

## № 4 (66) июль-август 2011

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования«Государственный университет —  
учебно-научно-производственный комплекс»Редакционный советГоленков В.А., председатель  
Радченко С.Ю., заместитель председателя  
Борзенков М.И., секретарьАстафичев П.А., Иванова Т.Н., Киричек А.В.,  
Колчунов В.И., Константинов И.С.,  
Новиков А.Н., Попова Л.В., Степанов Ю.С.Главный редактор

Константинов И.С.

РедколлегияАрхипов О.П. (Орел, Россия)  
Аверченков В.И. (Брянск, Россия)  
Бок Т. (Мюнхен, Федеративная Республика Германия)  
Гайндрик К. (Кишинев, Молдова)  
Долгий А. (Сент-Этьен, Франция)  
Еременко В.Т. (Орел, Россия)  
Иванников А.Д. (Москва, Россия)  
Ипатов О.С. (Санкт-Петербург, Россия)  
Колоколов Ю.В. (Ханты-Мансийск, Россия)  
Коськин А.В. (Орел, Россия)  
Маркарян Г. (Ланкастер, Великобритания)  
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)  
Поляков А.А. (Москва, Россия)  
Распопов В.Я. (Тула, Россия)  
Сотников В.В. (Санкт-Петербург, Россия)Сдано в набор 15.06.2011 г.  
Подписано в печать 25.06.2011 г.Формат 70x108 1/16.  
Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.  
Заказ №  
Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе  
ФГОУ ВПО «Государственный университет - УНПК»  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65Подписной индекс 15998  
по объединенному каталогу  
«Пресса России»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 ..... 5-38
2. Математическое и компьютерное  
моделирование ..... 39-71
3. Информационные технологии  
в социально-экономических  
и организационно-технических  
системах ..... 72-108
4. Автоматизация и управление  
технологическими процессами  
и производствами ..... 109-126
5. Телекоммуникационные системы  
и компьютерные сети ..... 127-136
6. Информационная безопасность и защита  
информации ..... 137-153

РедакцияГ.А. Константинова  
А.И. Мотина  
А.А. МитинАдрес учредителя журнала302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
(4862) 42-00-24; [www.ostu.ru](http://www.ostu.ru);  
E-mail: [unpk@ostu.ru](mailto:unpk@ostu.ru)Адрес редакции302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40  
(4862) 43-40-39; [www.ostu.ru](http://www.ostu.ru); E-mail: [isit@ostu.ru](mailto:isit@ostu.ru)Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере  
связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций.Св-во о регистрации средства массовой  
информации ПИ № ФС77-35333 от 17.02.2009 г.

©Государственный университет - УНПК, 2011

## № 4 (66) July-August 2011

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

### *Editorial council*

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

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

### *Editor-in-chief*

Konstantinov I.S.

### *Editorial board*

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

### In this number

1. Software of the computer facilities  
and the automated systems ..... 5-38
2. Mathematical modeling  
and computer simulation..... 39-71
3. An information technologies in socio-  
economic and organizational-technical  
systems ..... 72-108
4. Automation and control  
of technological processes  
and manufactures ..... 109-126
5. Telecommunication systems  
and computer networks ..... 127-136
6. The information security and information  
protection ..... 137-153

### The editors

Konstantinova G.A.  
Motina A.I.  
Mitin A.A.

### The address of the founder of journal

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 29  
(4862) 42-00-24; [www.ostu.ru](http://www.ostu.ru);  
E-mail: [unpk@ostu.ru](mailto:unpk@ostu.ru)

### The address of the editorial office

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40  
(4862) 43-40-39; [www.ostu.ru](http://www.ostu.ru);  
E-mail: [isit@ostu.ru](mailto:isit@ostu.ru)

*It is sent to the printer's on 15.06.2011,  
25.06.2011 is put to bed  
Format 70x108 1/16.  
Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies  
The order №  
It is printed from a ready dummy layout  
on polygraphic base of State University – ESPC  
302030, Orel, Moskovskaya street, 65*

*Index on the catalogue  
«Pressa Rossii» 15998*

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

Journal is registered in Federal Service for  
Supervision in the Sphere of Telecom, Information  
Technologies and Mass Communications.  
The certificate of registration  
ПИ № ФС77-35333 from 17.02.2009.

© State University – ESPC, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

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

<i>Афанасьев А.А., Габдулгазиев С.Р.</i> Идентификация диктора на основе сегментации эталонной плотности распределения.....	5
<i>Демуринов В.Б.</i> Моделирование комплекса услуг типового гостиничного предприятия.....	12
<i>Куликов А.В.</i> Принципы работы программного ядра инструментальной среды редактирования динамической графики .....	19
<i>Титенко Е.А.</i> Метод параллельного поиска по образцу и матричное устройство для его реализации.....	24
<i>Черноморец А.А.</i> Метод разбиения частотных субинтервалов на классы в задачах частотного анализа изображений .....	31

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

<i>Архипов О.П., Зыкова З.П.</i> Равноконтрастные градиционные преобразования ступенчатых тоновых шкал .....	39
<i>Безродный А.А.</i> Модели и методы синтеза сложных многоконтурных систем обеспечения нефтепродуктами .....	47
<i>Иващук О.Д.</i> Моделирование экологической ситуации в автоматизированной системе управления экологической безопасностью .....	57
<i>Сотников В.В., Лисицын Н.В., Григорьев А.П., Сибаров Д.А., Бирюков В.П., Ермолаева Е.В.</i> Алгоритм управления качеством изомеризата .....	62

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

<i>Голубинский Е.Ю., Овсянников А.А.</i> Применение метода анализа иерархий при разработке системы показателей качества информационной продукции.....	72
<i>Клевков П.А., Острейковский В.А.</i> Структуры данных телекоммуникационного оборудования объектов энергетики Западной Сибири.....	78
<i>Архипов О.П., Иващук О.А., Константинов И.С., Коськин А.В., Савина О.А.</i> Создание бизнеса предоставления электронных услуг населению как одно из ключевых направлений инновационного развития России.....	83
<i>Корсунов Н.И., Дедюлин С.К., Ляпушкин В.В.</i> Применение нейросетевых технологий для расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.....	89
<i>Лукашев А.В.</i> Применение технического анализа для построения алгоритма работы торговой системы.....	94
<i>Фролов А.И., Терентьев С.В.</i> Методика формирования современной информационно-технологической среды управления организационно-техническими системами на основе информационно-аналитических ресурсов.....	99

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

<i>Качановский Ю.П., Коротков Е.А.</i> Архитектура программного обеспечения для решения задачи моделирования и управления с помощью нейронной сети .....	109
<i>Пилипенко А.В.</i> Адаптивная система управления нестационарным технологическим процессом формоизменения .....	115
<i>Халимон В.И., Проститенко О.В., Бушихин И.И.</i> Системы поддержки принятия решений реального времени как часть аналитических информационных технологий в АСУТП (на примере производства резинотехнических изделий).....	120

### **ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ**

<i>Воркунов О.В., Тюрин А.Н.</i> Компьютерное планирование беспроводных сетей с помощью современных информационных технологий .....	127
<i>Светкин А.В.</i> Принципы и модель системы управления интернет-представительством промышленного предприятия.....	131

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ**

<i>Герлинг Е.Ю.</i> Исследование эффективности методов обнаружения стегосистем, использующих вложение в наименее значащие биты.....	137
<i>Иванский В.П.</i> Принципы защиты персональных данных в зарубежных государствах.....	145

## CONTENT

### SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

<i>Afanas'ev A.A., Gabdulgaziev S.R.</i> Announcer identification on the basis of the distribution reference density segmentations .....	5
<i>Demurin V.B.</i> Modeling a set of services in standard hotel .....	12
<i>Kulikov A.V.</i> Software core principles of dynamic data-driven graphics editing system.....	19
<i>Titenko E.A.</i> Order planning algorithms of decision making system within tool set design management.....	24
<i>Chernomorets A.A.</i> Classification of frequency subintervals in image frequency analysis.....	31

### MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

<i>Arhipov O.P., Zyкова Z.P.</i> Equal contrast graded transformation of step tinted scales .....	39
<i>Bezrodnyj A.A.</i> Models and methods to synthesize complex multi-circuit systems of petroleum supply.....	47
<i>Ivashchuk O.D.</i> Models of the ecological situation in the automated control system of ecological safety .....	57
<i>Sotnikov V.V., Lisitsyn N.V., Grigoriev A.P., Sibarov D.A., Birykov V.P., Ermolaeva E.V.</i> Algorithm for quality management of isomerate.....	62

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

<i>Golubinskiy E.Y., Ovsyannikov A.A.</i> Use of analytical hierarchy process method for development of the systems of quality indices of information product .....	72
<i>Klevkov P.A., V.A. Ostreykovskiy</i> Data structures telecommunication equipment of energy facilities Western Siberia.....	78
<i>Arhipov O.P., Ivashchuk O.A., Konstantinov I.S., Koskin A.V., Savina O.A.</i> Creation of business of granting of electronic services to the population as one of key directions of innovative development of Russia. ....	83
<i>Korsunov N.I., Dedyulin S.K., Lyapushkin V.V.</i> Usage of neuronnets technologies for calculation deflected mode of construction.....	89
<i>Lukashev A.V.</i> Technical analysis application to the trading system algorithm development.....	94
<i>Frolov A.I., Terentyev S.V.</i> Modern information-technological infrastructure formation technique for control of the organizational-technical systems on the basis of information-analytical resources.....	99

### AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

<i>Kachanovskiy Yu.P., Korotkov E.A.</i> Structure dataware and software of modelling and controlling system by the instrumentality of neural network.....	109
<i>Pilipenko A.V.</i> Development of adaptive control systems of technological processes.....	115
<i>Halimon V.I., Prostitenko O.V., Bushihin I.I.</i> Real time decision support systems as the part of analytical information technology in industrial automatic control system (iacs) (on the example of manufacturing of rubber-technical products).....	120

### TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

<i>Vorkunov O.V., Turin A.N.</i> CAM scheduling wireless network.....	127
<i>Svetkin A.V.</i> Concepts and model of enterprise internet-representation management system .....	131

### THE INFORMATION SAFETY AND INFORMATION PROTECTION

<i>Gerling E.U.</i> Investigation of the effectiveness of detection methods stegosystems, which use an embedding to the least significant bits.....	137
<i>Ivanskij V.P.</i> The principles of protection of the personal data in the foreign states.....	145

УДК 621.395.664

А.А. АФАНАСЬЕВ, С.Р. ГАБДУЛГАЗИЕВ

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИКТОРА НА ОСНОВЕ  
СЕГМЕНТАЦИИ ЭТАЛОННОЙ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

*В статье рассмотрены методы идентификации диктора, используемые при открытой идентификации диктора, указаны их недостатки, приводящие к увеличению вероятности ошибки при принятии решения в процессе классификации. Предложен метод идентификации диктора на основе сегментации эталонной плотности распределения дополнительными плотностями распределения, который обеспечивает более точное принятие решения.*

**Ключевые слова:** открытая идентификация диктора; речевой сигнал.

Системы определения индивидуальности говорящего по речевым характеристикам развиваются очень активно. Интерес к решению прикладных задач в этом направлении вполне понятен. Он определяется наличием широкого круга практических приложений. Большим классом таких задач является проверка прав доступа к различным системам, как к информационным, так и физическим: каналы связи, базы данных, банковские счета, различные устройства и механизмы и т.д. Преимущество в использовании таких систем – в невозможности отчуждения голоса от человека, отсутствие требования непосредственного контакта с пропускной системой.

Также определение индивидуальности говорящего по речевым характеристикам нашло широкое применение в криминалистической экспертизе при анализе записей переговоров. В последнее время интерес к идентификации говорящего по голосу усилился в связи с нарастающим использованием систем речевого управления.

Задача идентификации состоит в выделении одного диктора по наблюдаемому голосу из множества известных системе (наблюдателю) дикторов (множество  $\Omega$ ). В случае если во множестве  $\Omega$  существует особый элемент, соответствующий решению «диктор неизвестен», то задачу идентификации называют открытой [1].

Для того чтобы задать метод идентификации, необходимо описать:

- пространство наблюдений  $\bar{X}$  – векторы признаков, вычисляемые на основе речевого сигнала;
- набор параметров  $\Theta$ ;
- процедуру вычисления параметров  $\Theta$ ;
- метод вычисления вероятностных характеристик  $L$ .
- решающее правило  $g(x)$ ;

Пространство  $\bar{X}$  вычисляется путем параметризации речевого сигнала, например, извлечением линейных коэффициентов предсказания на участке квазистационарности. Пространство  $\bar{X}$ , поступающее на вход модели, набор параметров  $\Theta$  модели голоса диктора, процедура вычисления параметров  $\Theta$ , процедуры вычисления выходных вероятностных характеристик  $L$  модели  $\Theta$  для данного пространства  $\bar{X}$  – в совокупности составляют метод идентификации диктора. Для идентификации голоса диктора используются два основных метода: гауссовы смеси и векторное квантование. Для гауссовых смесей параметрами является набор параметров гауссовой смеси, аппроксимирующей плотность вероятности  $f_i(x)$ ,  $\Theta_i = \{f_i(x)\} = \{\alpha_k \mu_k, \Sigma_k\}$ , где  $\alpha_k$  – вес  $k$ -го гауссиана, сумма гауссиан удовлетворяет условию  $\sum_{k=1}^N \alpha_k = 1$ ;  $\mu_k$  – вектор математического ожидания  $k$ -го гауссиана;  $\Sigma_k$  – ковариационная матрица  $k$ -го гауссиана. Для вычисления параметров

гауссовой смеси используется *EM* – алгоритм [1]. Для векторного квантования параметрами является набор векторов, характеризующих распределение векторов  $\bar{X}$ , т. е. матрицу, содержащую  $n$  векторов  $\{y_1 \dots y_m\}$  размерностью  $m$  и положительно определенную ковариационную матрицу  $W^i$ , получаемую из матрицы векторов  $\Theta_i = (\{y_1 \dots y_m\}^n, W^i)$  [1]. Векторы получают методом *k*-средних (*k*-means) и ЛБГ (LBG – Linde Buzo Gray).

В качестве решающего правила используется метод с заданием порога принятия решения, либо с заданием некоторой модели неизвестного диктора UBM (Universal Background Model) [2, 4].

Метод, основанный на UBM, заключается в создании некоторого абстрактного обобщенного класса «диктор неизвестен» и использовании Байесовского решающего правила с заданием порога правдоподобия.

Опишем подробно на примере простейшего случая, когда заданы два класса:  $A_i$  – требуемый диктор и  $A_{UBM}$  – модель UBM. Для получения модели UBM  $\Theta_{UBM}$  необходим набор реализаций различных голосов дикторов, характеризующих множество «неизвестных дикторов», для которых также выполняется процедура построения модели.

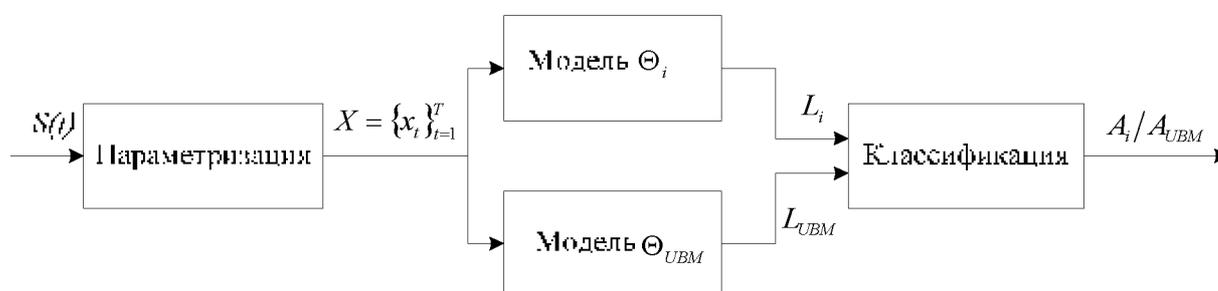


Рисунок 1 – Схема процедуры классификации в задаче ОИД

Такой метод имеет недостаток, так как вводимый класс «диктор неизвестен» является некоторым упрощением задачи. Описать корректно образы всех неизвестных дикторов, одним «средним» классом невозможно. Схема процедуры классификации представлена на рисунке 1. После процедуры параметризации сигнала  $S(t)$  имеем пространство наблюдений  $X = \{x_t\}_{t=1}^T$ . Необходимо определить, принадлежит ли данная последовательность диктору  $i$ , имея статистическую модель голоса диктора, заданную набором параметров  $\Theta_i$ , и модель UBM  $\Theta_{UBM}$ .

Рассмотрим процедуру вычисления значения признака, характеризующего вероятность принадлежности наблюдаемого пространства  $X$  модели диктора с параметрами  $\Theta_i$ . Вероятность того, что вектор  $x_t$  принадлежит голосу диктора с номером  $i$ , получаем, используя правило Байеса [1]:

$$p(x_t / \Theta_i) = \frac{p(x_t / \Theta_i)}{p(x_t)} Pr(i), \quad (1)$$

где  $Pr(i)$  – априорная вероятность того, что неизвестный диктор является диктором с номером  $i$ ,  $p(X)$  – вероятность появления вектора из пространства наблюдений  $X$ . Выражение упрощают, сокращая  $Pr(i)$  и  $p(x)$ , так как их качественная оценка затруднительна или невозможна. Далее переходят к рассмотрению последовательности наблюдений  $X$ , полагая, что векторы в этой последовательности не зависят один от другого:

$$L_i = P(X / A_i) = \prod_{t=1}^T p(x_t / \Theta_i), \quad (2)$$

для векторного квантования

$$L_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y)'W(x_i - y), \quad (3)$$

где  $y$  – ближайший к  $x$  вектор из кодовой книги  $\arg((x - y)'W(x - y)) \rightarrow \min$ .

Аналогично производятся вычисления и для модели UBM:

$$L_{UBM} = P(X / \Theta_{UBM}) = \prod_{i=1}^T p(x_i / \Theta_{UBM}), \quad (4)$$

или для векторного квантования

$$L_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_{UBM})'W(x_i - y_{UBM}). \quad (5)$$

Перейдем к процедуре классификации, используя критерий идеального наблюдателя (см. рис 2):

$$\Delta = \frac{P(L_i)}{P(L_{UBM})}, \quad (6)$$

или сравнение с пороговым значением  $P_0$ :

$$P_i = P(L_i), \quad P_i \geq P_0 \Rightarrow X \supset A_i. \quad (7)$$

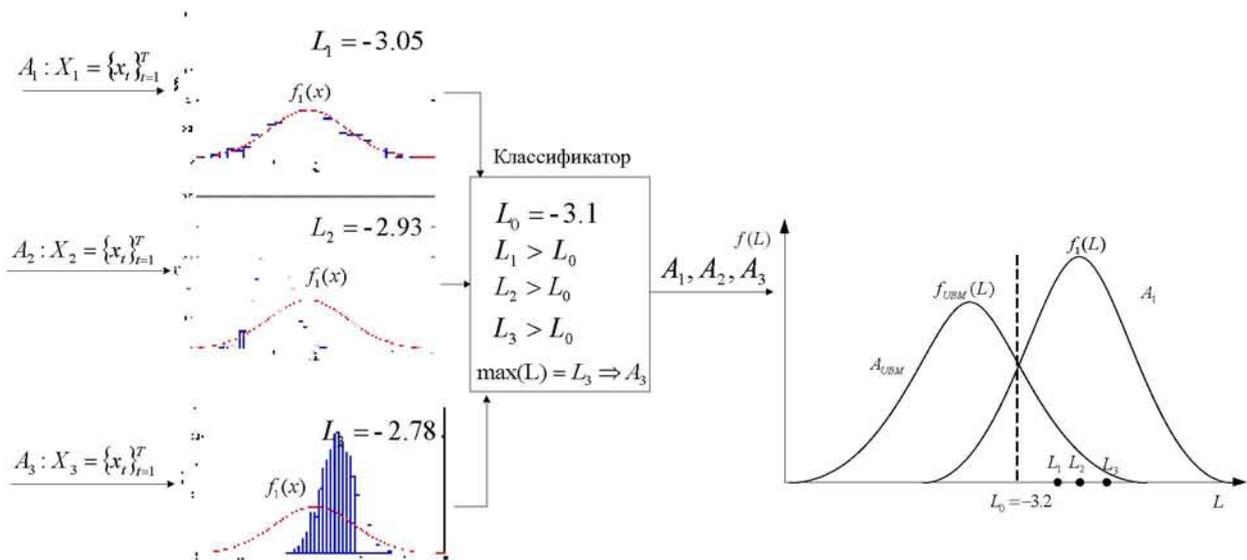


Рисунок 2 – Схема, поясняющая работу решающего правила, приводящего к ошибке

Для критерия (6) в случае, если  $\Delta > 1$ , принимают гипотезу – наблюдаемая последовательность  $X$  принадлежит классу  $A_i$ ; в случае если  $\Delta < 1$  – последовательность  $X$  принадлежит классу  $A_{UBM}$ . Как правило, вместо функции  $P(X / \Theta)$  используют значение, полученное путем сложения логарифмов от  $p(x_i / \Theta)$ , а при вычислении критерия  $\Delta$  вместо операции деления используют вычитание.

Значение признака  $L = P(X / \Theta)$  имеет статистический характер и распределено по нормальному закону [3]. Получим Байесовский классификатор и отметим, что какой бы размерности не был вектор признаков, значение  $L$  – скаляр.

Одна из основных проблем данного метода – это используемый для классификации признак  $L$ , так как его значение сильно зависит от значений  $y$  для  $f(x)$ , т. е. разброса параметра  $x$  для диктора. Приведем пример. Имеем три простые модели диктора со скалярным признаком  $x$ :  $\Theta_1 = \{f_1(x)\} = \{\mu_1, \sigma_1\}$ ,  $\Theta_2 = \{f_2(x)\} = \{\mu_2, \sigma_2\}$ ,  $\Theta_3 = \{f_3(x)\} = \{\mu_3, \sigma_3\}$ , соответствующие дикторам 1, 2 и 3. Пусть наблюдаются последовательности  $X_1, X_2, X_3$ , принадлежащие дикторам 1, 2 и 3. Тогда в случае близости значений математического

ожидания  $\mu$  функций распределений  $f_1(x)$ ,  $f_2(x)$ ,  $f_3(x)$  и в случае  $y_1 > y_2$  и  $y_1 > y_3$ , значения  $L_2$  и  $L_3$  будут указывать на большую либо такую же вероятность моделей  $\Theta_2$  и  $\Theta_3$ , что и  $\Theta_1$  (рис. 2).

Для устранения такого недостатка необходим переход к другому признаковому пространству для принятия решения. Как было показано, используемый признак  $L$  характеризует вероятность последовательности  $X$  для рассматриваемой модели  $\Theta$ . В случае ОИД более эффективным признаком может быть «функция схожести», т.е. возможность определить, насколько наблюдаемое после параметризации распределение признака  $X$  соответствует распределению, полученному из модели  $\Theta_i$ . Согласно статистике, наиболее подходящим для принятия решения является критерий согласия, т. е. согласованности наблюдаемого распределения с имеемым. Однако использование такого критерия затруднительно при многомерном признаке  $X$ , что характерно для практических систем открытой идентификации диктора [5].

Для решения описанных проблем предлагается использовать модель диктора  $\Theta$  с введенными дополнительно  $n$  распределениями  $f_o^i(x)$  для сегментации эталонной плотности распределения, что приводит к появлению  $n$  дополнительных признаков, вычисляемых по выражению:

$$L^i = F(X, f_i(x)) = \sum_{t=1}^T \log(p(f_i(x_t))) , i=1 \dots n, \quad (8)$$

для векторного квантования

$$L^i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x - y_i)' W_i (x - y_i) , i=1 \dots n. \quad (9)$$

Таким образом, наблюдаемый речевой сигнал после параметризации и вычисления значений признаков представляется точкой  $(L^1, L^2, \dots, L^{n+1})$  в  $n+1$  мерном пространстве.

Для предложенной модели  $\Theta$  диктора  $A$ , наблюдения голоса этого диктора  $X_j = \{x_t\}_{t=1}^T$   $j=1 \dots S$  образуют класс, аппроксимируемый нормальным распределением  $f_A$ . Возможности использовать какой-либо из оптимальных классификаторов нет, так как описать все классы не представляется возможным. В качестве решающего правила предлагается использовать выражение:

$$P_j = f_A(L^n), \quad P_j \geq P_0 \Rightarrow X_j \supset A, \quad (10)$$

где  $P_0$  – пороговое значение вероятности принадлежности точки этому классу, которое выводится опытным путем.

Рассмотрим на примере, описанном выше, результаты идентификации с использованием новой модели. Для модели диктора  $\Theta_1 = \{f_1(x)\}$  введем дополнительные плотности распределения  $f_2(x)$ ,  $f_3(x)$ , получим  $\Theta_1 = \{f_1(x), f_2(x), f_3(x)\}$ . Тогда входной вектор  $X = \{x_t\}_{t=1}^T$  будет представлен точкой в трёхмерном пространстве со значениями:

$$L^1 = F(X, f_1(x)) = \sum_{t=1}^T \log(p(f_1(x_t))), L^2 = F(X, f_2(x)) = \sum_{t=1}^T \log(p(f_2(x_t))),$$

$$L^3 = F(X, f_3(x)) = \sum_{t=1}^T \log(p(f_3(x_t))).$$

В решающем правиле в качестве параметров используется полученный вектор значений признаков  $(L^1, L^2, L^3)$ , для которого вычисляется вероятность  $P_j$  принадлежности диктору  $A$ , после чего данная вероятность сравнивается с порогом: если она больше порога, то наблюдаемый сигнал принадлежит диктору  $A$ , т. е. при  $P_j \geq P_0 \Rightarrow X_j \supset A$ .

На рисунке 3 показано, как для модели  $\Theta_1$  речи диктора  $A_1$  наблюдения этого диктора  $X_j = \{x_t\}_{t=1}^T$  для  $j=1 \dots 15$  реализаций образуют хорошо разделяемый класс, аппроксимируемый нормальным распределением.

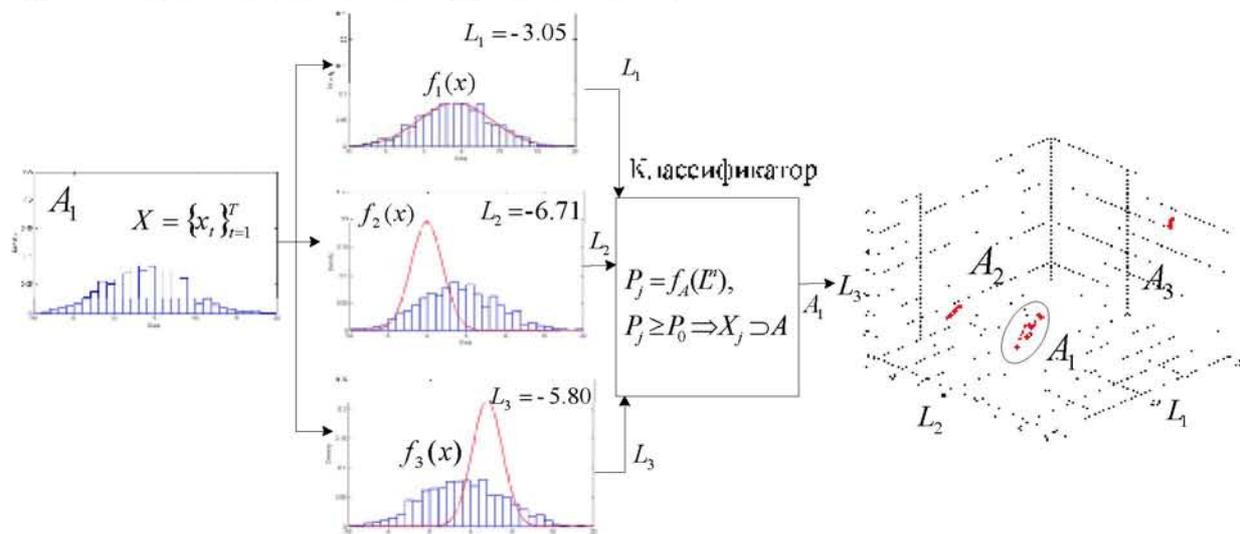


Рисунок 3 – Принцип принятия решения при использовании дополнительных признаков

Выбор оптимальных дополнительных распределений связан с интегрированием и дифференцированием многомерных плотностей распределения и аналитически сложен. Для выбора дополнительных статистических распределений, используемых в предложенной модели, предлагается следующий метод: использование статистических распределений, полученных из речевых сигналов, принадлежащих другим дикторам.

Экспериментальные исследования показали, что для достижения средней вероятности ошибки  $P_{ош} = 0.024$  с доверительной вероятностью 0,95 на интервале  $(0,018 < r < 0,03) = 0,95$  необходимая выборка должна содержать не менее 20 статистических распределений, полученных по результатам наблюдения речи разных дикторов. При этом выбор дополнительных распределений осуществляется итеративно по одному распределению, по критерию минимума  $P_{ош}$  при использовании в модели. Выбранное распределение добавляется в модель, после чего выполняется процедура идентификации, и получают в результате вероятность ошибки идентификации  $P_{ош}$ . Из всех статистических распределений выбирают то, использование которого в модели обеспечивает минимальную вероятность ошибки  $P_{ош}$ . Так по одному распределению добавляют до тех пор, пока  $P_{ош}$  продолжает уменьшаться. Минимальная ошибка наиболее часто достигается при использовании от 2 до 4 дополнительных распределений. Полученное в ходе эксперимента распределение количества дополнительных плотностей распределений в модели речи диктора, при которых достигается минимальная  $P_{ош}$ , показано на рисунке 4. По критерию согласия  $\chi^2$  доказано, что оно удовлетворяет нормальному закону распределения при уровне значимости  $\alpha = 0,99$ .

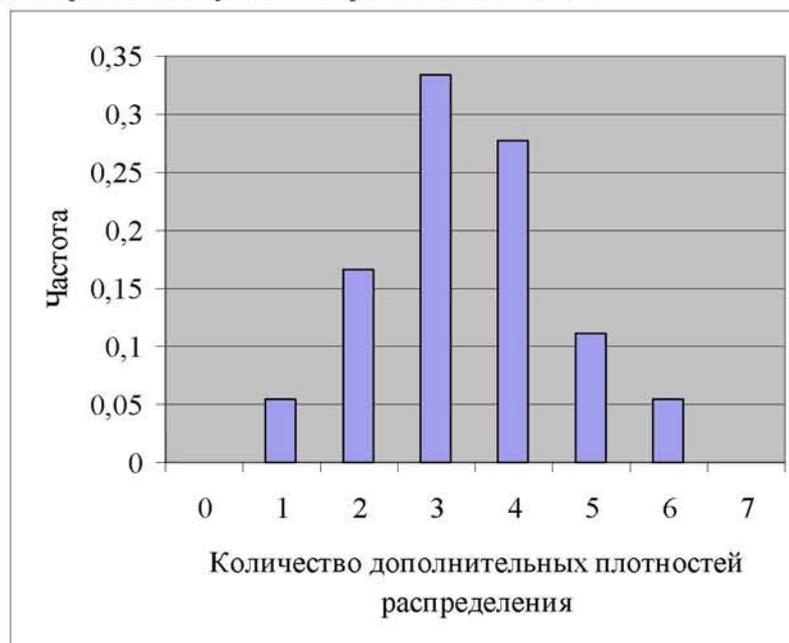
Таким образом, с вероятностью 0,99 количество дополнительных необходимых распределений для сегментации не будет превышать шести, т.е.

$$P(C \leq 6) = 0,99,$$

где  $C$  – количество дополнительных плотностей распределения для сегментации эталонной плотности распределения, необходимых для получения минимальной вероятности ошибки идентификации. Также можно использовать любые заданные плотности распределения, в том числе и нормальные, решая задачу оптимизации, изменяя среднее и среднеквадратичное ожидание и необходимое количество плотностей распределения.

Рассмотрим эксперимент для оценки эффективности предложенного метода. Определим особенности метода идентификации и модели. Для формирования пространства

наблюдений  $X$  используем метод извлечения линейных коэффициентов предсказания из речевого сигнала, при этом берутся первые 12 коэффициентов кроме единичного [6]. Для построения модели диктора используем векторное квантование.



*Рисунок 4 – Распределение количества дополнительных плотностей для сегментации эталонной плотности, при котором достигается минимальная вероятность ошибки идентификации*

Набор параметров  $\Theta$  модели – это набор векторов, характеризующих распределение векторов  $X$  ЛКП, т. е. матрица, содержащая 256 двенадцатимерных векторов  $\Theta_i = (\{y_1 \dots y_{12}\}^{256}, W^i)$  и положительно определенную ковариационную матрицу  $W^i$ , получаемую из матрицы векторов [1, 3]. Векторы получены методом  $k$ -средних. Для вычисления признака  $L$  используется выражение (3). Значение  $L$  является параметром решающего правила (7).

Описанная система является тривиальной и подробно представлена в различных источниках. В проведенном эксперименте вероятность интегральной ошибки идентификации для 18 дикторов составила  $P_{ош} = 0,16$ .

Рассмотрим систему открытой идентификации диктора, использующую предложенный метод идентификации диктора на основе сегментации эталонной плотности распределения дополнительными распределениями. Параметры модели  $\Theta$  – это набор векторов, характеризующих эталонное распределение векторов  $X$  ЛКП, т. е. матрица, содержащая 256 двенадцатимерных векторов  $\Theta_i = (\{y_1 \dots y_{12}\}^{256}, W^i)$  и  $n$  векторных книг, описывающих дополнительные распределения  $\Theta_i = (\langle \{y_k^i [y_1 \dots y_{12}]_{k=1}^{256}, W^i \rangle, i = 1 \dots n$ ). По каждой из кодовых книг вычисляется признак  $L$  для пространства наблюдения  $X$  по выражению (9). Получим вектор признаков  $(L^1, L^2, \dots, L^n)$  для принятия решения в выражении (10). Для системы с предложенным методом в проведенном эксперименте вероятность интегральной ошибки идентификации для 18 дикторов составила  $P_{ош} = 0,024$ , что существенно меньше, чем при использовании классической модели.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод идентификации диктора на основе сегментации эталонной плотности распределения позволяет точнее осуществлять идентификацию заданной плотности распределения, характеризующей голос диктора, по сравнению с существующими

в этой области [1-4]. В проведенном эксперименте достигается снижение вероятности интегральной ошибки идентификации  $P_{ои}$  с 0,16 до 0,024, что составляет 81%. Доверительная вероятность результатов эксперимента на интервале составляет  $p(0,019 < 0,024 < 0,031) = 0,95$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аграновский А.В., Леднов А.В. Теоретические аспекты алгоритмов обработки и классификации речевых сигналов. – М.: Радио и связь, 2004. – 164 с.
2. Максимов А.В., Чавчавадзе Н.М., Мельников С.Ю., Федюкин М.В. Развитие систем автоматической текстонезависимой идентификации дикторов [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М.: СТЭЛ. – КС сор. 2009. – URL: <http://www.stel.ru/news/pdf/melnikov%202009.pdf>.
3. Campbell J. P., Speaker Recognition: A Tutorial // Proceedings of the IEEE, September 1997. – Vol. 85. – No.9.
4. Голунов В. И. Викторов А. В. VQ and GMM combination for text independent speaker recognition on telephone channel. IEEE. – September 1997. – Vol. 85. – No. 9.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: «Высшая школа», 1972. – 368 с.
6. Рабинер Л.Р., Шафер Р.В. Цифровая обработка речевых сигналов; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1981.

**Афанасьев Андрей Алексеевич**

Академия ФСО России, г. Орел

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела

Тел.: 8 915 505 19 25

E-mail: [andreycka@nekto.ru](mailto:andreycka@nekto.ru)

**Габдулгазиев Станислав Рамзисович**

Академия ФСО России, г. Орел

Адъюнкт

Тел. 8 919 261 86 88

E-mail: [111222s@mail.ru](mailto:111222s@mail.ru)

---

A.A. AFANAS'EV (*Candidate of technical science, Senior Researcher of RD department*),

S.R. GABDULGAZIEV (*Postgraduate in the academy*);

*Academy FSS of the Russian Federation, Orel*

#### ANNOUNCER IDENTIFICATION ON THE BASIS OF THE DISTRIBUTION REFERENCE DENSITY SEGMENTATIONS

*In article the methods of speaker identification is considered, their lacks leading to increase of probability of an error at decision-making in the course of classification by known methods are specified. The methods of speaker identification on the basis of segmentation of reference density of distribution in additional density of distribution which provides more exact decision-making is offered.*

**Keywords:** *open speaker identification, speech signal.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Agranovskij A.V., Lednov A.V. Teoreticheskiye aspekty' algoritmov obrabotki I klassifikacii rechevy' z signalov. – М.: Radio I svyaz', 2004. – 164 s.
2. Maksimov A.V., Chavchavadze N.M., Mel'nikov S.Yu., M.V. Razvitiye system avtomaticheskoy tekstonezavisimoy idntifikacii diktovor [E`lektronny`j resurs]. – E`lektron dan. – М.: STE`L. – KS sop. 2009. – URL: <http://www.stel.ru/news/pdf/melnikov%202009.pdf>.
3. Campbell J. P., Speaker Recognition: A Tutorial // Proceedings of the IEEE, September 1997. – Vol. 85. – No.9.
4. Golunov V.I., Viktorov A.V. B. VQ and GMM combination for text independent speaker recognition on telephone channel. IEEE. – September 1997. – Vol. 85. – No. 9.
5. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostey I matematicheskaya statistika. – М.: «Vy`sshaya shkola», 1972. – 368 s.
6. Rabiner L.R., Shafer R.V. Cifrovaya obrabotka rechevy`x signalov; per. s angl. – М.: Radio I svyaz', 1981.

