется расширять и модифицировать соответствующие концепции, информационные структуры данных и стандартные алгоритмы решения в ERP-системе, ее соответствующие модули с учетом изложенных особенностей технологического процесса на предприятиях полупроводниковой отрасли, что представляет собой актуальную и достаточно интересную исследовательскую задачу.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Карминский А.М., Черников Б.В. Информационные системы в экономике: В 2-х ч. Ч. 1. Методология создания. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 336 с.
2. Самардак А.С. Корпоративные информационные системы. / ТИДОТ ДВГУ, 2003. – 262 с.
3. Питеркин С.В., Оладов Н.А., Исаев Д.В. Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 368 с.
4. Курносое А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. – М.: Высшая школа, 1986 г. – 368 с.

**Калинина Юлия Олеговна**

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Аспирант кафедры информационных систем

Тел.: 8(4862)45-46-47

E-mail: smilova@rambler.ru

УДК.681.58:620.92(063)

А.И. СУЗДАЛЬЦЕВ, Н.А. ЗАГОРОДНИХ,  
С.П. ПЕТРОВ, Н.А. САФРОНОВА

## НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ В АЛГОРИТМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПИКОВЫМИ ПОДОГРЕВАТЕЛЯМИ В ПОДСИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ (ЧАСТЬ 1)

*Представлена схема подсистемы теплоснабжения с пиковым подогревателем как часть комбинированной системы городского теплоснабжения. Рассмотрены математический аппарат и алгоритм нечеткой модели выработки управляющих воздействий в составе контроллера управления указанной подсистемой и компьютерная модель функционирования нечеткой модели.*

**Ключевые слова:** комбинированная система теплоснабжения; пиковый подогреватель; контроллер управления; нечеткие модели и алгоритмы управления; компьютерная нечеткая модель.

*The scheme of the heat supply subsystem with peak heater as a part of the combined municipal heat supply system was presented. The mathematical apparatus and algorithm of the fuzzy model of the control action in the control unit of the system stated, and the computer model of the fuzzy model functioning are considered.*

**Keywords:** combined heat supply system; peak heater; control unit; fuzzy model and control algorithms; and computer fuzzy model.

### ВВЕДЕНИЕ

Основной проблемой теплоснабжения городов России является разобщенность и независимость сотен отдельных тепловых источников, обеспечивающих потребителей города самостоятельно в отопительный период, несмотря на то, что большую часть города теплом может обеспечить когенерационная система теплоснабжения (КСЦТ) от ТЭЦ [1]. Указанное приводит к огромному перерасходу топлива (в основном газа), электроэнергии на поддержание работоспособности оборудования и других материальных ресурсов. Идея комбинированного теплоснабжения витает в умах ученых России [1], однако оптимальных решений не создано.

В настоящей статье рассматривается один из методов комбинированного теплоснабжения, включающий КСЦТ и параллельно подключенные подсистемы с пиковыми подогревателями. Основная идея метода заключается в том, что тепловые источники в подсистемах с пиковыми подогревателями активно работают только в пиковые моменты времени, когда при резком изменении температуры наружного воздуха за счет большого транспортного запаздывания теплоносителя в КСЦТ у потребителя температура теплоносителя выходит за пределы допуска, заданного температурным графиком. Так как управление пиковым подогревателем зависит от параметров, изменения которых не связаны между собой, носят случайный характер и трудно проследить закон изменения этих параметров, то ниже предлагается вариант управления температурой теплоносителя в подсистеме с пиковым подогревателем, основанный на алгоритмах управления с нечеткой моделью.

## СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПОДСИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПИКОВЫМ ПОДОГРЕВАТЕЛЕМ

На рисунке 1 представлена схема подсистемы теплоснабжения с пиковым подогревателем [2].

Система содержит ТЭЦ 1, подающий трубопровод 2, потребителей 20 и обратный трубопровод 3 с нагнетателем теплоносителя 4, причем потребители подключены к основному трубопроводу через теплообменник 7 подсистемы теплоснабжения, которая включает нагнетатель теплоносителя 10, пиковый подогреватель 13, работающей на газе, к которому подключен регулятор подачи газа 12, регулирующие органы теплоносителя 11.1 и 11.2, три датчика температуры 16, 19, 21 и контроллер 18, входы которого связаны с датчиками температуры, а выходы с регулирующим органом теплоносителя 11 (выход b), нагнетателем теплоносителя 10 (выход a) и с регулятором подачи газа 12 (выход c), при этом выход теплообменника 7 со стороны подсистемы подключен ко входу потребителей через клапан обратного действия 9 и регулирующий орган 11.2, нагнетатель теплоносителя 10 и пиковый подогреватель 13, выход которого подключен через потребителей 20 ко входу теплообменника 7 через регулирующий орган 11.1, причем первый датчик температуры 16 установлен в трубопроводе 15 на выходе пикового подогревателя, второй датчик температуры 19 установлен снаружи здания, в котором находится пиковый подогреватель, а третий датчик 21 расположен в подающем трубопроводе перед теплообменником 7 после регулятора порционного действия 6.

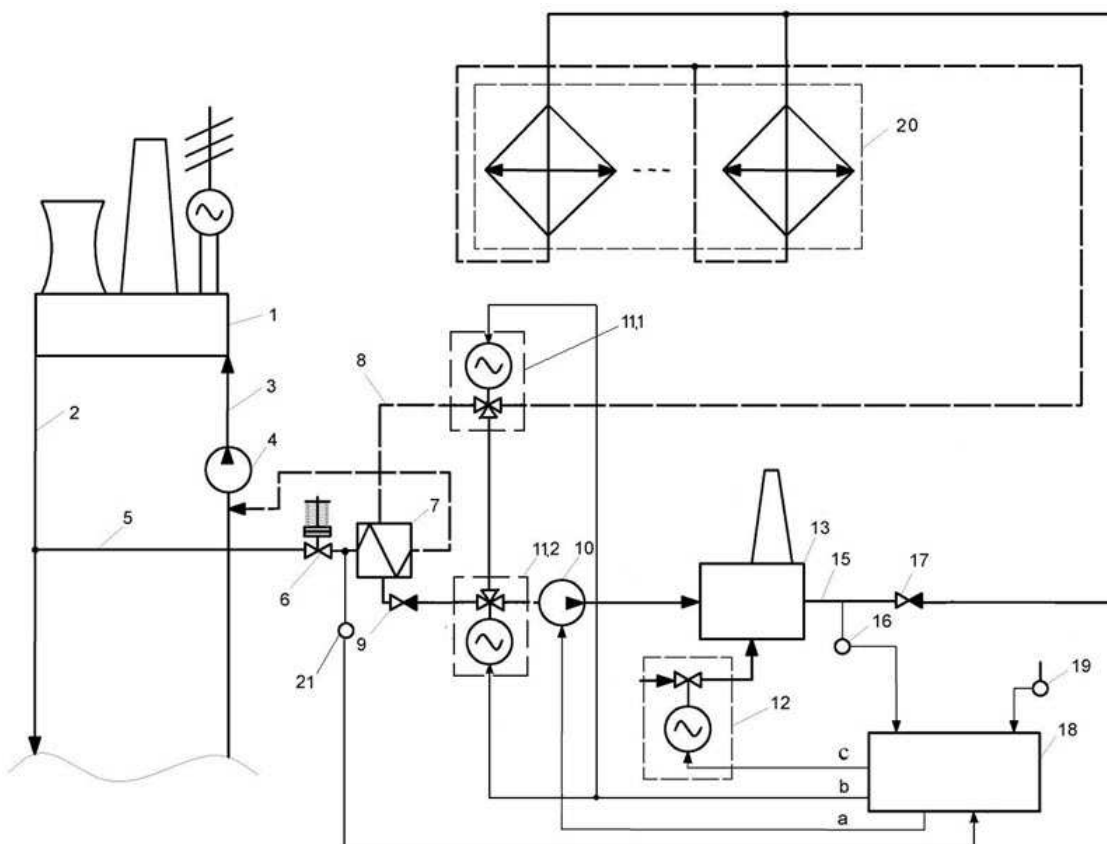


Рисунок 1 – Структурная схема подсистемы теплоснабжения с пиковым подогревателем

Регулирующие органы теплоносителя 11.1, установленного в трубопроводе после потребителей 20, и 11.2, установленного после теплообменника 7, работают таким образом, что при поступлении на них управляющего сигнала с контроллера 18 они направляют теплоноситель в обход теплообменника 7, а в обычном режиме – направляют теплоноситель через теплообменник 7, причем регулирующие органы 11 своим входом управления связаны с выходом b контроллера 18, а вход теплообменника 7 подсистемы теплоснабжения со стороны системы централизованного теплоснабжения подключен непосредственно к подающему 5 и обратному трубопроводу 3 системы централизованного теплоснабжения, при этом на одном из входов теплообменника 7 установлен регулятор порционного действия 6 и датчик температуры 21. В качестве пикового подогревателя 13 используется тепловой котел КВГМ (на практике в каждой котельной используются два котла), при этом вопросы аварийной защиты, подачи воздуха для горения газа, подачи подпиточной воды и удаления отводящих газов в данной статье не рассматриваются, так как они носят самостоятельные законченные контуры управления и широко описаны в литературе, например [3].

В качестве исполнительных регулирующих органов рассматриваются:

- исполнительный орган 11.1 и 11.2 – клапаны регулирующие трехходовые Clorius Controls 32M3F с электроприводом Clorius Controls типа VBA.
- исполнительный орган 12 – два клапана регулирующие односедельные фланцевые PN1.6МПа с электрическим исполнительным механизмом типа STmini, установленные в каждом котле, в связи с чем их диапазон изменения положения заслонки принимается в интервале 0 – 200%.

Рассмотрим общий принцип работы подсистемы теплоснабжения с пиковым подогревателем. С подающего трубопровода 2 с помощью регулятора порционного действия 6 в подсистему теплоснабжения с пиковым подогревателем поступает квота тепловой энергии на вход теплообменника 7 со стороны ТЭЦ. Контроллер 18 формирует управляющий сигнал на выходе «а» нагнетателю теплоносителя 10 и одновременно формирует второй управляющий сигнал на выходе «b» регулирующим органам 11.1 и 11.2, при этом нагнетатель теплоносителя 10 по напорной трубе подает теплоноситель из теплообменника 7 в источник тепловой энергии подсистемы теплоснабжения – пиковый подогреватель 13, который находится в выключенном состоянии, и далее потребителям 20 подсистемы теплоснабжения. В установившемся режиме горячий поток после потребителя подсистемы направляют к нагнетателю теплоносителя по трубопроводу 8 через регулирующие органы 11.1, теплообменник 7 и регулирующий орган 11.2.

При резком изменении температуры окружающего воздуха от ТЭЦ 1 в прямом трубопроводе 2 начинает поступать теплоноситель с измененной температурой в соответствии с температурным графиком, однако изменение температуры теплоносителя в теплообменник 7 подсистемы теплоснабжения придет с запаздыванием за счет протяженности трубопроводов. В этом случае срабатывает контроллер 18, который формирует сигнал управления на выходе «с» регулятору газа 12 включить подачу газа в пиковый подогреватель 13 в зависимости от показаний датчиков температуры 16 и 19. При поступлении через некоторое время теплоносителя с температурой от ТЭЦ в теплообменник 7 подсистемы теплоснабжения в соответствии с температурным графиком, о чем свидетельствуют показания датчика 21, контроллер 18 отключит подачу газа, т.е. потребители в подсистеме теплоснабжения не почувствуют резких изменений температурных комфортных условий. При завышенном значении температуры в трубопроводе 15 относительно температурного графика контроллер 18

переключит исполнительные органы 11.1 и 11.2 в положение, при котором теплоноситель от потребителей минует теплообменник 7. Тем самым произойдет снижение температуры в трубопроводе 15.

Описанное общее функционирование подсистемы теплоснабжения с пиковым подогревателем зависит от алгоритмов управления, закладываемых в контроллере 18. Так как изменение наружной температуры окружающего воздуха носит случайный характер, а температура теплоносителя на входе теплообменника и на выходе пикового подогревателя дополнительно зависит и от других факторов (большое транспортное запаздывание и потери в основном трубопроводе, изменяющиеся параметры тепловой сети подсистемы теплоснабжения с теплообменником и т.д.), то входные параметры контроллера (указанные температуры) не имеют однозначной функциональной связи как между собой, так и между ними и выходными параметрами контроллера. В этом случае в алгоритмах управления могут использоваться нечеткие модели [4].

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВХОДНЫХ И ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ В КОНТРОЛЛЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ**

Структурная схема контроллера управления с нечеткой моделью представлена на рисунке 2. Входные переменные:

$T_n$  – температура наружного воздуха;

$T_t, T_{tt}$  – температура теплоносителя в трубопроводе 15 соответственно измеренная и адаптированная к температурному графику;

$V_{Tn}(dT_n)$  – скорость изменения температуры наружного воздуха;

$T_t'$  – температура теплоносителя на входе теплообменника.

Выходные данные:

U1 – процент открытия регулирующих клапанов исполнительного механизма 12 (0; 60; 100; 160; 200%);

U2 – процент открытия регулирующего клапана каждого из исполнительных механизмов 11.1 и 11.2 (0, 100%).