УДК 510.20.640.41

В.Б. ДЕДУРИН

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА УСЛУГ ТИПОВОГО ГОСТИНИЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Автор анализирует потребности и виды деятельности человека. Также приводит классификацию гостиничных услуг и строит модель комплекса услуг типового гостиничного предприятия, которая может быть внедрена в его информационную систему.*

**Ключевые слова:** гостиница; модель; услуга; деятельность; потребность.

### ВВЕДЕНИЕ

Путешествуя по миру, отправляясь на отдых, лечение или с любой другой целью человек вынужден прибегать к услугам гостиничной сферы. Основная услуга гостиниц состоит в удовлетворении потребности человека в питании и отдыхе, дополнительные же услуги многогранны и многочисленны, но все они направлены на удовлетворение определенных потребностей. Спектр предоставляемых услуг современного гостиничного предприятия велик и может составлять порядка 300 дополнительных услуг. Как ориентироваться человеку в этом многообразии? Как менеджеру гостиницы правильно выбрать и реализовать соответствующий набор? Ответ на эти вопросы, на наш взгляд, находится в системном анализе и поиске зависимостей между потребностями, формируемыми на основе планируемого вида деятельности человека и комплексом предоставляемых услуг.

При управлении сложными системами в условиях неопределенности и нечеткости исходных данных используются модели и методы принятия управленческих решений в условиях неопределенности. Процесс выбора клиентом необходимого набора услуг гостиницы характеризуется наличием определенных и неопределенных требований. Заказывая гостиничный номер, клиент оперирует набором фраз: недорогой номер, невысоко, чтобы в номере было не холодно и т.д. При этом он имеет четкую цель: лечение, отдых, командировка и т.п. Взаимозависимость между потребностями человека и видами деятельности, а также объективное наложение предоставляемых услуг на набор потребностей конкретного человека приводит к необходимости проведения системного исследования данных фактов с целью уменьшения степени неопределенности в заказе и, как следствие, в управлении гостиничным предприятием.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА УСЛУГ

Потребности – состояние нужды человека или животного в определенных условиях, которых им не хватает для нормального существования и развития. Потребность активизирует организм, стимулирует поведение, направленное на поиск того, что требуется. Она как бы ведет за собой организм, приводит в состояние повышенной возбудимости отдельные психические процессы и органы, поддерживает активность организма до тех пор, пока соответствующее состояние нужды не будет полностью удовлетворено [2].

Как личности, люди отличаются друг от друга разнообразием имеющихся у них потребностей и особым сочетанием этих потребностей. Количество и качество потребностей, которые имеют живые существа, зависит от уровня их организации, от образа и условий жизни, от места, занимаемого соответствующим организмом на эволюционной лестнице [1]. В большинстве современных трудов авторы ссылаются на классификацию человеческих потребностей известного американского психолога А.Х. Маслоу (рис. 1).

Низшие потребности всегда удовлетворены в большей мере, чем высшие. Если в целях наглядности воспользоваться конкретными цифрами, пусть и условными, то

получится, что у среднестатистического гражданина физиологические потребности удовлетворены, например, на 85%, потребность в безопасности удовлетворена на 70%, потребность в любви – на 50%, потребность в самоуважении – на 40%, а потребность в самоактуализации – на 10%.

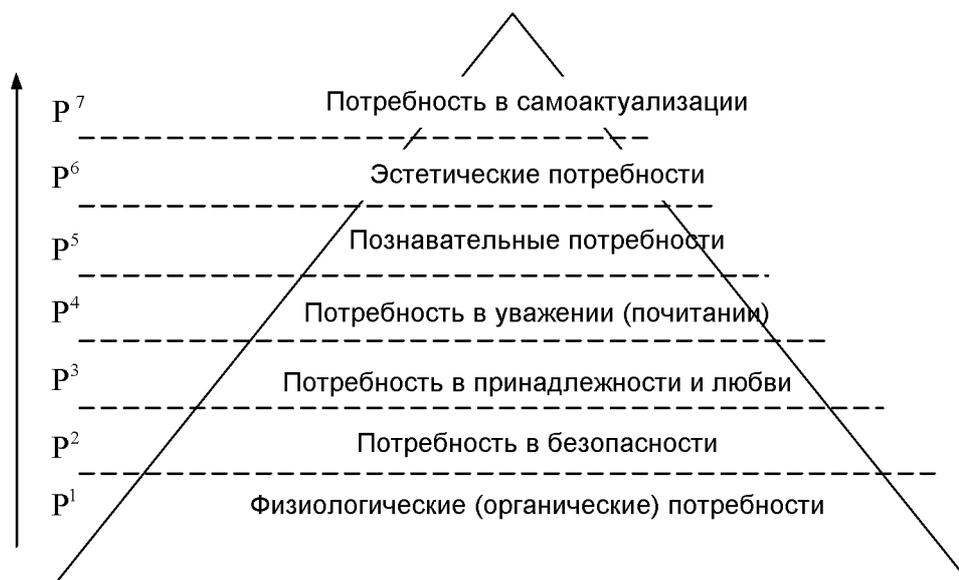


Рисунок 1 – Пирамида потребностей по исследованиям А. Маслоу

Множество потребностей может быть представлено в следующем виде:

$$P^n = \bigcup_{i=1}^M P_i^n, \quad (1)$$

где  $n$  – номер вида потребностей, согласно классификатору Маслоу (рис. 1),  $M$  – количество потребностей, относящихся к данному виду. Например, множество физиологических (органических) потребностей может быть представлено в виде:

$$P^1 = \{p_1^1, p_2^1, p_3^1, p_4^1, p_5^1, p_6^1\}, \quad (2)$$

где  $p_1^1$  – потребность в атмосферном воздухе и его качестве;  $p_2^1$  – потребность в воде и ее качестве;  $p_3^1$  – потребность в пище;  $p_4^1$  – потребность в физиологическом отдыхе;  $p_5^1$  – потребность в физическом развитии;  $p_6^1$  – в продолжении рода и сексуальная потребность.

Как и любая сервисная деятельность, работа гостиничного комплекса направлена на удовлетворение потребностей клиента. Потому изучение потребностей клиента необходимо для понимания механизмов работы и качественного управления гостиничным комплексом.

Деятельность – активное взаимодействие живого существа с окружающим миром, в ходе которого оно целенаправленно воздействует на объект и за счет этого удовлетворяет свои потребности. Выделяют следующие виды деятельности человека [3]: общение, игра, учение и труд. К данной классификации для наших целей добавлены деятельность на поддержание физиологических потребностей человека – поддержание жизнедеятельности и досуг как особенности деятельности в сфере гостеприимства.

Соотнесение потребностей, удовлетворяющихся человеком в процессе деятельности, может быть представлено матрицей потребностей человека для сферы гостеприимства:

$$M_p = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} & P_{25} & P_{26} & P_{27} \\ 0 & 0 & P_{33} & P_{34} & P_{35} & P_{36} & P_{37} \\ 0 & P_{42} & P_{43} & P_{44} & P_{45} & P_{46} & P_{47} \\ 0 & P_{52} & P_{53} & P_{54} & P_{55} & P_{56} & P_{57} \\ 0 & P_{62} & P_{63} & P_{64} & P_{65} & P_{66} & P_{67} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где строки матрицы соответствуют множеству потребностей для вида деятельности, столбцы относятся к потребностям одного вида, удовлетворяющиеся разными видами деятельности, а каждый элемент матрицы представляется набором потребностей (1-7):

$$P_{11} = P^1 = \{p_1^1, p_2^1, p_3^1, p_4^1, p_5^1, p_6^1\},$$

$$P_{21} \subset P^1, P_{21} = \{p_2^1, p_3^1, p_4^1, p_5^1\},$$

в зависимости от целевого назначения предоставляемого спектра услуг.

В результате поддержания жизнедеятельности возникают только физиологические потребности и потребности в безопасности, остальные потребности ( $P^3 - P^7$ ) не характерны для данного вида деятельности. Физиологические потребности не могут быть удовлетворены в процессе учения, досуга, общения либо игры. Учение как процесс также не обеспечивает потребности в безопасности. Это обуславливает наличие нулевых элементов матрицы (3).

Опираясь на данные общероссийского классификатора услуг населению [4], целесообразным представляется провести классификацию гостиничных услуг по их функционально-целевому назначению:

$U^1$ – услуги размещения,	$U^8$ – услуги предоставления в пользование,
$U^2$ – услуги питания,	$U^9$ – деловые услуги,
$U^3$ – услуги быта и красоты,	$U^{10}$ – финансово-юридические услуги,
$U^4$ – транспортные услуги,	$U^{11}$ – услуги активного отдыха и рекреации,
$U^5$ – услуги безопасности,	$U^{12}$ – оздоровительные услуги,
$U^6$ – услуги связи,	$U^{13}$ – медицинские услуги.
$U^7$ – медиа-услуги,	

Множество услуг может быть представлено в следующем виде:

$$U^k = \bigcup_{i=1}^L u_i^k, \quad (4)$$

где  $k$  – номер вида услуги согласно классификатору,  $L$  – количество услуг, относящихся к данному виду. Например, услуги питания могут быть представлены в виде:

$$U^2 = \{u_1^2, u_2^2, u_3^2, u_4^2, u_5^2, u_6^2\}, \quad (5)$$

где  $u_1^2$  – услуги пансионного питания;  $u_2^2$  – обслуживание в номере;  $u_3^2$  – банкетное обслуживание;  $u_4^2$  – обслуживание в баре или буфете;  $u_5^2$  – обслуживание с помощью продуктовых автоматов;  $u_6^2$  – национальная кухня.

Для построения модели комплекса услуг типового гостиничного комплекса необходимо сопоставить виды деятельности и потребности человека с видами гостиничных услуг. Для этой задачи целесообразно использовать модификацию методики построения «дерева противоречий», предложенную В.Г. Сибиряковым [5] (рис. 2). В этой методике объединены три основных подхода к анализу сложных систем: американский «целевой подход» (построение дерева целей), японский подход «поиск причин брака и повышения качества» («диаграммы К. Исикавы») и «теория решения изобретательских задач» (Г.С. Альтшуллер).

Последовательность шагов методики применительно к нашей задаче:

1. Сформулировать цель и определить целевую функцию.
3. Сформулировать основные функции на основе анализа основных видов деятельности.
4. Сформулировать потребности, которые возникают для каждого вида деятельности.
5. Определить набор услуг, обеспечивающих удовлетворение потребностей.
6. Анализировать систему полученных решений.
7. Согласовать с подсистемами управления гостиничным комплексом.

Путем применения целевого подхода к анализу цели прибытия клиента в гостиничный комплекс, анализа возможных его потребностей и функционального

сопоставления видов услуг из ассортимента гостиничного комплекса стало возможным построить модель комплекса услуг типового гостиничного комплекса (рис. 3).

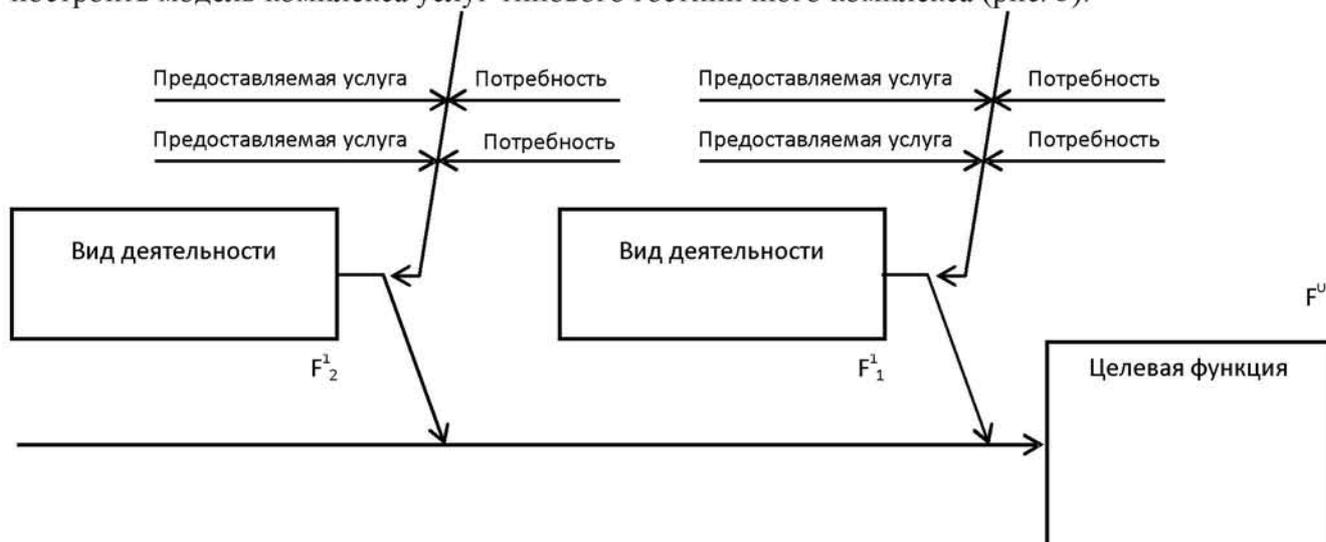


Рисунок 2 – Графические обозначения для построения модели

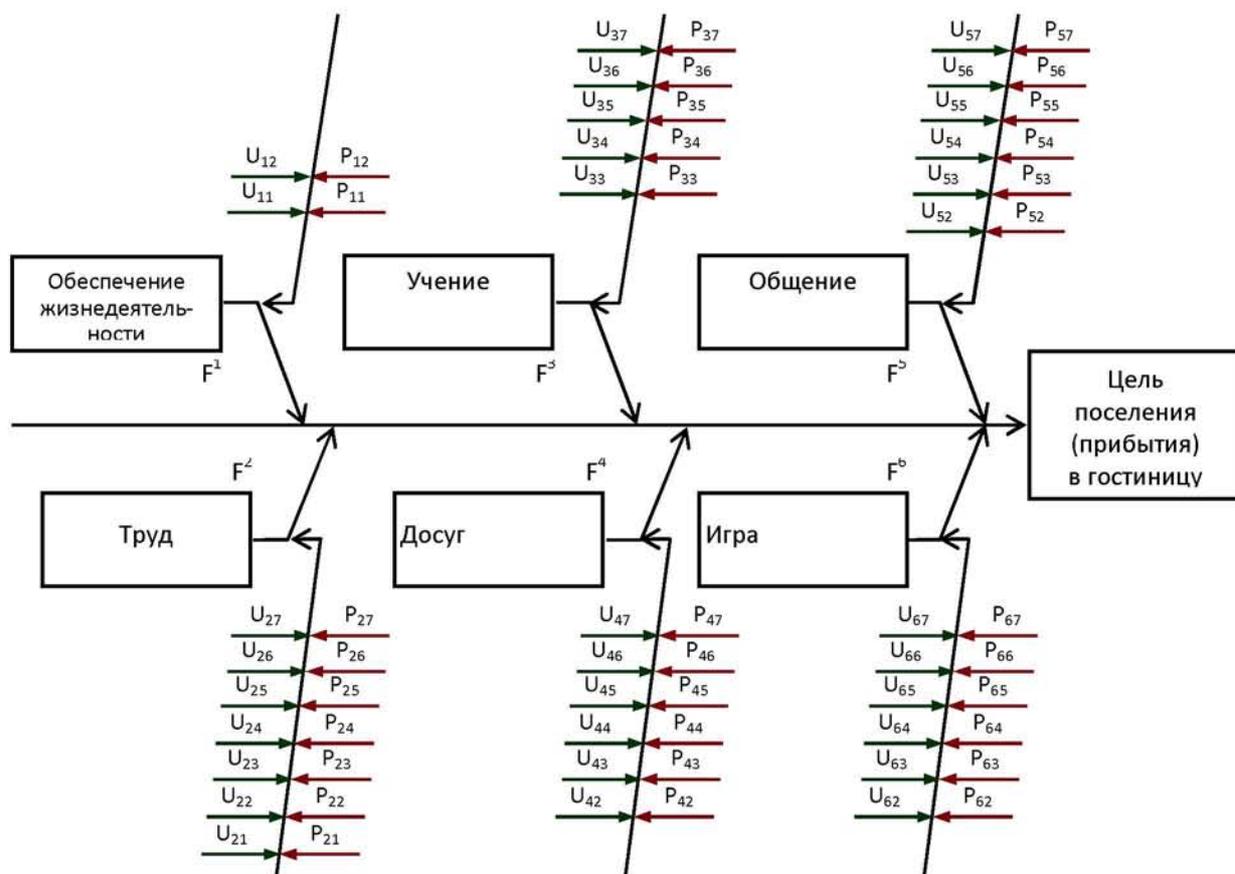


Рисунок 3 – Модель комплекса услуг типового гостиничного предприятия

Описание данной модели ограничим примером предоставления услуг гостиничным комплексом для удовлетворения познавательных потребностей человека в процессе досуга:

$$U_{45} = \{U_{45}^2, U_{45}^4, U_{45}^6, U_{45}^7, U_{45}^8, U_{45}^9, U_{45}^{11}\} \quad (6)$$

Познавательными потребностями  $P_5$ , которые удовлетворяются в процессе досуга, являются: потребность в получении информации, потребность в понимании собеседника,

потребность в изложении мыслей, потребность в консультациях, потребность в вере и религии, потребности в повседневном познании. Данные потребности удовлетворяются услугами:

1.  $U_{245} \leq U_2$  (услуги питания), например, ознакомление с национальной кухней  $U_{245} = u_6^2$ .

2.  $U_{445} \leq U_4$  (транспортные услуги), например, прокат автомобиля  $U_{445} = u_5^4$

3.  $U_{645} \leq U_6$  (услуги связи), например, проводной или беспроводной Интернет  $U_{645} = u_3^6$

4.  $U_{745} \leq U_7$  (медиа-услуги), например, вещание познавательных телевизионных каналов, продажа и доставка периодических изданий  $U_{45}^7 = \{u_1^7, u_4^7\}$

5.  $U_{845} \leq U_8$  (услуги предоставления в пользование), например, прокат фото-, видео аппаратуры, средств связи  $U_{45}^8 = \{u_1^8, u_2^8\}$

6.  $U_{945} \leq U_9$  (деловые услуги), например, услуги переводчика  $U_{945} = u_5^9$ .

7.  $U_{1145} \leq U_{11}$  (услуги активного отдыха, которые могут обеспечить информационные потребности клиента), например, экскурсионное обслуживание, услуги гида  $U_{1145} = u_6^{11}$ .

Таким образом, можно сформировать результирующее множество услуг, направленное на реализацию познавательных потребностей клиента при организации его досуга:

$$U_{45} = \{u_6^2, u_5^4, u_3^6, u_1^7, u_4^7, u_1^8, u_2^8, u_5^9, u_6^{11}\} \quad (7)$$

Причем конечное множество услуг зависит от цели поселения (прибытия) клиента в гостиницу и будет существенно отличаться, например, для отдыхающего человека и человека, приехавшего в командировку. Например, для человека в командировке высока вероятность того, что  $U_{845} = 0$ ,  $U_{1145} = 0$ , тогда  $U_{45} = \{u_6^2, u_5^4, u_3^6, u_1^7, u_4^7, u_5^9\}$ .

Используя результаты моделирования, можно предложить логическую реляционную модель базы данных для информационной системы гостиничного комплекса в нотации IЕ (James Martin) (рис. 4).

Сложное отношение между объективными потребностями клиента гостиницы и его субъективным пониманием этих потребностей создает сложную задачу для системы управления гостиничным комплексом. Только в идеальном случае люди хорошо понимают свои потребности, видят пути их удовлетворения и располагают всем необходимым для их удовлетворения. Обусловлено это, во-первых, тем, что человек может иметь потребность в услуге, но не осознавать этого, во-вторых, потребность может осознаваться неявно и неточно, когда человек смутно ощущает ее, но не находит путей реализации. В первом случае сервисная деятельность гостиницы направляется на формирование потребности, то есть осознание потребности человеком и создание у него стремления воспользоваться предлагаемыми услугами. Во втором случае сервисная деятельность гостиницы помогает уточнить и конкретизировать возникшую потребность и предложить соответствующий набор услуг в зависимости от цели поселения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Предложенная модель комплекса услуг типового гостиничного предприятия основана на известных и проверенных временем положениях о классификации потребностей и видах деятельности человека, современном состоянии спектра услуг сферы гостеприимства, а также перспективной методике построения «Дерева противоречий», что позволяет априорно говорить об адекватности ожидаемых результатов.

Модель комплекса услуг типового гостиничного предприятия позволяет разработать профили заказов услуг клиентами в зависимости от цели поселения (прибытия) в гостиницу (отдых, лечение, командировка и т.д.), что, в свою очередь, позволит сузить спектр услуг, предлагаемых конкретному человеку, а также снизить меру неопределенности заказа.

Внедрение полученных результатов в информационную систему гостиничного предприятия позволит оптимизировать большинство процессов управления, помогая в точности соответствовать потребностям клиента. В такой гостинице клиент станет центром внимания и получит индивидуально-ориентированное обслуживание.

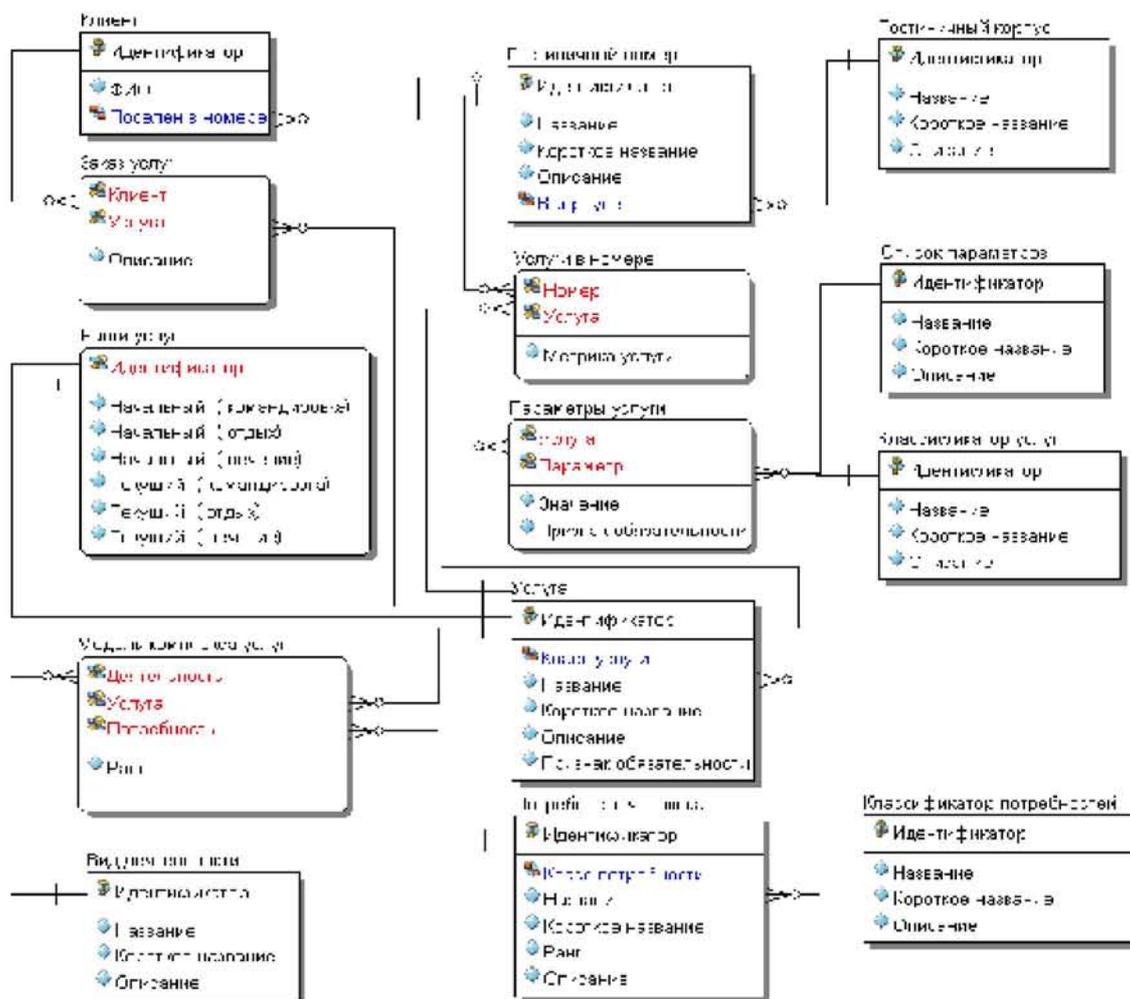


Рисунок 4 – Логическая модель базы данных для информационной системы

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрахам Маслоу и иерархия потребностей / Энциклопедия маркетинга: [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.marketing.spb.ru/lib-around/maslow.htm>.
2. Орлов С.В. Для студентов ВУЗов, обучающихся по специальностям сервиса. – СПб.: Питер, 2006. – 158 с.
3. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. – М.: Политиздат, 1975. – 139 с.
4. Общероссийский классификатор услуг населению ОК 002-93. Издание официальное. – М.: Изд-во стандартов, 1994.
5. Сибиряков В.Г. Комплексная технология решения организационных проблем: методика построения «Дерева противоречий» для анализа и развития организаций: [Электронный ресурс] / Конференция «ТРИЗ-Саммит-2007», 7-8 июля 2007 г.: тезисы докладов. – URL: <http://metodolog.ru/01090/01090.html>.

Демурин Владимир Борисович

Кубанский государственный технологический университет

Аспирант кафедры вычислительной техники и автоматизированных систем управления

Тел.: (918) 31-23-133

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

---

V.B. DEMURIN (*Postgraduate student*), *Kuban State University of Technology*

### MODELING A SET OF SERVICES IN STANDARD HOTEL

*The author analyzes the needs and human activity. As well, he classifies hotel services and describes modeling a set of services in standard hotel, which can be implemented in its information system.*

**Keywords:** *hotel; model; service; activity; need.*

### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Abraxam Maslou i ierarxiya potrebnostej / E`nciklopediya marketinga: [E`lektronny`j resurs]. – URL: <http://www.marketing.spb.ru/lib-around/maslow.htm>.
2. Orlov S.V. Dlya studentov VUZov, obuchayushhixsya po special`nostyam servisa. – SPB.: Piter, 2006. – 158 s.
3. Leont`ev A.N. Deyatel`nost`. Soznanie. Lichnost`. – M.: Politizdat, 1975. – 139 s.
4. Obshherossijskij klassifikator uslug naseleniyu OK 002-93. Izdanie oficial`noe. – M.: Izd-vo standartov, 1994.
5. Sibiryakov V.G. Kompleksnaya texnologiya resheniya organizacionny`x problem: metodika postroeniya «Dereva protivorechij» dlya analiza i razvitiya organizacij: [E`lektronny`j resurs] / Konferenciya «TRIZ-Sammit-2007», 7-8 iyulya 2007 g.: tezisy` dokladov. –URL: <http://metodolog.ru/01090/01090.html>.

УДК 004.422

А.В. КУЛИКОВ

## ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО ЯДРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ РЕДАКТИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГРАФИКИ

*Рассматриваются основные концепции разработки инструментальной среды редактирования динамической графики, а также более подробно принципы построения векторной графики методом отрезков, заложенным в работу графического ядра системы.*

**Ключевые слова:** динамическая графика; метод отрезков; программа редактирования графики.

В настоящее время рынок компьютерного программного обеспечения предлагает широкий выбор систем редактирования графических данных. К таким системам относятся различные графические пакеты, предназначенные для работы с векторной или растровой графикой, применяемые для разных задач. Однако часто бывает необходимо создавать многовариантные чертежи как с использованием векторной, так и растровой графики, имеющие не только статические, но и динамические характеристики. Такого типа задачи возникают в частности при выполнении проектных работ, когда возникает необходимость создания многовариантных чертежей на основе заданного единичного множества исходных данных. Единичное множество исходных данных может быть описано как в виде математических объектов (формул, выражений, уравнений и т.д.), так и в виде случайных величин, изменяющихся в заданных диапазонах.

Для решения такого типа задач с использованием существующих пакетов редактирования векторной графики необходимо знание пользователем одного из языков программирования или скриптов. Это обстоятельство является существенным ограничением возможностей графических построений с динамическими характеристиками. Вместе с тем, решение, которое позволит редактировать динамические графические данные так же, как позволяют современные программные средства редактировать статические данные, будет востребовано во всех отраслях человеческой деятельности, требующих многовариантное графическое представление данных, например, в области проектирования в строительстве, в образовательной сфере, также при создании графических шаблонов для сайтов или при оформлении печатной продукции в издательской деятельности и т.д.

Разработка универсального средства генерации многовариантных чертежей может быть сведена к двум основным этапам:

1) Разработка универсального формата для хранения динамических графических данных, который будет содержать в себе информацию об объектах как векторной, так и растровой графики, а также информацию о статических и динамических переменных, математические формулы и диапазоны случайностей.

2) Разработка среды для редактирования и операций вывода формата динамической графики.

Основной концепцией разработки системы является полное отделение ее интерфейса от функциональной составляющей, в том числе, и отделения функций, обрабатывающих действия пользователя. Этот принцип широко применяется в профессиональной разработке приложений, так как создает независимость ядра приложения от конкретного интерфейса пользователя. Отделение приложения от пользовательского интерфейса позволяет, во-первых, отдельно проводить работы над этими компонентами. Во-вторых, оно также позволяет программе работать с различными интерфейсами без изменений в ядре программы. Кроме этого, упрощается перенос и адаптация приложения под различные интерфейсы пользователя и, вместе с тем, предоставляется возможность экспериментировать с различными конфигурациями одного и того же интерфейса. [1,2]

Таким образом, создается возможность разработки интерфейса программы на любом языке программирования, а также поддержки все более совершенных и интеллектуальных

пользовательских интерфейсов, которые появляются с каждой новой версией операционных систем Windows.

Еще одним важным фактором, учитываемом при разработке системы, является независимость от современных каркасов приложений и библиотек, таких, как MFC, NET Framework и других. В век интенсивного развития компьютерных технологий идеи разработчиков меняются настолько быстро, что более или менее стабильными остаются долгое время только язык C++ и WinAPI. Часто зависимость от новых технологий создает риск, что приложение может быстро потерять возможность поддержки новой операционной системой. Ввиду этого разработка системы ведется на языке C++ в среде Microsoft Visual Studio 2008, что является наиболее оптимальным решением для разработки такого рода приложений. [1,2]

Рассмотрим основные необходимые функции, которые должен ожидать пользователь от системы редактирования динамических графических данных:

- 1) Интуитивно-понятное редактирование, реализованное аналогично AutoCAD, CorelDraw и другим подобным системам, с помощью манипуляций мышью;
- 2) Набор всех основных графических элементов, таких, как прямоугольник, многоугольник, окружность и т.д.;
- 3) Возможность создания и сохранения в базе собственных графических элементов;
- 4) Возможность управления динамическими и статическими параметрами графических элементов вручную (с помощью числового ввода с клавиатуры);
- 5) Возможность сохранения результатов работы в виде файлов;
- 6) Возможность просмотра и распечатки многовариантных визуализаций данных.

Таким образом, система должна базироваться на работе следующих подсистем:

- 1) Компонент ввода-вывода данных (чтение, сохранение файлов);
- 2) Компонент обработки действий пользователя;
- 3) Компонент вывода графических данных на экран и на печать;
- 4) Графическое ядро, выполняющее все операции с базой и ее графическими элементами.

Рассмотрим завершённый в разработке центральный компонент системы – графическое ядро, а также основные технологии и принципы, на которых оно действует.

Графическое ядро системы состоит из следующих основных модулей:

- модуль базы фигур;
- модуль графического полотна (характеристики полотна, состав графических элементов и их описание, характеризующее их расположение на полотне);
- модуль лексического анализа и вычисления формул.

Модуль базы фигур служит для структурированного хранения данных об элементах, а также их обработки и представления другим модулям системы.

Модуль графического полотна определяет все графические элементы, представляющие собой экземпляры фигур, их расположение на полотне и другие параметры. Содержит в себе функции для всех задач по работе с построением фигур на полотне и работает непосредственно с модулем базы фигур и модулем лексического анализа и вычисления по формулам.

Модуль лексического анализа и вычисления по формулам предназначен для анализа строк, в которых содержатся математические описания координат и вычисления их значений (принцип работы интеллектуального калькулятора, который вычисляет не последовательно, а автоматически разбирает записанное выражение и выдает результат).

Основным принципом работы графического построения, реализованного в ядре, является метод отрезков. В основе этого метода лежит представление, что любую векторную фигуру можно представить в виде отрезков, так же, как поверхность можно представить в виде множества треугольников и так же, как цифровое изображение представляет собой набор квадратных пикселей [3]. Например, прямоугольник и квадрат состоят из 4-х отрезков, треугольник – из 3-х отрезков, многоугольник – из  $n$  отрезков. Исключения составляют

окружность, эллипс, кривая Безье и так далее. Но их также можно представить совокупностью коротких отрезков, количество которых будет зависеть от масштаба изображения. Этот метод хорош тем, что на основе одних и тех же принципов описывает любой векторный элемент, в том числе, и новый, создаваемый пользователем.

Графически каждый элемент состоит из следующих объектов: вершины; отрезки.

Структурно каждый элемент состоит из следующих объектов: вершины; отрезки; переменные.

На рисунке 1 представлена структурная схема данных компонента. Графические элементы, которые отображаются на полотне, во внутреннем устройстве системы являются экземплярами фигур, хранящихся в базе данных.

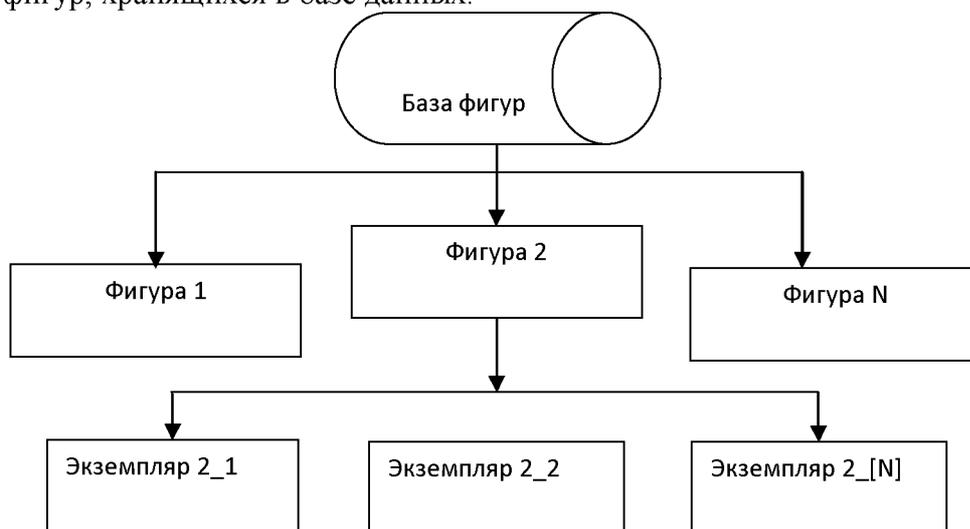


Рисунок 1 – Структурная схема данных

Координаты каждой вершины описываются математически. Значениями переменных могут быть координаты опорных точек, на которых строится фигура (в большинстве случаев это наиболее удобно, так как построение фигур в графических пакетах практически всегда основано на визуальном задании некоторых из его вершин). Все отрезки задаются номерами точек.

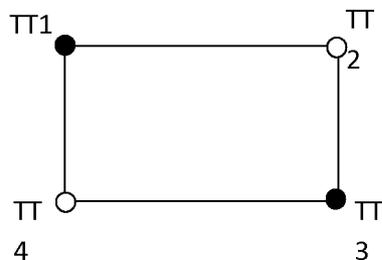


Рисунок 2 – Прямоугольник

Простейшим примером может служить описание прямоугольника (рис. 2):

На рисунке 2 закрашенными показаны базовые точки, по которым может быть произведено построение фигуры и просчет координат остальных точек. В таблице

ниже дано описание формул координат и отрезков (табл. 1):

Таблица 1

Точки	Отрезки
$T1 = \{X1, Y1\}$	$O1 = \{T1, T2\}$
$T2 = \{X2, Y1\}$	$O2 = \{T2, T3\}$
$T3 = \{X2, Y2\}$	$O3 = \{T3, T4\}$
$T4 = \{X1, Y2\}$	$O4 = \{T4, T1\}$

Многие графические фигуры требуют более сложного математического описания, которое может включать не только стандартные арифметические операции, но также, например, различные тригонометрические или логарифмические функции. Поэтому необходимым составным элементом компонента является лексический анализатор формул и вычислитель формул. Естественно, что само математическое описание – это строковая переменная.

Примером более сложного описания может служить квадрат, поскольку все стороны квадрата должны быть одного размера. Таблица для квадрата будет выглядеть так (табл. 2):

Таблица 2

Точки	Отрезки
$T1 = \{“X1”, “Y1”\}$	$O1 = \{T1, T2\}$
$T2 = \{“X2”, “Y1”\}$	$O2 = \{T2, T3\}$
$T3 = \{“X2”, “Y1+abs(X2-X1)*(abs(Y2-Y1)/(Y2-Y1))”\}$	$O3 = \{T3, T4\}$
$T4 = \{“X1”, “Y1+abs(X2-X1)*(abs(Y2-Y1)/(Y2-Y1))”\}$	$O4 = \{T4, T1\}$

Как видно из таблицы, здесь у двух точек более сложное описание координаты Y, которое содержит арифметические операции и даже некоторую функцию abs (означает модуль выражения).

Одной из функций графического ядра системы является возможность пользователю добавить свою фигуру с помощью математического описания.

Метод отрезков дает просто безграничные возможности моделирования 2d-графики. Можно задать фигуру любой формы, но главное – можно создавать семейства фигур, не ограничиваясь только масштабом, расположением в плоскости и поворотом фигуры. Определяя расположение и ориентацию деталей фигуры, используя в формулах вместе с математическими операциями и числами также и случайные величины, создаются подобные фигуры одного класса – семейства фигур.

В таблицах 1 и 2 дано описание прямоугольника и квадрата в их статической форме, т.е. это описание задает фигуру на графическом полотне в фиксированном виде, так как построил ее пользователь. Работая в режиме графического построения, компонент графического ядра лишь определяет один из вариантов фигуры, которых по предназначению системы должно быть множество. Это множество может задаваться с помощью формул трансформации, которые применяются только к статическим переменным, но не к вершинам. Это сделано для того, чтобы сохранить установленные в базе фигур свойства объекта. В таблицах 3 и 4 представлено применение формул трансформации и диапазонов случайности для примера, когда необходимо, чтобы сторона квадрата варьировалась до +100 единиц со смещением в отрицательную сторону координатной оси.

Таблица 3

Статические переменные	Формула трансформации
X1	“+R1”
X2	“*1”
Y1	“*1”
Y2	“*1”

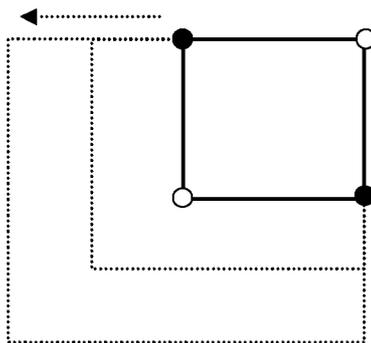
Таблица 4

Случайные параметры	Диапазон
R1	[-100;0]

На рисунке 3 представлены варианты применения формул трансформации на отображение квадрата.

В базе фигур могут храниться как элементы в простом статическом виде без случайных параметров, так и в динамическом – со случайными параметрами. Удобство для пользователя состоит в том, что можно настраивать каждый новый элемент на графическом полотне с возможностью полного изменения всех его параметров и описания в целом, а

также сохранения в базе как нового элемента, что даст возможность быстрого доступа к часто используемым специфическим элементам.



**Рисунок 3 – Трансформация квадрата**

Работа случайных параметров будет заметна на этапе генерации уже готовых файлов. Будут представлены вариации одного шаблона в соответствии с теми параметрами, который задал пользователь на этапе его подготовки.

Таким образом, благодаря используемым методам и принципам, разработан гибкий компонент инструментальной среды для редактирования и генерации динамической графики, который представляет пользователю практически безграничные возможности по созданию многовариантных чертежей в соответствии со своими творческими задумками, используя при этом визуальное построение и знания элементарной математики для настройки шаблонов.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. – М.: Вильямс, 2008. – 720 с.
2. Гамма Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб.: Питер, 2007. – 366 с.
3. Поляков А.Ю. Программирование графики: GDI+ и DirectX. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 368 с.

#### **Куликов Алексей Валерьевич**

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза  
Аспирант, инженер по специальности «Информационные системы и технологии»  
Тел.: (8927) 287-94-57  
E-mail: [alexeykulikov@nm.ru](mailto:alexeykulikov@nm.ru)

---

*A.V. KULIKOV (Postgraduate student, engineer of specialty information systems and technologies) Penza State University of Architecture and Construction*

#### **SOFTWARE CORE PRINCIPLES OF DYNAMIC DATA-DRIVEN GRAPHICS EDITING SYSTEM**

*An overview of the basic principles of software for editing dynamic data-driven graphics, and detailed drawing principles of vector graphics using the method of segments underlying in software core.*

**Keywords:** *dynamic data-driven graphics; method of segments; graphics editing software.*

#### **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Buch G. Ob''ektно-orientirovanny'j analiz i proektirovanie s primerami prilozhenij. – M.: Vil'yams, 2008. –720 s.
2. Gamma E'. Priyomy' ob''ektно-orientirovannogo proektirovaniya. Patterny' proektirovaniya. – SPb.: Piter, 2007. – 366 s.
3. Polyakov A.Yu. Programmirovaniye grafiki: GDI+ i DirectX. SPb.: BXV-Peterburg, 2005. – 368 s.

УДК 004.031+004.328

Е.А. ТИТЕНКО

## МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПОИСКА ПО ОБРАЗЦУ И МАТРИЧНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

*В статье рассмотрен метод параллельного поиска вхождений на основе матричного представления исходного текста. Поиск осуществляется по всем диагоналям матрицы и приводит к вычислению всех позиций вхождений образца.*

**Ключевые слова:** поиск вхождений; конвейерная обработка; устройство поиска по образцу.

### АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

По оценкам ведущих научных авторитетов в современной истории вычислительной техники (Черняк Л., Эйсымонт Л. К., Бурцев В.С., Фельдман В.М., Каляев И.А., Корнеев В.В., Кузьминский М.и др.) одним из передовых направлений развития современной вычислительной техники (ВТ) является создание устройств обработки и хранения информации для суперЭВМ и многопроцессорных вычислительных систем (МВС), ориентированных на реализацию параллельных вычислений с максимальной загрузкой операционной части [1, 2, 3]. Известно, что объемы хранящейся и обрабатываемой информации удваиваются каждые два года, формируя рынок электронных ресурсов и информационных услуг, в котором основным объектом выступает символьная информация в различных моделях представления [4]. В связи с этим стратегическую актуальность для проектировщиков суперЭВМ и МВС имеют вопросы создания методов, архитектур и схмотехнических решений нетрадиционной обработки информации: процессоры логического вывода, системы с управлением потоком данных [5], машины и устройства с интеллектуальной обработкой сложно организованных данных и знаний. Научно-технический прогресс определил появление значимого для общества класса задач интеллектуальной обработки информации на основе комбинации моделей представления знаний и моделей управления вычислительными процессами. Наибольшую значимость приобретают поисковые методы и технические средства для решения как расчетно-логических задач, так и задач поддержки принятия решений в различных областях науки, производства, коммерции, связанные с эффективной генерацией класса решений и анализом вариантов. При этом, по оценкам ведущих исследовательских институтов, фирм-производителей значительная доля суперЭВМ и МВС приходится на решение, поддержку, моделирование проблемных поисково-вычислительных задач, связанных с проблематикой задач искусственного интеллекта (ИИ).

Основные содержательные моменты задач ИИ заключаются в следующем. Во-первых, основным форматом представления и обработки знаний в настоящий момент является символьный формат, принципиально имеющий более высокий уровень организации параллельных вычислений, чем числовой формат. Во-вторых, эффективная обработка знаний – это реализация ветвящихся конструктивных процессов для многовариантной обработки символьной информации (ОСИ), по умолчанию требующей многопроцессорных или многомашинных архитектур. В-третьих, интеллектуальный характер решения задач ИИ подразумевает использование эффективных средств генерации множества результатов и последующий отбор приоритетных из них. Другими словами, современные устройства ВТ, ориентированные на поддержку параллельных вычислений для задач ИИ, должны иметь инвариантную ко времени вычислений схмотехническую организацию операционной части для параллельной генерации множества кандидатов и их преобразования [6]. В-четвертых, необходимым условием эффективной обработки знаний является реализация безвозвратных вычислений без введения ограничений на структуры данных, что позволяет исключать холостые шаги поисковых вычислений [7].

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Выше обозначенные содержательные моменты не в полной мере аппаратно реализованы в современных вычислительных устройствах и системах, что определяет

проблемную ситуацию ограниченного применения известных вычислительных систем и суперЭВМ для безвозвратной поисковой генерации множества конечных решений, что особенно характерно в системах обработки знаний. В связи с этим актуальной задачей является разработка модели дискретного преобразователя информации и значимых для ОСИ схемотехнических решений эффективной реализации массовых операций при обработке символьной информации.

Как известно, наибольшую частоту встречаемости в задачах ОСИ имеет операция сопоставления символьных строк, понимаемых преимущественно как конструктивные объекты [8]. Процессы сопоставления символьных строк, т.е. поиска вхождений образца в обрабатываемом тексте, адекватно описываются в терминах конструктивной логики путем использования базовых операций левой и/или правой конкатенаций (следования) для построения конструктивных объектов и задания отношения следования между символами, соединенными в символьные строки.

Задача поиска вхождения формулируется следующим образом. Пусть в общем алфавите  $\Sigma$  заданы образец  $O$  и текст  $T$  как строковые последовательности длиной в  $n$  и  $m$  символов соответственно ( $n < m$ ). Пусть каждый символ образца и текста кодируется  $p$  разрядами. Требуется найти все позиции (адреса) начала вхождений  $O$  в  $T$ .

Вычислительная (временная) сложность процесса поиска вхождения зависит от размера и логической структуры образца и текста. Общее количество сравнений символов между строками  $O$  и  $T$  определяется величиной  $n \times m$  и соответственно верхняя граница временной сложности имеет порядок  $O(m^2)$ . Дело в том, что при обнаружении частичного вхождения образца в обрабатываемом тексте необходимо выполнять множественные отступы (возвраты) как в пространстве образца, так и текста. Множественные отступы при поиске полного вхождения образца в текст приводят к непродуктивным затратам времени на выполнение избыточных сравнений. Известные методы выполнения строковых сравнений (метод прямого сопоставления, методы с предобработкой, с индексированием префиксов строк, с управляемым шагом сдвига, метод хеширования данных, конвейерный методы и др.) частично или полностью наследуют проблему множественных отступов при контекстном поиске.

### **АНАЛИЗ И СИНТЕЗ МЕТОДА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПОИСКА ВХОЖДЕНИЙ ПО ОБРАЗЦУ**

В работе предлагается такой метод поиска позиций вхождения образца  $O$  в текст  $T$ , который исключает необходимость возвратных отступов при обнаружении частичных вхождений и уменьшает время выполнения массовой операции контекстного поиска за счет двумерного представления строк  $O$  и  $T$ , организации параллельных процессов обработки всех префиксов образца со всеми подстроками текста  $T$  в пределах двумерной двоичной матрицы.

Данный метод является обобщением конвейерных методов контекстного поиска по образцу, основанных на обработке двоичных (характеристических) векторов (ХВ) символов образца  $O$  или текста  $T$ .

Известен метод конвейерного поиска вхождений образца  $O$  в произвольный текст  $T$  (метод Кулика) [9], основанный на вычислении, хранении и обработке двоичных (характеристических) векторов разрядностью  $m$  бит каждый вектор. Каждый  $j$ -ый бит такого вектора принимает значение логических «1» или «0» в зависимости от того, присутствует ли  $i$ -ый символ образца  $O$  в данной позиции текста  $T$ . При таком представлении исходных данных операция поиска вхождения сводится к последовательной безвозвратной обработке двоичных векторов текста  $T$  количеством  $n$  векторов. Алгоритмизация данного метода сводится к циклической обработке предыдущего характеристического ХВ и текущего ХВ, вычисленного путем сравнения  $i$ -ого символа образца  $O$  с символами текста  $T$ . Элементарная операция обработки двух векторов является аппаратно-ориентированной. Она получила авторское название «косая конъюнкция» и представляет собой побитовое умножение двоичных векторов, причем биты предыдущего ХВ взяты со смещением на одну позицию к

началу вектора. Иллюстрация конвейерного поиска с обработкой  $n$  векторов приведена на рисунке 1 для образца  $O=ABA$ , текста  $T=ABABACK$  в общем алфавите  $\Sigma=\{A,B,C,K\}$ .

Аналитически элементарная операция «косая конъюнкция», выполняющая перемножение двух двоичных векторов, описывается выражением

$$XB_i^{t+1}(j) = XB_i^t(j) \& XB_{i-1}^t(j-1), \quad (1)$$

где  $XB_i^{t+1}(j)$  – результирующий  $j$ -й бит текущего ХВ по  $i$ -ому символу образца  $O$ ;

$XB_i^t(j)$  – исходный  $j$ -й бит текущего ХВ по  $i$ -ому символу образца  $O$ ;

$XB_{i-1}^t(j-1)$  – результирующий  $(j-1)$ -й бит предыдущего ХВ по  $(i-1)$ -ому символу образца  $O$ .

образец $O$	ХВ	текст $T$						Моменты времени сравнений		
		$A$	$B$	$A$	$B$	$A$	$C$		$K$	
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">A →</div> <div style="margin-bottom: 10px;">B →</div> <div style="margin-bottom: 10px;">A →</div> </div>	$XB_0$	1	1	1	1	1	1	1		
			1	0	1	0	1	0	0	1
	$XB_1$	0	1	0	1	0	1	0	0	
			0	1	0	1	0	0	0	2
	$XB_2$	0	0	1	0	1	0	0	0	
			1	0	1	0	1	0	0	3
	$XB_3$	0	0	0	1	0	1	0	0	

Рисунок 1 – Конвейерный поиск по символам образца  $O$

Таким образом, поиск вхождений образца в текст заключается в последовательном логическом умножении  $n$  характеристических векторов, начиная со стартового вектора  $1...11$ . Результатом конвейерного поиска является  $n$ -ый двоичный вектор, в котором логические «1» единицы указывают на наличие полного вхождения и соответствуют позициям вхождения последнего символа образца  $O$  в текст  $T$ .

Недостаток данного метода и, как следствие, реализующего его алгоритма заключается в последовательной обработке  $n$  векторов, что приводит к непродуктивным затратам времени для итерационного вычисления конечного характеристического вектора. Данная особенность приводит к теоретической оценке времени поиска как  $O(n)$ . Кроме того, функциональным недостатком является направление обработки характеристических векторов от первого к последнему символу образца  $O$ , вследствие чего возникает необходимость в дополнительных временных затратах на преобразование позиций вхождения последнего символа в позиции вхождения первого символа.

Также известен метод конвейерного поиска вхождений образца  $O$  в произвольный текст  $T$  (метод Уди Манбера и Сан Ву) [10], основанный на ортогональном изменении направления поиска и переходе от векторов-строк (ХВ) к векторам, описывающим вхождения текущих префиксов образца  $O$  в текст  $T$  и представляющим собой двоичные вектора-столбцы длиной в  $m$  бит.  $K$ -ый элемент такого вектора-столбца принимает значение логической «1» или «0» в зависимости от того, соответствует ли эта позиция концу вхождения  $k$ -ого префикса образца  $O$ . При такой организации исходных данных операция поиска вхождения сводится к обработке двоичных векторов-столбцов (битовых срезов), описывающих ситуации вхождений префиксов образца в текст.

Алгоритмизация данного конвейерного метода, двойственного по отношению к конвейерному методу Кулика, сводится к циклической обработке двух векторов: характеристического вектора-столбца вхождений префиксов образца (ХВП) и текущего характеристического вектора-столбца, вычисленного путем сравнения  $j$ -ого символа текста  $T$  с образцом  $O$ . Элементарная операция обработки двух векторов-столбцов также является аппаратно-ориентированной. Она получила авторское название СДВИГ-И, представляет

собой сдвиг на один бит предыдущего ХВО и побитовое умножение с текущим характеристическим вектором-столбцом. Иллюстрация конвейерного поиска с обработкой  $m$  векторов вхождений префиксов приведена на рисунке 2 для образца  $O=ABA$ , текста  $T=ABABACK$  в общем алфавите  $\Sigma=\{A,B,C,K\}$ .

Аналитически значение вычисления  $k$ -ого бита ( $k=1..n$ ) текущего вектора-столбца –  $R_j(k)$  – описывается выражением, содержательно совпадающим с выражением обработки характеристических векторов (1):

$$R_j(k) = \begin{cases} 1, & \text{если } R_{j-1}(k-1) = 1 \ \& \ (o_k = t_j) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $R_{j-1}(k-1)$  – предыдущий вектор-столбец вхождений префиксов образца;

$o_k$  –  $k$ -й символ образца  $O$ ,

$t_j$  –  $j$ -й символ текста  $T$ .

Текст Т	СВ	Образец О			ХВП	Номер срабатыва- ния
		А	В	А		
	1	0	0	0	ХВП <sub>0</sub>	1
A	→	1	0	1		
	1	1	0	0	ХВП <sub>1</sub>	1
B	→	0	1	0		
	1	0	1	0	ХВП <sub>2</sub>	2
A	→	1	0	1		
	1	1	0	1	ХВП <sub>3</sub>	3
B	→	0	1	0		
	1	0	1	0	ХВП <sub>4</sub>	4
A	→	1	0	1		
	1	1	0	1	ХВП <sub>5</sub>	5
C	→	0	0	0		
	1	0	0	0	ХВП <sub>6</sub>	6
K	→	0	0	0		
		0	0	0	ХВП <sub>7</sub>	7

Рисунок 2 – Конвейерный поиск по символам текста  $T$

Таким образом, поиск вхождений образца в текст заключается в последовательном логическом умножении  $m$  характеристических векторов-столбцов вхождений префиксов образца в текст. Конечным результатом конвейерного поиска является  $m$ -ый двоичный вектор размером  $n$  бит, отражающий состояние вхождения префиксов, включая последний символ текста  $T$ .

Недостаток данного метода конвейерной обработки и, как следствие, реализующего его алгоритма с операцией СДВИГ-И заключается в последовательном обнаружении позиций вхождения образца в текст по мере последовательной подачи и обработки текущего символа текста, что не обеспечивает поддержку ветвящихся процессов в ОСИ. Данная особенность приводит к теоретической оценке времени поиска как  $O(m)$ . Кроме того, традиционное направление поиска от первого символа образца к его последнему символу приводит к вычислению позиции вхождения последнего символа, что также не всегда целесообразно в ОСИ.

Сущность предлагаемого метода параллельного поиска вхождений заключается в организации вычислений по двоичной характеристической матрице  $M$  поиска, описывающей

не только позиционное, но и пространственное расположение отдельных символов образца  $O$  в матричном представлении символов текста  $T$ . Параллельная обработка характеристической матрицы  $M$  состоит в побитовой обработке элементов строк и столбцов в составе всех диагоналей матрицы  $M$ . Длина диагоналей равна длине образца  $O$ , а направление поиска – от последнего символа к первому по каждой диагонали. Иллюстрация параллельного поиска по диагоналям матрицы поиска приведена на рисунке 3.

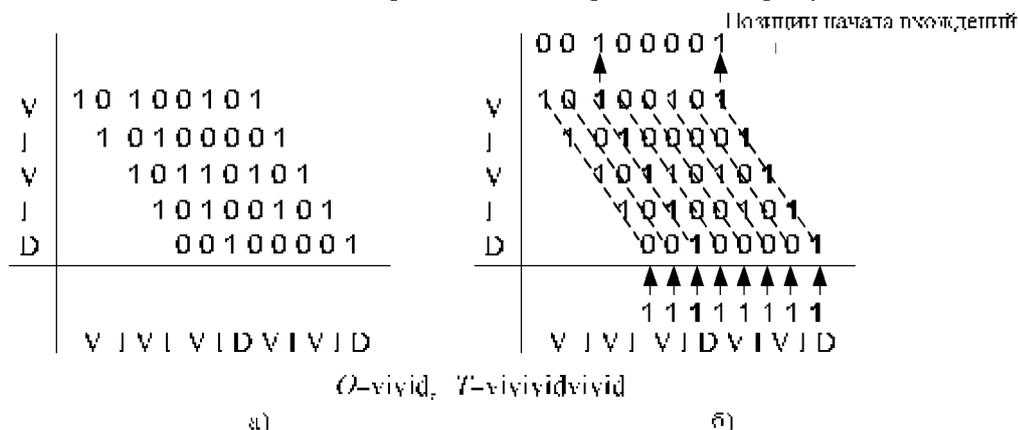


Рисунок 3 – Организация параллельного поиска вхождений: а – характеристическая матрица позиционного сравнения символов образца и символов текста; б – характеристическая матрица параллельного поиска вхождений

### РАЗРАБОТКА МАТРИЧНОГО УСТРОЙСТВА ПОИСКА

Аппаратно-ориентированный характер предлагаемого метода и алгоритма параллельного поиска по множеству диагоналей характеристической матрицы делают оправданной задачу проектирования специализированного матричного устройства поиска позиций вхождений образца в исходном тексте.

Структурная схема данного матричного устройства [11] поиска содержит регистровый файл 1 для хранения в параллельном коде строкового образца  $O$ , блок памяти 2 для хранения исходного текста (его фрагмента) размером в  $m$  символов, характеристическую матрицу поиска 3, устройство управления 4, реализующее базовые операции загрузки/подкачки строк, поиска позиций вхождений, вычисления адресов вхождений, регистровый файл 5 позиций вхождений, блок 6 вычисления адресов вхождений. Основу матричного устройства составляет характеристическая матрица поиска 3 (рис.4), в составе которой выделяются элемент задержки 31 для синхронизации процессов старта и фиксации результатов поиска,  $n$  регистров 32 для хранения образца  $O$  по  $p$  бит каждый регистр,  $m$  регистров 33 для хранения текста (его фрагмента)  $T$  по  $p$  бит каждый регистр, поисковые ячейки 34, предназначенные для организации поиска по всем  $k$  диагоналям матрицы ( $k=m-n+1$ ), D-триггеров 35 фиксации позиций вхождения образца  $O$  в текст (его фрагмент)  $T$  по их третьему входу.

Операционная часть матричного устройства представлена характеристической матрицей поиска из поисковых ячеек, имеющих однородный состав, регулярные межэлементные связи, оригинальную нумерацию ячеек и геометрию их расположения. Матрица поисковых ячеек  $34_{11}-34_{nm}$  имеет размер  $n \times k$  ячеек, причем каждая поисковая ячейка имеет по три входа, один выход и содержит символьный компаратор сравнения на равенство  $p$ -разрядных кодов  $i$ -ого символа образца и  $j$ -ого символа текста, а также элемент 2И для реализации «косой конъюнкции» в соответствии с выражением (2). Характеристическая матрица поисковых ячеек  $34_{11}-34_{nm}$  имеет геометрическую форму параллелограмма, в которой в каждой строке располагается  $k$  поисковых ячеек, сдвинутых относительно следующей строки ячеек влево на 1 позицию, начиная с ячеек последней строки матрицы, т.е. с ячеек  $34_{nm}-34_{nm}$ . Такая форма матрицы обеспечивает направление поиска по диагоналям, проходящим через ячейки от последней строки к первой строке включительно. Первые  $p$ -разрядные входы  $k$  поисковых ячеек  $i$ -ой строки матрицы ( $i=1 \div n$ ) соединены с  $p$ -разрядным выходом соответствующего регистра 32.  $P$ -разрядный выход

каждого регистра 33 соединен со вторыми  $p$ -разрядными входами всех поисковых ячеек, входящих в  $j$ -ый столбец матрицы. Выход каждой поисковой ячейки  $34_{ij}$ , кроме  $i=1$  (первая строка матрицы), соединен с третьим входом поисковой ячейки  $34_{i-1j-1}$ , кроме  $i=n$  (последняя строка матрицы). Выход поисковой ячейки  $34_{1v}$  ( $v=1-k$ ), расположенной в первой строке матрицы, соединен с третьим входом D-триггера  $35_v$  позиции вхождения. На третий вход каждой поисковой ячейки, расположенной в последней строке характеристической матрицы  $M$ , подается значение логической «1» по входу СТАРТ, задавая тем самым направление поиска по соответствующим диагоналям от последней строки матрицы к первой строке включительно.

При необходимости последующих поисково-вычислительных действий над символьными данными найденные позиции вхождений, понимаемые как не весовые двоичные коды, обрабатываются блоком вычисления адресов, основанным на стандартном приоритетном шифраторе [12]. Блок вычисления адресов вхождений формирует множество необходимых адресов в исходном тексте для последующей генерации новых ветвящихся процессов и обработки символьной информации.

### **ВЫВОДЫ И ОБЛАСТЬ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

Вышеописанная схемотехническая реализация характеристической матрицы поиска, составляющей основу матричного устройства, обеспечивает организацию процессов поиска в двумерном представлении образца и текста. При этом за счет аппаратной избыточности на двумерную «развертку» вычислений достигается инвариантность времени поиска образца  $O$  в исходном тексте  $T$ . Аналитическая оценка длительности параллельного поиска определяется выражением

$$Q = k \times \tau, \quad (3)$$

где  $Q$  – общее время поиска;

$\tau$  – время работы одной ячейки матрицы.

Данная временная оценка в соответствии с (3) и временной выигрыш при параллельном поиске достигаются за счет параллельного срабатывания всех символьных компараторов в составе ячеек матрицы и организации  $k$  параллельных процессов поиска по всем диагоналям матрицы от последней строки матрицы к ее первой строке.

Таким образом, в работе создан и аппаратно поддержан метод параллельного поиска вхождений по образцу, который может найти широкое применение в GRID-системах, ассоциативных параллельных процессорах, машинах баз данных, базах знаний интеллектуальных систем, в процессорах логического вывода и технических средствах обработки знаний, информационно-поисковых и экспертных системах. Главное достоинство разработанного метода и матричного устройства поиска – обеспечение ветвящихся конструктивных процессов обработки данных и знаний возможностью параллельной генерации кандидатов-решений на равноправных началах.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Корнеев В.В. Следующее поколение суперкомпьютеров // Открытые системы. – 2008. – № 8. – С.14-19.
2. Бетелин В.Б. Проблемы обеспечения роста производительности отечественных суперЭВМ в период до 2020 года / В.Б. Бетелин, А.Г. Кушниренко, Г.О. Райко // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2010. – № 3. – С. 15-18.
3. Путря Ф.М. Архитектурные особенности процессоров с большим числом вычислительных ядер // Информационные технологии. – 2009. – № 4. – С. 2-7.
4. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2003. – 864 с.
5. Бурцев В.С. Параллелизм вычислительных процессов и развитие архитектуры суперЭВМ: Сб. статей / составители В.П. Торчигин, Ю.Н. Никольская, Ю.В. Никитин. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2006. – 416 с.
6. Титенко Е.А. Метод реконфигурации операционной части мультипроцессора структурного распознавания образов // Известия ВУЗОВ. – Приборостроение. – 2009. – № 2. – Т. 52. – С. 52-55.

7. Титенко Е.А. Продукционная система для реализации параллельных символьных вычислений // Системы управления и информационные технологии. – 2006. – № 1 (23). – С. 187-191.
8. Успенский В.А., Семенов А.Л. Теория алгоритмов: основные открытия и приложения. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит. (Б-чка программиста). – 1987. – 288 с.
9. Кулик Б.А. Системы поиска в произвольном тексте // Программирование. – 1987. – № 1. – С. 6-10.
10. Максимов В. Алгоритмы поиска, или как искать неизвестно что // Монитор. – 1995. – № 6. – С.10-16.
11. Патент 72771 Российская Федерация, МПК G06 F 12/00. Устройство для параллельного поиска и обработки данных / Е.А. Титенко, Л.А. Лисицин, В.М. Довгаль; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. – №2007149075/22; заявл. 25.12.2007; опубл. 27.04.2008/ Бюлл. № 12.
12. Потемкин И.С. Функциональные узлы цифровой автоматики. – М.: Энергоатомиздат. 1988. – 320 с.

**Титенко Евгений Анатольевич**

Юго-Западный государственный университет, г. Курск

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники

Тел.: 8 905 158 89 04,

E-mail: johntit@mail.ru

---

E.A. TITENKO (*Candidate of engineering sciences, Associate professor,  
department «Software of computer engineering»  
Southwest State University, Kursk*)

**ORDER PLANNING ALGORITHMS OF DECISION MAKING SYSTEM  
WITHIN TOOL SET DESIGN MANAGEMENT**

*The paper presents a method of parallel occurrences of the search based on a matrix representation of the original text. The search is performed on all the diagonals of the matrix and leads to the calculation of all positions of occurrences of the pattern.*

**Keywords:** *search occurrences; pipelining; a device search on the pattern.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Korneev V.V. Sleduyushcheye pokoleniye superkomp'yuterov // Otkry'ty'ye sistemy'. – 2008. – № 8. – С. 14-19.
2. Betelin V.B. Problemy' obespecheniyz rosta proizvoditel'nosti otechestvenny'x superE'VM v period do 2020 goda / V.B. Betelin, A.G. Kushnirenko, G.J. Rajko // Informacionny'ye texnologii I vy'chislitel'ny'ye sistemy'. – 2010. – № 3. – С. 15-18.
3. Putrya F.M. Arhitekturny'ye osobennosti processorov s bol'shim chislom dy'chislitel'ny'x yader. // Informacionny'ye texnologii. – 2009. – № 4. – С. 2-7.
4. Lyuger Dzh. F. Iskusstvenny'j intellekt: strategii i metody'resheniya slozhny'x problem. – М.: Izdatel'skij dom «Vil'yams». – 2003. – 864 s.
5. Burcev V.S. Parallelizm vy'chislitel'ny'x processov i razvitiye arxitektury' superE'VM: Sb. statej / sostaviteli V.P. Torchigin, Yu.N. Nikol'skaya, Yu. V. Nikitin. – М.: TORUS PRESS, 2006. – 416 s.
6. Titenko E.A. Metod rekonfiguracii operacionnoj chasti mul'tiprocessora strukturnigoraspoznavaniya obrazov' // Izvestiyz VUZOV. – Priborostroeniye. – 2009. – № 2. – Т. 52. – С. 52-55.
7. Titenko E.A. Produkcionnaya sistema dlya realizacii parallel'ny'x simvol'ny'x vy'chislenij // Sistemy' upravleniya i informacionny'ye texnologii. – 2006. – № 1 (23). – С. 187-191.
8. Uspenskij V.A., Semenov A.L. Teoriya algoritmov: osnovny'ye otkry'tiya i prilozheniya. – М.: Nauka. Gl. red. fiz-mat. lit. – 1987. – 288 s.
9. Kulik B.A. Sistemy' poiska v proizvol'nom tekste // Programmirovaniye. – 1987. – № 1. – С. 6-10.
10. Maksimov V. Algoritmy' poiska, ili kak iskat' neizvestno chto // Monitor. – 1995. – № 6. – С. 10-16.
11. Patent 72771 Rossiyskaya Federaciya, MPK G06 F 12/00. Ustrojstvo dlya parallel'nogo poiska i obrabotki danny'x / E.F. Titenko, L.A. Lisicin, V.M. Dovgal'; zayavitel' i patentoobladatel' Kursk. gos. texn. un-t. – №2007149075/22; zayavk. 25.12.2007; opubl. 27.04.2008, Byul. №12.
12. Potemkin I.S. Funkcional'ny;ye uzly' cifrovoj avtomatici. – М.: E'nergoatomizdat, 1988. – 320 s.

УДК 621.397

А.А. ЧЕРНОМОРЕЦ

### МЕТОД РАЗБИЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ СУБИНТЕРВАЛОВ НА КЛАССЫ В ЗАДАЧАХ ЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

*В работе предложен метод разбиения частотных субинтервалов на классы, соответствующие различному объему информации об изображении, данный метод основан на вычислении частотной концентрации энергии изображений.*

**Ключевые слова:** изображение; доля энергии изображения; частотная концентрация; информационный частотный субинтервал.

В информационно-телекоммуникационных системах основной тенденцией развития форм обмена информацией является переход к естественным для человека формам, среди которых одно из важных мест занимает обмен информацией в визуальном виде. Обработка, хранение и передача изображений в цифровой форме требует наличия эффективных методов улучшения визуального качества и уменьшения объема битовых представлений (сжатие), основанных на использовании различных специфических свойств изображений. Задача анализа указанных свойств во многих случаях формулируется на основе использования частотных представлений [1, 2]. Одной из наиболее часто определяемых и важных характеристик является доля энергии изображения, попадающая в отдельный частотный интервал. Соответствующие различным частотным интервалам оценки долей энергий изображения используются для принятия тех или иных решений по дальнейшему преобразованию данных для достижения поставленных при обработке изображений целей. Следует отметить, что учет различий значений долей энергий в отдельных частотных интервалах позволяет повысить эффективность методов обработки изображений [3]. В настоящей работе приводится метод разбиения на основе частотной концентрации (сосредоточенности) энергии изображения [4] множества частотных субинтервалов на отдельные подмножества, содержащие различный объем информации (энергии) об изображении, которая в дальнейшем может быть использована в задачах частотного анализа.

#### АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ЧАСТОТНЫМ СУБИНТЕРВАЛАМ

Для оценки энергетических характеристик изображений традиционно применяется дискретное преобразование Фурье (ДПФ) или быстрое преобразование Фурье (БПФ). Однако применение данных преобразований приводит к большим погрешностям при оценивании попадающей в выбранный частотный интервал доли энергии анализируемых изображений, особенно в случае интервала малой ширины.

В работе [5] был предложен метод вычисления точных значений долей энергии в заданных частотных интервалах, суть которого состоит в следующем. Частотная область определения трансформант Фурье  $\{(-\pi, \pi); (-\pi, \pi)\}$  разбивается на  $R_1 \times R_2$  равновеликих частотных субинтервалов следующего вида:

$$\Omega_{r_1 r_2} : \{ \Omega(u, v) \mid (u \in [\alpha_{r_1}, \alpha_{r_1+1}], v \in [\beta_{r_2}, \beta_{r_2+1}]) \cup (u \in [\alpha_{r_1}, \alpha_{r_1+1}], v \in [-\beta_{r_2+1}, -\beta_{r_2}]) \cup (u \in [-\alpha_{r_1+1}, -\alpha_{r_1}], v \in [-\beta_{r_2+1}, -\beta_{r_2}]) \cup (u \in [-\alpha_{r_1+1}, -\alpha_{r_1}], v \in [\beta_{r_2}, \beta_{r_2+1}]) \}, \quad (1)$$

$$r_1 = 1, 2, \dots, R_1, \quad r_2 = 1, 2, \dots, R_2,$$

где

$$0 \leq \alpha_{r_1}, \alpha_{r_1+1}, \beta_{r_2}, \beta_{r_2+1} \leq \pi,$$

$$\alpha_1 = 0, \quad \alpha_{R_1+1} = \pi, \quad \alpha_{r_1+1} - \alpha_{r_1} = \sigma_1, \quad r_1 = 1, 2, \dots, R_1,$$

$$\beta_1 = 0, \quad \beta_{R_2+1} = \pi, \quad \beta_{r_2+1} - \beta_{r_2} = \sigma_2, \quad r_2 = 1, 2, \dots, R_2,$$

$$\sigma_1 = \frac{\pi}{R_1}, \quad \sigma_2 = \frac{\pi}{R_2}.$$

Изображение задается в виде матрицы  $\Phi = (f_{ik})$ ,  $i = 1, 2, \dots, N_1$ ,  $k = 1, 2, \dots, N_2$ , элементы которой представляют собой значения яркости пикселей изображения (соответствующих равноотстоящим точкам пространственной области изображения). Показано, что точное значение доли  $P_{i_1 i_2}$  энергии изображения  $\Phi = (f_{ik})$  в отдельном частотном субинтервале  $\Omega_{i_1 i_2}$  (1), можно вычислить на основе следующего соотношения:

$$P_{i_1 i_2} = \frac{\text{tr}(A_{i_1}^T \cdot \Phi \cdot A_{i_2} \cdot \Phi^T)}{\text{tr}(\Phi \Phi^T)}, \quad (2)$$

где  $\Phi$  – матрица исходного изображения, функция «tr» – след матрицы,  $A_{i_1}$  и  $A_{i_2}$  – субполосные матрицы  $A_{i_1} = (a_{i_1 i_2}^1)$ ,  $i_1, i_2 = 1, \dots, N_1$ , и  $A_{i_2} = (a_{k_1 k_2}^2)$ ,  $k_1, k_2 = 1, \dots, N_2$ , соответствующие частотному субинтервалу  $\Omega_{r_1, r_2}$ , значения элементов которых определяются на основании следующих выражений:

$$a_{i_1 i_2}^1 = \begin{cases} \frac{2 \cos \frac{\sigma_1(2r_1-1)(i_1-i_2)}{2} \sin \frac{\sigma_1(i_1-i_2)}{2}}{\pi(i_1-i_2)}, & i_1 \neq i_2, \\ \frac{\sigma_1}{\pi}, & i_1 = i_2, \end{cases}$$

$$a_{k_1 k_2}^2 = \begin{cases} \frac{2 \cos \frac{\sigma_2(2r_2-1)(k_1-k_2)}{2} \sin \frac{\sigma_2(k_1-k_2)}{2}}{\pi(k_1-k_2)}, & k_1 \neq k_2, \\ \frac{\sigma_2}{\pi}, & k_1 = k_2. \end{cases} \quad (3)$$

Представление (2) определяет метод анализа распределения энергии изображений по отдельным частотным интервалам частотной области и позволяет разработать вычислительный алгоритм нахождения точного значения доли энергии  $P_{i_1 i_2}$  изображения  $\Phi$  в частотном двумерном субинтервале  $\Omega_{i_1 i_2}$ , не вычисляя при этом трансформанту Фурье.

Знание точных значений долей энергии изображения в субинтервалах позволило разработать метод определения частотной концентрации энергии изображения в отдельных частотных субинтервалах.

### МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЯ ЧАСТОТНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭНЕРГИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Под частотной концентрацией  $C_m$  (сосредоточенностью) энергии [4] изображения понимают величину отношения минимального количества  $I_m$  частотных субинтервалов, в которых сосредоточено  $m \cdot 100$  процентов энергии изображения, к общему числу частотных субинтервалов. Используя обозначения в выражении (1) имеем

$$C_m = \frac{I_m}{R_1 R_2}. \quad (4)$$

Алгоритм вычисления частотной концентрации изображения на всем множестве частотных субинтервалов, соответствующей заданной доле  $m$  энергии изображения, можно представить в виде следующих этапов:

1) Вычислить субполосные матрицы  $A_{i_1} = (a_{i_1 i_2}^1)$ ,  $i_1, i_2 = 1, \dots, N_1$ , и  $A_{i_2} = (a_{k_1 k_2}^2)$ ,  $k_1, k_2 = 1, \dots, N_2$ , соответствующие разбиению частотной области на  $R_1 \times R_2$  частотных субинтервалов  $\Omega_{r_1, r_2}$  (1),  $r_1 = 1, 2, \dots, R_1$ ,  $r_2 = 1, 2, \dots, R_2$ , и изображению размерности  $N_1 \times N_2$ .

2) Для изображения  $\Phi = (f_{ik})$ ,  $i = 1, 2, \dots, N_1$ ,  $k = 1, 2, \dots, N_2$ , вычислить доли энергии  $P_{r_1 r_2}$  (2), в каждом частотном субинтервале  $\Omega_{r_1 r_2}$ ,  $r_1 = 1, 2, \dots, R_1$ ,  $r_2 = 1, 2, \dots, R_2$ . Значения долей энергии следует представить в виде матрицы  $P = (P_{r_1 r_2})$  (пример анализируемого изображения и значения элементов соответствующей матрицы  $P$  приведены на рисунке 1).