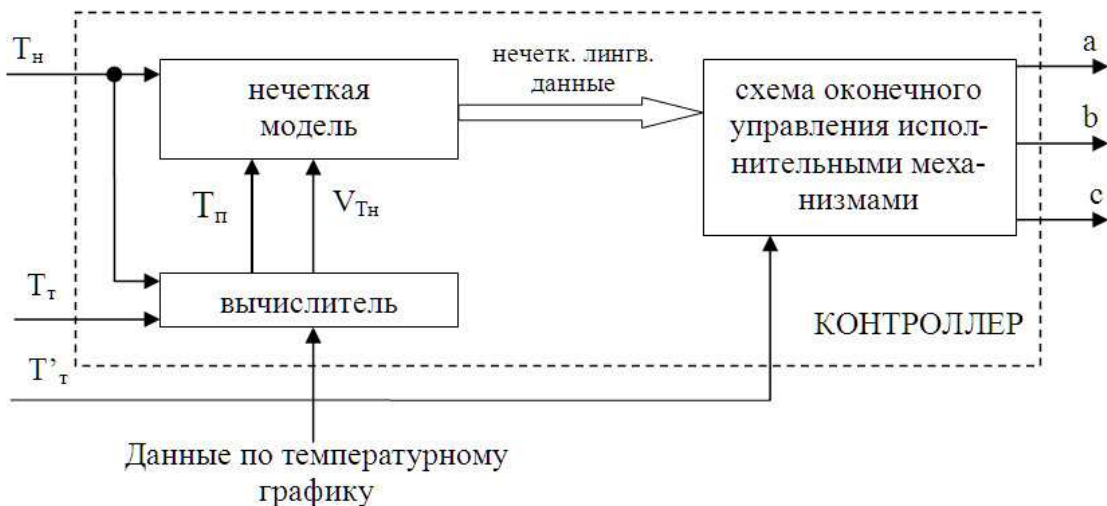


Рисунок 2 – Структурная схема контроллера управления с нечеткой моделью

Входы нечеткой модели (рисунок 2) представляют собой лингвистические переменные, причем некоторые из них вычисляются в вычислительном блоке.



Лингвистические переменные нечеткой модели поделены на соответствующие термы со следующими условными обозначениями:

NB – отрицательное большое;	PO – положительное близкое к нулю;
NM – отрицательное среднее;	PS – положительное малое;
NS – отрицательное малое;	PM – положительное среднее;
NO – отрицательное близкое к нулю;	PB – положительное большое.
ZO – близкое к нулю;	

Существует ряд методов построения по экспертным оценкам функции принадлежности нечеткого множества. Можно выделить две группы методов: прямые и косвенные методы.

Прямые методы определяются тем, что эксперт непосредственно задает правила определения значений функции принадлежности, характеризующей данное понятие. Примеры прямых методов: непосредственное задание функции принадлежности таблицей, перечислением или формулой.

В настоящей статье в качестве функций принадлежности взяты треугольная и трапециевидная формы. Треугольная функция принадлежности определяется тройкой чисел  $(a', b', c')$ , и ее значение в точке  $x$  вычисляется согласно выражению [5]:

$$\mu_i(X) = \begin{cases} \frac{x - a'}{b' - a'}; & x \in (a', b') \\ \frac{c' - x}{b' - a'}; & x \in (b', c') \\ 0; & x \notin (a'; c') \end{cases} \quad (3)$$

Трапециевидная функция принадлежности определяется четверкой чисел  $(a'', b'', c'', d'')$ , и ее значение в точке  $x$  вычисляется согласно выражению:

$$\mu_i(X) = \begin{cases} 0; & x < a'' \\ \frac{x - a''}{b'' - a''}; & a'' \leq x < b'' \\ 1; & b'' \leq x < c'' \\ \frac{d'' - x}{d'' - c''}; & c'' \leq x < d'' \\ 0; & d'' \leq x. \end{cases} \quad (4)$$

При этом общие диапазоны изменения переменных выбраны близкими к реальным:

$$T_n = (-35^{\circ}C \dots + 5^{\circ}C); T_{\text{п}} = (40^{\circ}C \dots 70^{\circ}C);$$

$$V_{T_n} = (-5^{\circ}C/\text{час} \dots + 5^{\circ}C/\text{час}); T_{\text{т}} = (60^{\circ}C \dots 90^{\circ}C).$$

Для термов  $T_n$ ,  $T_{\text{п}}$ ,  $V_{T_n}$  принята треугольная форма функции принадлежности (рисунки 3, 4, 5), а для выходных термов  $U_1$ ,  $U_2$  – трапециевидная форма (рисунки 6, 7).

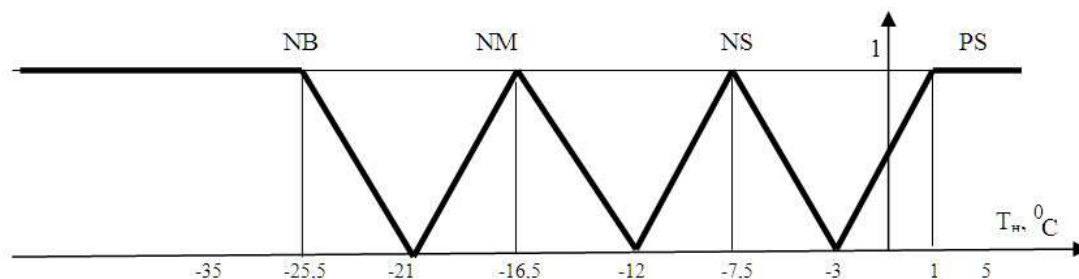


Рисунок 3 – Функция принадлежности лингвистической переменной «температура наружного воздуха  $T_n$ »

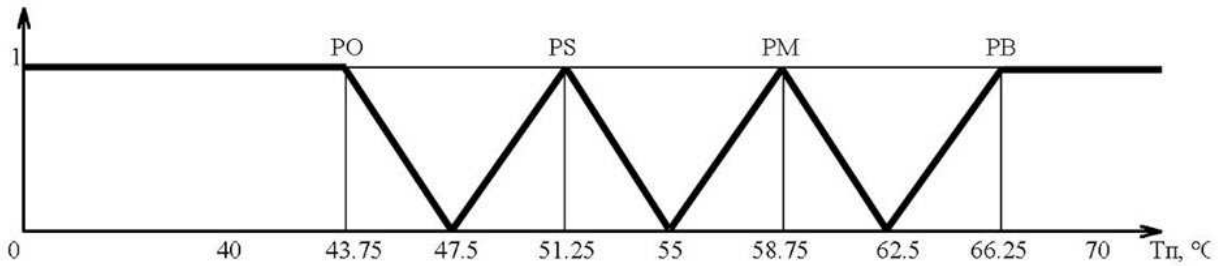


Рисунок 4 – Функция принадлежности лингвистической переменной «температура в подающем трубопроводе пикового подогревателя  $T_n$ »

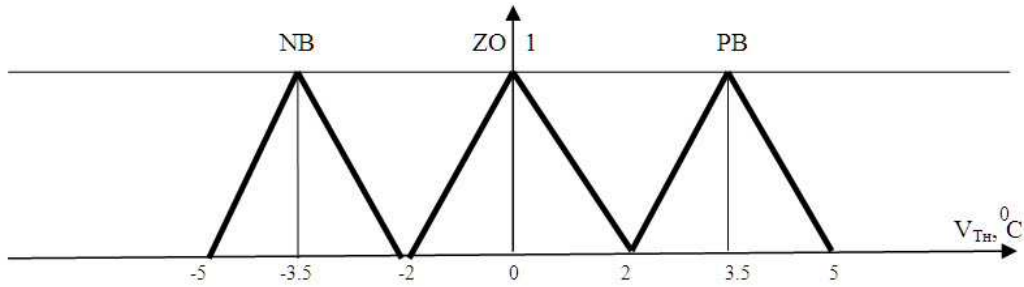


Рисунок 5 – Функция принадлежности лингвистической переменной «скорость изменения температуры наружного воздуха  $V_{Тн}$ »

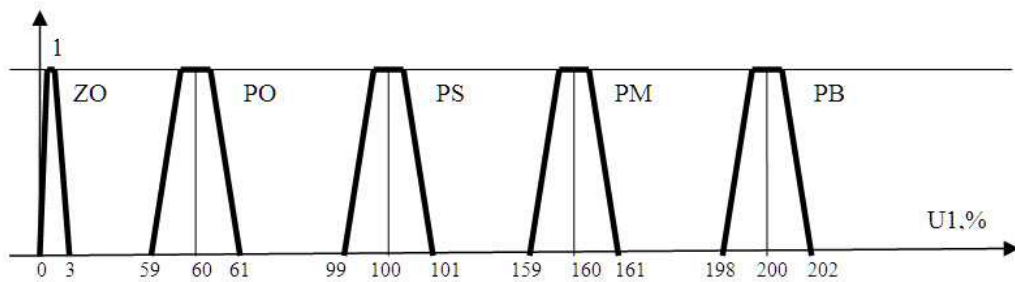


Рисунок 6 – Функция принадлежности лингвистической переменной  $U_1$

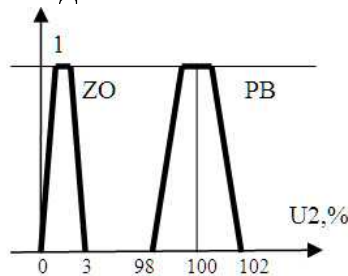


Рисунок 7 – Функция принадлежности лингвистической переменной  $U_2$

### УПРАВЛЯЮЩИЕ ПРАВИЛА В НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ

На основе анализа функций принадлежности входных и выходных параметров нечеткой модели разработаны управляющие правила, связывающие входные лингвистические данные с выходными.

Управляющие правила (27 правил), связывающие лингвистические значения входных и выходных переменных, имеют вид:

$$\text{''Если } T_n = A_i, T_n = B_i \text{ и } V_{Тн} = C_i, \text{ то } U_1 = D_i \text{ и } U_2 = E_i \text{''}, \quad (5)$$

где  $A_i, B_i, C_i, D_i, E_i$  – перечисленные выше значения лингвистических переменных.

Полный набор правил задается таблицей 2.

Таблица 2 – Набор управляющих правил

№	Тн (температура наружного воздуха)	Тп (адаптированная к температурному графику температура теплоносителя после котла)	VT <sub>н</sub> (скорость изменения Тн)	U1 (положение исполнительного органа подачи газа)	U2 (положение исполнительного органа подачи теплоносителя)	
1	NB (отриц. больш.)	PO (полож. близкая к нулю)	NB, ZO	PB	ZO	
2			PB	PM	ZO	
3		PS (полож. малая)	NB	PM	ZO	
4			ZO	PS	ZO	
5		PM (полож. средн.)	PB	PO	ZO	
6			NB	PS	ZO	
7		PB (полож. большая)	ZO	PO	ZO	
8			PB	ZO	ZO	
9		NM (отриц. средн.)	PO (полож. близкая к нулю)	NB, ZO	ZO	ZO
10				PB	ZO	PB
11	NB			PB	ZO	
12	ZO		PS	ZO		
13	PB		PO	ZO		
14	PS (полож. малая)		NB	PS	ZO	
15			ZO	PO	ZO	
16	PM (полож. средн.)		PB	ZO	ZO	
17			NB	PO	ZO	
18	PB (полож. большая)		ZO, PB	ZO	PB	
19		любая	ZO	PB		
20	NS (отриц. малая)	PO (полож. близкая к нулю)	NB	PS	ZO	
21			ZO	PO	ZO	
22			PB	ZO	ZO	
23		PS (полож. малая)	NB	PO	ZO	
24			ZO, PB	ZO	PB	
25	PM (полож. средн.), PB	любая	ZO	PB		
26	PS (полож. малая)	любая	любая	ZO	ZO	
27		PS, PM, PB	любая	ZO	PB	

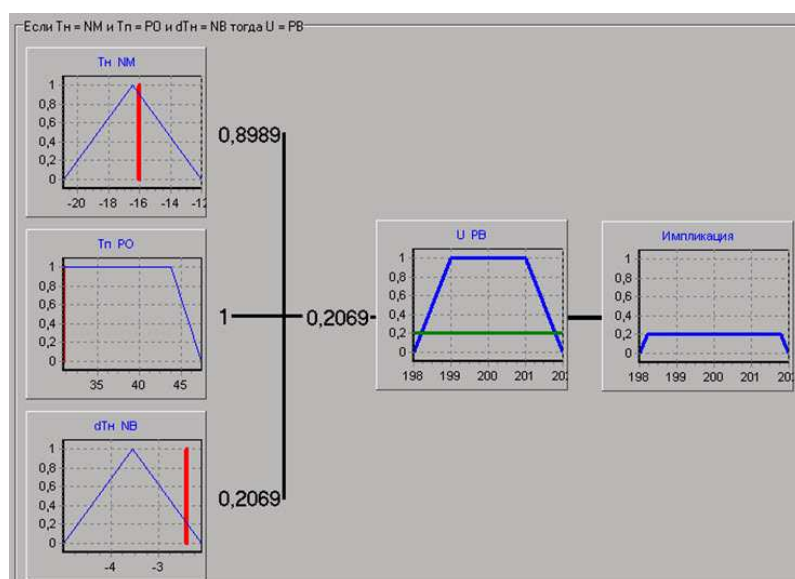


Рисунок 8 – Выполнение одного из правил управления (строка 11 в таблице 2)

На рисунке 8 представлено выполнение одного из правил управления.

Набор управляющих правил получен путем экспериментального наблюдения и измерения указанных в статье параметров в процессе отопительного сезона в отдельных подсистемах теплоснабжения города Орла, их обработки и экспертной оценки специалистами данного профиля.