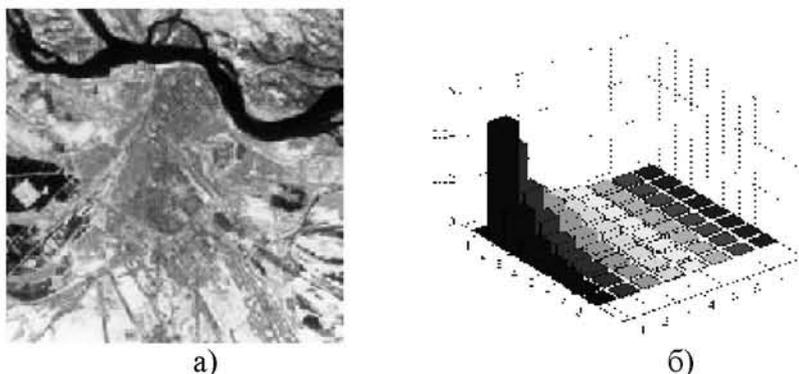


Рисунок 1 – Анализируемое изображение и матрица  $P$  долей его энергии: а) изображение, б) значения его долей энергии при  $R_1=R_2=8$  в виде диаграммы (для наглядности значение доли энергии в субинтервале (1,1) не отображено)

3) Упорядочить значения долей энергий  $P_{r_1 r_2}$ ,  $r_1 = 1, 2, \dots, R_1$ ,  $r_2 = 1, 2, \dots, R_2$ , по убыванию, упорядоченные значения сохранить в вектор  $Z = \{z_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, R_1 R_2$ ,

$$z_1 \geq z_2 \geq \dots \geq z_{R_1 R_2}.$$

4) Найти минимальное количество  $l_m$  частотных субинтервалов, в которых сосредоточена заданная доля  $m$  энергии изображения  $\Phi$ , то есть

$$\sum_{i=1}^{l_m} z_i \geq m,$$

$$\sum_{i=1}^{l_m-1} z_i < m, \quad 0 < l_m \leq R_1 R_2.$$

5) Присвоить пороговому значению  $T_m$  долей энергии изображения значение  $z_{l_m}$

$$T_m = z_{l_m}. \quad (5)$$

6) Вычислить частотную концентрацию

$$C_m = \frac{l_m}{R_1 R_2}.$$

Вычисленная частотная концентрация позволяет оценить долю суммарной площади частотных субинтервалов, в которых сосредоточена подавляющая доля энергии анализируемого изображения. Частотная концентрация изображения представляет собой новый инструмент для анализа его частотных свойств. В работе [4] было показано, что для большинства изображений величина частотной концентрации указывает на сосредоточенность энергии изображений в узком частотном диапазоне.

Величины, найденные в ходе выполнения данного алгоритма, позволяют сформулировать порядок определения информационных частотных субинтервалов, соответствующих заданной доле  $m$  энергии изображения.

Предварительно необходимо вычислить матрицу-маску  $P^{Mask}$ , элементы которой определяются на основании соотношения

$$P_{r_1 r_2}^{Mask} = \begin{cases} 1, & P_{r_1 r_2} \geq T_m, \\ 0, & P_{r_1 r_2} < T_m \end{cases} \quad (6)$$

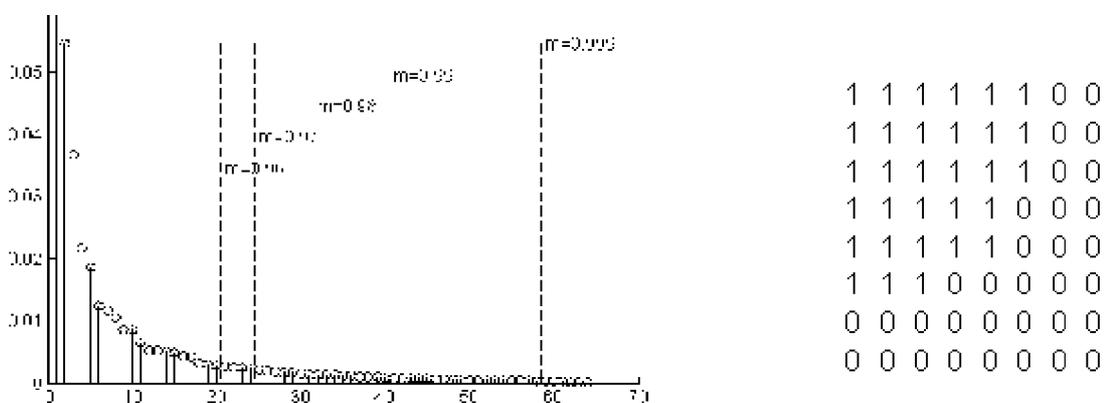
$$r_1 = 1, 2, \dots, R_1, \quad r_2 = 1, 2, \dots, R_2;$$

Тогда частотный субинтервал  $\Omega_{r_1 r_2}$ ,  $r_1 = 1, 2, \dots, R_1$ ,  $r_2 = 1, 2, \dots, R_2$ , будет являться информационным при заданной доле  $m$  энергии изображения, если

$$P_{r_1 r_2}^{Mask} = 1, \quad r_1 = 1, 2, \dots, R_1, \quad r_2 = 1, 2, \dots, R_2; \quad (7)$$

в противном случае – неинформационным частотным субинтервалом.

Пример распределения долей энергии изображения, представленного на рисунке 1, по информационным частотным субинтервалам приведен на рисунке 2. Здесь для удобства представления по горизонтали дана сквозная нумерация частотных субинтервалов (по строкам матрицы  $P$ ) и не отображено «подавляющее» значение доли энергии в частотном субинтервале (1,1). На рисунке 2а пунктирной линией отмечены множества информационных частотных субинтервалов, соответствующих различным значениям величины  $m$ , на рисунке 2б цифрой 1 отмечены информационные частотные субинтервалы при  $m=0.98$ .



а) б)  
 Рисунок 2 – Распределение доли энергии изображения по частотным субинтервалам:  
 а) для различных значений величины  $m = 0.96 - 0.999$ ,  $R_1 = R_2 = 8$   
 б) информационные частотные субинтервалы при  $m = 0.98$

Приведенные выше понятия частотной концентрации и информационных частотных субинтервалов основаны на анализе всего множества частотных субинтервалов. Аналогичные понятия естественным образом можно ввести на некотором подмножестве частотных субинтервалов, что позволит рассматривать различные классы информационных частотных субинтервалов.

### КЛАССЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЧАСТОТНЫХ СУБИНТЕРВАЛОВ

Разбиение частотных субинтервалов на классы позволяет избирательно применять различные методы обработки изображений к их соответствующим частотным компонентам.

Классы информационных частотных субинтервалов  $V_i$ ,  $i=1, 2, \dots$ , будем задавать последовательно. Для построения очередного  $i$ -того класса  $V_i$ ,  $i=1, 2, \dots$ , информационных частотных субинтервалов предварительно строится множество  $M_i$  субинтервалов, которые не были включены в предыдущие классы  $V_1, V_2, \dots, V_{i-1}$ . Очевидно, что множество  $M_i$  совпадает со всем множеством частотных субинтервалов.

Также при построении различных классов  $V_i$  будем использовать, в общем случае, различные доли  $m_i$  суммарной энергии частотных компонент изображения, соответствующих частотным субинтервалам множества  $M_i$ .

Будем считать, что субинтервал  $\Omega_{\eta^2}$  принадлежит  $i$ -тому классу  $V_i$  информационных частотных субинтервалов,  $\Omega_{\eta^2} \in V_i \subset M_i$ , если он является неинформационным частотным субинтервалом в смысле выражения (7) на множестве субинтервалов  $M_i$  для заданной доли  $m_i$  суммарной энергии частотных компонент изображения, соответствующих субинтервалам множества  $M_i$ .

Исходя из данного утверждения, множество  $V_1$  совпадает с множеством неинформационных частотных субинтервалов, определенных на основании выражения (7), для всего множества субинтервалов (1), на которые разбита частотная область.

Порядок вычисления принадлежности частотных субинтервалов к различным классам определим на основании приведенного далее алгоритма построения некоторого подмножества информационных субинтервалов  $i$ -того класса  $V_i$ . Применение предлагаемого алгоритма позволит выделить подмножество субинтервалов  $M_{i+1} \subset M_i$ , содержащее минимальное количество частотных субинтервалов, в которых сосредоточено  $m_i \cdot 100$  процентов энергии анализируемых компонент. Затем, множество субинтервалов  $i$ -того класса определим следующим соотношением

$$V_i = M_i \setminus M_{i+1}.$$

Опишем подробнее этапы предлагаемого алгоритма определения очередного  $i$ -того класса информационных частотных субинтервалов.

1) Задать множество  $M_i$  – множество, включающее  $n_i$  субинтервалов, которые не были включены в классы  $V_1, V_2, \dots, V_{i-1}$ , а также величину  $m_i$  – анализируемую долю суммарной энергии частотных компонент изображения, соответствующих субинтервалам множества  $M_i$ .

2) Упорядочить по убыванию значения долей энергий, соответствующих субинтервалам множества  $M_i$ . Упорядоченные значения сохранить в вектор  $Z = \{z_k\}$ ,  $k = 1, 2, \dots, n_i$ ,

$$z_1 \geq z_2 \geq \dots \geq z_{n_i}.$$

3) Найти минимальное количество  $l_{m_i}$  частотных субинтервалов из  $M_i$ , в которых сосредоточена заданная доля  $m_i$  энергии соответствующих частотных компонент, то есть

$$\sum_{k=1}^{l_{m_i}} z_k \geq m_i \sum_{k=1}^{n_i} z_k, \quad \sum_{k=1}^{l_{m_i}-1} z_k < m_i \sum_{k=1}^{n_i} z_k, \quad 0 < l_{m_i} \leq n_i.$$

4) Присвоить пороговому значению  $T_{m_i}$  значение  $z_{l_{m_i}}$

$$T_{m_i} = z_{l_{m_i}}.$$

5) Субинтервал  $\Omega_{\eta^2}$  из множества  $M_i$  ( $\Omega_{\eta^2} \in M_i$ ) включают в множество  $M_{i+1}$ , если энергия  $P_{\eta^2}$  соответствующей ему частотной компоненты удовлетворяет следующему неравенству

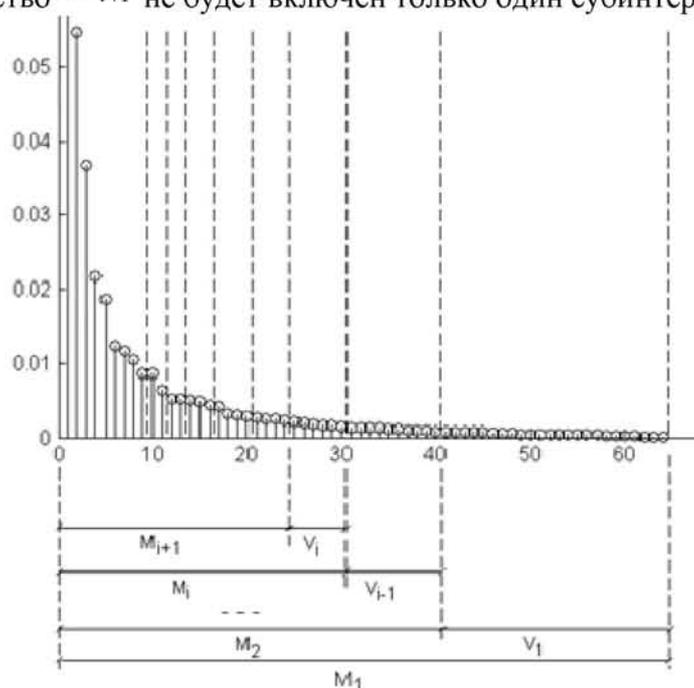
$$P_{\eta^2} \geq T_{m_i}.$$

В противном случае, данный субинтервал включают в множество  $V_i$ .

6) Конец.

В качестве примера применения данного алгоритма на рисунке 3 приведена последовательность выделения классов информационных частотных субинтервалов, которым соответствуют доли энергии изображения, представленного на рисунке 1, а также указаны номера классов, на которые разбивается множество субинтервалов.

Указанный алгоритм применяют до тех пор пока для некоторого значение  $i$  в множество  $M_{i+1}$  не будет включен только один субинтервал



16	14	10	7	5	3	2	1
15	13	9	6	4	2	1	1
12	11	8	6	4	3	2	1
9	8	7	5	4	2	1	1
6	5	5	3	3	2	1	1
4	3	3	2	2	2	1	1
2	2	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1

б)

а)

**Рисунок 3 – Разбиение частотных субинтервалов на классы:**

а) построение множеств  $M_i$  и  $V_i$  субинтервалов, б) номера классов информационных частотных субинтервалов,  $R_1=R_2=8$

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ**

На рисунке 3 для изображения, представленного на рисунке 1, приведен результат разбиения частотной области на классы информационных частотных субинтервалов при постоянном пороговом значении доли энергии 0,99, то есть при построении очередного класса  $V_i$  было использовано значение  $m_i = 0,99, i = 1,2,...,16$ .

На рисунке 4 для того же изображения приведены результаты разбиения частотной области на классы информационных частотных субинтервалов при различных пороговых значениях доли энергии изображения. Выбор конкретной величины порогового значения долей энергии должен определяться целями обработки изображений.

Так, на рисунках 4а, 4б для построения класса  $V_1$  использовано значение  $m_1 = 0,999$ , для построения  $V_2$  – значение  $m_2 = 0,99$ , для  $V_3$  – значение  $m_3 = 0,99$ , для  $V_4$  – значение  $m_4 = 0,98$ , для  $V_5$  – значение  $m_5 = 0,97$ , для построения последующих классов субинтервалов использовано значение доли энергии 0,97, 0,97, 0,97 и т.д. Для построения классов информационных частотных субинтервалов на рисунках 4в, 4г использованы следующие пороговые значения долей энергии: 0,99, 0,98, 0,97, 0,96, 0,95, 0,94, ...

**ВЫВОДЫ**

Приведенные результаты разбиений показывают, что множество частотных субинтервалов можно разбивать на различные классы в зависимости от целей дальнейшей обработки изображений.

Описанный метод классификации информационных частотных субинтервалов позволяет выделять соответствующие частотные компоненты изображения, в различной степени отображающие информацию о нем. Предполагается, что данный подход послужит основой для разработки эффективных методов отбора частотных компонент, несущих

основную информацию об изображениях, что является важным в задачах фильтрации и сжатия.

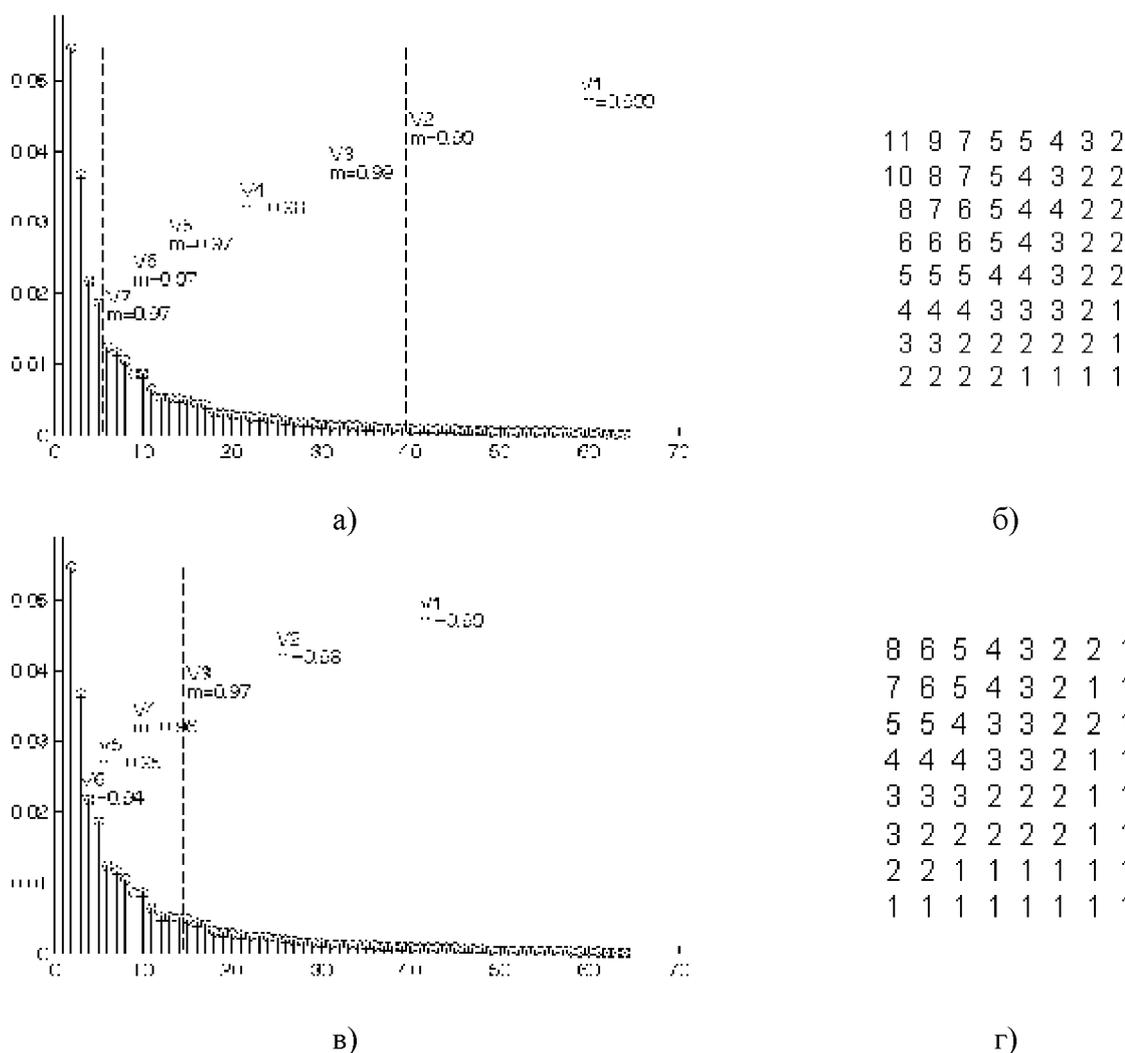


Рисунок 4 – Классы частотных субинтервалов при различных значениях долей энергии: а) и б) при использовании {0,999, 0,99, 0,98, 0,97, 0,97, 0,97, ...} долей энергии, в) и г) при использовании {0,99, 0,98, 0,97, 0,96, 0,95, 0,94, ...} долей энергии

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жилияков Е.Г., Белов С.П., Черноморец А.А. Вариационные методы анализа сигналов на основе частотных представлений // Вопросы радиоэлектроники: Сер. ЭВТ. – 2010. – Вып. 1. – С. 10-25.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
3. Черноморец А.А. Метод удаления полосовых помех на космических снимках земной поверхности // Информационные системы и технологии. – № 3 (59). – 2010. – С. 50-58.
4. Черноморец А.А., Голощапова В.А., Лысенко И.В., Болгова Е.В. О частотной концентрации энергии изображений // Научные ведомости БелГУ. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2011. – № 1 (96). – Вып. 17/1. – С. 103-108.
5. Черноморец А.А., Иванов О.Н. Метод анализа распределения энергий изображений по заданным частотным интервалам // Научные ведомости БелГУ: Сер. История. Политология. Экономика. Информатика. – 2010. – № 19 (90). – Вып. 16/1. – С. 161-166.

**Черноморец Андрей Алексеевич**  
 Белгородский государственный университет, г. Белгород  
 Кандидат технических наук, доцент,  
 заведующий кафедрой прикладной информатики

Тел.: (4722) 30-13-56  
E-mail: [chernomorets@bsu.edu.ru](mailto:chernomorets@bsu.edu.ru)

---

A.A. CHERNOMORETS (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, head of a chair « Applied information science »*); Belgorod State University

### CLASSIFICATION OF FREQUENCY SUBINTERVALS IN IMAGE FREQUENCY ANALYSIS

*In this work we propose a method of classification of frequency subintervals. Each class corresponds to a different type of information on the image. This method is based on calculation of frequency concentration of image energy.*

**Keywords:** *image; image energy subinterval; frequency concentration; informational frequency subinterval*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Zhilyakov E.G., Belov S.P., Chernomorec A.A. Variacionny`ye metody` analiza signalov na osnove chastotny`x predstavlenij // Voprosy` radioe`lektroniki, Ser. E`VT. – 2010. – Vy`p. 1. – S. 10-25.
2. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij. – M.: Texnosfera, 2006. – 1072 s.
3. Chernomorec A.A. Metod udaleniya polosovy`x pomex na kosmicheskix cnimkax zemnoj poverxnosti // Informacionny`ye sistemy`i tehnologii. – № 3 (59). – 2010. – S. 50-58.
4. Chernomorec A.A., Goloshhapova V.A., Ly`senko I.V., Bolgova E.V. O chastotnoj koncentracii e`nergii izobrazhenij // Nauchny`ye vedomosti BelGU. Ser. Istoriya. Politologiya. E`konomika. Informatika. – 2011. – № 1 (96). – Vy`p. 17/1. – S. 103-108.
5. Chernomorec A.A., Ivanov O.N. Metod analiza raspredeleniya e`nergij izobrazhenij po zadanny`m chastotny`m intervalam // Nauchny`ye vedomosti BelGU. Ser. Istoriya. Politologiya. E`konomika. Informatika. – 2010. – № 19 (90). – Vy`p. 16/1. – S. 161-166.

УДК 004.9

О.П. АРХИПОВ, З.П. ЗЫКОВА

### РАВНОКОНТРАСТНЫЕ ГРАДАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СТУПЕНЧАТЫХ ТОНОВЫХ ШКАЛ

В статье рассматривается задача равноконтрастных градационных преобразований тоновых шкал, возникающая при рассмотрении вопросов, связанных с организацией качественного персонализированного цветовоспроизведения на периферийных устройствах ПЭВМ. Предлагается метод решения, позволяющий формировать равноконтрастные тоновые шкалы по данным цифрового описания цветовосприятия произвольного пользователя ПЭВМ.

**Ключевые слова:** контраст; градации; градационные искажения; цифровое описание цветовосприятия; равноконтрастные тоновые шкалы.

#### ВВЕДЕНИЕ

Зрительная чувствительность проявляется в способности глаза реагировать на контраст (различие) наблюдаемых цветов при изменении, например, потока излучения, монохроматического излучения, яркости, цветового тона и насыщенности. В связи с этим качество восприятия представления цветных изображений на каком-либо периферийном устройстве зависит не только от характеристик и технологии цветовоспроизведения, но и от индивидуальных особенностей зрительной чувствительности – способности к визуальному определению контраста пикселей изображений.

Цифровое описание зрительной чувствительности обычно основывается на характеристике особенностей визуального определения контраста пикселей одного цвета (например, красного, зеленого и т.д.), но разного цветового тона.

Если  $(R', G', B')$  и  $(R'', G'', B'')$  являются пикселями одного цвета, то они имеют одинаковое соотношение между величиной координат. Например, для пикселей общего красного цвета выполнены следующие условия

$$R' \geq G', R' \geq B', R'' \geq G'', R'' \geq B'',$$

а для чистого красного цвета дополнительно требуется

$$G' = B', G'' = B''.$$

Различие в цветовом тоне означает, что координаты пикселей удовлетворяют соотношению

$$(R' + G' + B') \neq (R'' + G'' + B''),$$

причем, если

$$(R' + G' + B') < (R'' + G'' + B''),$$

то пиксель  $(R', G', B')$  является более темным по сравнению с пикселем  $(R'', G'', B'')$ .

Пусть последовательность

$$\{p_i\}, i=1, 2, \dots, n,$$

состоит из пикселей одного цвета, причем

$$p_1 = (R', G', B'), p_n = (R'', G'', B''), (R_i + G_i + B_i) < (R_{i+1} + G_{i+1} + B_{i+1}),$$

где

$$p_i = (R_i, G_i, B_i), p_{i+1} = (R_{i+1}, G_{i+1}, B_{i+1}).$$

Заметим, что такая последовательность  $\{p_i\}$ , а также ломаная линия  $L(\{p_i\})$ , последовательно соединяющая точки  $\{p_i\}$

$$\{p_i\} \in L(\{p_i\}) = \bigcup_{i=1}^{n-1} [p_i, p_{i+1}],$$

определяет, как принято говорить, переход от «теней» к «светам». Последовательность  $\{p_i\}$  можно называть тоновой шкалой.

Если  $RGB$ -координаты соседних пикселей тоновой шкалы различаются в нескольких младших битах, то расстояния между пикселями невелики. Обычно человеческий глаз не

улавливает различия их в цвете [1], поэтому изображение, соответствующее такой последовательности, будет восприниматься как непрерывная шкала. При увеличении расстояния между членами последовательности её изображение будет восприниматься как ступенчатая шкала.

Например, последовательность  $\{p_i\}$ , имеющая компоненты вида

$$p_i = \begin{cases} (17i, 0, 0), i \leq 15 \\ (255, 17i - 255, 17i - 255), 15 < i \leq 30 \end{cases}, i=0, 1, \dots, 30,$$

является ступенчатой красной тоновой шкалой, а последовательность  $\{p'_i\}$ , имеющая компоненты вида

$$p'_i = \begin{cases} (i, 0, 0), i \leq 255 \\ (255, i - 255, i - 255), 255 < i \leq 510 \end{cases}, i=0, 1, \dots, 510,$$

является непрерывной красной тоновой шкалой.

Пусть ступенчатая  $\{p_i\}$  и непрерывная  $\{p'_i\}$  тоновые шкалы принадлежат отрезку  $L' = [(R', G', B'), (R'', G'', B'')]$ .

Тогда персонифицированное цифровое описание контраста произвольных пикселей  $(R', G', B')$  и  $(R'', G'', B'')$  при выводе их на периферийное устройство ПЭВМ можно определить количеством пикселей в последовательности  $\{p'_i\}$  (числом порогов цветоразличения, числом градаций)

$$\{g_j\} \in \{p'_i\}, j=1, 2, \dots, J, i=1, 2, \dots, n',$$

представление которых на периферийном устройстве едва визуально различаемо наблюдателем.

Таким образом, можно определить значение функции  $C$  контраста для пикселей  $(R', G', B')$  и  $(R'', G'', B'')$ :

$$C((R', G', B'), (R'', G'', B'')) = J.$$

Если наблюдатель не различает представления пикселей  $(R', G', B')$  и  $(R'', G'', B'')$ , то значение функции контраста полагается равным нулю, иначе оно больше или равно единице.

Поскольку справедливо соотношение

$$C((R', G', B'), g_1) = 1, C(g_j, g_{j+1}) = 1, j=1, 2, \dots, (J-1),$$

то последовательность

$$\{g_j\}, j=0, 1, \dots, J,$$

где

$$g_0 = (R', G', B'),$$

является равноконтрастной. Очевидно, что в общем случае пиксели  $(R'', G'', B'')$  и  $g_n$  не совпадают друг с другом, т.е.

$$C((R'', G'', B''), g_n) < 1.$$

Далее предполагается, что

$$C((R'', G'', B''), g_n) \ll 1, C((R'', G'', B''), g_{n-1}) \approx 1,$$

и можно считать

$$(R'', G'', B'') = g_n.$$

Для определения значения функции контраста любых двух членов  $p'_i$  и  $p'_i''$  последовательности  $\{p'_i\}$  вычислим длину  $d$  отрезка  $L'$

$$d(L') = \rho((R', G', B'), (R'', G'', B'')),$$

а также расстояние между ними, тогда

$$C(p'_i, p'_i'') = I^g \cdot \frac{\rho(p'_i, p'_i'')}{d(L')}, C(p_i, p_i'') = I^g \cdot \frac{\rho(p_i, p_i'')}{d(L')}.$$

Пусть известны значения контраста для всех соседних членов  $\{p_i\}$

$$c_i = C(p_i, p_{i+1}), i=1, 2, \dots, n-1,$$

тогда можно вычислить размер диапазона их изменения  $\sigma(\{p_i\})$  на всей шкале

$$\sigma(\{p_i\}) = \max_i c_i - \min_i c_i.$$

Пусть также известны расстояния  $r_i = C(p_i, p_{i+1})$ ,  $i=1, 2, \dots, n-1$  и размер диапазона их изменения  $h(\{p_i\})$   $h(\{p_i\}) = \max_i r_i - \min_i r_i$ .

Если последовательность пикселей  $\{p_i\}$  является равномерной, то  $h(\{p_i\})=0$ .

Если последовательность пикселей  $\{p_i\}$  является равноконтрастной, то  $\sigma(\{p_i\})=0$ .

Известно, что при цветовоспроизведении происходят градационные искажения, ухудшающие качество цветовоспроизведения и проявляющиеся в несоответствии градационных характеристик исходного изображения и его вывода на цветовоспроизводящем устройстве. Так, при градационных искажениях равномерные последовательности RGB-пикселей в цветовом пространстве наблюдателя не являются равноконтрастными:  $h(\{p_i\})=0$ ,  $\sigma(\{p_i\}) \neq 0$ , а равноконтрастные последовательности не являются равномерными:  $\sigma(\{p_i\})=0$ ,  $h(\{p_i\}) \neq 0$ .

В непрерывных тоновых шкалах контраст любых двух соседних пикселей равен нулю:  $C(p'_i, p'_{i+1}) = C(p''_i, p''_{i+1}) = 0$ .

В изображении, соответствующем такой последовательности, изменение цвета будет непрерывным, но некоторые фрагменты могут выглядеть одноцветными. Градационные искажения в этом случае проявляются в отсутствии визуального контраста не только между соседними пикселями, но и между некоторыми группами последовательно расположенных пикселей:  $C(p'_i, p'_{i+1}) = C(p'_i, p'_{i+2}) = \dots = C(p'_i, p'_{i+i}) = 0$ .

В ступенчатых тоновых шкалах часть пикселей также может не различаться и дополнительно часть соседних пикселей может выглядеть чрезмерно контрастными:

$$C(p''_i, p''_{i+1}) \gg 0.$$

Задача равноконтрастных градационных преобразований состоит в том, чтобы для произвольных равномерных ступенчатых тоновых шкал найти их равноконтрастные модификации.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В полиграфии, как правило, решается задача формирования равноконтрастных ступенчатых тоновых шкал для так называемых «стандартных» наблюдателей, цветовосприятию которых приближенно соответствует цветовосприятие большинства людей. При этом учитываются фактические характеристики цветовоспроизводящих устройств [2]. Количественные характеристики цветовоспроизведения и цветовосприятия определяются по результатам обработки данных, получаемых при измерении цветовых образцов с помощью спектрофотометра.

При этом не учитываются индивидуальные особенности цветовосприятия больших групп наблюдателей, имеющих какие-либо аномалии цветового зрения, например, частичную цветовую слепоту (далее аномальных наблюдателей). Возможность цифрового описания цветовосприятия в виде RGB-функций [3-13] позволяет в рамках данной работы рассмотреть задачу формирования персонализированных равноконтрастных ступенчатых тоновых шкал для произвольных пользователей ПЭВМ.

Обозначим  $\Psi$  функцию цифрового описания цветовосприятия представления пикселей на периферийном устройстве. Предполагается, что известно ее табличное задание на множестве

$$M = \{(r_i, g_i, b_i)\} = \{(j \cdot 17, k \cdot 17, n \cdot 17)\}, \\ j, k, n = 0, 1, \dots, 15, i = j + k \cdot 16 + n \cdot 16 \cdot 16 = 0, 1, \dots, 4095.$$

**Задача.** Пусть члены ступенчатой тоновой шкалы

$$\{p_i\} \in L' \subset M, i = 1, 2, \dots, n$$

удовлетворяют следующим условиям:

$$p_1 = (R', G', B'), p_n = (R'', G'', B''), h(\{p_i\}) = 0, (R_i + G_i + B_i) < (R_{i+1} + G_{i+1} + B_{i+1}),$$

где  $p_i = (R_i, G_i, B_i)$ ,  $p_{i+1} = (R_{i+1}, G_{i+1}, B_{i+1})$ .

На  $L'$  требуется найти функцию  $\gamma$  равноконтрастного градационного преобразования, преобразующую  $\{p_i\}$  в равноконтрастную последовательность  $\{p''_i\}$

$$p''_i = \gamma(p_i, \{p_i\}) \in L', i=1, 2, \dots, n, \sigma(\{p''_i\}) = 0.$$

### МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Для решения поставленной задачи предлагается метод, общая схема которого такова:

- определение непрерывной тоновой шкалы  $\{p'_k\}$ , лежащей на линии  $L'$

$$\{p'_k\}, p'_k \in L', k=1, 2, \dots, n';$$

- определение градационной подпоследовательности

$$\{g_j\}, g_j \in \{p'_k\}, C(g_j, g_{j+1}) = 1, j=1, 2, \dots, J, \sigma(\{g_j\}) = 0;$$

- определение равномерной последовательности пикселей  $\{x_j\}$ , лежащей на линии  $L'$

$$\{x_j\}, x_j \in L', x_j = \frac{p_1 \cdot (J - j) + p_n \cdot (j - 1)}{J - 1}, j=1, 2, \dots, J;$$

- определение значений функции  $\gamma$

$$\gamma(x_j) = g_j, j=1, 2, \dots, J;$$

- определение значений функции  $\gamma$  на линии  $L'$

$$y = \gamma(x), x \in L'$$

при интерполяции по узлам  $\{x_k\}$ , в том числе, и в пикселях  $p_i$

$$p''_i = \gamma(p_i), i=1, 2, \dots, n.$$

Поскольку по построению функция  $\gamma$  осуществляет (приблизительно) равноконтрастное преобразование линии  $L'$ , то равноконтрастным является и преобразование равномерной последовательности пикселей  $\{p_i\}$

$$\sigma(\{p''_i\}) = \sigma(\{\gamma(p_i)\}) = 0,$$

что и требовалось при решении поставленной задачи.

Поскольку за исключением процедуры определения градационной подпоследовательности  $\{g_k\}$  все другие процедуры, предусмотренные разработанным методом, не нуждаются в пояснениях и дополнительных комментариях, то кратко опишем только её одну.

Для определения градационной подпоследовательности  $\{g_j\}$  сначала среди пикселей  $\{\Psi(p'_i)\}$ ,  $i=2, 3, \dots, n'$  ищется пиксель хотя бы едва визуально различимый с пикселем

$$\Psi(p'_1) = \Psi(R', G', B').$$

Если ни одного такого пикселя не найдено, то процедура завершается, при этом количество градаций полагается равным нулю:  $J=0$ .

Если различаемый пиксель (пусть  $\Psi(p'_i)$ ) найден, то пиксель  $p'_i$  принимается за значение градации  $g_1$ . Далее пиксель  $\Psi(g_1)$  сравнивается с оставшимися пикселями  $\{\Psi(p'_i)\}$ ,  $i=i'+1, i'+2, \dots, n'$ .

Если больше ни одного промежуточного пикселя не найдено, то процедура завершается, при этом  $J=1$ .

Если же пиксель найден, то он принимается за очередное значение градации и процедура продолжается аналогичным образом. При несовпадении последней градации и пикселя  $(R'', G'', B'')$  полагаем  $g_j = (R'', G'', B'')$ .

### ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАВНОКОНТРАСТНЫХ ТОНОВЫХ ШКАЛ

Для автоматизированной реализации алгоритма персонифицированного градационного преобразования на ПЭВМ необходимо специальное ПО. В рамках данной работы было разработано ПО, функционирующее на базе одного компьютера типа PC IBM с оболочкой Windows XP. Использовался монитор FLATRON L1950SQ.

В качестве теста использовались ступенчатые тоновые шкалы  $\{T_i\}$ :

$$t_{0,j}=(j \cdot 17, j \cdot 17, j \cdot 17); t_{1,j}=(j \cdot 17, 0, 0); t_{2,j}=(255, j \cdot 17, j \cdot 17); t_{3,j}=(j \cdot 17, j \cdot 17, 0); t_{4,j}=(255, 255, j \cdot 17);$$

$$t_{5,j}=(0, j \cdot 17, 0); t_{6,j}=(j \cdot 17, 255, j \cdot 17); t_{7,j}=(j \cdot 17, j \cdot 17, 0); t_{8,j}=(255, 255, j \cdot 17); t_{9,j}=(0, 0, j \cdot 17);$$

$$t_{10,j}=(j \cdot 17, j \cdot 17, 255); t_{11,j}=(j \cdot 17, 0, j \cdot 17); t_{12,j}=(255, j \cdot 17, 255), j=0, 1, \dots, 15.$$

Для каждой ступенчатой тоновой шкалы  $T_i$  были определены соответствующие непрерывные тоновые шкалы  $S_i$ , пиксели  $\{s_{i,j}\}$  которых лежат на отрезках, соединяющих первый и последний компоненты шкал  $T_i$ :

$$s_{0,j}=(j, j, j); s_{1,j}=(j, 0, 0); s_{2,j}=(255, j, j); s_{3,j}=(j \cdot 17, j, 0); s_{4,j}=(255, 255, j); s_{5,j}=(0, j \cdot 17, 0);$$

$$s_{6,j}=(j, 255, j); s_{7,j}=(j, j, 0); s_{8,j}=(255, 255, j); s_{9,j}=(0, 0, j); s_{10,j}=(j, j, 255); s_{11,j}=(j, 0, j); s_{12,j}=(255, j, 255),$$

$$j=0, 1, \dots, 255.$$

Были построены две функции цифрового описания цветовосприятия представления пикселей на мониторе. Функция  $\Psi_0$  была построена по результатам тестирования восприятия одного реального наблюдателя, восприятие которого близко к стандарту, а функция  $\Psi_1$  одного виртуального наблюдателя-дейтеранопы, восприятие которого соответствует модели, использованной в программе ColorOracle [14].

Затем были определены соответствующие функции  $\gamma_0$  и  $\gamma_1$  равноконтрастного градационного преобразования, с помощью которых было сформировано двадцать шесть равноконтрастных ступенчатых шкал  $T''_{0,i}$  и  $T''_{1,i}$ :

$$T''_{0,i}=\{t''_{0,i,j}\}, T''_{1,i}=\{t''_{1,i,j}\}, t''_{0,i,j}=\gamma_0(t_{i,j}), t''_{1,i,j}=\gamma_1(t_{i,j}), i=0, 1, \dots, 12, j=0, 1, \dots, 15.$$

Для вычисления значений контраста соседних членов шкалы до и после преобразования были использованы формулы преобразования  $RGB$ -координат пикселей  $\Psi_k(R', G', B')$  и  $\Psi_k(R'', G'', B'')$  в  $Lab$ -координаты  $(L', a', b')$  и  $(L'', a'', b'')$  и вычисления величины контраста через  $\Delta E$  [2]:

$$C((R', G', B'), (R'', G'', B'')) = \Delta E = \sqrt{(L' - L'')^2 + (a' - a'')^2 + (b' - b'')^2}.$$

Далее технология реализации алгоритма поясняется на примере черной тоновой шкалы.

Черная тоновая шкала  $T_0$  имеет вид в соответствии с рисунком 1.



Рисунок 1 – Вид тоновой шкалы  $T_0$

В соответствии с изложенным методом была определена градационная последовательность, компоненты которой неравномерно распределены на непрерывной шкале  $S_0$  в соответствии с рисунком 2.



Рисунок 2 – Местоположение пикселей градационной последовательности

Затем пиксели градационной последовательности были распределены на шкале  $S_0$  в соответствии с рисунком 3.

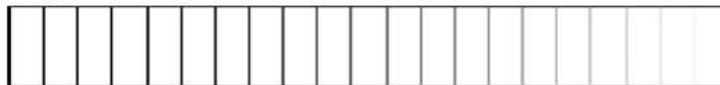


Рисунок 3 – Новое местоположение пикселей градационной последовательности

С помощью построенной по приведенным данным функции равноконтрастного градационного преобразования  $\gamma_0$  была сформирована шкала  $T''_{0,0}$  в соответствии с рисунком 4.



Рисунок 4 – Вид шкалы  $T''_{0,0}$

В таблице 1 приведено соотношение контрастов компонентов серой шкалы до и после преобразования  $\gamma_0$  в соответствии с рисунком 5.

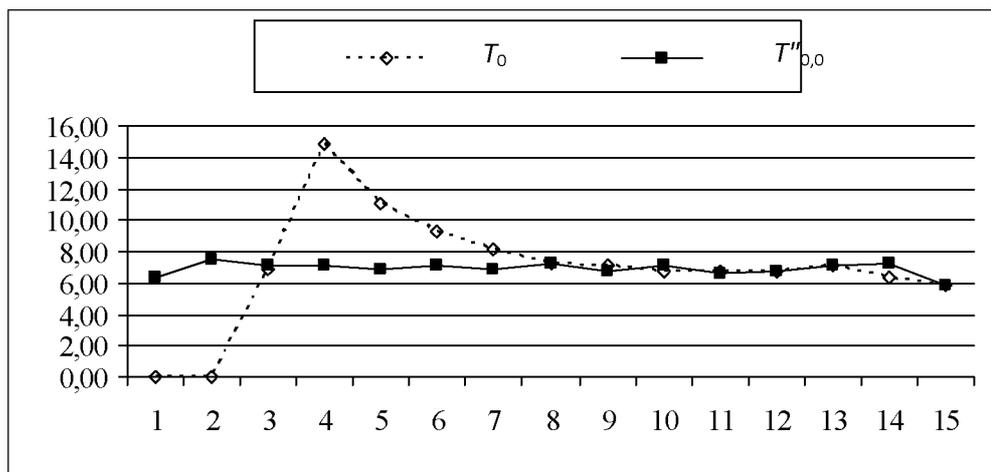


Рисунок 5 – Соотношение контрастов пикселей шкал  $T_0$  и  $T''_{0,0}$

Таблица 1 – Значения контраста до и после преобразования

$j$	$t_{0,j}$	$\Psi_0(t_{0,j})$	$C(t_{0,j},t_{0,j+1})$	$\Psi_0(t_{0,0,j})$	$C(t_{0,0,j},t_{0,0,j+1})$
1	(17,17,17)	(0,0,0)	0	(20,20,19)	6,31
2	(34,34,34)	(0,0,0)	0	(33,35,31)	7,47
3	(51,51,51)	(21,21,19)	6,81	(45,50,43)	7,1
4	(68,68,68)	(47,52,45)	14,86	(60,66,57)	7,15
5	(85,85,85)	(70,77,66)	11,03	(75,82,71)	6,87
6	(102,102,102)	(91,99,85)	9,21	(91,99,85)	7,13
7	(119,119,119)	(111,119,104)	8,08	(108,116,101)	6,88
8	(136,136,136)	(131,137,121)	7,27	(127,134,118)	7,18
9	(153,153,153)	(151,155,139)	7,12	(146,151,135)	6,77
10	(170,170,170)	(169,173,157)	6,76	(166,169,154)	7,06
11	(187,187,187)	(188,189,177)	6,76	(185,186,173)	6,66
12	(204,204,204)	(206,205,198)	6,73	(203,202,194)	6,76
13	(221,221,221)	(224,222,221)	7,09	(221,219,217)	7,11
14	(238,238,238)	(242,238,241)	6,29	(241,238,240)	7,2
15	(255,255,255)	(255,255,255)	5,9	(255,255,255)	5,81

Заметим, что, как видно из таблицы 1, из-за неизбежных погрешностей цветовоспроизведения представление идеальной серой шкалы на мониторе искажается, поскольку координаты пикселей, представляющих исходные серые пиксели на мониторе, перестают быть равными друг другу.

Поскольку

$$\sigma(T''_{0,0})=1,66 \neq 0,$$

то полученная при выполненном преобразовании шкала не является точно равноконтрастной. Однако, учитывая, что размер диапазона контрастов уменьшился в несколько раз, следует признать полученные результаты вполне удовлетворительными. Аналогичные результаты при использовании  $\gamma_0$  были получены и в других случаях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена задача формирования равноконтрастных ступенчатых тоновых шкал. Предлагается численный метод ее решения, основанный на тестировании конкретного

наблюдателя, автоматической обработке тестовых данных и вычислении функции равноконтрастного градационного преобразования.

Тоновые шкалы, вычисляемые по предложенному методу, являются приближенно равноконтрастными. Это связано, в частности, и с неизбежными погрешностями измерений, с дискретностью связанных цветовых пространств и с необходимостью применения численных методов. Поэтому по сути методы равноконтрастных градационных преобразований являются методами уменьшения градационных искажений.

При практической реализации алгоритма было установлено, что после выполнения равноконтрастных градационных преобразований в несколько раз уменьшался диапазон изменения контрастов на тоновых шкалах. Это показывает эффективность применения метода, поскольку уменьшение градационных искажений не зависит от особенностей цветовосприятия наблюдателя; выбора тестовых шкал; от источников формирования персонифицированного цифрового описания цветовосприятия (результаты непосредственного визуального тестирования произвольного наблюдателя [3-13] или результаты обработки данных, полученных при измерении цветовых образцов спектрофотометром или колориметром, применимых для «стандартных» наблюдателей); от типа устройства цветопроизведения; от способа вычисления градаций и т.д.

Результаты работы имеют важное практическое значение, поскольку применимы при решении задач повышения качества цветопроизведения на периферийных устройствах ПЭВМ не только в интересах пользователей, чье цветовосприятие близко к цветовосприятию «стандартного» наблюдателя, но и в интересах пользователей, имеющих аномалии цветового зрения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Городецкий В.И., Самойлов В.В. Стеганография на основе цифровых изображений / Информационные технологии и вычислительные системы. – 2001. – № 2/3. – С. 51-64.
2. Александров Д. Равноконтрастное градационное преобразование полиграфических изображений / Полиграфия. – 1999. – № 1. – С. 25-26.
3. Соколов И.А., Архипов О.П., Захаров В.Н., Зыкова З.П., Архипов П.О. Способ компьютерного распознавания и визуального воспроизведения цветных изображений. Патент №2005130683, приоритет 04.10.05. – Бюл. № 8, от 20.03.07.
4. Архипов О.П., Зыкова З.П. Допечатное тестирование индивидуального зрительного восприятия / Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2008. – № 12. – С. 2-8.
5. Архипов О.П., Захаров В.Н., Зыкова З.П. Тестирование подсистем цветного вывода в распределенных системах / Информационные технологии и вычислительные системы. – 2008. – № 3. – С. 78-84.
6. Архипов О.П., Бородин Л.Н., Зыков Р.В. и др. Инструментальная оценка цветов отпечатков. – М.: ИПИ РАН, 2009. – 89 с.
7. Архипов О.П., Бородин Л.Н., Зыков Р.В. и др. Технология оцифровки цветовосприятия отпечатков. – М.: ИПИ РАН, 2009. – 115 с.
8. Архипов О.П., Зыкова З.П. Обеспечение идентичности результатов печати на различных цветных принтерах // Информационные технологии. – 2009. – № 3. – С. 37-42.
9. Архипов О.П., Зыкова З.П. Функциональное описание индивидуального цветовосприятия // Известия ОрелГТУ. Серия «Информационные системы и технологии», 2010. – № 5. – С. 5-12.
10. Архипов О.П., Зыкова З.П. RGB-характеризация пространства цветовосприятия // Системы и средства информатики. – Вып. 20. – М.: ИПИ РАН, 2010. – № 1. – С. 73-90.
11. Архипов О.П., Зыкова З.П. Интеграция гетерогенной информации о цветных пикселях и их цветовосприятии // Информатика и ее применение, 2010. – Т. 4. – Вып. 4. – С. 14-25.
12. Архипов О.П., Зыкова З.П. Программная система многокритериального выбора и тестирования множества тест-пикселей для исследования цветовосприятия (IP\_9\_3): свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613793; зарегистрировано 09.06.2010. – 1 с.
13. Архипов О.П., Зыкова З.П. Многокритериальный выбор тестового множества при исследовании цветовосприятия // Информационные технологии. – 2011. – № 2. – С. 67-73.

14. ColorOracle / Institute of Cartography, ETH Zurich, 2008.  
URL:<http://colororacle.cartography.ch>.

**Архипов Олег Петрович**

Орловский филиал Учреждения Российской академии наук Института проблем информатики РАН,  
г. Орел  
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, директор ОФ ИПИ РАН  
Тел.: +7(4862)33-57-41  
E-mail: [ofran@orel.ru](mailto:ofran@orel.ru)

**Зыкова Зоя Петровна**

Орловский филиал Учреждения Российской академии наук Института проблем информатики РАН,  
г. Орел  
Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, зав. лаб. ОФ ИПИ РАН  
Тел.: +7(4862)36-86-88

---

O.P. ARHIPOV (*Candidate of Economic Sciences, Director of branch of the Institute of informatics problems, Orel*); Z.P. ZYKOVA (*Candidate of physico-mathematical sciences, Senior Researcher*)

**EQUAL CONTRAST GRADED TRANSFORMATION  
OF STEP TINTED SCALES**

*In the article the problem of equal contrast graded transformations of tinted scales, arising in considering issue related to organization of qualitative personalized color reproduction on peripheral devices PC is under consideration. Is proposed the solution, allowing forming equal contrast tinted scale according to data numerical description of color perception of arbitrary personal computer user.*

**Keywords:** *contrast; gradation; gradation distortions; numerical description of color perception; equal contrast tinted scale*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Gorodeckij V.I., Samojlov V.V. Steganografiya na osnove cifrovyy`x izobrazhenij / Informacionny`e texnologii i vy`chislitel`ny`e sistemy`. – 2001. – №2/3. – S. 51-64.
2. Aleksandrov D. Ravnokontrastnoe gradacionnoe preobrazovanie poligraficheskix izobrazhenij // Poligrafija. – 1999. – № 1. – S. 25-26.
3. Sokolov I.A., Arxipov O.P., Zaxarov V.N., Zy`kova Z.P., Arxipov P.O. Sposob komp`yuternogo raspoznavaniya i vizual`nogo vosproizvedeniya cvetovy`x izobrazhenij. Patent № 2005130683, prioritet 04.10.05. – Byul. № 8 ot 20.03.07.
4. Arxipov O.P., Zy`kova Z.P. Dopechatnoe testirovanie individual`noe zritel`nogo vospriyatiya // Vestnik komp`yuterny`x i informacionny`x texnologij. – 2008. – № 12. – S. 2-8.
5. Arxipov O.P., Zaxarov V.N., Zy`kova Z.P. Testirovanie podsistem cvetnogo vy`voda v raspredelyonny`x sistemax // Informacionny`e texnologii i vy`chislitel`ny`e sistemy`. – 2008. – № 3. – S. 78-84.
6. Arxipov O.P., Borodina L.N., Zy`kov R.V. i dr. Instrumental`naya ocenka cvetov otpechatkov. – M.: IPI RAN, 2009. – 89 s.
7. Arxipov O.P., Borodina L.N., Zy`kov R.V. i dr. Texnologiya ocifrovki cvetovospriyatiya otpechatkov. – M.: IPI RAN, 2009. – 115 s.
8. Arxipov O.P., Zy`kova Z.P. Obespechenie identichnosti rezul`tatov pechaty na razlichny`x cvetny`x printerax // Informacionny`e texnologii. – 2009. – № 3. – S. 37-42.
9. Arxipov O.P., Zy`kova Z.P. Funkcional`noe opisaniye individual`nogo cvetovospriyatiya // Izvestiya OryolGTU. Seriya «Informacionny`e sistemy` i texnologii», 2010. – № 5. – S. 5-12.
10. Arxipov O.P., Zy`kova Z.P. RGB-xarakterizaciya prostranstva cvetovospriyatiya // Sistemy` i sredstva. – Vy`p. 20. – M.: IPI RAN, 2010. – № 1. – S. 73-90.
11. Arxipov O.P., Zy`kova Z.P. Integraciya geterogennoj informacii o cvetny`x pikselyax i ix cvetovospriyatii // Informatika i eyo primenenie, 2010. – T. 4. – Vy`p. 4. – S. 14-25.
12. Arxipov O.P., Zy`kova Z.P. Programmnyaya sistema mnogokriterial`nogo vy`bora i testirovaniya mnozhestva test-pikselej dlya issledovaniya cvetovospriyatiya (IP\_9\_3): svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM №2011613793; zaregistrirvano 09.06.2010. – 1 s.
13. Arxipov O.P., Zy`kova Z.P. Mnogokriterial`ny`j vy`bor testovogo mnozhestva pri issledovanii cvetovospriyatiya // Informacionny`e texnologii. – 2011. – № 2. – S. 67-73.
14. ColorOracle / Institute of Cartography, ETH Zurich, 2008. URL:<http://colororacle.cartography.ch>.

УДК 004.021 51-7 517.977.5 519.248 519.8 519.876.2

А. А. БЕЗРОДНЫЙ

## МОДЕЛИ И МЕТОДЫ СИНТЕЗА СЛОЖНЫХ МНОГОКОНТУРНЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

*Существует необходимость развития систем обеспечения нефтепродуктами, оказывающих существенное воздействие на функционирование и развитие государства и общества в целом; при недостаточности ранее созданных моделей и методов для решения современных практических задач это говорит об актуальности проведения исследований в данной предметной области. В работе рассмотрены усовершенствованные модели и методы синтеза сложных многоконтурных систем предприятий нефтепродуктообеспечения и обсуждаются результаты их применения.*

*Ключевые слова: сложная система; системный анализ; синтез структур многоконтурных систем; причинно-следственный подход; автозаправочная станция; предприятие нефтепродуктообеспечения.*

### ВВЕДЕНИЕ

Системы обеспечения нефтепродуктами (системы нефтепродуктообеспечения, НПО) являются сложными территориально-распределенными иерархическими системами высокой размерности. Проблема состоит в важности их эффективного функционирования и развития и недостаточности известных моделей и методов, анализ которых проведен, например, в [1] для решения современных практических задач. Одним из подходов к ее решению является использование теоретико-множественного представления сложных систем [2], которое в топливно-энергетическом комплексе уже применялось ранее [3]. Работа посвящена особенностям развития моделей и методов синтеза сложных многоконтурных систем [4] на рассматриваемую предметную область и их применению на действующих предприятиях НПО.

### МОДЕЛИ И МЕТОДЫ СИНТЕЗА СЛОЖНЫХ МНОГОКОНТУРНЫХ СИСТЕМ

Как показывают результаты ранее проведенных исследований [1, 3, 4], для решения задач совершенствования сложных человеко-машинных систем необходимо создание банка моделей (БД НПО), включающего модели структур неактивной при данном представлении и нуждающейся в управлении инфрасистемы, систем принятия решений и управления, организационно-технической и информационной систем.

В модели структуры инфрасистемы в основу формализованной схемы процессы ставятся как последовательная смена состояний, отражающие причинно-следственные связи между объектами, событиями и явлениями. Процесс представляется как отображение  $P: X \times C \rightarrow Y$ , где  $X$  – множество входов или состояний как пересечение множества признаков, описывающих элементы потоков взаимодействия и условия  $G$ ,  $Y$  – множество выходов.

Управление представляется в виде реализации функций управления  $C$  процессами  $P$  на периодах  $H$ . Модель структуры системы управления задается декартовым произведением  $F: C \times P \times H$ . Элементы  $F_{ijk}: C_i \times P_j \times H_k$  ( $i=1..I, j=1..J, k=1..K$ ) представляют собой модели элементарных задач управления. Контур управления определяется совокупностью элементарных задач по выполнению всех функций управления. Дополнительно рассматриваются задачи координации  $F'': C \times Q \times H$  и «управления управлением»  $F''': C \times C \times H$ , где  $Q$  – параметр координации. Графы структур представлены в таблице 1, отношения – на рисунке 1. В таблице 1 И, Ф, М и Э – элементы, соответственно, информационного, материального, энергетического и финансового потоков.

Таблица 1 – Графы структур многоконтурных систем

Система	Описание	Формализованное представление
Неактивная инфрасистема	Объекты-преобразователи потоков ресурсов	$\Gamma(X, U)$ , где $X$ – объекты вида $A_0$ (транспорт), $A_{ef}$ (преобразование в другой вид: $e, f \in \{И, М, Ф, Э\}$ ), $B$ (изменение), $V$ (накопление), $U$ – отношения
Система управления	Множество контуров управления	$\Gamma_1(X_1, U_1)$ , где $X_1 \in \{X_1\}$ – образ средства управления, $U_1 \in \{U_1\}$ – отношения
Система принятия решений	Модели БД НПО принятия решений	$\Gamma_2(X_2, U_2)$ , где $X_2$ – акты принятия решений $A_{jk}$ (1 – принятие решений, 2 – использование БД НПО, 3 – обучение), $U_2$ – отношения (1 – исполнение, 2 – условное исполнение, 3 – информирование)
Информационная система	Множества массивов данных и процедур их представления и передачи	$\Gamma_3(X_3, U_3)$ , где $X_3$ – массивы данных (1 – БД, 2 – архив, 3 – неструктурированные данные), $U_3$ – процедуры представления и передачи (1 – электронная, 2 – бумажная и 3 – устная формы)
Орг.-техн. система	Граф $\Gamma_1$ , «склеенный» с графом $\Gamma$	Граф $\Gamma_4(X_4, U_4)$ , где $X_4 = X_{pq}$ ( $p \in 1..P, q \in 1..Q$ ), для типичной структуры $P=2, Q=5$

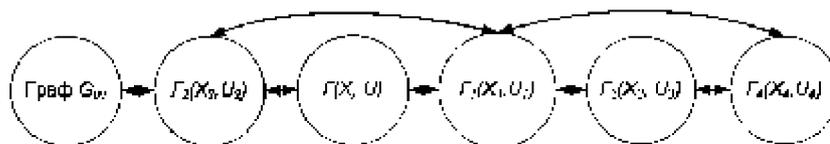


Рисунок 1 – Взаимосвязь графов структур многоконтурных систем

Для решения задачи повышения эффективности системы проводятся процедуры  $\Omega$ -,  $C$ -,  $P$ - и  $H$ -синтеза, где  $\Omega$ -синтез – построение исходной распределенной структуры системы управления,  $C$ -синтез – объединение функций управления вдоль контуров управления,  $P$ -синтез – объединение функций, принадлежащих разным контурам одного процесса,  $H$ -синтез – объединение функций контуров управления различных временных интервалов. Указанные виды синтеза представляют собой процедуры свертывания контуров управления.

Представленную систему моделей для решения задач высокой размерности в современных условиях многообразия и разнородности объектов, процессов, событий и явлений различной природы и нелинейности взаимодействия между ними целесообразно дополнить причинно-следственным подходом [5]. Согласно [6], принцип причинности следует понимать как утверждение о существовании законов природы, которые связаны с общими свойствами пространства и времени – конечная скорость распространения сигналов, невозможность воздействия на прошлое и т.п. К «признакам причинности» относят признаки изменений во времени или последовательность событий во взаимодействии между частями целого.

В [5] в развитии представления «причина-следствие» предложено выделение групп причин и следствий: кроме самой причины всегда существует окружение, определяющее условия взаимодействия; кроме самого следствия, связанного с целью – результаты взаимодействия, вновь отражаемые в условиях (рис. 1).

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Причина} & & \text{Следствие} \\
 & \rangle & \langle \\
 & \text{Ядро} & \\
 \text{Условие 1} & & \text{Условие 2}
 \end{array} \quad (1)$$

Графическое представление (1) предполагает декомпозицию группы причин на основании изменений и условия их реализации (условие 1), а следствия на результат как собственно следствие и новое условие или состояние после взаимодействия (условие 2). Указанные компоненты связаны функциями и алгоритмами механизма преобразования и формирования выходных параметров ядра причинно-следственной связи.

Решение задач в известных ситуациях заключается в задании лицом, принимающим решение (ЛПР), наиболее общей причинно-следственной связи, которая может быть интуитивно понятной, известной или теоретически и экспериментально доказанной. Далее проводится декомпозиция ее компонент с использованием моделей теории систем и управления вплоть до уровня, где задачи могут решаться известными методами. При наступлении признаков ранее неизвестных ситуаций или недостаточности данных для решения задач проводится коррекция модели и последовательное уточнение решений по мере внедрения результатов и развития системы. Композиция или синтез систем, наилучших или оптимальных по заданным критериям, осуществляется в соответствии с моделями структур процессов.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Графическое и матричное представления наиболее общей причинно-следственной связи задачи совершенствования или повышения эффективности предприятий НПО, поддерживающих долговременное взаимодействие АЗС и внешней среды, представлены на рисунке 2.

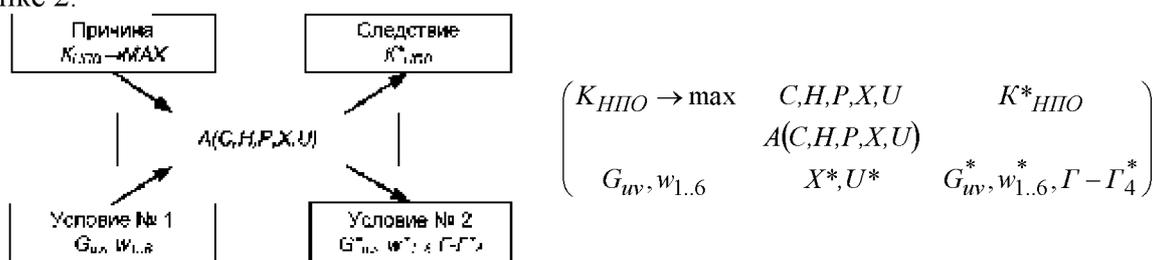


Рисунок 2 – Модель причинно-следственной связи задачи совершенствования предприятия НПО

Наиболее общая причинно-следственная связь состоит в достижении экстремального значения показателя эффективности  $K_{НПО}$  путем создания управления (в зависимости от периода управления – построения структур или выбора управляющих воздействий), наилучшего или оптимального по заданным критериям в данных условиях [3]. На рисунке 2 «\*» – вариант после взаимодействия,  $A$  – алгоритм,  $w_{pr}$  – ресурсы ( $pr=1..PR$ , 1 – персонал, 2 – оборудование, 3 – материалы, 4 – энергия, 5 – информация, 6 – финансы),  $G_{uv}$  – условия как цели, требования, воздействия и ограничения среды и системы ( $u=1..U$  – тип и  $v=1..V$  – вид подсистемы).

Задача состоит в том, чтобы достичь  $K_{НПО} = \max$  при условиях  $G_{uv}$  путем построения структур и выбора управляющих воздействий

$$K_{НПО}(X_{pq}, U_{pq}) \Big|_{G_{uv}} \rightarrow \max, G = \bigcup_{u,v=1}^{U,V} G_{uv}, X_{pq} = X_{pq}(G_{uv}), U_{pq} = U_{pq}(G_{uv}),$$

$$\Delta G_{uv}(t) < \lambda_{uv}, \Delta K_{НПО}(X_{pq}, U_{pq}, t) < \eta, \lambda_{uv} > 0 \forall u, v, \eta > 0, \forall u, v, G_{uv, zp} \in \{G_{uv}\}, \quad (2)$$

$$\| \{G_{uv}\} \|, u, v, K_{НПО}, R_{rhis}, C_{rhis}, \Pi_{rhis} \forall r, hi, s \neq \infty, \exists I_{1..6}$$

где  $I_{1..6}$  – задачи для объектов низших уровней иерархии (АЗС и их комплексы), считающиеся решенными, «zp» – граничные значения,  $R_{rhis}$ ,  $C_{rhis}$  и  $\Pi_{rhis}$  – результаты, издержки и потери  $r$ -го объекта ( $r=1..n_{hi}$ )  $hi$ -го уровня подсистемы  $s$ ,  $U_{pq}$  – отношения средств управления  $X_{pq}$  ( $p=1..P$ ,  $q=1..Q$ ). В соответствии с ранее созданной моделью [1] и закономерностями иерархичности, целостности и разнообразия вариантов [2],  $K_{НПО}$  в (2) записывается в виде

$$K_{НПО}(X_{pq}, U_{pq}) = \sum_{s=1}^{S_{НПО}} \left( \sum_{hi=1}^{HI_s} \left( \sum_{r=1}^{n_{hi}} \frac{R_{rhis}(X_{pq}, U_{pq}) - \Pi_{rhis}(X_{pq}, U_{pq})}{C_{rhis}(X_{pq}, U_{pq})} \right) \right) \rightarrow MAX. \quad (3)$$

Задача состоит в том, чтобы с помощью последовательного перевода системы из одного состояния в другое путем решения задач управления добиться максимального значения  $K_{НПО}$  показателя эффективности в данных условиях. Решение проводится алгоритмически путем системного анализа, моделирования и синтеза структур и выбора управляющих воздействий, оптимальных (при наличии полной модели системы) или наилучших (с точностью до исходных данных и ранее созданных моделей) по заданным критериям.

### МОДЕЛИ ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИССЛЕДУЕМОЙ СИСТЕМЫ

Целью функционирования предприятия НПО является получение прибыли за счет удовлетворения потребностей потребителей [7] в моторных топливах ( $G_{1v}$ ), аналогичных или более качественных по сравнению с конкурентами ( $G_{2v}$ ), путем преобразования ресурсов поставщиков ( $G_{3v}$ ) во внешней среде ( $G_{4v}$ ). В качестве основных процессов выделяются «Целенаправленное функционирование» (маркетинг,  $P_1$ ), «Прием, хранение и отпуск нефтепродуктов» ( $P_2$ ), «Обслуживание и обеспечение» ( $P_3$ ), «Информационное обслуживание, учет и отчетность» ( $P_4$ ) и иные процессы ( $P_5$ ). Исследуемая система состоит из большого числа объектов различных уровней: АЗС  $\Rightarrow$  комплексы АЗС  $\Rightarrow$  внешние (аутсорсинг, outsourcing) и внутренние (инсорсинг, insourcing) подсистемы обеспечения и обслуживания  $\Rightarrow$  предприятие НПО. Отношения целей, процессов и объектов представлены на рисунке 3.

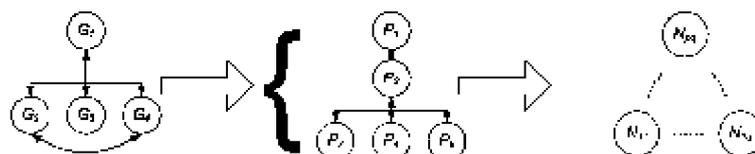


Рисунок 3 – Отношения целей, процессов и объектов предприятия НПО

Управляемая или инфрасистема представляется в виде графа  $\Gamma(X, U)$ , где  $X$  – множество объектов,  $U$  – разрешенные отношения (табл. 2).

Таблица 1 – Объекты-преобразователи и элементы потоков в сетях АЗС

Признак	Краткая характеристика
$M^\beta$ – качественные признаки характеристик элементов потоков	Материальные потоки: $M_{1-100}^\beta$ – бензины А-80, Аи-92, 95, 98, сжиженные углеводородные газы, дизельное топливо, сезонные сорта моторных топлив; $M_{100-1000}^\beta$ – масла, продукты, запасные части; финансовые потоки: $M_{1001-1100}^\beta$ – наличные и безналичные денежные средства, транзакции систем безналичных расчетов по ведомостям, картам, талонам, другие финансовые инструменты; информационные потоки: $M_{1100-2000}^\beta$ – данные в устной, письменной бумажной и электронной форме; энергетические потоки: $M_{2001-2100}^\beta$ – электрическая энергия, вода, тепловая энергия
$N^\beta$ – качественные признаки характеристик объектов- преобразовате- лей	$n_{А0,1-100}^\beta$ – объекты трубопроводного, автомобильного, водного и железнодорожного транспорта (М, Ф), каналы связи (И) и передачи энергии (Э); $n_{ми, 1-50}^\beta, n_{фи, 51-100}^\beta, n_{фм, 101-150}^\beta$ – неактивные компоненты АСУ ТП; $n_{Б,1-100}^\beta$ : ТРК (М), объекты и подсистемы связи и коммуникаций (И), учета и отчетности (Ф) и энергохозяйства; $n_{в, 1-100}^\beta$ : резервуары, склады (М), устройства хранения данных (И) и денежных средств (Ф), системы питания и распределения (Э)

Управление предприятия НПО представляет собой реализацию функций  $C_i$  ( $i \in 1..I$ ,  $I=5$ : 1 – сбор, обработка и отображение данных, 2 – идентификация ситуации, подготовка к

принятию решения, 3 – принятие решений, 4 – исполнение решений) на временных интервалах  $H_k$  ( $k \in 1..K$ ,  $K=5$ : 1 – непрерывное слежение, 2 – квазинепрерывное управление, 3 – тактическое управление, 4 – оперативное управление, 5 – стратегическое управление) процессами  $P_j$  ( $j \in 1..J$ ,  $N=5$ ) средствами управления  $X_{pq}$  ( $p \in 1..P$ ,  $p=1$  – технические средства управления,  $p=2$  – организационные средства управления,  $q \in 1..Q$ , численное значение  $Q$  зависит от мощности объекта) для достижения экстремального значения показателя эффективности  $K_{НПО}$ . Элементарные задачи управления  $F_{pqijk} : X_{pq} \times C_i \times P_j \times H_k$  образуют контуры  $F_{pqijk} : X_{pq} \times C_{1..5} \times P_j \times H_k$  и структуру системы управления в условиях  $G_{uv}$ .

Задача (3) ставится в виде

$$F_{pqijk} : X_{pq} \times C_i \times P_j \times H_k \quad K_{НПО} = \sum_{hi=1}^{HI} \sum_{r=1}^{n_{hi}} \left( \frac{R_{hir} - q_{hir} \tau_{hir}}{C_{hir}} \right) \Bigg|_{G_{uv}} \rightarrow \max \Delta G_{uv} < \delta_{uv}, \Delta K_{НПО} < \varepsilon, \delta_{uv} > 0 \forall u, v, \varepsilon > 0$$

$$C_{hir} = \sum_s Cost_{srhi}, C_i \in \{C_i\}, i = 1..I, P_j \in \{P_j\}, H_k \in \{H_k\}, k = 1..K, p = 1..P, q = 1..Q, hi = 1..HI, r = 1..n_{hi}, \quad 4)$$

где  $HI$  – число уровней ( $\{hi\} = \{A3C, \text{комплекс } A3C, \text{предприятие НПО}\}$ );  $\tau_{ir}$  – длительность управления, зависящая от оперативности реакции управляющей системы на изменение состояния ( $\tau$ ), надежности ( $n$ ) и достоверности результатов ( $d$ ),  $Cost_{srhi}$  – издержки  $r$ -го объекта  $hi$ -го уровня вида  $s$  ( $s \in 1..5$ , 1 – обязательные платежи, 2 – расходные материалы, 3 – обслуживание, обеспечение, 4 – модернизация, 5 – инвестиционная деятельность). Неравенства  $\Delta G_{uv} < \delta_{uv}, \Delta K_{НПО} < \varepsilon$  описывают требование сохранения  $K_{НПО}$  в заданном интервале при изменениях условий  $\Delta G_{uv}$ . Параметрами являются  $X_{pq}$  и  $U_{pq}$ , направленным перебором вариантов и характеристик которых по агрегированному показателю  $K_{НПО}$  с отсечением случаев, не имеющих физического смысла, экономической целесообразности или заданной степени автоматизации, и определяются система с  $K_{НПО} = \max$ , признаваемая наилучшей. Модель структуры СУ изображается в виде графа  $\Gamma(X_1, U_1)$ , где  $X_1 \in \{X_1\}$  – число средств управления вида  $pq$ ,  $U_1 \in \{U_1\}$  – отношения. Структура СУ типичной сети АЗС дана в таблице 3.

Таблица 2 – Модель системы управления типичным региональным предприятием НПО

j	C <sub>i</sub>	h <sub>1</sub>		h <sub>2</sub>		h <sub>3</sub>		h <sub>4</sub> , h <sub>5</sub>	
		Ср-во	К-во	Ср-во	К-во	Ср-во	К-во	Ср-во	К-во
1	C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>4</sub>	X <sub>14</sub>	15	X <sub>14</sub>	15	X <sub>14</sub>	15	X <sub>12</sub>	2
	C <sub>3</sub>	X <sub>13</sub>	2	X <sub>13</sub>	2	X <sub>13</sub>	2	X <sub>11</sub>	1
	C <sub>5</sub>	X <sub>12</sub>	1	X <sub>12</sub>	1	X <sub>12</sub>	1		
2	C <sub>1</sub> , C <sub>4</sub>	X <sub>15</sub>	162	X <sub>15</sub>	162	X <sub>14</sub>	193	X <sub>14</sub>	33
	C <sub>2</sub>	X <sub>14</sub>	23	X <sub>14</sub>	23	X <sub>13</sub>	23	X <sub>13</sub>	23
	C <sub>3</sub>					X <sub>12</sub>	1	X <sub>12</sub>	5
	C <sub>5</sub>	X <sub>13</sub>	33	X <sub>13</sub>	33	X <sub>11</sub>	1	X <sub>11</sub>	1
3	C <sub>1</sub> , C <sub>4</sub>	X <sub>15</sub>	23	X <sub>15</sub>	23	X <sub>15</sub>	47	X <sub>14</sub>	4
	C <sub>2</sub>	X <sub>14</sub>	4	X <sub>14</sub>	10	X <sub>14</sub>	10	X <sub>13</sub>	4
	C <sub>3</sub>	X <sub>13</sub>	3	X <sub>13</sub>	3	X <sub>13</sub>	2	X <sub>12</sub>	1
	C <sub>5</sub>	X <sub>12</sub>	1	X <sub>12</sub>	1	X <sub>12</sub>	1	X <sub>11</sub>	1
4	C <sub>1</sub> , C <sub>4</sub>	X <sub>14</sub>	20	X <sub>14</sub>	20	X <sub>14</sub>	10	X <sub>14</sub>	4
	C <sub>2</sub>					X <sub>13</sub>	3	X <sub>13</sub>	3
	C <sub>3</sub>	X <sub>13</sub>	2	X <sub>13</sub>	2	X <sub>12</sub>	1	X <sub>12</sub>	2
	C <sub>5</sub>					X <sub>11</sub>	1	X <sub>11</sub>	1
5	C <sub>1</sub> , C <sub>4</sub>	X <sub>15</sub>	5	X <sub>15</sub>	5	X <sub>14</sub>	10	X <sub>14</sub>	5
	C <sub>2</sub>	X <sub>14</sub>	29	X <sub>14</sub>	29	X <sub>13</sub>	5	X <sub>13</sub>	5
	C <sub>3</sub>	X <sub>13</sub>	3	X <sub>13</sub>	3	X <sub>12</sub>	1	X <sub>12</sub>	1
	C <sub>5</sub>	X <sub>12</sub>	1	X <sub>12</sub>	1	X <sub>11</sub>	1	X <sub>11</sub>	1

В таблице 3 отражены следующие свойства исследуемой системы и особенности модели: сменный характер функционирования и схожесть структуры средств управления на низших уровнях и периодах управления  $h_1-h_3$ ; под процессом  $P_3$  на данном уровне декомпозиции понимается обслуживание технических контуров, транспорт и административно-хозяйственное обеспечение; число уровней  $q=5$  взято в качестве примера; для доминирующего процесса  $P_1$  степень участия всех средств остается высокой для большинства периодов управления.

Принятие решений подразумевает решение задачи управления  $F_{pqijk} \subseteq X_{pq} \times C_3 \times P_j \times H_k$ . Критерием выбора служит  $K_{НПО}$ . Модель структуры системы представляет собой граф  $\Gamma_2(X_2, U_2)$ , где  $X_2$  – вершины, соответствующие актам принятия решения  $A_{jk}$ ,  $U_2$  – ребра, определяющие отношения. Отношения актов принятия решений приведены на рисунке 4.

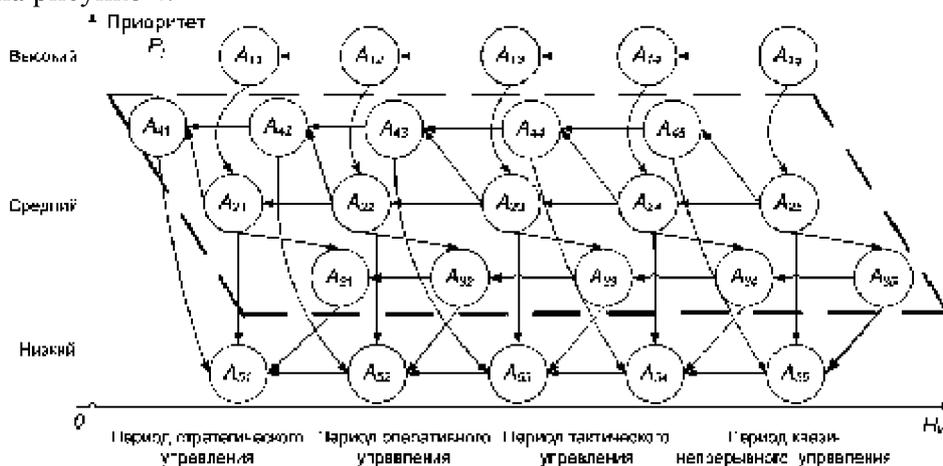


Рисунок 4 – Отношения доминирования и следования актов принятия решений в системе управления на первом уровне декомпозиции по процессам и периодам управления

На рисунке 4 отражены следующие основные свойства исследуемой системы и особенности модели: решения при реализации процесса  $P_1$  доминируют по отношению к решениям при реализации процесса  $P_2$ , ситуация схожа для случаев  $P_2$  и  $P_{3-4}$  и  $P_{2-4}$  и  $P_5$ , соответственно; влияние принятия решений при реализации  $P_1$  на принятие решений при реализации  $P_{3-5}$  осуществляется через принятие решений при реализации  $P_2$ ; решения для  $P_{3,4}$  не имеют приоритета друг перед другом; для каждого процесса наблюдается рост приоритета решений по мере увеличения периодов управления.