Однако их эффективное использование в реальных системах управления требует дополнительной проверки на стендах или на имитационных моделях.

(Часть II статьи будет опубликована в следующем номере журнала  
«Информационные системы и технологии».)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петров С.П., Маяков М.Н. Анализ и синтез системы управления процессом передачи тепловой энергии в когенерационной системе централизованного теплоснабжения; под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева.– Орел: ИД «Орлик и К», 2009.– 316 с.
2. Патент на полезную модель № 72748 РФ, МПК F 24 D 3/02. Система централизованного теплоснабжения / А.И. Суздальцев, С.П. Петров, Н.А. Загородних. – Оpub. 27.04.08. Бюл. № 12.
3. Семёнов Д.С. Методика синтеза многосвязной системы управления отоплением в индивидуальном тепловом пункте. Автореферат на соискание уч. степени к.т.н. по спец. 05.13.01.– Братск: Братский ГУ, 2008.
4. Захаров В.Н., Улянов С.В. Нечеткие модели интеллектуальных промышленных регуляторов и систем управления. – IV.– Имитационное моделирование// Изв. РАН. Техническая кибернетика.– 1994. – №5.– с.169-211.
5. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон./ К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

### **Суздальцев Анатолий Иванович**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Доктор технических наук, профессор  
Тел.: 8(4862)76-28-62  
E-mail: suzdalcev\_a\_i\_@mail.ru

### **Загородних Николай Анатольевич**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Аспирант  
Тел.: 8(4862)41-79-12  
E-mail: nick2112@mail.ru

### **Петров Сергей Петрович**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Кандидат технических наук, доцент  
Тел.: 8(4862)76-02-68  
E-mail: solnce@rekom.ru

### **Сафронова Наталья Анатольевна**

Орловский государственный технический университет, г. Орел  
Старший преподаватель  
Тел.: 8(4862)70-41-24  
E-mail: pteivs@ostu.ru

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ**

УДК 621.391.814.2

А.И. ВОЙЦЕХОВСКИЙ

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ СВЯЗИ**

*В статье рассматривается методика оценки устойчивости сети связи. Особенностью методики является использование термина «устойчивость» сети связи с позиций пользователя услугами связи. Статья может быть полезна тем, кто заинтересован проблемами сетей связи и систем коммутации.*

**Ключевые слова:** методика; устойчивость; сеть связи; полюс сети; функционирование.

*Way is considered in article for estimation of stability telecommunications. The Particularity of the way there is use the term «stability of» telecommunications with standpoint user. The article is useful to people interested in the problems of communication networks and switching systems.*

**Keywords:** methods; stability; network communication; pole to network; operation.

Функционирование сетей связи в интересах обеспечения процесса управления производством, организацией, регионом и т.п. происходит в различных мешающих условиях. При этом на сеть связи и ее элементы (узлы, линии) воздействуют дестабилизирующие факторы, различные по природе происхождения и характеру проявления. Наиболее остро воздействие на сеть связи дестабилизирующих факторов проявляется в условиях кризисных ситуаций [1, 2].

Устойчивость сети связи является одним из основных свойств, характеризующих качество информационно-телекоммуникационного обеспечения процессов управления и повышения эффективности органов управления. В условиях кризисных ситуаций наличие устойчивой сети связи является непременным условием эффективности процесса управления [3, 4].

**ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Анализ существующих методик оценки устойчивости сетей связи показал, что практически все методики имеют целью оценку объектовой (элементной) или/и структурной устойчивости сети, а последующее определение качества услуг связи осуществляется путем свертки частных показателей качества сети связи. По результатам этих оценок администраторами сетей связи принимаются решения о построении, совершенствовании или развитии сетей.

Однако в ряде работ указывается на то, что оценка устойчивости систем различного назначения должна производиться относительно основного целевого эффекта, реализуемого системой [5-7 и др.]. При оценке устойчивости сетей связи целевой эффект интерпретируется как качество функционирования сетей связи или качество обслуживания пользователей. В этих условиях будем говорить об оценке *устойчивости функционирования* сетей.

**Определение 1.** Под *функционированием* сети связи будем понимать процесс обслуживания элементами сети потоковых требований (вызовов) пользователей в условиях кризисных ситуаций.

**Определение 2.** Под устойчивостью функционирования сети связи понимают способность сети связи выполнять заданные функции (обслуживание вызовов) в установленном объеме с требуемым уровнем качества в течение определенного периода или в произвольный момент времени при воздействии различных дестабилизирующих факторов [8].

Устойчивость сети связи определяется тремя группами факторов (рисунок 1) [9]:

1. Потоки вызовов от пользователей на предоставление различных услуг связи  $Q(t)$ .
2. Дестабилизирующие факторы, создающие поток дестабилизирующих воздействий  $W(t)$ .
3. Стабилизирующие воздействия  $U(t)$ .

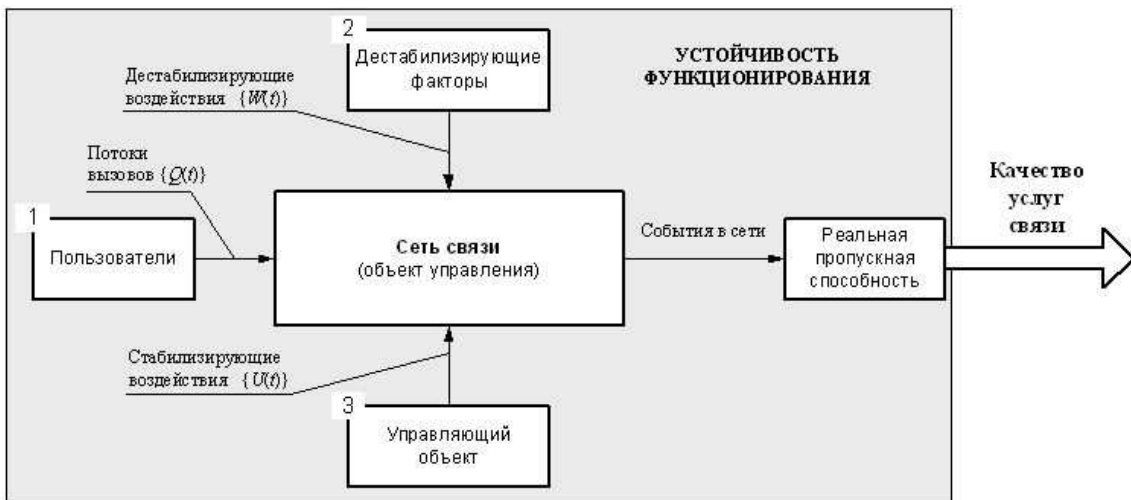


Рисунок 1 – Факторы, определяющие устойчивость сети связи

Различные внешние условия, в которых функционируют сети связи, характеризуются различной степенью проявления и взаимодействия перечисленных групп факторов и различной степенью проявления свойств сети связи, характеризующих ее устойчивость [9]. К числу таких свойств можно отнести пропускную способность сети, мобильность, управляемость и т.п. [8]. Данные свойства подробно представлены в различных источниках [5, 6, 8, 9 и др.] и в данной работе не рассматриваются.

Процесс обслуживания элементами сети связи потоковых требований (вызовов) пользователей характеризуется качеством обслуживания (QoS – quality of service).

**Определение 3.** Качество обслуживания – это комплексная характеристика степени удовлетворения пользователя предоставленными услугами связи, которая характеризуется вероятностью потерь вызовов ( $P$ ) и/или вероятности превышения времени ожидания ( $P(T_{ож} > \tau)$ ) [10].

Таким образом, цель функционирования сети связи формализуется выражением вида:

$$P \leq P^{треб}, \tag{1}$$

где  $P^{треб}$  – требуемая (максимальная) вероятность потерь вызовов в сети, задаваемая требованиями пользователей или определяемая на основании дополнительных исследований.

Потоки информации в сети связи формируют информационные направления. Наличие информационных направлений в сети связи обусловлено процессом информационно-телекоммуникационного обмена между пользователями (группами пользователей – рабочие и оперативные группы, предприятия, организации, органы управления и т. п.) в процессе их деятельности.

**Определение 4.** Информационное направление  $(i - j)$  – часть сети связи, обеспечивающая телекоммуникационное взаимодействие между двумя группами пользователей. В дальнейшем информационное направление будет обозначаться в круглых скобках.

С точки зрения пользователя услугами связи устойчиво функционирующее информационное направление сети связи должно обеспечить телекоммуникационное взаимодействие между двумя группами пользователей со значением показателя качества обслуживания вызовов  $P(i - j)$  не хуже требуемого  $P^{\text{треб}}$ . Поэтому в дальнейшем основным элементом, подлежащим изучению с точки зрения устойчивости функционирования сети связи, будет являться информационное направление  $(i - j)$  между двумя группами пользователей.

Таким образом, цель функционирования сети связи может заключаться в обслуживании вызовов в каждом информационном направлении с вероятностью потерь не более требуемой, т.е.:

$$P(i - j) \leq P^{\text{треб}}. \quad (2)$$

Каждой группе пользователей для осуществления телекоммуникационного обмена предоставляется некоторый набор услуг связи, обеспечение которых возложено на совокупность объектов связи различных операторов связи.

**Определение 5.** Полюс сети связи – совокупность объектов связи различных операторов связи, предоставляющих определенный набор услуг связи одной группе пользователей.

Таким образом, возникает задача разработки методики оценки устойчивости функционирования сети связи с точки зрения динамики изменения качества предоставляемых услуг связи в информационных направлениях с учетом степени проявления основных структурных и функциональных свойств сети и ее элементов, определяющих устойчивость сети в кризисных ситуациях:

$$P(i - j) = f(C^{\Phi}, C^C) \Big|_{U \in \Omega_U}, \quad (3)$$

где  $P(i - j)$  – вероятность потерь вызовов в информационном направлении  $(i - j)$ ;  $C^{\Phi}(C^C)$  – показатели соответственно функциональных и структурных свойств сети связи, определяющих устойчивость;  $f(\cdot)$  – функция, отражающая взаимосвязь показателей качества услуг сети связи и показателей функциональных и структурных свойств сети;  $U$  – показатель условий функционирования сети;  $\Omega_U$  – область допустимых значений показателя условий функционирования, характеризующая кризисную ситуацию.

## ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ

При рассмотрении устойчивости с точки зрения функционирования информационного направления сети связи выбираемый показатель должен отражать процесс функционирования информационного направления и изменения в этом процессе с течением времени.

Как показано выше, пользователю требуется обеспечить телекоммуникационное взаимодействие в информационном направлении с качеством, не хуже требуемого. Основным показателем качества обслуживания вызовов является вероятность потерь вызовов в информационном направлении  $P(i - j)$ .

В случаях воздействия дестабилизирующих факторов на элементы сети качество телекоммуникационного взаимодействия в информационном направлении может оказаться хуже требуемого. Данное состояние информационного направления, как двухполюсной сети, можно классифицировать как отказ.

**Определение 6.** Отказ информационного направления – состояние элементов, составляющих информационное направление, при котором значение вероятности потерь в нем превышает требуемое значение.

В случае осуществления системой управления восстановительных мероприятий качество телекоммуникационного взаимодействия в информационном направлении может повышаться, что классифицируется как исправное состояние.

**Определение 7.** Под *исправным состоянием* информационного направления понимается такое состояние элементов, составляющих информационное направление, при котором значение вероятности потерь в нем не превышает требуемого значения.

Таким образом, в процессе функционирования информационного направления в условиях кризисных ситуаций из-за воздействия дестабилизирующих факторов, ухудшающих значение вероятности потерь, и стабилизирующих воздействий, снижающих вероятность потерь, характеризуется чередованием состояний исправного состояния и отказов информационного направления (рисунок 2).

Для оценки устойчивости функционирования элементов сетей связи за некоторый промежуток времени  $\Delta t = [t_0, t_{k_{\max}}]$  в большинстве случаев используют безусловную вероятность выживания элемента [8]. Безусловная вероятность выживания может характеризовать *невосстанавливаемые* элементы сети связи – стационарные объекты связи, мобильные или контейнерные средства связи, а в некоторых случаях и направления связи.

Учитывая то обстоятельство, что в качестве объекта исследования устойчивости выступает информационное направление (а не отдельный объект связи), процесс функционирования которого может быть представлен как чередование периодов исправной работы и отказов, в качестве показателя устойчивости функционирования предлагается применять показатели для *восстанавливаемых* технических объектов, в частности, коэффициент исправного действия информационного направления  $K_{ид(i-j)}$ , определяемый как отношение времени исправного состояния к общему времени функционирования сети связи:

$$K_{ид}(i - j) = \frac{t_{и}(i - j)}{T_{\phi}}, \quad (4)$$

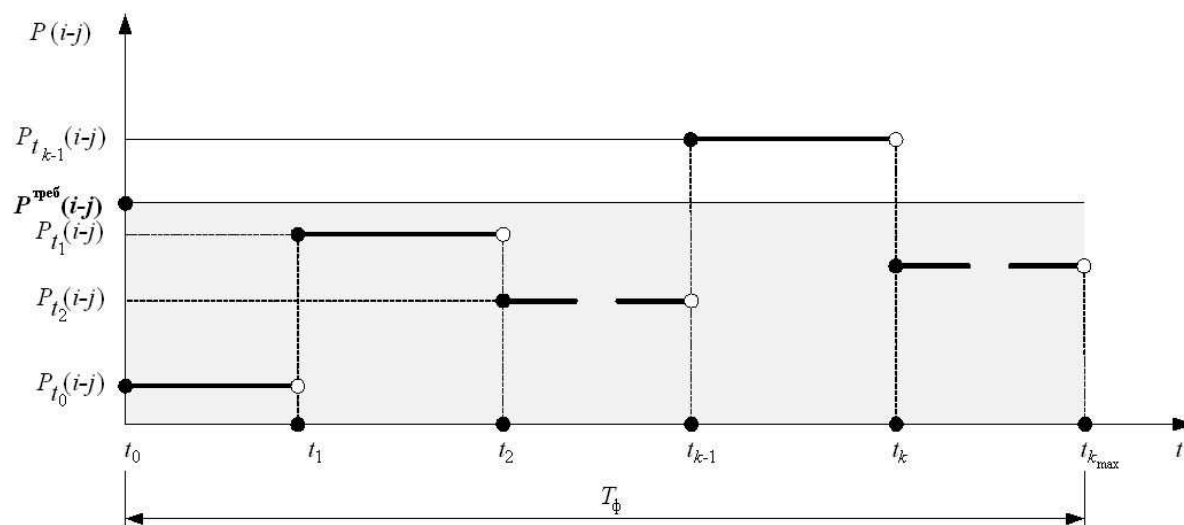
где  $t_{и}(i - j)$  – время, в течение которого состояние информационного направления определяется как исправное;  $T_{\phi}$  – общее время функционирования сети связи.