Функционирование информационной системы означает выполнение задачи управления  $F_{pqijk} \subseteq X_{pq} \times C_1 \times P_j \times H_k$  и информационное сопровождение – передача, прием, хранение и преобразование данных – путем реализации функций  $C_{2-5}$ . Модель структуры информационной системы представляет собой граф  $\Gamma_3(X_3, U_3)$ , где  $X_3$  – вершины, массивы или базы данных,  $U_3$  – ребра, определяющие разрешенные отношения связи и доминирования между вершинами и каналы взаимодействия. Особенности информационной системы современных предприятий НПО являются высокий уровень автоматизации для низших уровней, иерархичность структуры с концентрацией и централизацией информационных потоков для высших уровней, разнообразие видов средств передачи данных, схожесть и следование структуре системы управления.

Структура информационной системы предприятия НПО представлена на рисунке 5, где отражены ее следующие свойства и особенности модели: по мере роста уровней и периодов управления увеличивается число горизонтальных связей; под базой данных (БД) понимаются структурированные данные в электронном виде, под архивом – БД и структурированные данные в бумажной форме, под кодификатором – БД и архивы актов управления или локальных нормативных актов с СУБД, под документооборотом – система хранения и обработки данных; последовательность массивов – «Первичные документы,

отчеты АСУ» ⇒ «БД и архивы различных уровней» ⇒ «Кодификаторы актов управления и локальных нормативных актов» ⇒ «Банки знаний».



Рисунок 5 – Структура информационной системы предприятия НПО в составе ВИНК

В рассматриваемой модели организационно-техническая система определяется отношением средств управления  $X_{pq}$ . Модель структуры представляет собой граф  $\Gamma_4(X_4, U_4)$ :  $X_4 \in \{X_4 = X_{pq}\}$  – множество организационных и технических средств управления (организационные средства: 11 – руководитель, 12 – заместитель руководителя, 13 – начальник отдела или службы, 14 – специалист, 15 – технический персонал; технические средства: 21 – серверы, 22 – рабочие станции, 23 – компоненты систем хранения и обработки данных, 24 – контроллеры, 25 – устройства ввода-вывода данных);  $U_2 \in \{U_2\}$  – множество типов структур (1 – линейная, 2 – функциональная, 3 – матричная, 4 – программно-целевая). Структура организационно-технической системы следует структуре системы управления. Особенности данных систем современных предприятий НПО являются доминирование матричных структур, наличие адаптивных программно-целевых структур, применение современных информационных технологий, выведение ряда функций на аутсорсинг как передачу функций обслуживания и обеспечения сторонним организациям.

При применении причинно-следственного подхода число моделей синтеза сложных многоконтурных систем снижается (рис. 6) [8], что повышает эффективность моделирования.

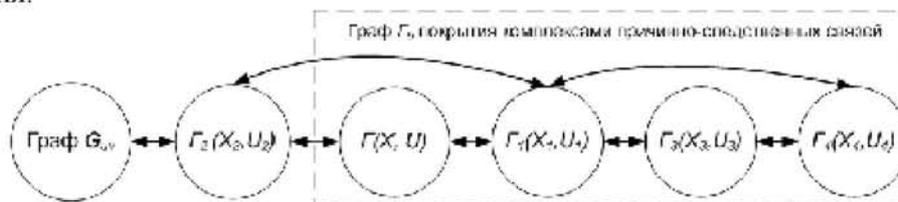


Рисунок 6 – Снижение числа моделей синтеза сложных многоконтурных систем при использовании причинно-следственного подхода

Синтез структур многоконтурных систем предприятий НПО реализуется с помощью алгоритма, представленного на рисунке 7.

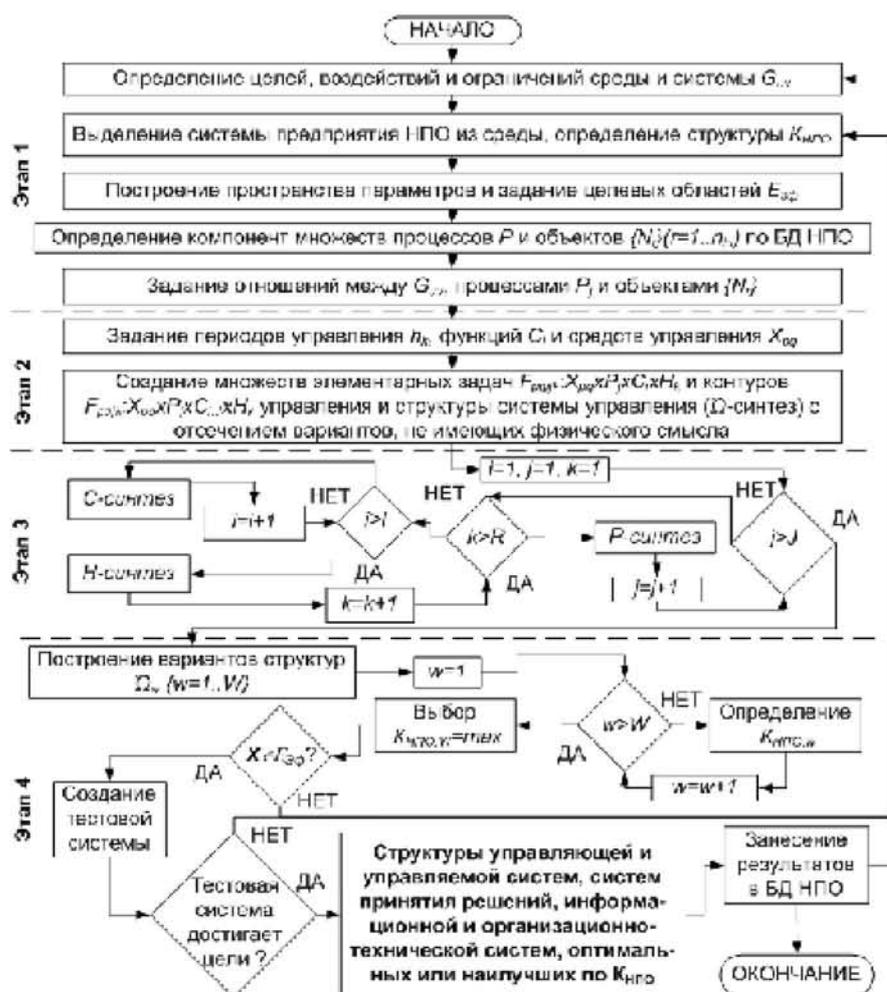


Рисунок 7 – Алгоритм синтеза структур сложных многоконтурных систем предприятий НПО

При решении задач совершенствования предприятий НПО проводится синтез как имеющие физический смысл объединения большего числа функций управления в меньшем числе средств управления по процессам, периодам и объектам ( $P$ -,  $H$ -,  $S$ - и  $\Omega$ -синтез). Построение структур и выбор управляющих воздействий, дающих наилучшее приближение к заданному значению показателя эффективности или целевой области в пространстве параметров, то есть наилучших или оптимальных по заданным критериям, проводится направленным перебором по агрегированным показателям или методом ветвей и границ.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ

В результате применения модели структуры инфрасистемы для подсистем «Региональное предприятие нефтепродуктообеспечения», «Комплекс АЗС», «Автозаправочная станция», «Обслуживание по микропроцессорным картам», «Подготовка персонала», «Реализации сопутствующих товаров», «Обеспечение безопасности» и «Техническое содержание АЗС» определены характеристики информационных, материальных, финансовых и энергетических потоков и осуществлена классификация процессов и объектов. По итогам использования модели системы управления построены эффективные структуры указанных систем межрегионального предприятия нефтепродуктообеспечения [9,10]. Структура системы принятия решения позволила создать банк моделей для построения структур сетей АЗС улично-дорожной сети (УДС) среднего и малого города и загородных путей сообщения и алгоритм последовательного уточнения данных о потоке автотранспортных средств УДС, а также определить эффективности

функционирования и развития региональных структур обслуживания по микропроцессорным картам. По итогам применения модели структуры информационной системы создана единая система показателей эффективности, отражающая результаты функционирования, издержки и потери от нереализованных вариантов развития (неэффективность управления), а также сформирован банк моделей и методов активного обучения персонала. По результатам применения модели организационных структур создана оптимальная структура топливораздаточного оборудования для классических и автоматических АЗС. На основе разработанных моделей оптимизирован ряд структур регионального предприятия нефтепродуктообеспечения. Адекватность моделей подтверждается их успешным применением на действующих предприятиях нефтепродуктообеспечения нескольких регионов РФ. Достоверность и обоснованность выводов определяется точностью статических данных за более, чем десятилетний период наблюдения.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Нефтепродуктообеспечение является сложной территориально-распределенной иерархической системой высокой размерности, задача оптимизации которой является актуальной. Использование методов системного анализа позволяет повысить эффективность функционирования и управления структурами исследуемой системы.

2. Модели и методы синтеза сложных многоконтурных систем, развитые на системы обеспечения нефтепродуктами, позволяет осуществлять построение структур объектов и подсистем исследуемой системы, оптимальных или наилучших по заданным критериям.

3. Основным отличием предлагаемых моделей и методов является использование системного причинно-следственного подхода, позволяющего строить первичные отношения между объектами, процессами, событиями и явлениями различной природы для систем высокой размерности, которые далее уточняются в процессе внедрения результатов и развития системы. Кроме того, это обеспечивает снижение числа моделей сложной систем, необходимых для рассмотрения. Наконец, в модели структуры системы управления характеристики средств управления учитываются в явном виде, что ранее не делалось.

4. В результате применения моделей для оптимизации информационной структуры и организационно-технических структур, а также структур принятия решения и управления для объектов нефтепродуктообеспечения, достигнуты практические результаты по повышению эффективности топливораздаточного оборудования на АЗС, размещению и оценке функционирования АЗС и их сетей и оптимизации ряда контуров управления региональным предприятием нефтепродуктообеспечения.

5. Дальнейшие исследования будут направлены на развитие моделей и методов данного представления в части повышения числа уровней декомпозиции и расширения типов и видов моделируемых объектов и подсистем данной предметной области.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Безродный А.А., Резчиков А.Ф. Модели структур и алгоритмы управления автозаправочными станциями. – Саратов: СГТУ, 2004. – 249 с.
2. Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник; под ред. В.Н. Волковой и др. – М.: Высш. шк., 2004. – 616 с.
3. Резчиков А.Ф. Структуры автоматизированных систем управления энергетикой промышленных предприятий: в 2 т. – Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 1983.
4. Цвиркун А.Д. Основы синтеза сложных систем. – М.: Наука, 1975. – 432 с.
5. Резчиков А.Ф. Причинно-следственные комплексы взаимодействий в производственных процессах // Проблемы управления. – 2010. – № 3. – С. 51-59.
6. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. – М.: Физматгиз, 1961. – 568 с.
7. Давлетьяров Ф.А. Нефтепродуктообеспечение / Ф.А. Давлетьяров, Е.И. Зоря, Д.В. Цагарели. – М.: ИЦ «Математика», 1998. – 662 с.
8. Безродный А.А. Модели функций взаимодействия компонент расширенных комплексов причинно-следственных связей, реализуемых на АЗС // Управление сложными системами: сб. науч. ст. – Саратов: Научная книга, 2009. – С. 42-52.

9. Безродный А.А. Оптимизация структур управления системами нефтепродуктообеспечения / А.А. Безродный, В.А. Ивашенко, А.Ф. Резчиков // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. – № 3. – С. 42-49.
10. Безродный А.А. Алгоритм построения структур управления предприятий нефтепродуктообеспечения // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15. – № 3. – С. 516-529.

**Безродный Алексей Анатольевич**

Саратовский государственный технический университет, г. Саратов

Кандидат технических наук, докторант кафедры системотехники

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

A.A. BEZRODNYJ (*Candidate of Engineering Sciences, doctoral candidate*); *Saratov State technical university*

### MODELS AND METHODS TO SYNTHESIZE COMPLEX MULTI-CIRCUIT SYSTEMS OF PETROLEUM SUPPLY

*The necessity to develop petroleum supply systems substantially influencing on a state and society development at lack of the models and methods have been so far created says about actuality of the investigations in the sphere. Improved models and methods to synthesize complex multi-circuit systems of petroleum supply companies developed for the sphere are considered in the paper. Results of application in the working petroleum supply companies are discussed.*

**Keywords:** *complex system; system analysis; multi-circuit system synthesis; cause-and-reason approach; gas station; petroleum supply.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Bezrodny'j A.A., Rezchikov A.F. Modeli struktur i algoritmy' upravleniya avtozapravochny'mi stanciyami– Saratov: SGTU, 2004. – 249 s.
2. Sistemny'j analiz i prinyatie reshenij: slovar'-spravochnik ; pod red. V.N. Volkovoj i dr. – M.: Vy'ssh. shk., 2004. – 616 s.
3. Rezchikov A.F. Struktury' avtomatizirovanny'x sistem upravleniya e'nergetikoj promy'shlenny'x predpriyatij: v 2 t. – Saratov: izd-vo Sarat. un-ta, 1983.
4. Cvirkun A.D. Osnovy' sinteza slozhny'x sistem. – M.: Nauka, 1975. – 432 s.
5. Rezchikov A.F. Prichinno-sledstvenny'e komplekсы' vzaimodejstvij v proizvodstvenny'x processax // Problemy' upravleniya. – 2010. – № 3. – S. 51-59.
6. Fok V.A. Teoriya prostranstva, vremeni i tyagoteniya. – M.: Fizmatgiz, 1961. – 568 s.
7. Davlet'yarov F.A. Nefteproduktoobespechenie / F.A. Davlet'yarov, E.I. Zorya, D.V. Cagareli. – M.: IC «Matematika», 1998. – 662 s.
8. Bezrodny'j A.A. Modeli funkciy vzaimodejstviya komponent rasshirenny'x kompleksov prichinno-sledstvenny'x svyazey, realizuemy'x na AZS // Upravlenie slozhny'mi sistemami: sb. nauch. st. – Saratov: Nauchnaya kniga, 2009. – S. 42-52.
9. Bezrodny'j A.A. Optimizaciya struktur upravleniya sistemami nefteproduktoobespecheniya / A.A. Bezrodny'j, V.A. Ivashhenko, A.F. Rezchikov // Mехatronika, avtomatizaciya, upravlenie. – 2005. – № 3. – S. 42-49.
10. Bezrodny'j A.A. Algoritм postroeniya struktur upravleniya predpriyatij nefteproduktoobespecheniya // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. – 2009. – Т. 15. – № 3. – S. 516-529.

УДК 004.896

О.Д. ИВАЩУК

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

*Рассматриваются особенности объекта управления автоматизированной системы управления экологической безопасностью, основные подходы к моделированию экологической ситуации для обеспечения эффективного процесса управления.*

*Ключевые слова:* автоматизированная система управления; объект управления; модели экологической ситуации; оценка и прогнозирование.

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ КАК ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ АСУ

Особенности функционирования автоматизированных систем управления (АСУ) широкого класса, их структура, способы и база выработки в них управляющих решений (уровень результативности которых будет свидетельствовать об эффективности работы всей системы) тесно связаны с особенностями объекта управления АСУ.

В АСУ экологической безопасностью объектом управления является сама экологическая безопасность [1], которую (исходя из системных представлений) можно определить как систему состояний природных и техногенных объектов, влияющих на жизнь и деятельность населения, находящегося на рассматриваемой территории.

Исходя из теоретико-множественного подхода, формально экологическую безопасность как объект управления АСУ можно представить системой:

$$\Sigma = \langle W, Q, R, F, O \rangle, \quad (1)$$

где  $W = \{w\}$  – множество компонентов объекта управления АСУ (особо важно выделить подсистемы, на которые будут оказываться конкретные управляющие воздействия, в том числе оперативные управляющие воздействия);

$Q = \{q\}$  – совокупность внешних воздействий на элементы  $W$ ;

$R = \{r\}$  – множество состояний элементов  $W$  (совокупность параметров, определяющих формирование определенной экологической ситуации);

$F = \{f\}$  – множество отображений, осуществляемых на  $W, Q$  и  $R$ ;  $F: (W, Q, R) \rightarrow R$ ;

$O = \{o\}$  – множество отношений над элементами  $W, Q$  и  $R$ .

Определение и наполнение множеств в (1) для конкретной АСУ, их основных компонентов, отображений, осуществляемых подсистемами объекта управления, и отношений между ними позволяет построить схему функционирования моделируемой системы с отображением подсистем и информационных сигналов, отображающих механизмы взаимодействия между ними и с внешней средой.

На рисунке 1 показано схематичное представление модели экологической безопасности территории жилой застройки, построенной на основе концептуальной модели, которую дает методология разработки и организации функционирования конкретных АСУ экологической безопасностью [1,2].

На схеме введены следующие обозначения:

$\omega_{нк}$  – множество внешних воздействий на компоненты природной среды (объекты природного комплекса), которые влияют на распространение и накопление загрязнений и, в результате, на образование экологически неблагоприятных зон;

$\omega_{тк}$  – множество внешних воздействий на объекты техногенного комплекса, влияющих на результаты их деятельности, определяющие возможность возникновения экологически опасной ситуации (составляющие множества  $Q$ );

$U$  – множество управляющих воздействий на объект управления АСУ (организационно-правовые, архитектурно-планировочные, конструкторско-технические и

эксплуатационные природоохранные мероприятия), которые в (1) также представляют собой составляющие множества  $Q$ ;

$X$  характеризует состояние природного комплекса, а именно компонентов природной среды рассматриваемой территории, и в него входят выбранные для контроля показатели их качества (концентрации вредных примесей в атмосферном воздухе, водной или почвенной среде, уровни физических воздействий и др.); составляющие множества  $x$  определяют влияние состояния природной среды на техногенные объекты ( $x \subset X$ );

$Z$  – множество состояний подсистемы техногенного комплекса, а  $z'$  – множество результатов его деятельности именно как объектов экономики ( $z' \subset Z$ );  $R = \{X, Z\}$ .

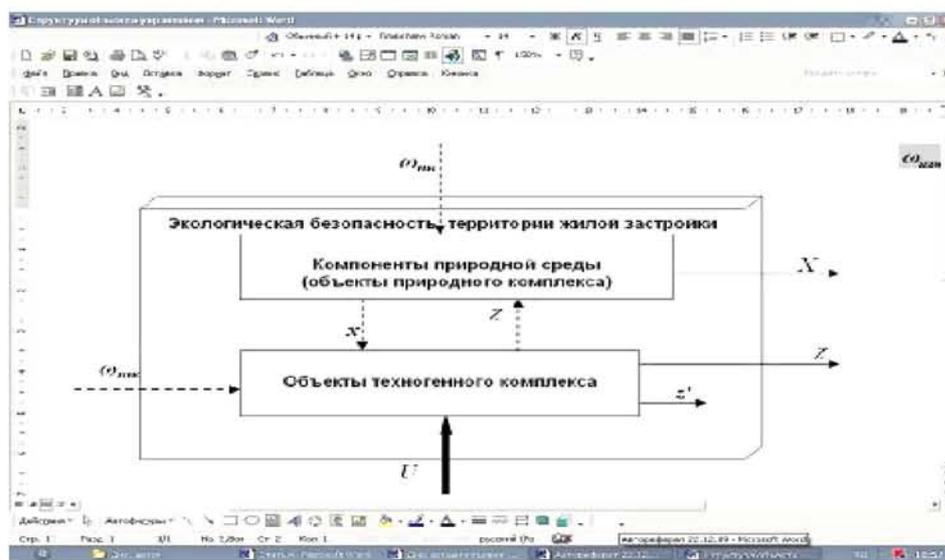


Рисунок 1 – Модель объекта управления АСУ экологической безопасностью территории жилой застройки

Рассмотрим особенности представленной модели как объекта управления АСУ. Результаты выработки и реализации в АСУ экологической безопасностью территорий жилой застройки конкретных управляющих воздействий (компоненты множества  $U$ ) должны обеспечить требуемые значения показателей качества выбранных для контроля компонентов природного комплекса (например, соответствие ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе, водных объектах, ПДУ шумового воздействия и т.п.), т. е. составляющих множества  $X$ . Однако реальные управляющие воздействия  $U = \pm \Delta Z$  – вариация техническими и технологическими параметрами объектов техногенного комплекса при условии определенных внешних воздействиях  $\omega_{нк}$  и  $\omega_{тк}$  и ограничений, накладываемых  $z'$ .

В результате, одним из важнейших методологических принципов построения АСУ с рассматриваемым объектом управления является принцип выявления причинно-следственных связей и определения закономерностей функционирования техногенных объектов и их воздействия на компоненты природной среды. Подобные знания позволят оценить и спрогнозировать результат воздействия как отдельных объектов промышленности и транспорта, так и техногенного комплекса в целом на природную среду и здоровье населения территории жилой застройки; разрешить неясность относительно последствий различных альтернативных действий (возникновение данной неясности в основном и связано с отсутствием достаточных знаний об имеющихся связях). Таким образом, необходимо иметь достаточно полное формализованное описание ситуации, позволяющее осуществлять рациональный выбор действий. Основными являются следующие закономерности:

- формирования факторов загрязнения окружающей среды от техногенных объектов;
- распространения, накопления, ассимиляции и разложения загрязнений различного вида в окружающей среде;
- воздействия загрязнений различного вида на окружающую среду и человека;

- социально-экономического развития;
- управления и принятия решений.

Следует отметить, что значительная их часть до настоящего времени не изучена и не формализована, поэтому одним из важнейших направлений обеспечения реализации данного принципа является построение неформализованных моделей, осуществляющих экспертные оценки.

Итак, лица, принимающие управляющие решения, должны быть обеспечены всей необходимой информацией для выработки (в случае возникновения в момент времени  $t$  неблагоприятной экологической ситуации на территории жилой застройки) таких воздействий  $U(t)$ , которые сведут к минимуму разность  $\Delta X(t)$  между фактическим  $X(t)$  и требуемым целевым  $X_0$  состояниями природной среды:  $\Delta X(t) \rightarrow 0$ . Для этого, прежде всего, необходимо организовать (в режиме реального времени) сбор наиболее полной информации о компонентах множеств  $X$ ,  $Z$ , а также множеств  $\omega_{нк}$  и  $\omega_{тк}$ . Данная информация обеспечит знания о состоянии объекта управления, необходимые и достаточные для вывода причинно-следственных связей, проведения адекватной оценки (в том числе интегральной оценки) текущей и прогнозируемой экологической ситуации на рассматриваемой территории [3].

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В АСУ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТЕРРИТОРИЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ**

Вышесказанное определяет необходимость (при организации эффективного функционирования АСУ экологической безопасностью) решения задачи оперативного построения адекватных моделей фактической (сформированной на данный момент), прогнозируемой и требуемой (желаемой) экологической ситуации на рассматриваемой территории.

Определим следующие виды требуемых моделей экологической ситуации (обозначим  $M$  – множество всех моделей):

- математические и/или компьютерные модели, позволяющие определять значение показателей качественного состояния выбранных компонентов природной среды в зависимости от факторов, определяющих формирование неблагоприятной экологической ситуации на рассматриваемой территории (подмножество  $M_1$ );
- электронные карты, специально сформированные в удобном и наглядном для интерпретации виде, демонстрирующие результаты пространственно-временного и сравнительного анализа экологической ситуации на рассматриваемой территории (подмножество  $M_2$ ).

Следует особо отметить, что оценка экологической ситуации в АСУ экологической безопасностью станет действительно реальной основой для выработки рациональных управленческих решений, когда это будет оценка совокупного состояния различных компонентов природной среды. Это очень важно для обеспечения правильного выбора из множества представленных альтернативных сценариев управления. Инструментальным воплощением указанного принципа является специализированная модель, позволяющая проводить экспертную интегральную оценку экологической ситуации. Подобная модель является синтезирующей: ее решения синтезируются на основе отдельных элементов знаний. Эти знания, в свою очередь, есть результат либо экспериментальной (натурные измерения), либо теоретической (математическое моделирование) оценки отдельных показателей качества каждого из выбранных для контроля компонентов природной среды.

Для создания такой модели предлагается применение аппарата нечеткой логики. Подвергаемая оценке экологическая ситуация на рассматриваемой территории будет описываться лингвистической переменной  $\langle S, T, B, R, H \rangle$ ,

где  $S$  = «экологическая ситуация»;

$T$  – терм-множество переменной  $S$ ;

$B$  – набор количественных характеристик для определения принадлежности экологической ситуации к  $T$ ;  
 $R$  – синтаксические правила;  
 $H$  – семантические правила.

При этом целесообразно использование составной лингвистической переменной. В этом случае процесс классификации экологической ситуации разбивается на анализ взаимодействия ряда частей, которые будут включены в состав лингвистической переменной «экологическая ситуация», что позволит сформировать зависимость результата от комбинаций элементов данной переменной (синтезировать результат). Возможность синтеза знаний о состоянии каждой из выбранных для контроля компонентов природной среды и осуществления интегральной оценки экологической ситуации заложена в принципах проведения нечеткой импликации на этапах формирования общего логического вывода.

Оценка состояния каждой выбранной компоненты природной среды проводится на основе применения моделей из введенных выше множеств  $M_1$  и  $M_2$ .

### **ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ г. ОРЛА**

Для оценки экологической ситуации в АСУ экологической безопасностью, прогноза изменений сложившейся экологической ситуации, происходящих при воздействии различных техногенных источников, необходимо выбрать определенные показатели – характеристики качества компонентов природной среды. При организации максимально результативной работы АСУ на определенной территории такой выбор должен происходить в соответствии со следующими требованиями:

– касаться тех компонентов природной среды, которые наиболее подвержены негативному воздействию со стороны техногенного комплекса, действующего на рассматриваемой территории;

– отражать поведение тех химических загрязняющих веществ и (или) физических видов загрязнения, которые представляют наибольшую опасность для населения данной местности в силу больших объемов их выделения, токсичных свойств, особенностей переноса, способности накапливаться, устойчивости к разрушению.

В современных городах и населенных пунктах, даже если поблизости от жилых комплексов нет крупных промышленных объектов, они находятся в зоне постоянного негативного воздействия от транспортных потоков, так как автодороги, как паутина, пронизывают всю территорию городов. При этом формирование неблагоприятной экологической ситуации на территориях жилой застройки связано, прежде всего, с образованием зон накопления в атмосферном воздухе вредных примесей (где концентрация токсичных и канцерогенных веществ превышает предельно допустимые значения) и зон акустического дискомфорта (где уровень шума превышает санитарно-гигиенические нормы).

Для оценки экологической ситуации на территории жилой застройки была разработана модель ( $ES-LB$ ) интегральной оценки качества воздушного бассейна по совокупному состоянию двух его основных компонентов: атмосферного воздуха, состояние которого отражает уровень химического загрязнения; акустической среды, состояние которой отражает уровень физического загрязнения.

Экологическую ситуацию описывает составная лингвистическая переменная  $S=(s_1, s_2)$ , где  $s_1 =$  «уровень загрязнения атмосферного воздуха»;  $s_2 =$  «уровень загрязнения акустической среды». В качестве показателя уровня химического загрязнения воздушного бассейна рассматривается отношение содержания в атмосферном воздухе определенного загрязняющего вещества (или их совокупности) к предельно допустимой концентрации максимально разовой, а показателя уровня физического загрязнения – значение эквивалентного уровня шума.

Для описания каждой из переменных введено по три термина. Так, терминами  $s_1$  являются:  $a_{11}$  = «пониженный»,  $a_{12}$  = «повышенный»,  $a_{13}$  = «значительный». Термы для переменной  $s_2$  имеют аналогичные названия:  $a_{21}$  = «пониженный»,  $a_{22}$  = «повышенный»,  $a_{23}$  = «значительный». В зависимости от сочетания различных состояний рассматриваемых компонентов воздушного бассейна будет в результате определяться экологическая ситуация на данной территории. Термы для лингвистической переменной  $S$ :  $T_1$  = «нормальная»,  $T_2$  = «относительно опасная»,  $T_3$  = «опасная»,  $T_4$  = «очень опасная»,  $T_5$  = «критическая». Оценка экологической ситуации ведется по пятибалльной шкале.

На основе оценок и прогнозов, проведенных с использованием модели (*ES-LB*), выявлены территории в г. Орле, которые характеризуются опасной и очень опасной экологической ситуацией по состоянию воздушного бассейна (устойчивые зоны химического загрязнения и акустического дискомфорта). Для этих территорий разработаны мероприятия, в том числе оперативные, по снижению негативного техногенного влияния на воздушный бассейн жилого комплекса. Кроме того, с использованием разработанной модели интегральной оценки экологической ситуации определено рациональное размещение по территории г. Орла постов экологического мониторинга.

Данная модель может быть эффективно использована для осуществления оценки и прогнозирования экологической ситуации при строительстве новых производственных и жилых объектов, переустройстве улиц, строительстве автодорог, при планировании и обустройстве территорий для отдыха и т.п.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Иващук О.А. Автоматизация как основа реализации принципов современной системы управления экологической безопасностью // Информационные системы и технологии. Известия ОрелГТУ. – 2009. – № 4/54(565). – С. 95-104.
2. Иващук О.А., Константинов И.С. Обеспечение адаптивного управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса // Управление большими системами. – М.: ИПУ РАН. – 2009. – Выпуск 25. – С. 96-115.
3. Константинов И.С., Иващук О.Д. Особенности построения и интеллектуализация системы экомониторинга в составе автоматизированной системы управления экологической безопасностью // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 6(62) ноябрь-декабрь. – С. 113-118.

**Иващук Орест Дмитриевич**

ФГОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Информационные системы»

E-mail: [ivashcuk@orel.ru](mailto:ivashcuk@orel.ru)

---

O.D. IVASHCHUK (*Postgraduate student*); *State University – ESPC, Orel*

#### **MODELS OF THE ECOLOGICAL SITUATION IN THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF ECOLOGICAL SAFETY**

*Features of management object of the automated control system by ecological safety, the basic approaches to modeling of an ecological situation for maintenance of effective managerial process are considered.*

**Keywords:** *automated control system; models of ecological situation; object of management; estimation and prediction.*

#### **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Ivashhuk O.A. Avtomatizaciya kak osnova realizacii principov sovremennoj sistemy upravleniya e`kologicheskoy bezopasnost`yu // Informacionny`ye sistemy` I tehnologii. Izvestiya OrelGTU. – 2009. – № 4/54(565). – S. 95-104.
2. Ivashhuk O.A., Konstantinov I.S. Obespecheniye adaptivnogo upravleniya e`kologicheskoy bezopasnost`yu promy`shlenno-transportnogo kompleksa // Upravleniye bol`shimi sistemami. – M.: IPU RAN. – 2009. – Vy`pusk 25. – S. 96-115.
3. Konstantinov I.S., Ivashhuk O.D. Osobennosti postroyeniya I intellekualizaciya sistemy` e`komonitoringa v sostave avtomatizirovannoj sistemy` upravleniya e`kologicheskoy bezopasnost`yu yu // Informacionny`ye sistemy` I tehnologii . – 2010. – № 6(62) noyabr`-dekabr. – S. 113-118.

УДК 658.512+658.012

В.В. СОТНИКОВ, Н.В. ЛИСИЦЫН, А.П. ГРИГОРЬЕВ, Д.А. СИБАРОВ, В.П. БИРЮКОВ,  
Е.В. ЕРМОЛАЕВА

### АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИЗОМЕРИЗАТА

В статье представлен алгоритм управления качеством изомеризата. Приведены рассчитанные по математической модели значения октановых чисел и углеводородный состав продукта.

**Ключевые слова:** математическая модель; изомеризат.

В ранее опубликованных статьях [1-4] были описаны математическая модель и структура системы управления процессом изомеризации.

Анализ результатов, полученных ранее и представленных в таблице 1 (и последующих таблицах), дает основание утверждать, что математическая модель процесса изомеризации позволяет определять октановое число изомеризата на выходе каждого из трех реакторов.

Таблица 1 – Результаты расчета показателей качества продукта для трех режимов изомеризации

		Режим 1	Режим 2	Режим 3
		Состав, %		
Вход	н-пентан	36,27	35,6	41,39
	изопентан	15,11	12,42	17,46
	н-гексан	14,91	16,25	17,19
	2-метилпентан	12,39	13,8	13,76
	3-метилпентан	6,98	7,74	8,41
	2,3-диметилбутан	1,37	1,46	0,04
	2,2-диметилбутан	0,47	0,39	0,46
	циклопентан	3,83	4,12	0
	метилциклопентан	6,02	6,25	0
	циклогексан	1,35	0,95	0
	Твх, °С	136	136	136
ОЧ	70	69	66	
1 реактор (выход)	н-пентан	30,21	29,62	34,48
	изопентан	21,46	18,75	24,24
	н-гексан	11,91	12,95	12,73
	2-метилпентан	13,08	14,5	14,45
	3-метилпентан	7,8	8,61	9,15
	2,3-диметилбутан	1,98	2,16	1,07
	2,2-диметилбутан	2,27	2,39	2,35
	циклопентан	3,39	3,58	0,69
	метилциклопентан	4,95	5,11	0,11
	циклогексан	1,48	1,13	0
	Твых(р), °С	153,5	154,2	154,1
	Твых(э), °С	151	160	
	ОЧ(р)	73	72	71
ОЧ(э)	73			

2 реактор (выход)	н-пентан	21,29	20,81	24,27
	изопентан	30,72	27,96	34,23
	н-гексан	7,976	8,61	7,41
	2-метилпентан	13,45	14,82	14,44
	3-метилпентан	8,15	8,94	8,99
	2,3-диметилбутан	2,99	3,27	2,61
	2,2-диметилбутан	5,92	6,42	6,19
	циклопентан	2,75	2,79	1,45
	метилциклопентан	3,42	3,48	0,19
	циклогексан	1,585	1,31	0,01
	T <sub>вых(р)</sub> , °C	161,4	162,5	161,4
	T <sub>вых(э)</sub> , °C	161,1	170	
	ОЧ(р)	77	76	78
	ОЧ(э)	79		
3 реактор (выход)	н-пентан	15,44	15,03	17,58
	изопентан	36,63	33,85	40,7
	н-гексан	5,694	6,108	4,75
	2-метилпентан	13,24	14,53	13,76
	3-метилпентан	7,68	8,38	8
	2,3-диметилбутан	3,64	3,98	3,51
	2,2-диметилбутан	9,24	10,07	9,62
	циклопентан	2,32	2,3	1,74
	метилциклопентан	2,44	2,45	0,2
	циклогексан	1,56	1,33	0,04
	T <sub>вых(р)</sub> , °C	180,8	182,7	180
	T <sub>вых(э)</sub> , °C	176,8	190	
	ОЧ(р)	80	79	81
	ОЧ(э)	81	81	83

В таблице 1 приведены расчетные и экспериментальные значения выходных температур реакторов, значение октановых чисел, а также углеводородный состав на выходе 1, 2 и 3 реакторов для трех режимов изомеризации, отличающихся составом исходного сырья.

Основной задачей предлагаемой системы управления является стабилизация величины октанового числа изомеризата в заданных пределах. Ее решение осуществляется посредством включения в структуру системы управления математической модели процесса изомеризации[2].

Возможность решения этой задачи подтверждается ниже приведенными экспериментальными и расчетными данными, полученными в результате тестирования системы. В качестве исходных использовались заводские и литературные данные [5].

Исходя из общих закономерностей, характеризующих процесс изомеризации, повышение его температуры приводит к увеличению октанового числа изомеризата. Действительно, расчеты октанового числа по математической модели при изменении температуры процесса показывают его увеличение в пределах заданной области. Это подтверждается результатами, представленными в таблице 2 для одной из исследуемых реализаций процесса.

Таблица 2 – Расчеты октанового числа по математической модели

Режим 2		
		Состав, %
Вход	н-пентан	35,6
	изопентан	12,42

	н-гексан	16,25			
	2-метилпентан	13,8			
	3-метилпентан	7,74			
	2,3-диметилбутан	1,46			
	2,2-диметилбутан	0,39			
	циклопентан	4,12			
	метилциклопентан	6,25			
	циклогексан	0,95			
	Твх, °С	136	146	156	166
	ОЧ	69	69	69	69
1 реактор (выход)	н-пентан	29,62	31,43	30,11	28,42
	изопентан	18,75	16,81	18,16	19,88
	н-гексан	12,95	13,83	12,99	11,95
	2-метилпентан	14,5	14,33	14,46	14,59
	3-метилпентан	8,61	8,41	8,58	8,75
	2,3-диметилбутан	2,16	1,96	2,16	2,42
	2,2-диметилбутан	2,39	1,72	2,17	2,79
	циклопентан	3,58	3,81	3,79	3,79
	метилциклопентан	5,11	5,53	5,41	5,26
	циклогексан	1,13	1,06	1,07	1,08
	Твых(р), °С	154,2	158,8	172,6	187,5
	Твых(э), °С	160	165	170	175
	ОЧ(р)	72	72	72	81
	ОЧ(э)				
2 реактор (выход)	н-пентан	20,81	19,52	16,01	12,39
	изопентан	27,96	29,21	32,69	36,2
	н-гексан	8,61	7,84	6,16	4,58
	2-метилпентан	14,82	14,72	14,38	13,73
	3-метилпентан	8,94	8,86	8,48	7,78
	2,3-диметилбутан	3,27	3,56	4,21	4,93
	2,2-диметилбутан	6,42	7,1	9,23	11,86
	циклопентан	2,79	2,89	2,84	2,79
	метилциклопентан	3,48	3,48	3,11	2,76
	циклогексан	1,31	1,28	3,13	1,21
	Твых(р), °С	162,5	172	180	188,2
	Твых(э), °С	170	175	180	185
	ОЧ(р)	76	77	79	81
	ОЧ(э)				
3 реактор (выход)	н-пентан	15,03	12,7	9,31	6,45
	изопентан	33,85	36,07	39,23	41,68
	н-гексан	6,108	5,01	3,6	2,51
	2-метилпентан	14,53	14,1	13,3	12,27
	3-метилпентан	8,38	7,91	6,93	5,75
	2,3-диметилбутан	3,98	4,46	5,08	5,61
	2,2-диметилбутан	10,07	11,8	14,81	18,07
	циклопентан	2,3	2,34	2,28	2,25
	метилциклопентан	2,45	2,29	1,93	1,6
	циклогексан	1,33	1,27	1,18	1,04
	Твых(р), °С	182,7	196,6	206,7	215,9
	Твых(э), °С	190	195	206	205
	ОЧ(р)	79	81	82	84
	ОЧ(э)	81	82	83	84

Как видно из таблицы 2, изменение входной температуры первого реактора от 136°C до 166°C на выходе третьего реактора вызывает изменение октанового числа изомеризата на пять единиц, что вполне согласуется с литературными данными [5]. Среднеквадратическое отклонение по октановому числу составляет 0,56. Оно показывает, что определение октанового числа осуществляется с вероятностью 96% в пределах 1,5 единиц октанового числа.