Время, в течение которого состояние информационного направления определяется как исправное  $t_{и}(i - j)$ , формализуется выражением:

$$t_{и}(i - j) = \sum_{k=1}^{k_{\max}} (t_k - t_{k-1}) \Big| P_k(i - j) \leq P^{треб}, \quad (5)$$

где  $k$  – текущий шаг функционирования;  $k_{\max}$  – максимальный шаг функционирования в течение времени  $T_{\phi}$ ;  $t_k$ ;  $t_{k-1}$  – время, соответствующее  $k$ -му и  $(k - 1)$ -му шагам функционирования.





**Рисунок 2 – Процесс функционирования информационного направления в условиях кризисных ситуаций**

### ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ МЕТОДИКИ

Основные этапы методики представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Основные этапы методики оценки устойчивости функционирования сети связи**

Исходными данными для проведения оценки являются:

1. Перечень полюсов сети связи:

$$\mathbf{U} = \{U_i\} = \{U_1 \dots U_i \dots U_N\}, \quad (6)$$

где  $N$  – общее количество полюсов сети связи ( $i = \overline{1, N}$ ).

2. Совокупность информационных направлений сети связи в виде матрицы мощностей вида  $\|Z(i - j)\|$ , где каждый элемент матрицы  $Z(i - j)$  представляет собой нагрузку между  $i$ -ой и  $j$ -ой группами пользователей.

Нагрузка в информационном направлении образуется потоком информации, который характеризуется интенсивностью ( $\lambda$ ) и средним временем передачи заявок различных видов связи ( $t_{\text{пер}}$ ) и определяется:

$$Z(i - j) = \lambda(i - j) \cdot t_{\text{пер}}(i - j). \quad (7)$$

При этом интенсивность нагрузки определяется числом пользователей, а время передачи заявок – объемом сообщений.

При проведении расчетов предполагается, что поток вызовов в информационном направлении симметричен и постоянен, т.е.  $Z(i - j) = Z(j - i) = \text{const}$ , при этом интенсивность симметричного потока вызовов определяется, исходя из среднего числа пользователей в  $i$ -ой и  $j$ -ой группах.

Нагрузка в информационных направлениях определяется путем статистических испытаний или наблюдений.

3. Перечень ресурсов сети связи, обеспечивающих телекоммуникационное взаимодействие:

$$\mathbf{C} = \{C_h\} = \{C_1 \dots C_h \dots C_H\}, \quad (8)$$

где  $H$  – общее количество ресурсов сети связи ( $h = \overline{1, H}$ ).

4. Отношения между элементами сети связи, определяющие степень взаимосвязи элементов между собой. Отношения могут задаваться с использованием матриц инцидентности, например, матрицы инцидентности  $A$  – «полюса сети связи – ресурсы сети» размером  $i \times h$ :

$$A = \|a_{i,h}\|, \text{ где } a_{i,h} = \begin{cases} 1, \text{ если } u_i \in c_h \\ 0, \text{ если } u_i \notin c_h \end{cases}. \quad (9)$$

Задание отношений между элементами сети связи, формализованные с использованием матриц инцидентности, позволяют учитывать взаимосвязь элементов сети связи в процессе их функционирования, а именно выход из строя одних элементов при выходе из строя взаимозависимых в условиях кризисных ситуаций.

5. Функциональные характеристики сети связи, характеризующие процесс обслуживания вызовов пользователей. Составляемые при этом маршруты для передачи информации должны удовлетворять двум заранее определенным параметрам, а именно максимальному рангу маршрута ( $z_1$ ) и максимальному количеству независимых маршрутов передачи информации ( $z_2$ ). Данные параметры характеризуют сетевой алгоритм [5] сети связи  $\mathbf{F}$ , под которым понимается совокупность ограничений по выбору путей передачи информации между ее полюсами:

$$\mathbf{F} = \{z_1, z_2\}, \quad (10)$$

Формирование параметров внешних условий функционирования, определяющиеся кризисной ситуацией, осуществляется на основе моделей или концепций дестабилизирующих и стабилизирующих воздействий [11].

При этом формализуется процесс выхода из строя (выражение (11)) и

восстановления (выражение (12)) элементов сети связи с корректировкой показателя вероятности потерь вызовов в информационном направлении:

$$\text{var}P(i-j) = f [Q(t), W(t)] , \quad (11)$$

$$\text{var}P(i-j) = f [Q(t), U(t)] , \quad (12)$$

где  $W(t) = \varphi(\mathbf{U}, \mathbf{C}, A)$  – функциональная зависимость, формализующая степень воздействия дестабилизирующих факторов в условиях кризисных ситуаций;  $U(t) = \gamma(\mathbf{U}, \mathbf{C}, A)$  – функциональная зависимость, формализующая степень восстановления элементов за счет стабилизирующих факторов в условиях кризисных ситуаций.

Применение выбранного показателя устойчивости связано с необходимостью наличия апостериорных данных о динамике функционирования сети за время  $T_{\phi}$ . Решение этой задачи возможно с использованием аналитико-имитационной модели функционирования сети связи, обеспечивающей исходными данными по динамике изменения качества обслуживания вызовов за время  $T_{\phi}$ . В указанной модели предполагается использование методов имитационного моделирования для оценки влияния дестабилизирующих и стабилизирующих факторов на структуру сети, а использование аналитических методов – для оценки качества обслуживания вызовов с учетом сложившейся к настоящему времени структуры.

Однако при применении методов имитационного моделирования необходимо обеспечить компромисс между точностью и надежностью вычислений и минимально необходимым объемом выборки [12]. Более подробно модель функционирования сети связи в условиях кризисных ситуаций будет рассмотрена в последующих работах. По результатам моделирования обработка статистики осуществляется в соответствии со следующими выражениями:

1. Среднее время, в течение которого состояние информационного направления определяется как исправное  $\bar{t}_n(i-j)$  в  $W$  реализациях модели:

$$\bar{t}_n(i-j) = \frac{\sum_{w=1}^W t_n^w(i-j)}{W} , \quad (13)$$

где  $t_n^w(i-j)$  – время, в течение которого состояние информационного направления определяется как исправное в  $w$ -й реализации модели. Определяется аналогично выражению (5).

2. Средний коэффициент исправного действия информационного направления  $\overline{K}_{ид}(i-j)$ , отражающий усредненное по выборкам значение коэффициента исправного действия:

$$\overline{K}_{ид}(i-j) = \frac{\sum_{w=1}^W K_{ид}^w(i-j)}{W} , \quad (14)$$

где  $K_{ид}^w(i-j)$  – коэффициент исправного действия информационного направления в  $w$  [U+2011]й реализации модели. Определяется аналогично выражению (4).

Формирование оценки устойчивости сети связи осуществляется путем сравнения полученного значения среднего коэффициента исправного действия каждого информационного направления  $\overline{K}_{ид}(i-j)$  с требуемым значением  $K_{ид}^{треб}(i-j)$  и формализуется выражением:

$$\begin{cases} \text{ИН устойчиво} \Leftrightarrow \forall i, j \in N : \overline{K}_{ид}(i-j) \geq K_{ид}^{треб}(i-j); \\ \text{ИН неустойчиво} \Leftrightarrow \forall i, j \in N : \overline{K}_{ид}(i-j) < K_{ид}^{треб}(i-j). \end{cases} \quad (15)$$

## ВЫВОДЫ

Представленная методика позволяет оценить динамику изменения качества обслуживания вызовов групп пользователей в информационных направлениях через коэффициент исправного действия информационного направления. Оценка устойчивости сети связи в целом определяется совокупностью показателей устойчивости всех информационных направлений, входящих в сеть связи. По каждому направлению, не удовлетворяющему пользователей по вероятности потерь вызовов, администратор сети может принимать отдельные решения по их совершенствованию за счет имеющихся ресурсов.

Результаты оценки могут быть интерпретированы для предъявления обоснованных требований к объектам сетей связи, входящим в рассматриваемое информационное направление.

Дальнейшие исследования будут касаться разработки аналитико-имитационной модели функционирования сети связи в условиях кризисных ситуаций для решения задачи получения данных по динамике функционирования сети за время  $t_{\phi}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Российская Федерация. Законы. О чрезвычайном положении [№ 3-ФЗ от 30 мая 2001 г.] : федер. конст. закон.
2. Российская Федерация. Законы. О противодействии терроризму [№ 35-ФЗ от 6 марта 2006 г.] : федер. закон.
3. Российская Федерация. Законы. О связи : федер. закон : [принят Государственной Думой 18 июня 2003 года]
4. Мининформсвязи РФ. Приказы. Об утверждении Требований к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования [№ 113 от 27 сентября 2007 г.].
5. Дудник Б. Я., Овчаренко В. Ф., Орлов В. К. и др. Надежность и живучесть систем связи; под ред. Б. Я. Дудника. – М.: Радио и связь, 1984. – 216 с.
6. Стекольников Ю. И. Живучесть систем / Ю. И. Стекольников. – СПб. : Политехника, 2002. – 155 с.: ил.
7. Острейковский В. А. Анализ устойчивости и управляемости динамических систем методами теории катастроф : учеб. пособие для вузов. – М. : Высш. шк., 2005. – 326 с.
8. Ломовицкий В.В., Михайлов А.И., Шестаков К.В., Щекотихин В.М. Основы построения систем и сетей передачи информации: Учебное пособие для вузов. Под. ред. В. М. Щекотихина – М.: Горячая Линия-Телеком, 2005. – 382 с.: ил.
9. Войцеховский А. И. Оценка устойчивости сетей связи // Известия ОрелГТУ. Материалы III Международной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и производстве». Том 3. – 2008. – №1-4/269(544). – С. 177-181.
10. ГОСТ 19472-88. Система автоматизированной телефонной связи общегосударственная.
11. Сычев К. И. Многокритериальное проектирование мультисервисных сетей связи: монография. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 272 с. : ил.
12. Шеннон Р. Ю. Имитационное моделирование систем – искусство и наука; пер. с англ. Е. К. Масловский. – М. : Изд-во «Мир», 1978. – 421 с.

**Войцеховский Антон Игоревич**

Академия ФСО России, г. Орел

Адъютнт

Тел.: 8-906-664-31-17

E-Mail: a23207@rambler.ru

УДК 004.738.057.4

П.А. СЫСОЕВ, В.Т. ЕРЕМЕНКО

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОТОКОЛЬНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ TCP RENO И TCP VEGAS В СЕТИ С ОГРАНИЧЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ

*В статье рассматривается распределение ресурсов между реализациями протокола транспортного уровня TCP Reno и TCP Vegas при взаимодействии в сети с ограниченной производительностью. Учитывается влияние на работу реализаций протокола алгоритмов управления очередями в буферах маршрутизаторов с процедурами «сброс хвоста» и случайное раннее обнаружение.*

**Ключевые слова:** *протокольные реализации; распределение ресурсов; управление перегрузкой; сброс хвоста; случайное раннее обнаружение.*

*In article is considered distribution of resources between realizations of the protocol of transport level TCP Reno and TCP Vegas at interaction in a network with the limited productivity. For work of realizations is allowed influence of algorithms of queue control in buffers of routers with procedures «drop tail» and random early detection.*

**Keywords:** *protocol realization; distribution of resources; congestion control; drop-tail; random early detection.*

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день наблюдается тенденция к всеобщему переходу на стек протоколов TCP/IP. Основным транспортным протоколом является TCP (Transmission Control Protocol, RFC 793). На протокол возложена задача надежной передачи данных через ненадежную среду. В частности, протокол TCP обеспечивает управление потоками и перегрузками.

С момента начальной публикации (RFC 793) протокол претерпел ряд изменений, целью большинства из которых являлось улучшение механизма управления потоком. Появилось несколько реализаций протокола, например, TCP Reno, TCP Tahoe. Однако TCP Tahoe и Reno (и их варианты), широко используемые в промышленных и глобальных сетях, несовершенны в плане пропускной способности и механизмов распределения ресурсов сети. Поэтому продолжают исследования TCP и предлагаются механизмы усовершенствования [1–4]. В реализации протокола TCP Vegas [5, 6] динамически изменяется размер окна передачи данных согласно наблюдаемому времени обращения пакетов RTT (Round-Trip Time), тогда как TCP Tahoe и TCP Reno продолжают увеличивать размер окна вплоть до обнаружения потери пакета. При моделировании и проведении экспериментов TCP Vegas показал пропускную способность до 40% выше, чем TCP Reno [5]. В данном случае не учитывался алгоритм управления очередями в маршрутизаторах с процедурой случайного раннего обнаружения (RED, Random early detection). В [7] исследуется задача, в которой единственное соединение TCP Reno делит узел с соединением TCP Vegas.

Цель работы заключается в оценке взаимодействия протокольных реализаций TCP Reno и TCP Vegas в сети с ограниченной производительностью.

### АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКОЙ

Сущность механизма предотвращения перегрузки TCP заключается в динамическом управлении размером окна согласно уровню перегрузки сети [8].

В TCP Reno при нормальной ситуации размер окна меняется циклически. Размер окна увеличивается до тех пор, пока не произойдет потеря сегмента. TCP Reno имеет две фазы изменения размера окна: фаза медленного старта и фаза предотвращения перегрузки. При получении отправителем подтверждения доставки (АСК, acknowledgement) в момент времени  $t + t_A$ , текущее значение размера окна перегрузки  $cwnd(t)$  преобразуется в  $cwnd(t + t_A)$  согласно (1):

$$cwnd(t + t_A) = \begin{cases} \text{фаза медленного старта:} \\ cwnd(t) + 1, \text{ if } cwnd(t) < ssth(t); \\ \text{фаза предотвращения перегрузки} \\ cwnd(t) + \frac{1}{cwnd(t)}, \text{ if } cwnd \geq ssth(t); \end{cases} \quad (1)$$

где  $ssth(t)$  – значение порога перехода из фазы медленного старта в фазу предотвращения перегрузки.

Когда в результате тайм-аута детектируется потеря пакета значения  $cwnd(t)$  и  $ssth(t)$  обновляются следующим образом:

$$cwnd(t) = 1; ssth(t) = \frac{cwnd(t)}{2}. \quad (2)$$

Если же потеря пакета детектируется согласно алгоритму быстрой повторной передачи,  $cwnd(t)$  и  $ssth(t)$  обновляются иначе:

$$ssth(t) = \frac{cwnd(t)}{2}; cwnd(t) = ssth(t). \quad (3)$$

TCP Reno после этого переходит в фазу быстрого восстановления. В этой фазе размер окна увеличивается на один пакет при получении дублированного АСК. С другой стороны,  $cwnd(t)$  делается равным  $ssth(t)$ , когда приходит недублированный отклик для пакета, посланного повторно. В случае таймаута  $ssth(t) = (cwnd(t))/2$ ;  $cwnd = 1$ .

Таким образом, в TCP Reno размер окна увеличивается до тех пор, пока из-за перегрузки не произойдет потеря пакета. То есть соединение TCP само вызывает перегрузку слишком большим размером окна. При этом размер окна резко уменьшается, снижая пропускную способность соединения, что не рационально. Если же размер окна изменять таким образом, чтобы не допустить потери пакета, то можно избежать снижения пропускной способности. Это ключевая идея TCP Vegas.

TCP Vegas управляет размером окна, контролируя RTT пакетов, которые послал передатчик. Если RTT увеличивается, TCP Vegas воспринимает это как перегрузку сети и уменьшает размер окна. Если же RTT уменьшается, то TCP Vegas решает, что нагрузка на сеть снижена и снова увеличивает размер окна. Следовательно, в идеальной ситуации окна будет сходиться к соответствующему значению. В фазе предотвращения перегрузки размер окна обновляется следующим образом:

$$cwnd(t + t_A) = \begin{cases} cwnd(t) + 1, \text{ if } diff < \frac{\alpha}{base\_rtt} \\ cwnd(t), \text{ if } \frac{\alpha}{base\_rtt} \leq diff \leq \frac{\beta}{base\_rtt}; \text{ diff} = \frac{cwnd(t)}{base\_rtt} - \frac{cwnd(t)}{rtt} \\ cwnd(t) - 1, \text{ if } \frac{\beta}{base\_rtt} < diff \end{cases}, \quad (4)$$

где  $rtt$  – время обращения пакетов;

$base\_rtt$  – наименьшее значение наблюдаемого RTT;

$\alpha$  и  $\beta$  – некоторые постоянные значения.

В TCP Vegas управление перегрузкой имеет особенность: медленный механизм медленного старта. В данном случае увеличение размера окна в медленной фазе начала является половиной нормы в TCP Reno. Размер окна увеличивается каждый раз, когда приходит пакет АСК. Механизм управления перегрузками TCP Vegas (4) указывает, что если наблюдаемые RTT пакетов идентичны, размер окна остается неизменным [5, 6].

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для оценки взаимодействия реализаций протокола исследуется сеть, в которой соединения TCP Reno и TCP Vegas разделяют общий канал связи.

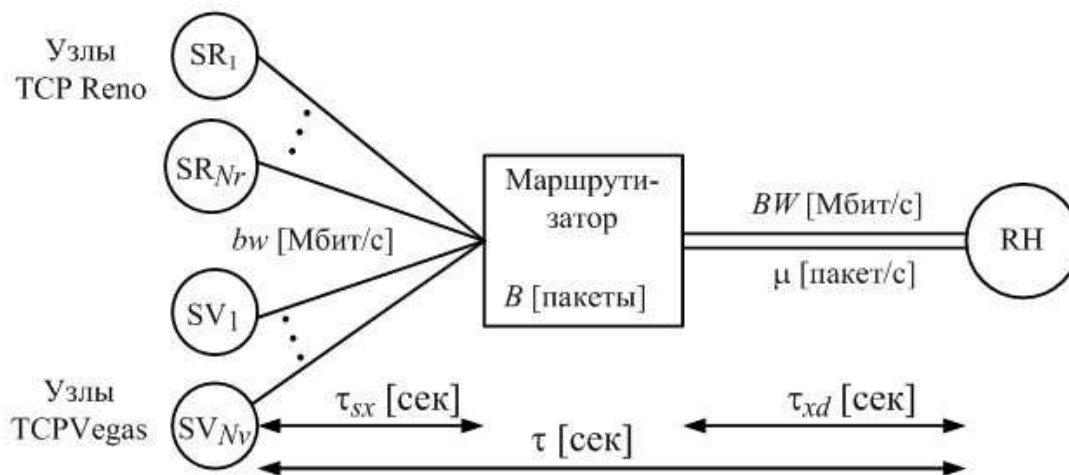


Рисунок 1 – Схема эксперимента моделирования ПИО

Сеть состоит из  $N_r$  передатчиков, использующих TCP Reno, из  $N_v$  передатчиков, использующих TCP Vegas, приемника (RH), маршрутизатора и каналов. Полоса пропускания каждого канала между передатчиками и маршрутизатором –  $bw$ . Полоса пропускания общего канала между маршрутизатором и приемником –  $BW = \mu$ . Размер буфера в маршрутизаторе –  $B$ . Задержка распространения между передатчиком и маршрутизатором –  $\tau_{sx}$ , между маршрутизатором и приемником –  $\tau_{xd}$ . Полная задержка между передатчиком и приемником –  $\tau = \tau_{sx} + \tau_{xd}$ . Предполагается, что у передатчиков есть бесконечное количество отправляемых данных, что пропускная способность каждого канала становится пропорциональной занятости буфера маршрутизатора. Требуется определить среднюю пропускную способность каждого канала TCP.

При исследовании учитывается влияние на работу реализаций протокола алгоритмов управления очередями: с процедурами «сброс хвоста» и случайное раннее обнаружение.

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

*Маршрутизатор с процедурой «сброс хвоста».* Полагаем, что все каналы TCP Reno ведут себя одинаково. Циклы изменений размеров окна вызываются потерями пакетов и в случае совместного использования канала соединений TCP Reno с соединениями TCP Vegas. Предполагая, что все потери пакета могут быть обнаружены алгоритмом быстрой повторной передачи, передатчику TCP для обнаружения потери пакета в буфере потребуется один RTT (плоская часть графика рисунка 2).

Соединения TCP Vegas управляют размерами окна, согласно наблюдаемому RTT. При увеличении RTT соединения TCP Vegas уменьшают размеры окна, пытаясь удерживать количество пакетов в буфере маршрутизатора между  $\alpha$  и  $\beta$  (4).

Общее количество  $N_\nu$  соединений TCP Vegas и размер окон  $W_\nu$  соотносятся как:

$$N_\nu \alpha < W_\nu < N_\nu \beta. \quad (5)$$

Среднее значение  $W_\nu$  из (5) определяется следующим образом:

$$\overline{W_\nu} = N_\nu \frac{\alpha + \beta}{2}. \quad (6)$$

Соединения TCP Reno увеличивают размеры окна, пока буфер маршрутизатора не заполнится и некоторые пакеты будут потеряны. Соответственно, когда произойдет потеря пакета в буфере маршрутизатора,  $W_r$  – общий размер окон соединений TCP Reno может быть получен как:

$$W_r = 2\tau\mu + B - W_\nu. \quad (7)$$

Число потерянных пакетов во время переполнения буфера становится равным  $N_r$ , так как в фазе предотвращения перегрузки (1) размеры окна соединений TCP Reno увеличиваются на 1. Предполагая, что вероятность потери пакета для каждого соединения пропорциональна размеру окна, мы можем получить  $L_r$  и  $L_\nu$  – число потерь пакетов за время переполнения буферов соединений TCP Reno и TCP Vegas, соответственно:

$$L_r = N_r \frac{W_r}{W_r + W_\nu}; \quad L_\nu = N_r \frac{W_\nu}{W_r + W_\nu}. \quad (8)$$

Каждое соединение TCP Reno, обнаружив потерю пакета, сокращает размер окна вдвое согласно алгоритму быстрой повторной передачи. Поэтому сразу после переполнения буфера маршрутизатора  $W'_r$  – полный размер окон соединений TCP Reno – определяется по (1) и (8):

$$W'_r = \frac{1}{2} \cdot \frac{W_r}{N_r} \cdot L_r + \frac{W_r}{N_r} \cdot (N_r - L_r) = \frac{W_r + 2W_\nu}{2(W_r + W_\nu)} \cdot W_r. \quad (9)$$

По формуле (1) (рис. 2) можно составить следующее уравнение для определения  $\overline{W_r}$  – среднего значения полного размера окон соединений TCP Reno:

$$\overline{W_r} = \frac{\frac{1}{2}(W_r + W'_r) \frac{W_r - W'_r}{N_r} + W_r}{\frac{W_r - W'_r}{N_r} + 1}. \quad (10)$$

Соответственно, получаем  $\overline{B_r}$  и  $\overline{B_\nu}$ , среднее число пакетов в буфере маршрутизатора для TCP Reno и TCP Vegas, соответственно:

$$\overline{B_r} = \overline{W_r} \cdot \frac{B}{2\tau\mu + B}; \quad \overline{B_\nu} = \overline{W_\nu} \cdot \frac{B}{2\tau\mu + B}. \quad (11)$$

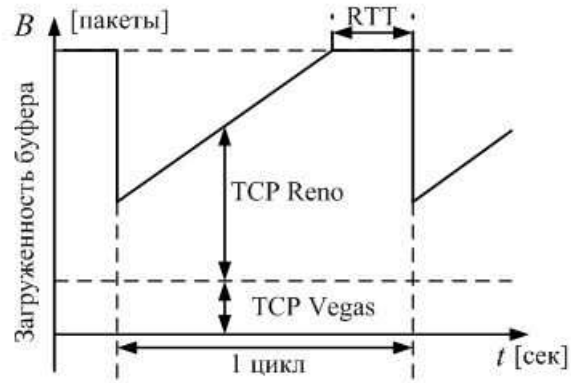


Рисунок 2 – Изменение загрузки буфера маршрутизатора с процедурой «сброса хвоста»



Определим  $\rho_r$  и  $\rho_\nu$  – среднюю пропускную способность двух реализаций TCP как:

$$\rho_r = \mu \cdot \frac{B_r}{B_r + B_\nu}; \rho_\nu = \mu \cdot \frac{B_\nu}{B_r + B_\nu}, \quad (12)$$

так как мы предположили, что они становятся пропорциональными заполнению буфера в маршрутизаторе.

*Маршрутизатор с процедурой случайного раннего обнаружения.* Когда число пакетов в буфере превышает определенное пороговое значение, поступающие пакеты отбрасываются случайным образом с заданной вероятностью. Для простоты предположим, что все пакеты отбрасываются с вероятностью  $p$  и переполнения буфера не происходит.

Соединения TCP Reno и в этом случае продолжают увеличивать размеры окон до тех пор, пока не произойдет потеря пакета. Поэтому для соединений TCP Vegas,  $W_\nu$  и  $\overline{W}_\nu$  будут определяться как:

$$N_\nu \cdot \alpha < W_\nu < N_\nu \cdot \beta; \overline{W}_\nu = N_\nu \frac{\alpha + \beta}{2}. \quad (13)$$

Каждое из соединений TCP Reno циклически изменяет размер своего окна, что вызвано повторяющимися потерями пакета, как и в случае процедуры «сброс хвоста». В соответствии с предположением все поступающие пакеты отбрасываются с вероятностью  $p$ . Следовательно, количество пакетов, которое соединение в среднем может послать за один цикл (между двумя событиями потери пакета), определяется как:

$$N_p = 1/p. \quad (14)$$

Рассмотрим одно соединение TCP Reno, так как предполагаем, что для всех соединений TCP Reno пакеты отбрасываются одинаково случайно.