Аналогичные исследования других реализаций процесса дают такие же результаты. Из чего следует вывод, что теперь уже экспериментально подтверждено – управление качеством (величиной октанового числа) изомеризата возможно осуществлять путем изменения температуры первого реактора, величину которой можно рассчитать по математической модели процесса изомеризации.

Причиной изменения октанового числа могут быть не только отклонения режимных параметров процесса от заданных, но и снижение активности катализатора. Возможность компенсации первых очевидна из вышеуказанного, возможность вторых подтвердим моделированием ситуации снижения активности катализатора и октанового числа с последующим его увеличением до заданного значения путем повышения входной температуры сырья на входе первого реактора. Это отражено в таблице 3, модельные расчеты переменных которой выполнены с использованием заводских данных.

Таблица 3 – Компенсация октанового числа при снижении активности катализатора

Режим 1								
	Состав, %							
	База	-3%	-5%	-6%				
Вход	н-пентан	36,27						
	изопентан	15,11						
	н-гексан	14,91						
	2-метилпентан	12,39						
	3-метилпентан	6,98						
	2,3-диметилбутан	1,37						
	2,2-диметилбутан	0,47						
	циклопентан	3,83						
	метилциклопентан	6,02						
	циклогексан	1,35						
	Твх, °С	136	136	152,8	136	163,8	136	172,8
	ОЧ(э)	70	70	70	70	70	70	70
	ОЧ(р)	70						
1 реактор (выход)	н-пентан	30,21	29,31	30,34	28,7	28,07	28,4	26,09
	изопентан	21,46	20,82	19,69	20,39	20,95	20,18	22,43
	н-гексан	11,91	11,56	11,91	11,32	10,74	11,2	9,71
	2-метилпентан	13,08	12,69	12,6	12,42	12,47	12,29	12,44
	3-метилпентан	7,8	7,57	7,47	7,41	7,49	7,34	7,54
	2,3-диметилбутан	1,98	1,92	1,86	1,89	2,04	1,87	2,26
	2,2-диметилбутан	2,27	2,2	1,84	2,16	2,32	2,14	2,87
	циклопентан	3,39	3,29	3,48	3,22	3,42	3,19	3,41
	метилциклопентан	4,95	4,8	5,13	4,7	4,89	4,65	4,71
	циклогексан	1,48	1,44	1,39	1,41	1,36	1,39	1,34
	Твых(р),С	153,5	153,5	166,4	154	182,1	154	196
	Твых(э),С	151						
	ОЧ(р)	73	71	71	69	70	69	70
ОЧ(э)	73							

2 реактор (выход)	н-пентан	21,29	20,65	17,33	20,22	13,13	20	9,94
	изопентан	30,72	29,8	33,04	29,18	36,09	28,88	38,57
	н-гексан	7,976	7,74	6,15	7,57	4,47	7,5	3,31
	2-метилпентан	13,45	13,05	12,83	12,78	12,09	12,64	11,32
	3-метилпентан	8,15	7,91	7,68	7,74	6,99	7,66	6,22
	2,3-диметилбутан	2,99	2,9	3,48	2,84	4,08	2,81	4,61
	2,2-диметилбутан	5,92	5,74	7,42	5,62	9,6	5,56	11,76
	циклопентан	2,75	2,66	2,75	2,61	2,69	2,58	2,66
	метилциклопентан	3,42	3,32	3,14	3,25	2,72	3,21	2,4
	циклогексан	1,585	1,54	1,47	1,51	1,37	1,49	1,26
	Т <sub>вых(р)</sub> ,С	161,4	160,6	173,8	160	181,3	160	187,4
	Т <sub>вых(э)</sub> ,С	161,1						
	ОЧ(р)	77	75	77	73	77	72	78
ОЧ(э)	79							
3 реактор (выход)	н-пентан	15,44	14,97	10,62	14,66	7,12	14,51	4,97
	изопентан	36,63	35,53	39,63	34,8	41,68	34,43	42,77
	н-гексан	5,694	5,52	3,76	5,41	2,53	5,35	1,8
	2-метилпентан	13,24	12,84	12,11	12,58	10,98	12,45	10,03
	3-метилпентан	7,68	7,45	6,56	7,29	5,37	7,22	4,37
	2,3-диметилбутан	3,64	3,53	4,28	3,45	4,75	3,42	5,06
	2,2-диметилбутан	9,24	8,96	12,06	8,79	14,88	8,68	17,26
	циклопентан	2,32	2,25	2,29	2,2	2,28	2,18	2,21
	метилциклопентан	2,44	2,37	2,04	2,32	1,65	2,3	1,37
	циклогексан	1,56	1,51	1,36	1,48	1,17	1,46	0,98
	Т <sub>вых(р)</sub> ,С	180,8	179,4	192,8	179	206,6	178	212,6
	Т <sub>вых(э)</sub> ,С	176,8						
	ОЧ(р)	80	77	80	76	80	75	80
ОЧ(э)	81							

В этой таблице снижение активности катализатора моделируется путем уменьшения выхода компонентов в первом реакторе на 3, 5 и 6% при постоянном (регламентном) значении подачи сырья и его температуры на вход первого реактора. Как видно из таблицы 3, путем повышения входной температуры первого реактора при снижении «активности катализатора», следовательно, и уменьшении октанового числа изомеризата, можно его увеличить до заданного значения.

На основании полученных результатов разработан алгоритм управления величиной октанового числа, следовательно, и качеством изомеризата, который приводится ниже.

Шаг 1. Ввести начальные данные: температуру на входе в первый реактор, давление, расход сырья, начальные концентрации углеводородов, содержание бензола.

Шаг 2. Если  $C_{бен} > C_{бен}^{доп}$ , рассчитать расходы ВСГ для подачи в 1 и 2 реактор.

Шаг 3. Если  $G_{вх} < G_{рег}$ , оператору изменить установки регулятора до  $G_{вх} = G_{рег}$ .

Шаг 4. Если  $G_{вх} > G_{рег}$ , оператору изменить установки регулятора до  $G_{вх} = G_{рег}$ .

Шаг 5. Если  $P_{вх} < P_{рег}$ , оператору изменить установки регулятора до  $P_{вх} = P_{рег}$ .

Шаг 6. Если  $P_{вх} > P_{рег}$ , оператору изменить установки регулятора до  $P_{вх} = P_{рег}$ .

Шаг 7. Если  $T_{вх} < T_{рег}$ , оператору изменить установки регулятора до  $T_{вх} = T_{рег}$ .

Шаг 8. Если  $T_{вх} > T_{рег}$ , оператору изменить установки регулятора до  $T_{вх} = T_{рег}$ .

Шаг 9. Измерить  $T_{вых}^{изм 1}$ .

Шаг 10. Если  $T_{\text{вых1(изм)}} > T_{\text{вых1max}}$ , подать ВСГ на вход первого реактора и произвести повторный расчет параметров по ММ для первого реактора до установления  $T_{\text{вых1(изм)}} \leq T_{\text{вых1max}}$ .

Шаг 11. Рассчитать параметры (температуры и концентраций) по математической модели (ММ) на выходе из первого реактора.

Шаг 12. Если  $T_{\text{вых1(расч)}} - T_{\text{вых1(изм)}} > 5^\circ\text{C}$ , ММ автоматически корректируется.

Шаг 13. Подать выходные данные с первого реактора на вход второго.

Шаг 14. Измерить  $T_{\text{вых2(изм)}}$ .

Шаг 15. Если  $T_{\text{вых2(изм)}} > T_{\text{вых2max}}$ , подать ВСГ на вход второго реактора и произвести повторный расчет параметров по ММ для первого реактора до установления  $T_{\text{вых2(изм)}} \leq T_{\text{вых2max}}$ .

Шаг 16. Рассчитать выходные параметры по ММ на выходе из второго реактора.

Шаг 17. Если  $T_{\text{вых2(расч)}} - T_{\text{вых2(изм)}} > 5^\circ\text{C}$ , ММ автоматически корректируется.

Шаг 18. Подать выходные данные из второго реактора на вход третьего.

Шаг 19. Измерить  $T_{\text{вых3(изм)}}$ .

Шаг 20. Если  $T_{\text{вых3(изм)}} > T_{\text{вых3max}}$ , подать квенч на вход третьего реактора и произвести повторный расчет параметров по ММ для первого реактора.

Шаг 21. Рассчитать выходные параметры на выходе из третьего реактора: температуру, концентрации (по ММ), а также расход и давление. Зафиксировать выходные значения.

Шаг 22. . Если  $T_{\text{вых3(расч)}} - T_{\text{вых3(изм)}} > 5^\circ\text{C}$ , ММ автоматически корректируется.

Шаг 23. Если  $t < t_k$ , рассчитать ОЧ по выходным параметрам ММ, иначе значение ОЧ принять равным значению, полученному лабораторным методом.

Шаг 24. Если ОЧ не меньше 80 пунктов, то процесс продолжается.

Если ОЧ меньше 80 пунктов, перейти к следующему шагу.

Шаг 25. Рассчитать константы скоростей реакции.

Шаг 26. Рассчитать скорости реакций.

Шаг 27. Рассчитать  $C_{\text{Авых}}, C_{\text{Ввых}}, C_{\text{Свых}}, C_{\text{Dвых}}, C_{\text{Евых}}, C_{\text{Fвых}}, C_{\text{Gвых}}$ .

Шаг 28. Рассчитать ОЧ смеси.

Шаг 29. Если  $N_{\text{смеси}} < 80$ , то  $T_{\text{вх}} = T_{\text{вх}} + 1$ , перейти к шагу 25. Иначе перейти к шагу 30.

Шаг 30. Если  $T_{\text{вх}} > 170^\circ\text{C}$ , оператору выдается сообщение о необходимости проверить катализатор.

Шаг 31. Рассчитать новые уставки для температуры. Перейти к шагу 1.

Блок-схема алгоритма управления предлагаемой системы представлена на рисунке 1.

Исходя из вышеперечисленных экспериментальных данных, предлагаемый алгоритм при адаптации математической модели к условиям конкретного производства может быть использован в реальных системах управления качеством изомеризата.

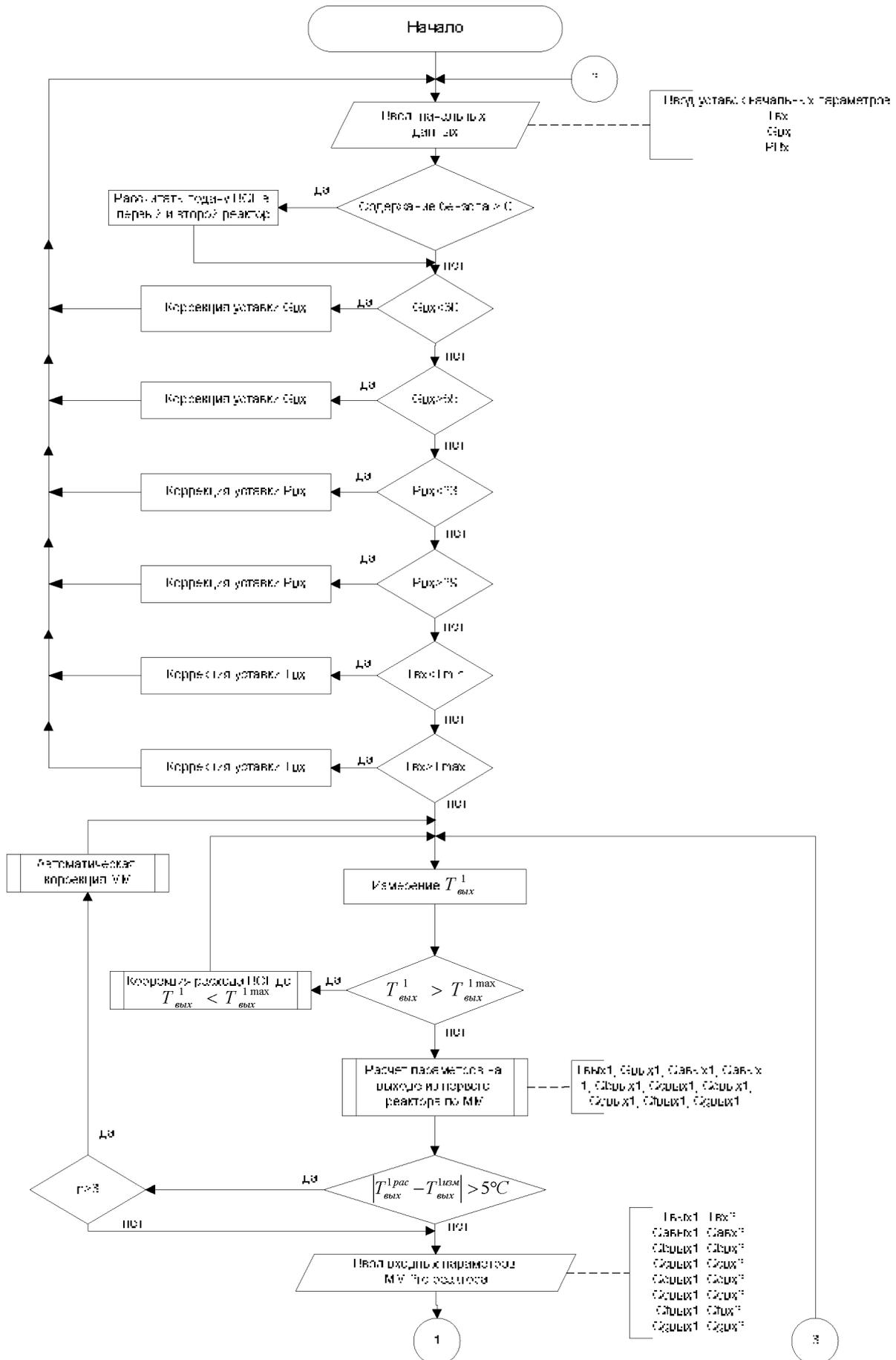


Рисунок 1, лист 1 – Блок-схема алгоритма системы управления качеством изомеризата

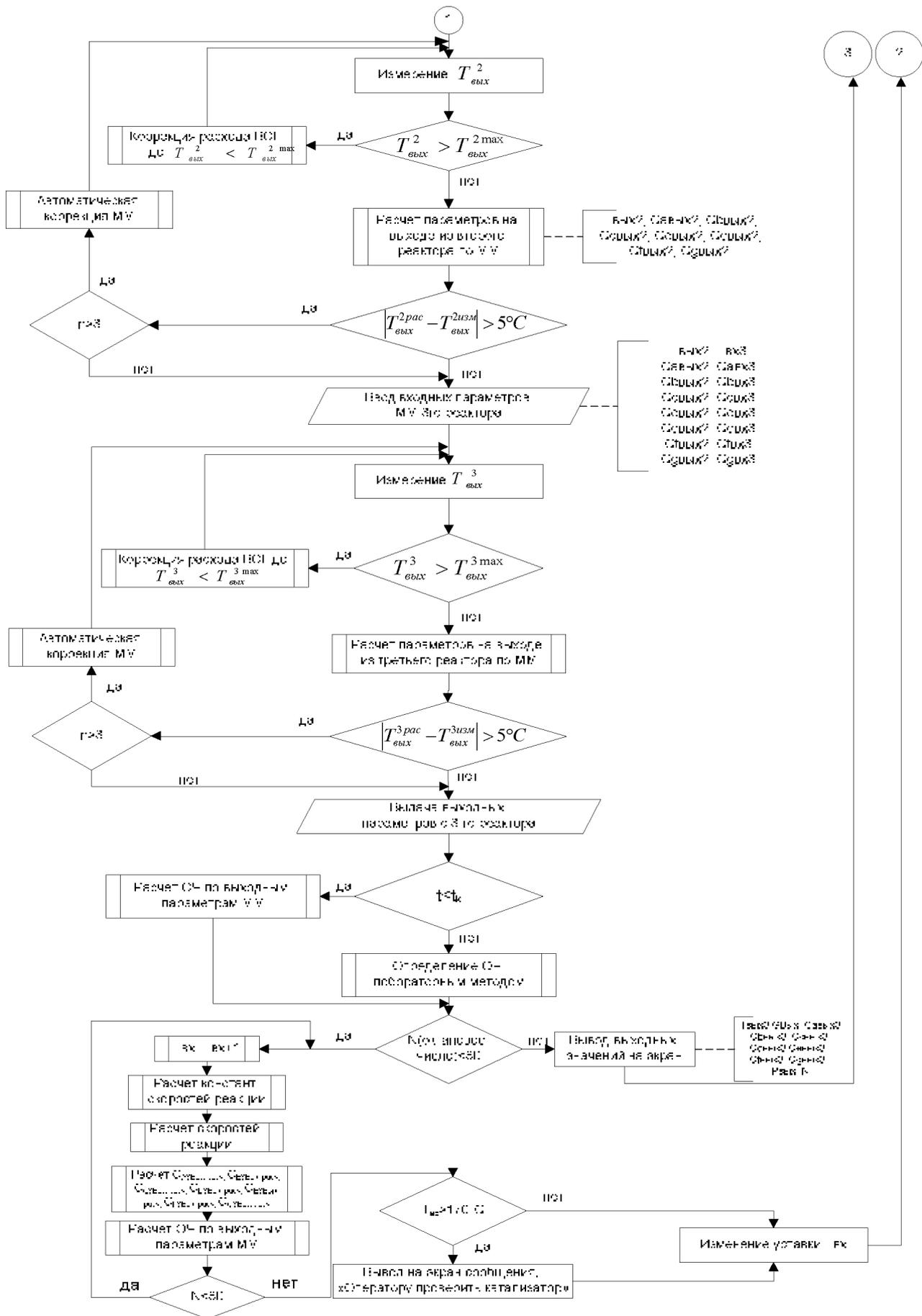


Рисунок 1, лист 2 – Блок-схема алгоритма системы управления качеством изомеризата

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев А.П., Сотников В.В., Сибаров Д.А., Лисицын Н.В. Алгоритм системы управления процессом изомеризации // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. – Том 3. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – С. 74-80.
2. Сотников В.В., Сибаров Д.А., Григорьев А.П., Комаров П.И., Демидов А.П. Система управления процессом изомеризации // Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – № 4 – С. 112-118.
3. Сотников В.В., Сибаров Д.А., Бирюков В.П., Комаров П.И., Григорьев А.П. Алгоритм расчета и стабилизации октанового числа изомеризата // Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – № 6. – С. 17-22.
4. Григорьев А.П., Бирюков В.П., Комаров П.И., Сибаров Д.А., Сотников В.В. Математическая модель процесса изомеризации // Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2011. – № 1 – С. 22-30.
5. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. – Спб.: Химиздат, 2009. – 365 с.

**Сотников Владимир Васильевич**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),  
г. Санкт-Петербург  
Доктор технических наук, профессор кафедры САПРиУ  
Тел.: 8 (812) 348-43-85  
E-mail: [www@rambler.ru](mailto:www@rambler.ru)

**Лисицын Николай Васильевич**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),  
г. Санкт-Петербург  
Доктор технических наук, ректор, заведующий кафедрой ресурсосберегающих технологий  
Тел.: 8 (812) 346-61-47  
E-mail: [office@ntik.ru](mailto:office@ntik.ru)

**Григорьев Александр Павлович**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),  
г. Санкт-Петербург  
Аспирант кафедры САПРиУ  
Тел.: 8 950 023 51 49  
E-mail: [legend01@mail.ru](mailto:legend01@mail.ru)

**Сибаров Дмитрий Андреевич**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),  
г. Санкт-Петербург  
Кандидат химических наук, доцент кафедры химической технологии нефтехимических и углехимических производств  
Тел.: 8 (812) 774-37-24

**Бирюков Владимир Петрович**

Балаковский государственный технический университет  
Заведующий кафедрой автоматики и кибернетики  
Тел.: 8 927 227 94 07  
E-mail: [bvp-bittu@mail.ru](mailto:bvp-bittu@mail.ru)

**Ермолаева Елена Витальевна**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет),  
г. Санкт-Петербург  
Студентка кафедры САПРиУ  
Тел.: 8 962 722 73 89

---

V.V. SOTNIKOV (*Doktor of Engineering Sciences, professor*), N.V. LISITSYN (*Doktor of Engineering Sciences, chancellor*), A.P. GRIGORIEV (*Postgraduate student*), D.A. SIBAROV

*(Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor), E.V. ERMOLAEVA (student); Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University);*

*V.P. BIRYKOV (Head of a chair of automatics and cybernetics, Balakovo State Institute of Technology)*

### **ALGORITHM FOR QUALITY MANAGEMENT OF ISOMERATE**

*The paper presents an algorithm of quality management of the isomerate. Gives the calculated by the mathematical model the value of octane number and the hydrocarbon composition of the product.*

**Key words:** *mathematical model; the isomerate.*

### **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Grigor'ev A.P., Sotnikov V.V., Sibarov D.A., Lisicy'n N.V. Algoritm sistemy' upravleniya processom izomerizacii // Informacionny'e tekhnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve. – Tom 3. – Oryol: OryolGTU, 2010. – S. 74-80.
2. Sotnikov V.V., Sibarov D.A., Grigor'ev A.P., Komarov P.I., Demidov A.P. Sistema upravleniya processom izomerizacii // Informacionny'e sistemy' i tekhnologii. – Oryol: OryolGTU, 2010. – №4. – S. 112-118.
3. Sotnikov V.V., Sibarov D.A., Biryukov V.P., Komarov P.I., Grigor'ev A.P. Algoritm raschyota i stabilizacii oktanovogo chisla izomerizata // Informacionny'e sistemy' i tekhnologii. – Oryol: OryolGTU, 2010. – №6. – S. 17-22.
4. Grigor'ev A.P., Biryukov V.P., Komarov P.I., Sibarov D.A., Sotnikov V.V. Matematicheskaya model' processa izomerizacii // Informacionny'e sistemy' i tekhnologii. – Oryol: OryolGTU, 2011. – №1. – S. 22-30.
5. Bannov P.G. Processy' pererabotki nefi. – Spb.: Ximizdat, 2009. – 365 s.

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

УДК 004.02

Е.Ю. ГОЛУБИНСКИЙ, А.А. ОВСЯННИКОВ

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ**

*В статье рассматривается применение метода анализа иерархий Т. Саати для вычисления значений коэффициентов важности показателей качества информационной продукции. Учет характеристик важности показателей при контроле качества информационной продукции повышает объективность результатов контроля и, следовательно, положительно влияет на эффективность управления ее подготовкой.*

**Ключевые слова:** информационная продукция; информационно-аналитический материал; качество; метод анализа иерархий; коэффициенты важности.

В настоящее время значительно возросла роль информационно-аналитического обеспечения различных видов человеческой деятельности во всех сферах жизни общества. Одной из функций информационно-аналитических подразделений (ИАП), осуществляющих аналитическое обеспечение основного вида деятельности органа государственной власти (ОГВ), организации или предприятия часто является подготовка информационной продукции (ИП), в частности, информационно-аналитических материалов (ИАМ) на различную тематику. Подготовленная ИП используется руководством ОГВ, организации, предприятия при принятии управленческих решений.

В последнее время имеется устойчивая тенденция к усложнению содержания ИП, связанная с ростом информационных потребностей пользователей и, следовательно, с необходимостью:

- распределенного сбора информации для ее подготовки;
- применения специализированных программных средств для сбора данных и подготовки ИП;
- проведения социологических и экспертных опросов и т.п.

С учетом данной тенденции подготовка ИП в ряде случаев происходит в несколько этапов, на каждом из которых осуществляется контроль ее качества, целью которого является анализ информации, необходимой для управления процессом их подготовки (выявление типовых недостатков в структуре и содержании текстовой части ИП, ее оформлении, времени поступления и т.п.).

Анализ научных публикаций показывает, что качество ИП описывается целым рядом характеристик, многие из которых трудно поддаются измерению и контролю. Более того, само понятие «качество» весьма динамично, представления о нем могут меняться. В ряде публикаций критически рассматривается подход оценки системы с точки зрения ее сотрудника – информационного работника. Другой точкой зрения в отношении оценки качества ИП является точка зрения пользователя. Также необходимо отметить, что в большинстве работ подчеркивается значение качества, однако вопросы его определения рассматриваются больше теоретически [1-3].

В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют стандарты, регламентирующие систему показателей качества ИП и саму процедуру контроля качества. В связи с этим нами предлагается система показателей качества ИАМ как одного из видов ИП, в соответствии с которой возможно произвести контроль их качества методами экспертных оценок. Предлагаемая система показателей качества является иерархической и включает в себя следующие составляющие:

- 1) номенклатура «жестких» показателей качества ИАМ, построенная на основе системного исследования и отражающая наиболее значимые, по мнению экспертов-аналитиков, свойства всех типов данной информационной продукции;

2) коэффициенты важности «жестких» показателей качества для каждого уровня иерархии, отражающие степень влияния значений единичных показателей на значение соответствующих обобщенных показателей качества;

3) корректирующие коэффициенты, отражающие специфические особенности отдельных типов ИАМ и предназначенные для коррекции комплексной оценки качества ИАМ.

Общий вид структуры системы показателей качества ИАМ приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структура системы показателей качества ИАМ

Принципы построения первой составляющей системы показателей качества ИАМ аналогичны принципам построения систем показателей качества различного вида продуктов. Они подробно описаны в трудах Азгальдова Г.Г., Ребрин Ю.И., Хамхановой Д.Н. и, как правило, используются при создании различного рода стандартов [4-7]. Необходимо отметить, что при определении значимых свойств ИАМ и номенклатуры «жестких» показателей качества возможно совместное применение экспертных методов, метода анализа документов, метода аналогий.

Третья составляющая системы показателей качества ИАМ представляет собой номенклатуру корректирующих коэффициентов, каждый из которых определяет влияние той или иной особенности отдельного типа ИАМ на комплексную оценку. Применение корректирующих коэффициентов при определении качества различных типов ИАМ позволяет проводить их сравнительный анализ более объективно, с использованием универсальной методики.

В данной статье основное внимание сосредоточено на определении значений коэффициентов важности (весовых коэффициентов) единичных показателей качества (компонентов второй составляющей системы показателей качества ИАМ).

Основой большинства применяемых на практике методов определения весовых коэффициентов служит опрос экспертов с последующей математической обработкой их суждений [8]. Наиболее известными экспертными методами определения весовых коэффициентов являются:

- прямая расстановка весовых коэффициентов экспертами;
- ранжирование единичных показателей качества по степени их влияния на соответствующий обобщенный показатель качества;
- парное сравнение единичных показателей качества по степени их влияния на соответствующий обобщенный показатель качества;
- метод анализа иерархий Саати (модификация метода парных сравнений).

В работе [8] показано, что с помощью данных методов при условии целенаправленной обработки экспертных данных получаются близкие значения весовых коэффициентов. Для определения весовых коэффициентов единичных показателей качества ИАМ предлагается использовать метод анализа иерархий Саати, который позволяет не только получить их значения, но и включает в себя способ оценки качества работы самих экспертов путем определения отношения согласованности (ОС) и сравнения его с пороговым значением. Необходимо отметить, что метод Саати широко используется в различных сферах жизни общества, в том числе, при осуществлении поддержки принятия управленческих решений [8-12]. Особенности девятибалльной шкалы Саати подробно описаны в его работах и ряде

других трудов, посвященных использованию данного метода при решении прикладных задач [8, 9, 12, 13].

Задача определения коэффициентов важности формулируется следующим образом. Пусть  $P_1^q, P_2^q, \dots, P_i^q, \dots, P_n^q$  – единичные показатели качества ИАМ, являющиеся составляющими  $q$  обобщенного показателя качества ( $i$  – порядковый номер единичного показателя качества). Необходимо определить коэффициенты важности (весовые коэффициенты)  $k_1^q, k_2^q, \dots, k_i^q, \dots, k_n^q$  каждого из  $P_1^q, P_2^q, \dots, P_i^q, \dots, P_n^q$ .

Для определения  $k_1^q, k_2^q, \dots, k_i^q, \dots, k_n^q$  предлагается провести опрос  $m$  экспертов, являющихся специалистами в области подготовки и оценки ИАМ. Каждому из экспертов необходимо заполнить верхнюю часть матрицы парных сравнений единичных показателей качества, используя при сравнении девятибалльную шкалу Саати, описанную в анкете опроса. Для обработки ответов каждого из экспертов предлагается использовать алгоритм, основанный на методе Саати и численных методах определения собственных векторов матриц, описанных в трудах Т. Саати, Илларионова М.Г. [9, 12].

Заполненную экспертами матрицу обозначим как  $A$  (1).

$$A = (a_{ij}), \quad (1)$$

где  $a_{ij}$  – определенное экспертом с использованием шкалы Саати число, соответствующее степени влияния на обобщенный показатель  $q$  единичного показателя  $P_i^q$  по сравнению с  $P_j^q$ ;  $i, j$  – порядковые номера единичных показателей качества  $P_i^q, P_j^q$  и соответствующие им строки матрицы  $A$ .

Далее следует осуществить приведенную ниже последовательность действий (шагов).

1. Заполнить нижнюю часть предложенной экспертам матрицы значениями  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ .

2. Для каждой строки  $i$  матрицы  $A$  вычислить произведение ее членов и взять из произведения корень  $n$ -ой степени ( $K_i$ ) (2).

$$K_i = \sqrt[n]{a_{i1} \times a_{i2} \times \dots \times a_{in}}, \quad (2)$$

где  $i$  – номер строки матрицы  $A$ ;  $n$  – число столбцов или строк матрицы  $A$ .

3. Просуммировать значения всех полученных  $K_j$ .

4. Поочередно разделить полученные на шаге 2 данного алгоритма значения  $K_j$  на их сумму, определенную на шаге 3, тем самым сформировав значения  $K_j^*$ .

5. Упорядочить значения  $K_i^*$ , полученные на шаге 4, в соответствии со значениями  $i$  (по возрастанию  $i$ ), сформировав тем самым вектор весовых коэффициентов  $K^q = (k_1^q, k_2^q, \dots, k_n^q)$ , определяющий степень влияния единичных показателей качества ИАМ  $P_1^q, P_2^q, \dots, P_n^q$  на  $q$ -ый обобщенный показатель качества по мнению одного эксперта.

6. Для каждого столбца  $j$  матрицы  $A$  определить сумму его элементов  $S_j$  (3).

$$S_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad (3)$$

где  $i$  – номер строки матрицы  $A$ ;  $j$  – номер столбца матрицы  $A$ ;  $n$  – число столбцов или строк матрицы  $A$ ;  $a_{ij}$  – элемент матрицы  $A$ .

7. Используя результаты суммирования  $S_j$ , полученные на шаге 6, сформировать вектор  $s$ , состоящий из элементов  $S_j$ .

8. Поэлементно перемножить векторы  $K^q$  и  $s$ , тем самым определив максимальное собственное значение  $\lambda_{max}$  матрицы  $A$ .

9. Рассчитать индекс согласованности  $I_s$  и отношение согласованности  $O_s$  по формулам (4) и (5) соответственно.

$$I_s = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (4)$$

где  $I_s$  – индекс согласованности;  $\lambda_{max}$  – максимальное собственное значение матрицы  $A$ ;  $n$  – число столбцов или строк матрицы  $A$ .

$$O_s = \frac{I_s}{S_n}, \quad (5)$$

где  $O_s$  – отношение согласованности;  $I_s$  – индекс согласованности;  $S_n$  – случайный индекс матрицы порядка  $n$ .

Значение  $S_n$  для матриц различных порядков приведено в работе Т. Саати [9].

10. Сравнить значение отношения согласованности  $O_s$  с диапазоном  $[0, 1]$ . Если  $O_s \leq 0,1$ , то согласованность суждений эксперта считается приемлемой, если нет, то необходимо провести мероприятия по повышению согласованности суждений, определить причины несогласованности, далее следует принять меры по повышению согласованности, используя методы, описанные в работах [9, 14] или исключить суждения данного эксперта из анализа.

Для более рационального выполнения расчетов при определении значений  $\lambda_{max}$  и элементов вектора  $K^q = (k_1^q, k_2^q \dots k_n^q)$  предлагается использовать программные средства, например, *MathCad* и его встроенные функции *eigenvals (A)* и *eigenvec (A,  $\lambda_{max}$ )* соответственно.

11. Используя полученные на шаге 5 значения коэффициентов важности, провести ранжирование показателей качества ИАМ по убыванию данных значений. Результаты ранжирования обозначить как вектор  $R^q$  (6).

$$R^q = (r_1^q, r_2^q, r_i^q, \dots, r_n^q), \quad (6)$$

где  $R^q$  – вектор рангов;  $r_i^q$  – ранг единичного показателя качества, имеющего порядковый номер  $i$ .

В соответствии с шагами 1-11 предлагаемого алгоритма необходимо обработать результаты опроса всех экспертов, привлеченных к опросу.

12. Определить согласованность мнений о влиянии единичных показателей качества ИАМ  $P_1^q, P_2^q \dots P_n^q$  на  $q$ -ый обобщенный показатель качества всей группы экспертов, суждения которых удовлетворяют условию  $O_s \leq 0,1$  (шаг 10 данного алгоритма). Для определения групповой согласованности вычислить значение коэффициента конкордации  $W$ , подробно описанного в работах [15, 16]. Для повышения оперативности вычислений значения  $W$  рекомендуется использование пакета обработки статистических данных SPSS или другие математические пакеты программ.

13. При условии  $W \geq 0,7$  следует принять решение о значении коэффициентов важности с учетом мнений всех, участвующих в опросе экспертов, усреднив их. Для усреднения предлагается использовать формулу среднего геометрического с последующим нормированием средних значений коэффициентов важности для обеспечения равенства их суммы единице [8].

В случае если  $W < 0,7$ , то рекомендуется определить причины низкой согласованности мнений экспертов и провести мероприятия по ее повышению (например, обсуждение результатов, применение метода Дельфы) [9].

В заключении необходимо отметить, что комбинированное использование метода анализа иерархий и метода определения согласованности мнений экспертной группы (посредством вычисления коэффициента конкордации) для определения значений коэффициентов важности показателей качества ИАМ позволяет учесть различное влияние отдельных свойств ИАМ на его качество в целом, следовательно – повысить обоснованность результатов контроля качества данного вида ИП. Однако следует отметить, что ряд допущений (касающиеся использования в методе неметрической шкалы), принятых в методе анализа иерархий и подвергнутых критике в работах [17, 18], могут привести к неправильным результатам. В связи с этим считаем целесообразным в дальнейшем разработать алгоритм определения коэффициентов важности показателей качества ИП на основе иных методов и провести сравнительный анализ полученных результатов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lapp E., Neubauer W. Qualitätsmanagement als Aufgabe von Bibliotheken // Nachr.Dok. – Vol. 45. – 1995. – №5. – S. – 263-278.
2. Афоничкин А.И., Панфилов С.А. Качество информационного обеспечения в процессах управления (под ред. А.А. Денисова). – Саранск: Изд-во Саратовского университета. Саранский филиал, 1988. – 176 с.
3. Михайлов А.И., Черный А.И., Гиляревский Р.С. Научные коммуникации и информатика. – М.: Наука, 1976. – 436 с.
4. Райхман Э.П., Азгальдов Г.Г. Экспертные методы в оценке качества товаров. – М.: Экономика, 1974. – 151 с.
5. Ребрин Ю.И. Управление качеством: учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 174 с.
6. Хамханова Д.Н. Основы квалиметрии: учебное пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – 142 с.
7. ГОСТ 28195-89. Оценка качества программных средств. Общие положения. – М.: ИПК издательство стандартов, 2001.
8. Коробов В.Б. Сравнительный анализ методов определения весовых коэффициентов «влияющих факторов» // Социология. – 2005. – № 20. – С. 54-73.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий; пер. с англ. Вачнадзе Р.Г. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
10. Гаврилов С.И., Гусева А.И. Применение метода анализа иерархий Т. Саати для оценки информационной системы. – [Электронный ресурс] / Научная библиотека НИЯУ МИФИ. – URL: <http://library.merphi.ru/data/scientific-sessions/2007/t2/3-1-10.doc> (дата обращения: 28.02.2011).
11. Ахметов О.А., Мжельский М.Б. Метод анализа иерархий как составная часть методологии оценки недвижимости. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nsk.su/~estate/articles/art001.html> (дата обращения 10.10.2009).
12. Илларионов М.Г. Применение метода анализа иерархий в принятии управленческих решений // Актуальные проблемы экономики и права. – 2009. – № 1. – С. 37-42.
13. Блюмкин С.Л., Шуйкова И.А. Введение в математические методы принятия решений. – Липецк: Изд-во ЛГПИ, 1999. – 100 с.
14. Староверова Н.А., Шведенко В.Н. Методы повышения точности расчета компонентов вектора приоритетов иерархической системы альтернатив при проведении экспертных оценок // Вестник ИГЭУ. – Вып. 3, 2009. – С. 1-3.
15. Ромашкина Г.Ф., Татарова Г.Г. Коэффициент конкордации в анализе социологических данных // Социология. – 2005. – № 20. – С. 131-158.
16. Шаль А.В. Математико-статистические методы в менеджменте. Методическое пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 2000. – 27 с.
17. Подиновский В.В., Подиновская О.В. О некорректности метода анализа иерархий // Control Sciences. – 2011. – № 1. – С. 8-13.
18. Горский П. Методы поддержки принятия решений. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://pavel.gorskiy.ru/Articles/Dmss/d0.html> (дата обращения: 10.03.2011).