Несмотря на то, что процедура случайного раннего обнаружения может устранить пульсирующие потери пакета, все же нельзя полностью исключать истечения таймаута повторной передачи [9]. Даже если существенного влияния это событие не оказывает, все же необходимо принять во внимание снижение пропускной способности. Обозначим вероятность истечения таймаута в пределах окна  $p_{to}$ . При использовании  $\overline{w}_r$  – среднего значения размера окна отдельного соединения TCP Reno – при обнаружении потери пакета,  $p_{to}$  определяется как:

$$p_{to} = \sum_{i=2}^{\overline{w}_r} \binom{\overline{w}_r}{i} \cdot p^i \cdot (1-p)^{\overline{w}_r-i}. \quad (15)$$

В дальнейшем выделим два события обнаружения потери пакета: истечение таймаута повторной передачи (TO) и быстрая повторная передача (FR), так как в каждом из этих случаев используется различный алгоритм изменения размера окна.

В случае TO размер окна возвращается к  $l$ . Затем он изменяется согласно фазе медленного старта (1), пока не достигнет значения  $\overline{w}_r/2$ . По (1) можем определить  $T_{to,1}$  – продолжительность фазы медленного старта,  $A_{to,1}$  – число пакетов переданных в фазе медленного старта:

$$T_{to,1} = rtt \cdot \log_2 \frac{\overline{w}_r}{2}; A_{to,1} = \frac{\overline{w}_r}{2} - 1, \quad (16)$$

где  $rtt$  – среднее значение RTT отправляемых пакетов.

Кроме того, можно определить  $T_{to,2}$  и  $A_{to,2}$ , то есть продолжительность и число переданных пакетов в следующей фазе – фазе предотвращения перегрузки:

$$T_{to,2} = rtt \cdot \left( \overline{w}_r - \frac{\overline{w}_r}{2} \right); A_{to,2} = \frac{1}{2} \left( \overline{w}_r + \frac{\overline{w}_r}{2} \right) \left( \overline{w}_r - \frac{\overline{w}_r}{2} \right). \quad (17)$$

Из этих выражений следует, что в фазе предотвращения перегрузки размер окна увеличивается на 1 в RTT (1).

В случае FR размер окна уменьшается до  $\overline{w}_r/2$  и фаза предотвращения перегрузки начинается снова. Таким образом, продолжительность  $T_{fr,1}$  фазы медленного старта и количество переданных пакетов  $A_{fr,1}$ :

$$T_{fr,1} = 0; A_{fr,1} = 0. \quad (18)$$

Для фазы предотвращения перегрузки ее продолжительность  $T_{fr,2}$  и количество переданных пакетов  $A_{fr,2}$  определяются как:

$$T_{fr,2} = rtt \left( \overline{w}_r - \frac{\overline{w}_r}{2} \right); A_{fr,2} = \frac{1}{2} \left( \overline{w}_r + \frac{\overline{w}_r}{2} \right) \left( \overline{w}_r - \frac{\overline{w}_r}{2} \right). \quad (19)$$

Следовательно, числу переданных пакетов и среднему размеру окна во время одного цикла от (16)–(19) удовлетворяют следующие уравнения:

$$N_p = p_{to}(A_{to,1} + A_{to,2}) + (1 - p_{to})(A_{fr,1} + A_{fr,2}), \quad (20)$$

$$\overline{w}_r = rtt \cdot \left[ p_{to} \left( \frac{A_{to,1} + A_{to,2}}{T_{to,1} + T_{to,2} + rto} \right) + (1 - p_{to}) \left( \frac{A_{fr,1} + A_{fr,2}}{T_{fr,1} + T_{fr,2}} \right) \right], \quad (21)$$

где  $rto$  – время тайм-аута повторной передачи для данного соединения.

Так как, решив (20) и (21), мы можем вычислить  $p_{to}$  и  $\overline{w}_r$ , среднее значение полного размера окна для всех соединений TCP Reno,  $\overline{W}_r$  может быть получено следующим образом:

$$\overline{W}_r = N_r \overline{w}_r. \quad (22)$$

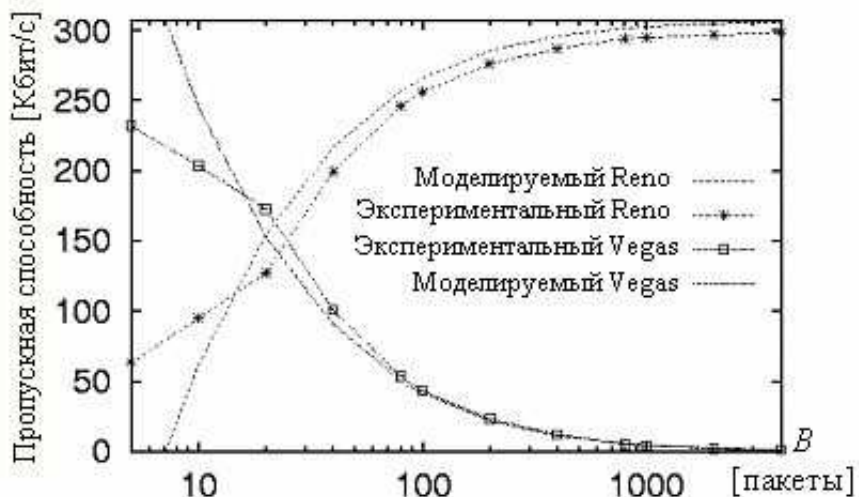
Значения  $\rho_r$  и  $\rho_\nu$  для маршрутизатора с процедурой «случайного раннего обнаружения» могут быть определены так же, как и для маршрутизатора с процедурой «сброс хвоста» по (11), (12), (13) и (22).

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

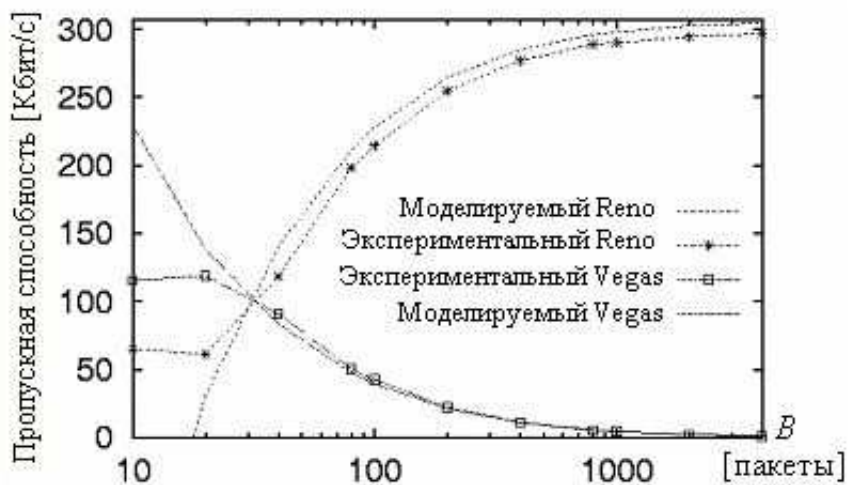
Для проверки адекватности математической модели функционирования реализаций протокола TCP используем программный продукт имитационного моделирования (ИМ) network simulator 2 (ns-2) [10]. В качестве сетевых параметров устанавливаем:  $\tau_{sx} = 0,0015$  с,  $\tau_{xd} = 0,005$  с,  $bw = 10$  Мбит/с и  $BW = 1,5$  Мбит/с. Для маршрутизатора с процедурой случайного раннего обнаружения установим пороговые значения:  $th_{\min=5}$  пакетов,  $th_{\max=0,6 \times B}$  пакетов.

*Маршрутизатор с процедурой «сброс хвоста».* Исследуем три варианта с разным количеством соединений TCP Reno ( $N_r$ ) и TCP Vegas ( $N_\nu$ ):  $N_r = 5, N_\nu = 5$  (рис. 3а),  $N_r = 5, N_\nu = 10$  (рис. 3б), и  $N_r = 10, N_\nu = 5$  (рис. 3в).

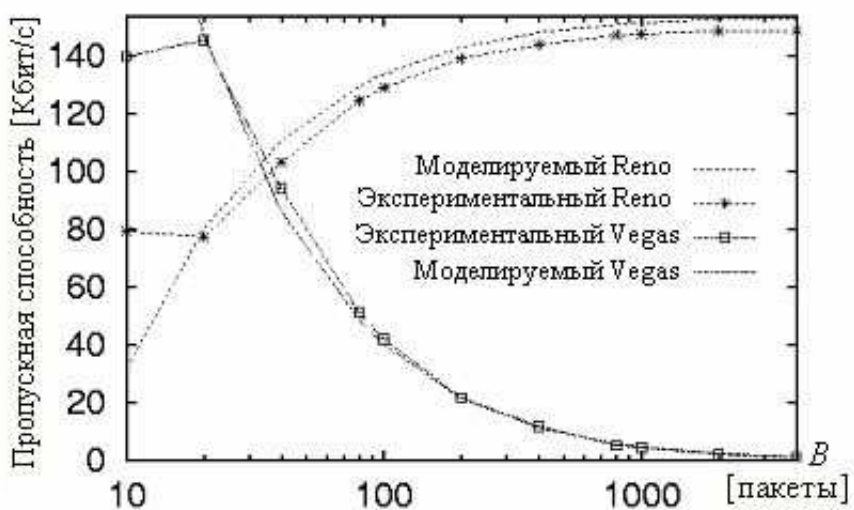
Математическое моделирование (ММ) дает оценку пропускной способности, независимо от числа соединений реализаций TCP. При малых размерах буфера маршрутизатора (менее 20 пакетов) происходит недооценка пропускной способности соединений TCP Reno и переоценка пропускной способности соединений TCP Vegas, так как при столь малом размере буфера TCP Vegas не может удержать размеры окон соединений на уровне  $\overline{W}_\nu = (\alpha + \beta)/2$ . В то же время размер буфера не представляется реальным.



а)  $N_r = 5, N_v = 5$



б)  $N_r = 5, N_v = 10$



в)  $N_r = 10, N_v = 5$

Рисунок 3 – Зависимость пропускной способности от размера буфера маршрутизатора с процедурой «сброс хвоста»

На рисунке 3 видно, что соединения TCP Vegas имеют пропускную способность ниже, чем соединения TCP Reno. Это происходит из-за того, что соединения TCP Reno могут увеличивать размеры окна до заполнения буфера. Соединения TCP Vegas не увеличивают размер окна более, чем . Согласно (7) и (10), средний размер окна соединений TCP Reno возрастает из-за увеличения размера буфера маршрутизатора. Увеличение размера окна каждого соединения TCP Reno может привести непосредственно к увеличению пропускной способности, что следует из (11) и (12). Размер окна соединения TCP Vegas остается неизменным, независимо от размера буфера маршрутизатора (6). Таким образом, чем больше размер буфера маршрутизатора, тем хуже распределение ресурсов сети для TCP Vegas.

*Маршрутизатор с процедурой случайного раннего обнаружения.* Примем вероятность отбрасывания пакета  $p = 1/30$ . Результаты ММ (рис. 4) не зависят от размера буфера маршрутизатора. Это происходит потому, что вероятность отбрасывания пакета принята постоянной и что все отбрасывания пакета вызваны не переполнением буфера, а случайно. Различия между результатами ММ и ИМ становятся очевидными при малых размерах буфера. В этой области снижение пропускной способности значительно из-за переполнения буфера. Однако столь малый размер буфера не является реалистичным в реальной сети.

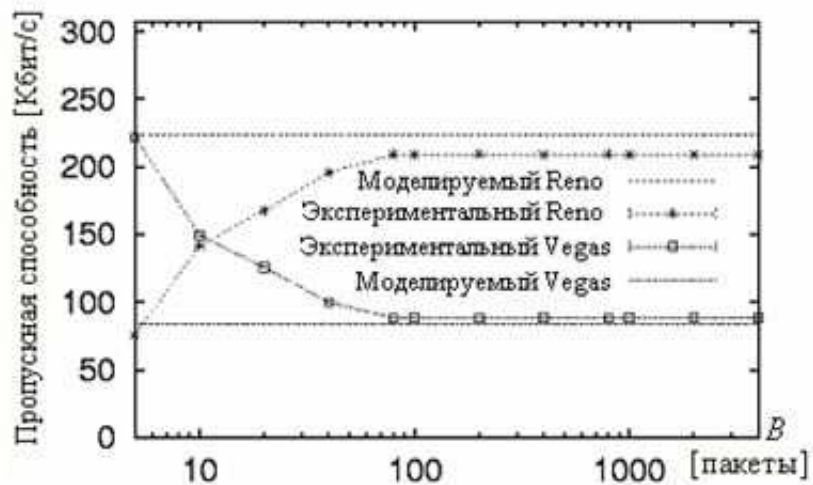
На рисунке 4 видно, что распределение ресурсов между реализациями TCP происходит справедливее, чем при процедуре «сброс хвоста». Соединения TCP Reno не увеличивают размеры окна до полного заполнения буфера маршрутизатора, так как потеря пакета произойдет раньше. Это ведёт к уменьшению пропускной способности соединений TCP Reno и улучшает пропускную способность соединений TCP Vegas.

Размер окна соединения TCP Reno не зависит от размера буфера маршрутизатора, так как общее количество пакетов, переданных в цикле, зависит только от вероятности  $p$  отбрасывания пакета (14). Поэтому значения пропускной способности двух реализаций TCP не изменяются, даже когда размер буфера маршрутизатора становится большим.

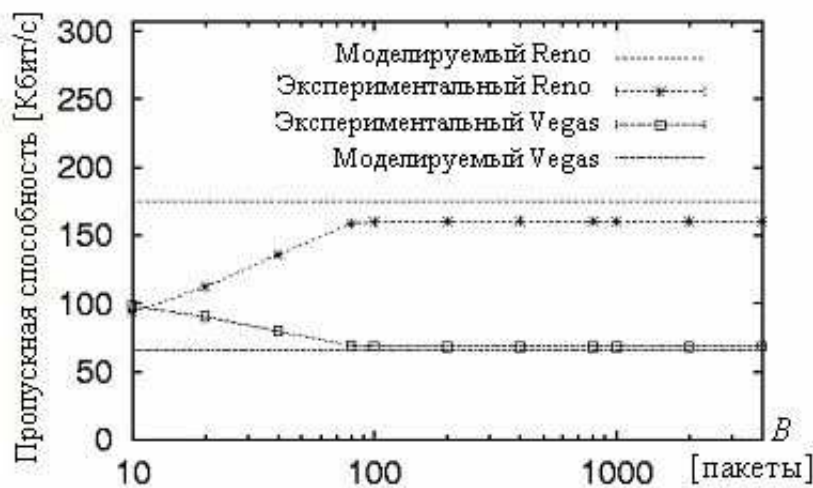
Таким образом, можно ожидать, что при увеличении вероятности отбрасывания пакета распределение ресурсов сети может быть улучшено (рис. 5), так как средние размеры окна соединений TCP Reno уменьшатся. Число пакетов, которые передатчик может передать в одном цикле (14) с увеличением  $p$ , сокращается. Занятость буфера соединениями TCP Reno уменьшится, а TCP Vegas – увеличится, так как размер окна TCP Vegas не зависит от  $p$ .

Для оценки пропускной способности соединений TCP Reno и TCP Vegas и полной пропускной способности, в зависимости от изменения  $p$  (рис. 6), установим:  $N_r = 5$ ,  $N_v = 5$  и  $B = 100$  пакетов. Когда вероятность отбрасывания пакета становится большой ( $> 0,01$ ), распределение ресурсов между реализациями TCP может быть улучшено, но полная пропускная способность снижается. Кроме того, трудно выбрать соответствующее значение  $p$  в реальной сети, так как оно зависит от числа активных связей двух реализаций TCP.

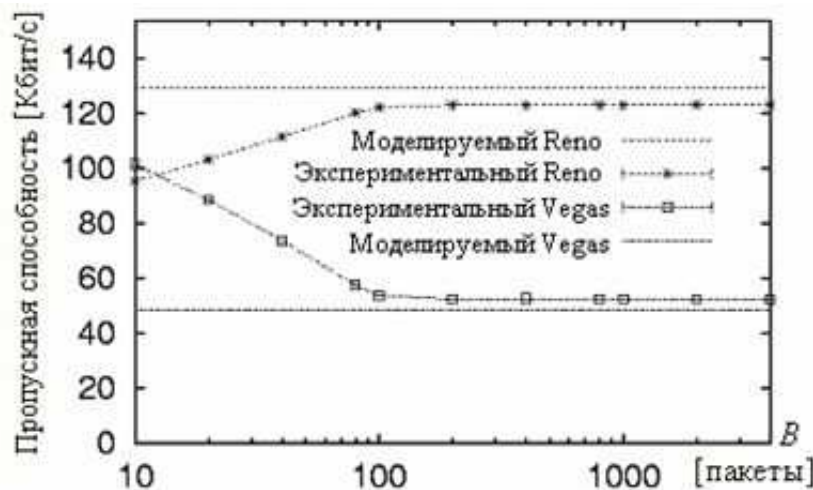
Таким образом, при взаимодействии двух реализаций протокола TCP в сети с ограниченной производительностью пропускная способность TCP Vegas существенно ниже ожидаемой. При использовании случайного раннего обнаружения появляется необходимость выбора между равномерным распределением ресурсов и пропускной способностью.



а)  $N_r = 5, N_v = 5$

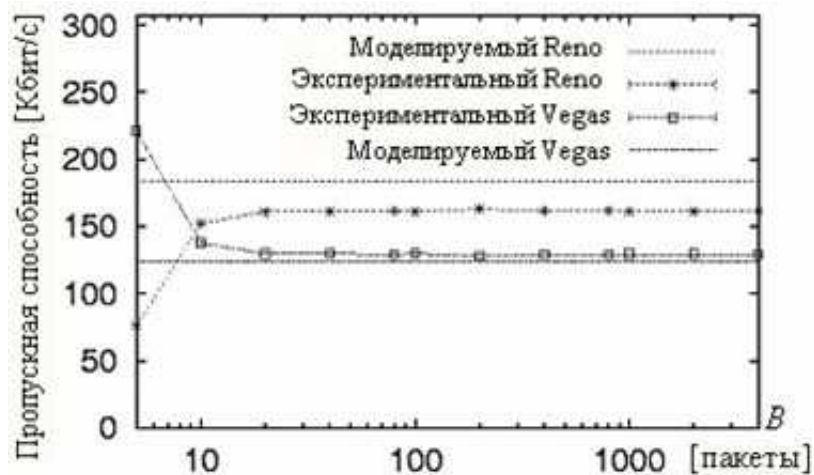


б)  $N_r = 5, N_v = 10$

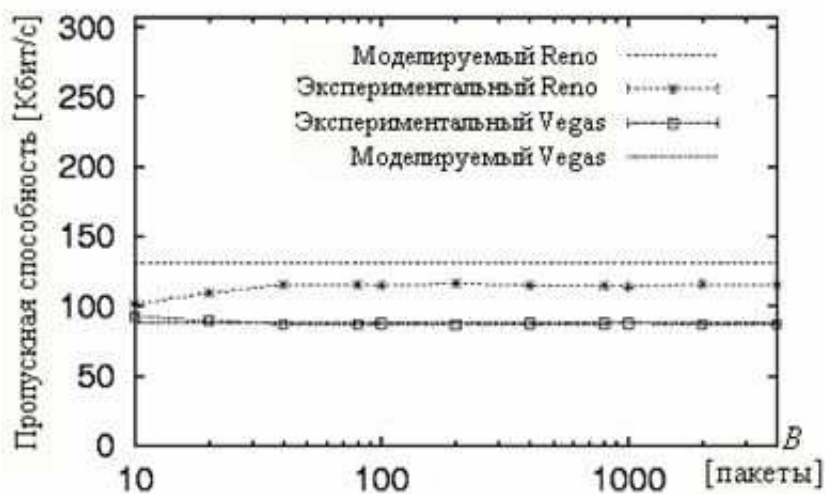


в)  $N_r = 10, N_v = 5$

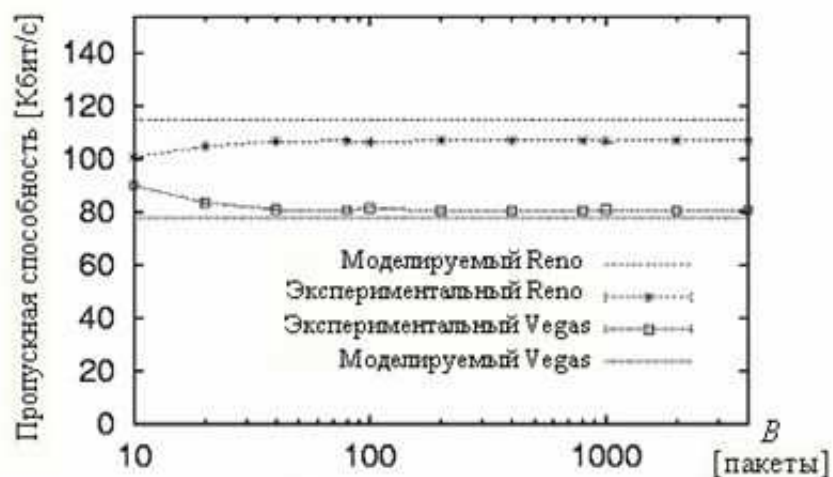
Рисунок 4 – Зависимость пропускной способности от размера буфера маршрутизатора с процедурой случайного раннего обнаружения при  $p = 1/30$



а)  $N_r = 5, N_v = 5$



б)  $N_r = 5, N_v = 10$



в)  $N_r = 10, N_v = 5$

Рисунок 5 – Зависимость пропускной способности от размера буфера маршрутизатора с процедурой случайного раннего обнаружения при  $p = 1/10$

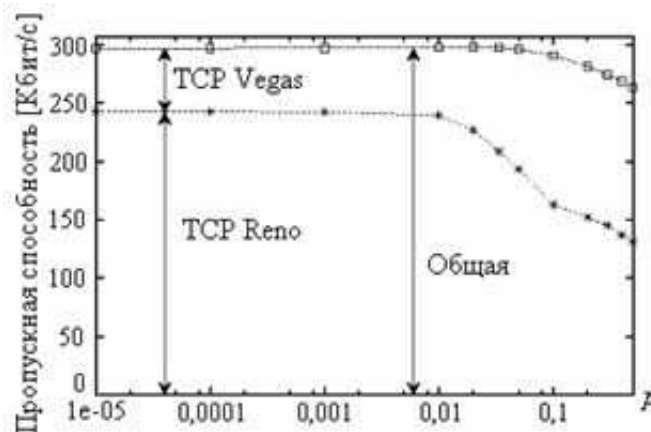


Рисунок 6 – Зависимость пропускной способности от вероятности отбрасывания пакета в маршрутизаторе с процедурой случайного раннего обнаружения

### ЛИТЕРАТУРА

1. Michel Perloff and Kurt Reiss, «Improvements to TCP performance», Communications of ACM, vol.38, pp. 90-100, February 1995.
2. Matthew Mathis and Jamshid Mahdavi, «Forward acknowledgment: Refining TCP congestion control» ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol.26, pp. 281-291, October 1996.
3. Go Hasegawa and Masayuki Murata and Hideo Miyahara, «Fairness and stability of congestion control mechanisms of TCP», in Proceedings of IEEE INFOCOM'99, pp. 1329-1336, March 1999.
4. Еременко В.Т. [и др.]. Способы и приемы предотвращения блокировок процессов информационного обмена в сетях передачи данных предприятия / «Вестник компьютерных и информационных технологий». – 2008, № 12 – С. 38 – 43.
5. Lawrence S.Brakmo and Sean W. O'Malley and Larry L. Peterson, «TCP Vegas: New techniques for congestion detection and avoidance», in Proceedings of ACM SIGCOMM'94, pp. 24-35, October 1994.
6. Lawrence S. Brakmo and Larry L. Peterson, «TCP Vegas: End to end congestion avoidance on a global Internet», IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.13, pp.1465-1480, October 1995.
7. Jeonghoon Mo and Richard J. La and Venkat Anantharam and Jean Walrand, «Analysis and comparison of TCP reno and vegas», in Proceedings of IEEE INFOCOM'99, March 1999.
8. Сысоев П.А., Еременко В.Т., А.С. Засимов. Сопряжение трафика на транспортном уровне в виртуальных частных сетях предприятий / «Информационные системы и технологии» («Известия ОрелГТУ»). – 2007, №4-2/268(535) – С. 56 – 60.
9. K. Fall and S. Floyd, «Simulation-based comparisons of Tahoe, Reno, and SACK TCP», ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol.26, pp. 5-21, July 1996.
10. Сысоев П.А., Еременко В.Т., Засимов А.С. Исследование поведения транспортных протоколов в корпоративных сетях в условиях интенсивного трафика. / «Информационные системы и технологии» («Известия ОрелГТУ»). – 2008, №4 – 3/272(550) – С. 9-12.

#### Еременко Владимир Тарасович

Орловский государственный технический университет, г.Орел  
 Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»  
 Тел.: 8(4862)41-98-79  
 E-mail: wladimir@orel.ru

#### Сысоев Павел Анатольевич

Орловский государственный технический университет, г.Орел  
 Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»  
 E-mail: spam@orel.ru

УДК 004.491.22

А.Н. ХАЛЮЗЕВ

## СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ ОТ ВИРУСНЫХ ЭПИДЕМИЙ

В статье дано определение эпидемическому процессу распространения компьютерных вирусов (эпидемии) и рассмотрены основные свойства данного процесса. Выявлен класс вируса, наиболее опасный с точки зрения распространения вирусных эпидемий в компьютерных сетях, а также факторы, влияющие на распространение эпидемий в компьютерных сетях. Выявлены и классифицированы способы защиты компьютерных сетей от вирусных эпидемий.

**Ключевые слова:** эпидемия; сетевой вирус; факторы распространения; характеристики; моделирование.

*The definition of epidemic process of computer viruses spreading (epidemic) is given and basic features of given process are considered. The most dangerous class of virus is discovered in the view of virus epidemics spreading, as well as factors effecting on epidemics spreading in computer networks. Methods of computers networks defense from viral epidemics are revealed and classified.*

**Keywords:** epidemic; network virus; spreading factors; characteristics; modeling.

Ежегодно увеличивается число компьютерных атак на компьютерные сети и ее сегменты с использованием компьютерных вирусов [1,2]. Существенное многообразие и постоянное совершенствование современных компьютерных вирусов с одной стороны, рост количества и размеров компьютерных сетей, увеличение общей пропускной способности различных участков, а также структурная и функциональная гетерогенность данных сетей с другой стороны – все это только увеличивает вероятность заражения элементов данных сетей. При этом масштабы и скорость распространения компьютерных вирусов постоянно растут. При стремительном и широкомасштабном увеличении количества зараженных узлов в сети возникает эпидемия компьютерного вируса. Таким образом, актуальным становится проблема защиты не только одиночной ЭВМ от компьютерных вирусов, но и защита всей компьютерной сети от вирусной эпидемии.

Свойство компьютерных вирусов по заражению других программ определяет их сходство с биологическими вирусами [1,2,3], поэтому при исследовании эпидемий компьютерных вирусов используют биологический и медицинский научный аппарат, в частности, заимствованный из эпидемиологии [4]. В отличие от эпидемии инфекционных заболеваний, в эпидемиях компьютерных вирусов в качестве населения рассматривают ЭВМ как элементы компьютерной сети. Исходя из классификации компьютерных вирусов, можно сказать, что объектами заражения могут быть как файлы или программы, так и ЭВМ. Как правило, при изучении эпидемии компьютерного вируса в качестве объекта заражения рассматривают ЭВМ, а в качестве источника заражения – сетевой вирус. При этом рассматривают не изолированную ЭВМ, а связанную с другими посредством компьютерной сети. Конечно, можно рассматривать эпидемию компьютерного вируса в пределах одной ЭВМ, например, эпидемию файлового вируса, заражающего файловые директории. Однако исторически сложилось ассоциировать



эпидемии с точки зрения распространения по компьютерной сети какого-либо сетевого вируса, представляющего наибольшую опасность распространения. На рисунке 1 представлена классификация сетевых компьютерных вирусов.

Рассмотрев ее более детально [1,2,5], можно сделать вывод, что наиболее опасными с точки зрения возникновения и развития эпидемии являются автономные сетевые вирусы. Вирусы данного класса могут распространяться по компьютерной сети автономно, т.е. без участия человека. А в случае применения эффективной техники сканирования и многопоточности скорость их распространения может быть настолько высокой, чтобы в считанные минуты поразить компьютерную сеть, состоящую из десятков тысяч и более узлов. В этом случае уже говорят об **эпидемическом процессе** распространения компьютерного вируса или просто **эпидемии**.

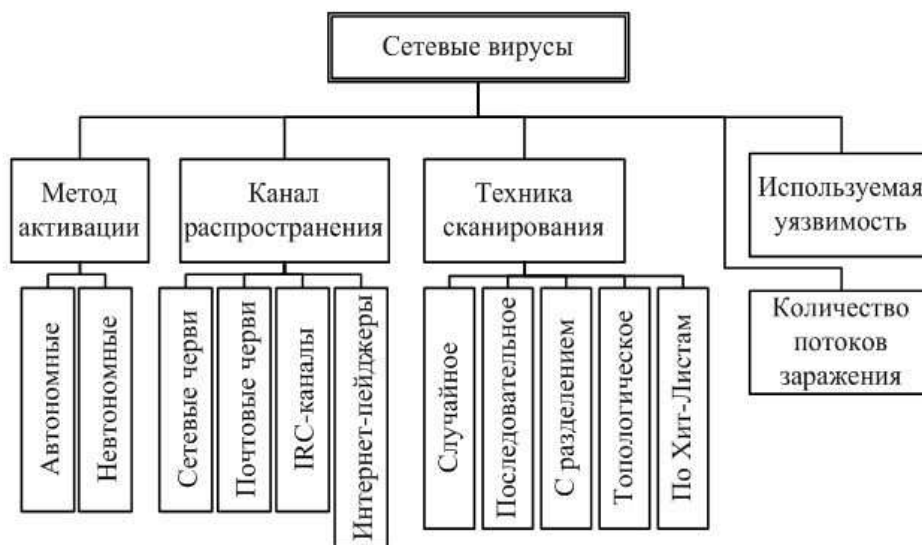


Рисунок 1 – Классификация сетевых компьютерных вирусов

**Эпидемический процесс** заключается в непрерывном распространении сетевого вируса от одной ЭВМ к другой по компьютерной сети. Однако не всякое распространение сетевого вируса носит название эпидемии. Заражение одной ЭВМ компьютерной сети от другой, а другой от третьей – это еще не эпидемия. Процесс можно назвать эпидемией только в том случае, если он обладает следующими свойствами:

- массовость – в процесс заражения вовлечено большое количество ЭВМ в компьютерной сети. Данное свойство носит условный характер, так как нельзя определить четких границ при отнесении процесса к эпидемическому;
- непрерывность – процесс заражения ЭВМ в компьютерной сети осуществляется постоянно во времени;
- высокая интенсивность заражения – суммарное количество зараженных ЭВМ в компьютерной сети в единицу времени находится на высоком уровне и, как правило, со временем возрастает. Данное свойство также, как и первое, носит условный характер.

Для определения способов защиты от эпидемий сетевых вирусов необходимо выявить факторы, влияющие на процесс распространения вирусных эпидемий в компьютерных сетях. На рисунке 2 представлена классификация данных факторов. Для более детального анализа рассмотрим их подробнее.

1. **Факторы, определяемые потенциальными возможностями сетевого вируса**  
 – *Стратегия поиска целей (техника сканирования)*. Установлено [5], что в процессе функционирования сетевых вирусов одним из факторов, влияющих на скорость их распространения в сети, следовательно, и на динамику развития эпидемии, является техника сканирования.

– *Способ распространения*. Сетевые вирусы используют такие способы распространения: копирование своего тела на сетевые ресурсы, проникновение на компьютер через уязвимости в операционных системах и приложениях, проникновение в сетевые ресурсы публичного использования, паразитирование на других вредоносных программах.

– *Целевая ОС*. Зная ОС, под которую реализован сетевой вирус, можно более адаптивно строить систему защиты от его распространения. На практике крайне редко встречаются универсальные вирусы, функционирующие на нескольких ОС.

– *Резидентность сетевых вирусов*. После перезагрузки ЭВМ остается в зараженном состоянии. Указанный фактор повышает потенциальные возможности вируса по распространению по сети. Если сетевой вирус не является резидентным, то к нему можно применить самый простой и общедоступный метод лечения – перезагрузка.



Рисунок 2 – Факторы распространения вирусной эпидемии в компьютерной сети

**2. Факторы, определяемые характеристиками заражаемых ЭВМ**

– *Активность сетевых служб и ЭВМ*. Данный фактор определяет активную топологию между ЭВМ. Изначально компьютерная сеть определяется физической и логической топологией, т.е. представляет собой совокупность элементов с определенной структурой взаимосвязей. В определенный момент времени ЭВМ может находиться в активном или в пассивном состоянии. Активное состояние означает, что ЭВМ имеет сетевое соединение с другими ЭВМ в компьютерной сети. Пассивное состояние означает, что ЭВМ не имеет сетевого соединения с другими

ЭВМ, например, отсутствует подключение или ЭВМ совсем выключена. Активность тех или иных ЭВМ в компьютерной сети определяет активную топологию, которая может совпадать с логической топологией (в случае, когда все ЭВМ в компьютерной сети активны), а может и не совпадать с ней (в случае, когда часть ЭВМ находится в пассивном состоянии). Аналогично можно определить активные и пассивные состояния для различных служб, уязвимости которых использует сетевой вирус при распространении по компьютерной сети. Таким образом, реальная активная топология будет определяться как активностью служб, так и активностью ЭВМ в целом.

– *Наличие пакетов обновлений.* Данный фактор касается обновления базы данных антивирусных сигнатур и, как правило, связан с так называемым человеческим фактором. Пренебрежение элементарных правил безопасности при работе на ЭВМ может привести к массовым вирусным заражениям. К таким правилам относятся: своевременное обновление баз антивирусных сигнатур, пользование лицензионным ПО, бдительность при работе в Интернете (например, воздержание от посещения ресурсов сомнительного характера). Данные правила носят профилактический характер. Соблюдение правил безопасности дает возможность не просто констатировать факт возникновения эпидемии, а предупреждать ее.

– *Конфигурационные настройки служб и персональных средств обеспечения безопасности (антивирусных средств, персональных брандмауэров и др.).* Данный фактор определяется методами обнаружения компьютерных вирусов (в том числе сетевых) и политиками безопасности, применяемыми в персональных брандмауэрах соответственно. Обнаружение сетевых вирусов антивирусными средствами приводит к уменьшению общего числа зараженных ЭВМ в компьютерной сети, а фильтрация в соответствии с политиками безопасности персональных брандмауэров ЭВМ противодействует распространению сетевых вирусов по компьютерной сети. Оба этих фактора подавляют развитие эпидемии.

### **3. Факторы, определяемые средой распространения**

– *Размер и топология компьютерной сети.* Данные факторы определяют среду распространения сетевых вирусов в компьютерной сети, ее физическую и логическую структуру, а также являются основой для дальнейшего формирования активной топологии, рассмотренной ранее.

– *Конфигурационные настройки средств обеспечения сетевой безопасности (например, межсетевых экранов).* Указанный фактор аналогичен ранее рассмотренному фактору конфигурационных настроек служб и персональных средств обеспечения безопасности с той лишь разницей, что действует не на уровне хоста, а на уровне сети. К данному фактору, например, можно отнести сегментацию сети на подсети.

Рассмотренная выше классификация свидетельствует о том, что эпидемический процесс – сложный процесс, зависящий от множества факторов. Разработка или выбор способов защиты от вирусных эпидемий стоит в строгой зависимости от рассмотренных факторов. Кроме того, все способы защиты можно классифицировать по 2 признакам: уровню воздействия на элементы компьютерной сети и стратегии защиты.

По первому признаку можно выделить способы защиты на уровне компьютерной сети в целом, на уровне отдельной ЭВМ и на уровне конкретной службы.

По второму признаку можно выделить 3 стратегии защиты от вирусных эпидемий:

1. Предупреждение – ряд мер, направленных на уменьшение количества возможных

путей распространения вирусов в компьютерной сети путем воздействия на уязвимые узлы.

2. Лечение – ряд мер, направленных на уменьшение количества возможных путей распространения вирусов в компьютерной сети путем воздействия на зараженные узлы.

3. Сдерживание – ряд мер, направленных на уменьшение скорости распространения вирусов по компьютерной сети.

В таблице 1 приведены способы защиты компьютерной сети от вирусных эпидемий в зависимости от рассмотренных признаков.

Таблица 1. Способы защиты компьютерной сети от вирусных эпидемий

	<b>Предупреждение (уязвим)</b>	<b>Лечение (заражен)</b>	<b>Сдерживание</b>
<b>Уровень сети</b>	- эффективное распространение обновлений антивирусных средств и средств обеспечения сетевой безопасности - применение сетевой политики безопасности - выбор топологии и сегментация компьютерной сети, снижающие скорость вирусного распространения	- создание и распространение списков неблагонадежных хостов - фильтрация на основе содержимого сетевого уровня - отключение зараженных сегментов сети	- установка и конфигурирование межсетевых экранов на сегментах сети - ограничение канальной скорости между узлами компьютерной сети
<b>Уровень ЭВМ</b>	- установка, настройка и своевременное обновление антивирусных средств и персональных брандмауэров - отключение уязвимых ЭВМ	- лечение/удаление вируса на ЭВМ - карантин подозрительных ЭВМ (временное отключение) - полное отключение зараженных ЭВМ	- установка и конфигурирование персональных брандмауэров на отдельных ЭВМ - ограничение скорости сетевых соединений
<b>Уровень служб и приложений</b>	- своевременное скачивание и установка заплаток (патчей) для служб операционной системы - отключение уязвимых служб	- карантин служб(ы), способствующей распространению вируса - полное отключение службы на зараженной ЭВМ	- установка и конфигурирование проху-серверов, функционирующих на прикладном уровне

Таким образом, существует множество способов защиты компьютерных сетей от вирусных эпидемий. Однако ввиду сложности эпидемического процесса и влиянию на него множества факторов, в том числе и случайных, все способы носят частный характер воздействия на отдельные элементы компьютерной сети. Единого эффективного и комплексного механизма защиты от вирусных эпидемий, включающего воздействие на элементы сети различных уровней и применение рассмотренных стратегий в совокупности, в настоящее время не существует.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. <http://www.viruslist.com>
2. <http://www.kaspersky.ru>
3. Ризниченко Г. Ю., Рубин А. Б. Математические модели биологических продукционных процессов, Изд. МГУ, 1993
4. Matthew M. Williamson, Jasmin Léveillé Epidemic Spreading in Technological Networks, Information Infrastructure Laboratory HP Laboratories Bristol HPL-2003-39, February 27th , 2003
5. Nazario, J. Defense and Detection Strategies against Internet Worms, J. Nazario, 2004
6. Matthew M. Williamson, Jasmin Léveillé Epidemic Spreading in Technological Networks, Information Infrastructure Laboratory HP Laboratories Bristol HPL-2003-39, February 27th , 2003
7. Weaver N. Warhol Worms: The Potential for Very Fast Internet Plagues
8. Staniford S., Paxson V., and Weaver N. How to Own the Internet in Your Spare Time, San Francisco, CA, Aug. 2002.

**Халюзев Алексей Николаевич**

Академия ФСО России, г. Орел

Адъютнт

Тел.: 8-960-643-3292

### **Требования к предоставляемым изображениям**

Все изображения к статьям должны быть предоставлены в формате \*.eps (Encapsulated PostScript). Создать файлы подобного формата позволяет программа Adobe Photoshop. Изображения должны быть сделаны с разрешением не менее 300 dpi.