Голубинский Евгений Юрьевич  
ФГНУ НИЦ ФСО России, г. Орел

Научный сотрудник  
Тел.: 8 909 230 47 33  
E-mail: [darzhek@yandex.ru](mailto:darzhek@yandex.ru)

**Овсянников Анатолий Анатольевич**  
ФГНУ НИЦ ФСО России, г. Орел  
Кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории  
Тел.: 8 (4862) 47-55-21

---

E.Y. GOLUBINSKIY (*Research Officer*); *Research - and - development center of federal guard service of Russian Federation*  
A.A. OVSYANNIKOV (*Candidate Of Engineering Sciences, Associate professor, Head of laboratory*);

### **USE OF ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS METHOD FOR DEVELOPMENT OF THE SYSTEMS OF QUALITY INDICES OF INFORMATION PRODUCT**

*The article deals with use of T. Saaty's method of analytical hierarchy process for calculation of importance coefficients of information product quality indices. Evaluation of the importance characteristics of the indices for the control of the information product quality increases the objectivity of the control results and, consequently, has a positive impact on the efficiency of management of its preparation.*

**Keywords:** *information product, information analytical material, quality, method of analytical hierarchy process, importance coefficients.*

#### **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Lapp E., Neubauer W. Qualitätsmanagement als Aufgabe von Bibliotheken // Nachr.Dok. – Vol. 45. – 1995. – №5. – S. – 263-278.
2. Afonichkin A.I., Panfilov S.A. Kachestvo informacionnogo obespecheniya v processax upravleniya (pod red. A.A. Denisova). – Saransk: Izd-vo Saratovskogo universiteta. Saranskij filial, 1988. – 176 s.
3. Mixajlov A.I., Chyorny'j A.I., Gilyarevskij R.S. Nauchny'e kommunikacii i informatika. – M.: Nauka, 1976. – 436 s.
4. Rajxman E'.P., Azgal'dov G.G. E'kspertny'e metody' v ocenke kachestva tovarov. – M.: E'konomika, 1974. – 151 s.
5. Rebrin Yu.I. Upravlenie kachestvom: uchebnoe posobie. – Taganrog: Izd-vo TRTU, 2004. – 174 s.
6. Xamxanova D.N. Osnovy' kvalimetrii: uchebnoe posobie. – Ulan-Ude': Izd-vo VSGTU, 2003. – 142 s.
7. GOST 28195-89. Ocenka kachestva programmy'x sredstv. Obshhie polozheniya. – M.: IPK izdatel'stvo standartov, 2001.
8. Korobov B.V. Sravnitel'ny'j analiz metodov opredeleniya vesovy'x koefficientov «vliyayushhix faktorov» // Sociologiya. – 2005. – № 20. – S. 54-73.
9. Saati T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarxij ; per. s angl. Vachnadze R.G. – M.: Radio i svyaz', 1993. – 278 s.
10. Gavrilov S.I., Guseva A.I. Primenenie metoda analiza ierarxij T. Saati dlya ocenki informacionnoj sistemy'. – [E'lektronny'j resurs] / Nauchnaya biblioteka NIYaU MIFI. – URL: <http://library.merphi.ru/data/scientific-sessions/2007/t2/3-1-10.doc> (data obrashheniya: 28.02.2011).
11. Axmetov O.A., Mzhel'skij M.B. metod analiza ierarxij kak sostavnaya chast' metodologii ocenki nedvizhimosti. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.nsk.su/~estate/articles/art001.html> (data obrashheniya: 10.10.2009).
12. Illarionov M.G. Primenenie metoda analiza ierarxij v prinyatii upravlencheskix reshenij // Aktual'ny'e problemy' e'konomiki i prava. – 2009. – №1. – S. 37-42.
13. Blyumkin S.L., Shujkova I.A. Vvedenie v matematicheskie metody' prinyatiya reshenij. – Lipeck: Izd-vo LGPI, 1999. – 100 s.
14. Staroverova N.A., Shhvedenko V.N. Metody' povy'sheniya tochnosti raschyota komponentov vektora prioritetov ierarxicheskoy sistemy' al'ternativ pri provedenii e'kspertny'x ocenok // Vestnik IGE'U. – Vy'p. 3, 2009. – S. 1-3.
15. Romashkina G.F., Tatarova G.G. Koefficient konkordacii v analize sociologicheskix danny'x // Sociologiya. – 2005. – №20. – S. 131-158.
16. Shal' A.V. Matematiko-statisticheskie metody' v menezhmente. metodicheskoe posobie. – Rostov-na-Donu: Izd-vo RGU, 2000. – 27 s.
17. Podinovskij V.V., Podinovskaya O.V. O nekorrektnosti metoda analiza ierarxij // Control Sciences. – 2011. – №1. – S. 8-13.
18. Gorskij P. Metody' podderzhki prinyatiya resheni. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://pavel.gorskij.ru/Articles/Dmss/d0.html> (data obrashheniya: 10.03.2011).

УДК 621.391

П. А. КЛЕВКОВ, В. А. ОСТРЕЙКОВСКИЙ

## СТРУКТУРЫ ДАННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

*В статье рассмотрены аспекты формирования структур данных, описывающих технологическое обеспечение каналами связи объектов энергетики Западной Сибири.*

**Ключевые слова:** структуры данных; СУБД; информационные системы; телекоммуникации; энергетика.

подавляющее большинство телекоммуникационного оборудования, используемого для обеспечения каналами связи объектов энергетики Западной Сибири, находится под управлением промышленных систем. Эти системы представляют собой программно-аппаратные комплексы, системно не связанные между собой и имеющие узкоспециализированное назначение.

Интегрированные в корпоративную инфраструктуру системы не всегда позволяют быстро и эффективно решать задачи анализа данных по следующим причинам:

- значительный территориальный масштаб;
- большое количество сетевых элементов и их типов;
- высокая динамика обновления структуры телекоммуникационной сети, обусловленной как интенсивным развитием техники связи, так и реформами электроэнергетики;
- отсутствие технологической возможности комплексной оценки состояния сети путём предоставления полноценной и актуальной информации.

Указанные недостатки и проблемы не позволяют принимать своевременные и адекватные решения. Поэтому возникает актуальная задача о необходимости разработки качественно новой информационной системы.

В данной статье изложен новый подход к формированию структур данных для решения задачи эффективного хранения информации о каналах связи объектов энергетики Западной Сибири.

Вначале дадим краткую характеристику основному оборудованию и понятиям рассматриваемой предметной области.

Канал связи (тракт) – это совокупность каналообразующего оборудования и линий связи с определёнными стандартными показателями (полоса частот, скорость, тип интерфейсов: аналоговые или цифровые, обслуживающая организация, владеющая организацией) для передачи сообщений от источника к получателю. Источником и получателем информации является клиентское оборудование (диспетчерский пульт, телефон, устройство телемеханики, сетевой коммутатор или маршрутизатор, автоматическая телефонная станция), подключенное через стандартные интерфейсы: E&M, FXO/FXS, RS-232, V.35, Ethernet (с поддержкой VLAN или без), E1 (весь поток или группа тайм-слотов). Линии связи могут иметь различную конструкцию: пара проводов или медный кабель, радиозфир, оптическое волокно.

Канал связи представляет собой линейную структуру, состоящую из непрерывной последовательности следующих друг за другом точек – ресурсов устройств, определяемых номерами тайм-слотов потока E1, виртуальных контейнеров SDH-структур, виртуальных каналов АТМ-интерфейсов, уникальными наименованиями устройств или позиционными обозначениями аппаратных интерфейсов (рис. 1). Канал связи может проходить по транспортной сети связи, построенной на каналообразующем оборудовании разных производителей и реализующей различные технологии передачи данных.

Транспортная сеть связи – это совокупность всех ресурсов, выполняющих функции транспортировки в телекоммуникационных сетях. Она включает не только системы передачи, но и относящиеся к ним средства контроля, оперативного переключения, резервирования и управления. Наиболее широко используемыми технологиями в

транспортной сети связи являются: ATM, HDSL, PDH, SDH, спутниковая и радиорелейная связь, а также соединения «точка-точка» по радиоканалу, реализованные в основном на оборудовании следующих производителей: Alcatel, Cisco, Ericsson, FlexGain, Olencom, RAD, Tellabs. Большинство телекоммуникационных устройств состоит из элементов, в совокупности формирующих иерархическую структуру аппаратной агрегации (сетевой узел, одна или несколько полок, одна или несколько карт, один или несколько портов) (рис. 2).

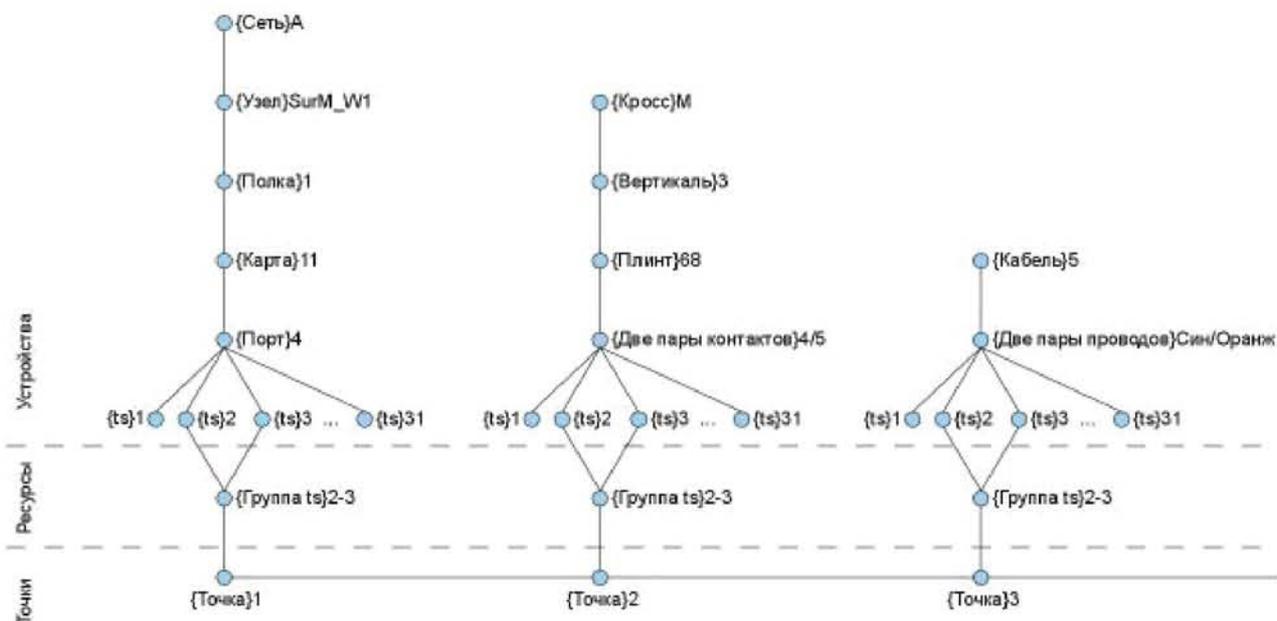


Рисунок 1 – Линейная структура канала связи

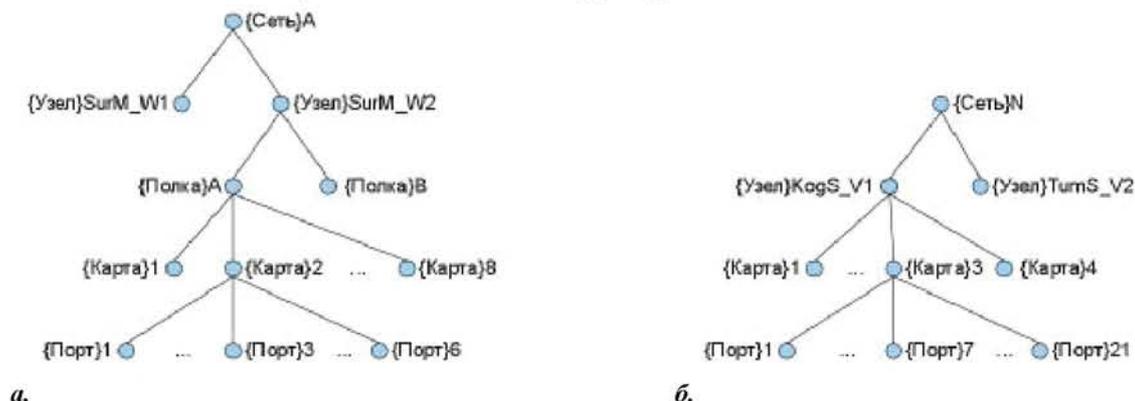


Рисунок 2 – Структура аппаратной агрегации оборудования сети А (а) и сети N (б)

Сопряжение активных устройств, формирующих транспортную сеть связи, происходит через стандартные интерфейсы такие, как: E1, E3, STM-1, STM-4. При этом используются соединители, подключаемые к активным устройствам как напрямую, так и через пассивные сетевые устройства (разъём в коммутационной панели или оптическом кроссе, группа контактов в плинте).

Телекоммуникационное оборудование и линии связи, по которым энергетическая компания организывает прохождение каналов связи, являются её собственностью или находятся в собственности сторонней компании, предоставляющей услуги связи, и обслуживаются сотрудниками, входящими в состав соответствующих структурных подразделений этих или других компаний. Поэтому организационная структура таких компаний должна состоять из элементов, представляющих собой иерархически упорядоченные организационные единицы (компании, подразделения, должностные позиции) и позволяющих указать для оборудования владеющего и обслуживающего субъекта (рис. 3).

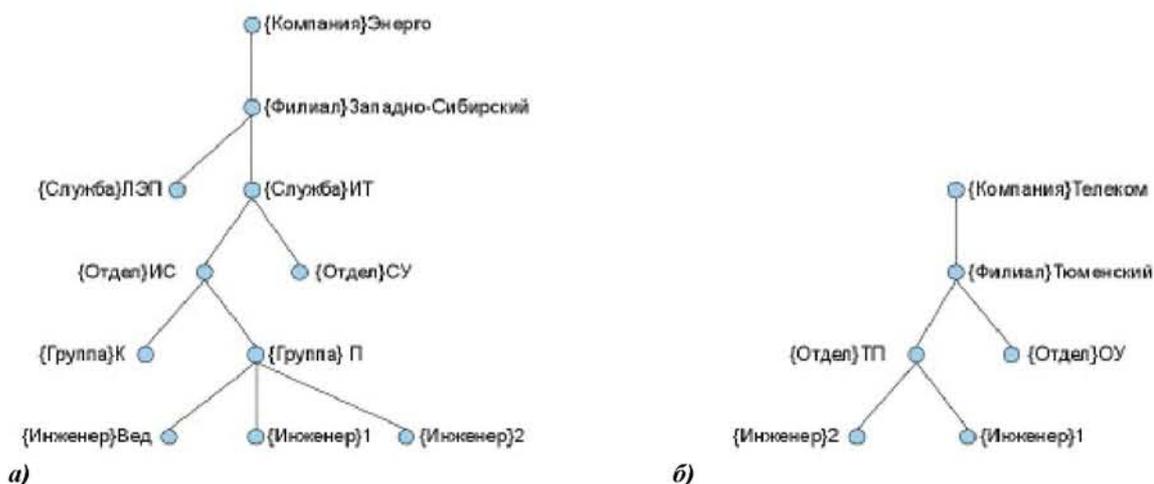


Рисунок 3 – Организационная структура компании Энерго (а) и компании Телеком (б)

Подобная описанной выше структура, позволяющая указать пространственное расположение объекта, должна состоять из элементов, представляющих собой иерархически упорядоченные пространственно-адресуемые единицы (республика или область, автономный округ, населённый пункт, улица, здание, помещение, шкаф для оборудования) (рис. 4).

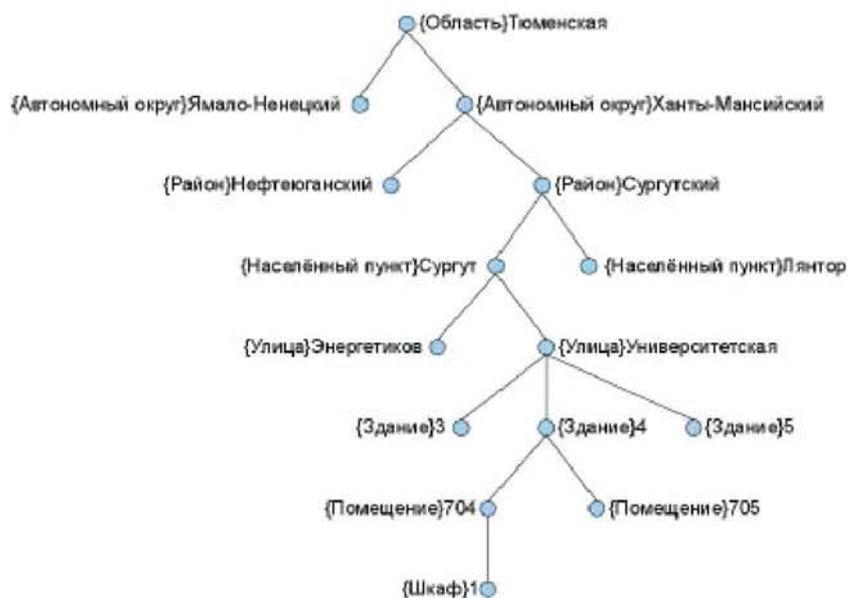


Рисунок 4 – Структура пространственно-адресуемых единиц, описывающих расположение объекта

Учитывая сложность описываемых структур, нами были разработаны следующие базовые требования к формату хранения данных:

- объектный подход;
- синтаксическая простота;
- поддержка современными СУБД;
- независимость от языка реализации;
- возможность хранения сложных динамических структур.

Этим требованиям, на наш взгляд, отвечает JSON (JavaScript Object Notation) – формат обмена данными, представляющий собой комбинацию массивов и объектов [1].

Рассмотрим пример JSON-представления объекта, описывающего Тюменскую область, в состав которой входит Ханты-Мансийский автономный округ. Тип объекта характеризуется парой ключ/значение – «type» : «область». Ключ «descendant1» содержит в

качестве значения дочерний объект, тип которого определяется парой «type» : «автономный округ».

```
{
  "name" : "Тюменская",
  "type" : "область",
  "descendant1" : {
    "name" : "Ямало-Ненецкий",
    "type" : "автономный округ"
  }
  "descendant2" : {
    "name" : "Ханты-Мансийский",
    "type" : "автономный округ"
  }
}
```

Таким образом, можно сформировать структуру, состоящую из элементов, представляющих собой иерархически упорядоченные пространственно-адресуемые единицы.

Следующая структура реализует представление объекта, описывающего иерархически упорядоченные организационные единицы телекоммуникационной компании:

```
{
  "name" : "Телеком",
  "type" : "компания",
  "descendant" : {
    "name" : "Тюменский",
    "type" : "филиал",
    "descendant" : {
      "name" : "Техническая поддержка",
      "type" : "группа",
      "descendant1" : {
        "name" : "Инженер 1 категории",
        "type" : "должность"
      }
      "descendant2" : {
        "name" : "Инженер 2 категории",
        "type" : "должность"
      }
    }
  }
}
```

Устройство, состоящее из элементов, в совокупности формирующих иерархическую структуру аппаратной агрегации, представлено следующим образом:

```
{
  "name" : "KogS_V1",
  "type" : "узел",
  "descendant" : {
    "name" : "3",
    "type" : "карта",
    "descendant" : {
      "name" : "7",
```

```
        "type" : "порт"
      }
    }
  }
```

Канал связи, представляющий собой линейную структуру, отражён в соответствующем объекте:

```
{
  "name" : "Диспетчерский канал связи Энерго — Центральные электросети ",
  "path" : [{ "res" : "resource-0041" }, { "res" : "resource-0032" }, { "res" : "resource-0073" } ]
}
```

Ключ path содержит в качестве значения массив, элементами которого являются объекты – точки маршрута канала связи, содержащие указатели на ресурсы устройств (идентификаторы ресурсов).

Преимущество описанного в статье подхода к формированию структур данных заключается в поддержании концептуальной схемы предметной области в актуальном состоянии. Такой эффект достигается благодаря использованию формата JSON, позволяющего производить связывание объектов не только на этапе разработки, но и на этапе эксплуатации системы. Системы управления базами данных, работающие с JSON-структурами [2], в отличие от реляционных систем [3], не требуют предварительного описания схемы отношений между таблицами. Таким образом, своевременно изменяя существующие структуры данных и добавляя новые, реализуется возможность предоставления полноценной и актуальной информации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Введение в JSON. – 2011: [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.json.org/json-ru.html>.
2. Chodorow K., Dirolf M. MongoDB: The Definitive Guide. – CA.: O'Reilly, 2010. – 215 s.
3. Уорсли Дж., Дрейк Дж. PostgreSQL. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – 496 с.

**Клевков Павел Анатольевич**

ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет», г. Сургут  
Аспирант кафедры информатики и вычислительной техники  
E-mail: [motexo@gmail.com](mailto:motexo@gmail.com)

**Острейковский Владислав Алексеевич**

ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет», г. Сургут  
Доктор технических наук, профессор кафедры информатики и вычислительной техники  
E-mail: [ova@ivt.surgu.ru](mailto:ova@ivt.surgu.ru)

---

P.A. KLEVKOV (*Postgraduate student*), V.A. OSTREYKOVSKIY (*Doctor of Engineering Sciences*), *Surgut State University*.

#### DATA STRUCTURES TELECOMMUNICATION EQUIPMENT OF ENERGY FACILITIES WESTERN SIBERIA

*The article deals with aspects of the formation of data structures, that describe the technological support of communication channels of energy facilities in Western Siberia.*

**Keywords:** *data structures; DBMS; information systems; telecommunications; energy.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Vvedenie v JSON. – 2011: [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.json.org/json-ru.html>.
2. Chodorow K., Dirolf M. MongoDB: The Definitive Guide. – CA.: O'Reilly, 2010. – 215 s.
3. Uorsli Dzh., Dreyk Dzh. PostgreSQL. Dlya professionalov. – SPb.: Piter, 2003. – 496 s.

УДК 004.896

О.П. АРХИПОВ, О.А. ИВАЦУК, И.С. КОНСТАНТИНОВ, А.В. КОСЬКИН, О.А. САВИНА

## **СОЗДАНИЕ БИЗНЕСА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСЛУГ НАСЕЛЕНИЮ КАК ОДНО ИЗ КЛЮЧЕВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ**

*Представлен анализ современного состояния сферы оказания услуг населению в Российской Федерации. Рассмотрены подходы к созданию, сопровождению и реализации услуг с использованием информационных технологий – созданию бизнеса предоставления услуг в электронном виде.*

*Ключевые слова:* электронные услуги населению; информационные технологии; производитель электронных услуг населению.

### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СФЕРЫ ОКАЗАНИЯ УСЛУГ НАСЕЛЕНИЮ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ**

Для любого современного государства характерным является переход предоставления услуг населению в электронный вид с целью повышения качества и оперативности данного процесса.

Электронные услуги населению (ЭУН) – это любого вида услуги, которые оказываются организациями всех форм собственности из различных областей народного хозяйства, а также индивидуальными предпринимателями, физическим и юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, гражданам РФ, иностранным гражданам и лицам без гражданства с использованием средств, инструментов и методов информационных технологий [1].

В последнее десятилетие в России также активно развивается направление, связанное с переводом входящих в определенный перечень, утвержденный Правительством РФ [2], государственных и муниципальных услуг в электронный вид. Сегодня созданы правительственные интернет-порталы различных субъектов Российской Федерации, а также портал Государственных услуг «gosuslugi.ru». Однако государственные и муниципальные услуги, оказываемые при функционировании электронных правительств, электронных городов, регионов и т.п., являются лишь частью широкого спектра ЭУН. При этом ЭУН могут значительно отличаться не только по отраслям народного хозяйства, но и по видам заказчиков и исполнителей, формам организации доступа, степени интеллектуализации, автоматизации процессов и участия заказчика в ходе реализации услуги, а также масштабами возможной реализации (ширины охвата различных слоев населения и территорий), сложности и степени иерархичности процесса реализации.

Все это определяет необходимость конструирования многих заказываемых потребителями ЭУН как новых, не имеющих утвержденных регламентов (в отличие от введенных в обязательный Перечень государственных и муниципальных услуг). И этот факт требует создания грамотного удобного интерфейса, разработки специализированного языка описания ЭУН, адаптивного и оперативного генерирования регламента вновь созданной ЭУН, отработки алгоритмов сопровождения, реализации и мониторинга услуги.

В связи с вышесказанным сегодня появилась необходимость создания бизнеса, который, используя информационные технологии, обеспечит широкомасштабный выход на рынок услуг профессиональных ресурсов их поставщиков и возможность расширить спектр и повысить качество услуг, предоставляемых потребителям.

### **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ, СОПРОВОЖДЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСЛУГ НАСЕЛЕНИЮ**

Основной целью создания, сопровождения и реализации ЭУН является перевод на новое качество сферы оказания услуг населению в России при комплексном решении перечисленных выше проблем путем создания и развития бизнеса предоставления ЭУН.

Достижение поставленной цели предлагается обеспечить при решении следующих задач:

- создание нормативно-правовой и методической базы бизнеса предоставления ЭУН;
- создание материально-технического и интеллектуального обеспечения предоставления ЭУН с разработкой специального отечественного программного и информационного обеспечения, специализированного языка описания ЭУН и т.д.;
- создание технологий и инструментальных средств поддержки предоставления и сопровождения ЭУН;
- разработка механизмов взаимодействия субъектов и объектов реализации ЭУН;
- создание технологий проектирования и введения новых ЭУН;
- разработка механизмов финансово-экономической поддержки бизнеса предоставления ЭУН;
- создание системы кадрового обеспечения предоставления ЭУН как одного из направлений развития малого бизнеса.

### СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭУН

Решение перечисленных выше задач позволит обеспечить формирование и организацию эффективного функционирования системы управления (создания, сопровождения и реализации) ЭУН, включая управление заказами, процессами взаимодействия объектов и субъектов предоставления ЭУН, согласование действий всех участников процесса предоставления ЭУН, управление базами и банками данных, мониторинг за ходом реализации услуги и т.д. При этом необходимо разработать и актуализировать следующие автоматизированные системы (АС): АС взаимодействия с заказчиками и исполнителями ЭУН; АС сопровождения жизненного цикла ЭУН; АС генерирования и введения новых ЭУН.

Качество работы введенных АС и системы управления ЭУН в целом, результат их взаимодействия между собой, а также с потребителями и поставщиками услуг, условия вывода поставщиков на широкий рынок – все это связано с необходимостью создания специализированной организационно-технической системы поддержки – продуцента ЭУН.

На рисунке 1 представлена укрупненная схема взаимодействия участников процесса реализации ЭУН.

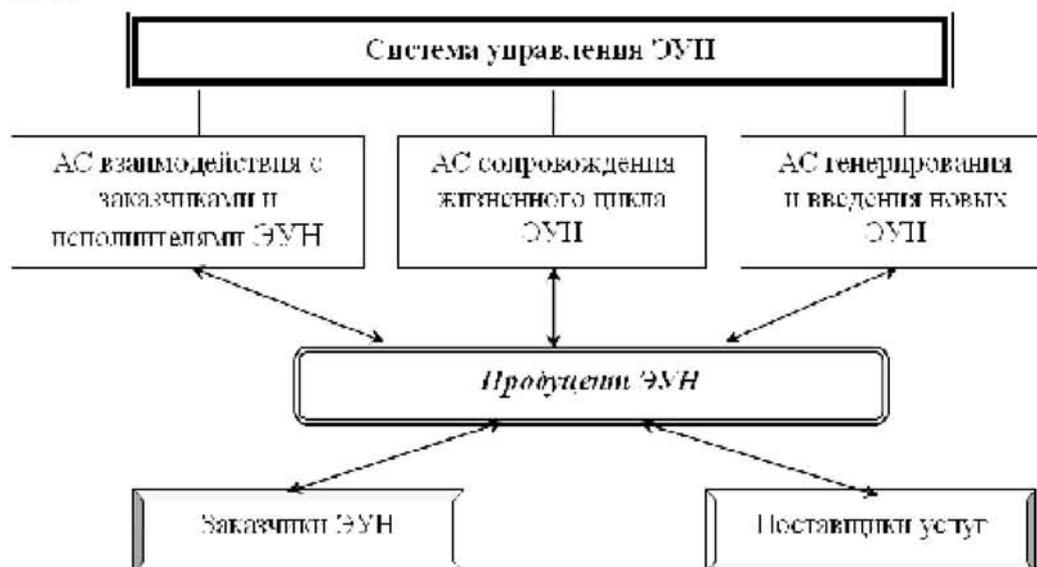


Рисунок 1 – Схема взаимодействия участников процесса реализации ЭУН

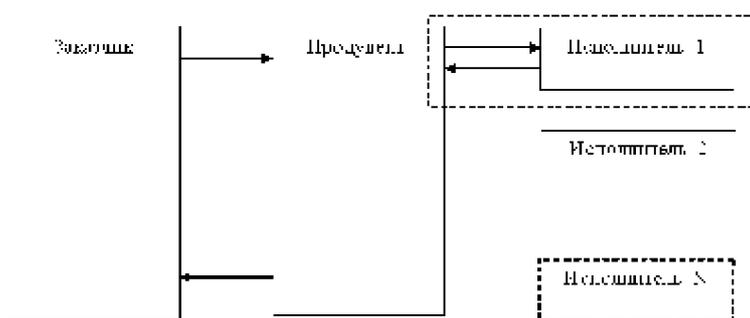
Следует особо отметить, что для создания адекватной и развитой инфраструктуры бизнеса предоставления ЭУН требуется активное вовлечение интеллектуального ресурса страны, прежде всего, молодых специалистов, обладающих необходимыми знаниями и

навыками в современной области информационных и телекоммуникационных технологий, экономике, юриспруденции. Крайне важно то, что, работая в данном направлении, они не только будут участвовать в развитии реальной экономики страны, но и образовывать профессиональные коллективы разработчиков отечественного программного обеспечения, создания и внедрения современных автоматизированных систем управления в социально-экономической сфере. Это определяет, в том числе, необходимость специализированной подготовки кадров.

### **ПРОДУЦЕНТ ЭУН**

Обобщенная схема реализации ЭУН при обеспечении продуцентом эффективного взаимодействия заказчика и поставщика услуги представлена на рисунке 2.

Действия продуцента, каждого его элемента должны быть направлены на минимизацию времени, которое тратит заказчик на получение необходимой ему услуги, на обеспечение требуемого качества оказания услуги. Продуцент несет полную ответственность за результат предоставления ЭУН.



*Рисунок 2 – Обобщенная схема реализации ЭУН*

К основным функциям продуцента относятся:

- прием запросов заявителей о предоставлении ЭУН;
- конструирование ЭУН и создание регламента согласно универсальному механизму;
- взаимодействие с организациями и индивидуальными предпринимателями, реализующими услугу;
- информирование населения и организаций, прием и выдача документов, обработка персональных данных, связанных с предоставлением указанных услуг;
- представление интересов заявителей при взаимодействии с исполнителями услуги, с другими организациями, участвующими в предоставлении услуг;
- представление интересов исполнителей;
- выдача заявителям документов, сформированных в процессе реализации ЭУН;
- мониторинг процесса реализации услуги;
- обеспечение защиты информации.

Реализация конкретных видов ЭУН характеризуется большим разнообразием и определяется содержанием услуги. В зависимости от характера взаимодействия заказчика с продуцентом и непосредственным исполнителем услуги можно выделить два основных варианта:

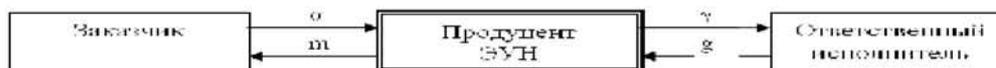
1. Для реализации услуги не требуется участие самого заказчика, продуцент полностью берет на себя формирование и получение необходимых документов, контроль выполнения условий и требований заказчика, мониторинг реализации услуги.

2. При реализации услуги требуется участие самого заказчика (например, в случае получения определенного вида документов), при этом продуцент берет на себя информирование заказчика о требуемых действиях, формирование и получение максимально возможного числа необходимых документов, а также за ним остается контроль выполнения условий и требований заказчика, мониторинг реализации услуги.

В обоих случаях взаимодействие участников процесса описывается согласно схеме, представленной на рисунке 2, при этом во втором случае заказчик услуги на определенное время становится ее промежуточным исполнителем. Ниже приведены более детальные схемы взаимодействия при реализации ЭУН по каждому из двух выделенных направлений.

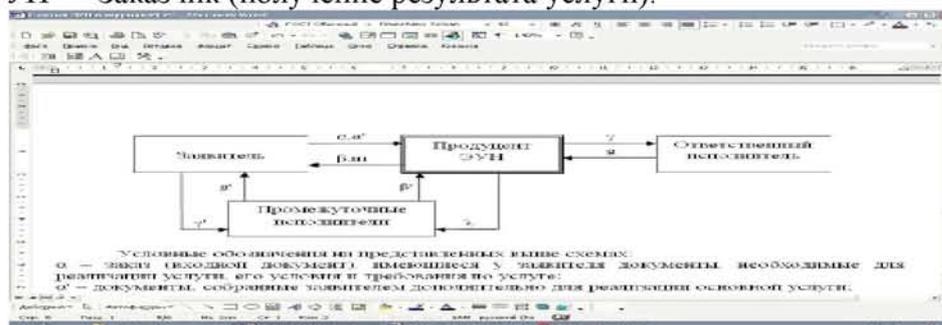
Для первого варианта:

Заказчик (заказ услуги) → производитель ЭУН (формирование запроса) → ответственный исполнитель (реализация услуги) → производитель ЭУН → Заказчик (получение результата услуги).



Здесь обратим внимание на простейший случай оказания информационной ЭУН, когда заказчик получает информацию в он-лайн режиме по сети Интернет. При этом производителем является разработчик программного обеспечения и соответствующих сайтов, обеспечивающих возможность именно такой реализации услуги. Схема взаимодействия в этом случае: Заказчик → ответственный исполнитель (организация или индивидуальный предприниматель) → Заказчик.

Для второго варианта схема взаимодействия имеет вид: Заказчик (заказ услуги) → производитель ЭУН (организует сбор документов, не имеющих у заявителя, требующий обязательное участие заявителя) → Заказчик (участвует в организованном производителем ЭУН сборе дополнительных документов) → промежуточные исполнители (реализация дополнительных услуг) → Заказчик (получение дополнительных услуг) → производитель ЭУН (формирует пакет документов) → ответственный исполнитель (реализация основной услуги) → производитель ЭУН → Заказчик (получение результата услуги).



Условные обозначения на представленных выше схемах:

- $a$  – заказ (входной документ), имеющиеся у заявителя документы, необходимые для реализации услуги, его условия и требования по услуге;
- $a'$  – документы, собранные заявителем дополнительно для реализации основной услуги;
- $\beta$  – информация, поступающая от производителя ЭУН к заявителю, о необходимых для реализации услуги документах: образцы, бланки, шаблоны, формы;
- $\beta'$  – информация, необходимая для организации и осуществления сбора дополнительных документов, необходимых для реализации услуги;
- $\gamma$  – полный пакет документов, условий и требований, формируемый для реализации основной услуги;
- $\gamma'$  – пакеты документов на реализацию дополнительных услуг;
- $\lambda$  – организация сбора дополнительных документов;
- $g$  – информация о результате реализации основной услуги;
- $g'$  – информация о результате реализации дополнительной услуги;
- $m$  – выходной документ о результате оказания услуги.

Производитель должен быть обеспечен всеми механизмами и технологиями, позволяющими актуализировать все определенные для него функции и реализовать на должном уровне все виды ЭУН.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ СОЗДАНИЯ БИЗНЕСА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЭУН**

Основными продуктами создания бизнеса предоставления ЭУН станут:

1) Необходимые нормативные и правовые документы, методическое и программное обеспечение эффективной реализации ЭУН, механизмы финансовой поддержки, механизмы обеспечения кадровой поддержки.

2) Готовая техническая инфраструктура бизнеса предоставления ЭУН.

3) Организационно-техническая система управления ЭУН, включающая в себя: инструментальные средства и технологии, программные оболочки, базы и банки данных, модели, развитые интерфейсы для всех участников процесса, специализированный язык описания ЭУН;

4) АС взаимодействия с заказчиками и исполнителями ЭУН, АС сопровождения ЭУН, АС генерации новых услуг.

Основными ожидаемыми результатами являются:

– снижение коррупции при предоставлении населению, в том числе, малому бизнесу, различного вида услуг;

– вовлечение неиспользуемого в настоящее время интеллектуального ресурса страны в процесс развития реальной экономики с созданием профессиональных коллективов;

– интенсификация интеллектуального труда.

– высвобождение интеллектуальных и физических трудовых ресурсов потребителей для эффективного решения задач в их прямой профессиональной деятельности;

– развитие информатизации в социально-экономической сфере;

– существенное сокращение временных и трудовых затрат на реализацию услуг.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Константинов И.С. Концепция «Создание, сопровождение и реализация электронных услуг населению». – Орел: информ. аг-во «Стерх», 2010. – 16 с.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 3 октября 2009 г. – № 796.

**Архипов Олег Петрович**

ИПИ РАН, Орловский филиал, г. Орел

Кандидат технических наук, директор института

E-mail: [ofran@orel.ru](mailto:ofran@orel.ru)

**Ивашук Ольга Александровна**

Орловский государственный аграрный университет, г. Орел

Доктор технических наук, доцент

E-mail: [ivascuk@orel.ru](mailto:ivascuk@orel.ru)

**Константинов Игорь Сергеевич**

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, директор УНИИ ИТ

E-mail: [konstantinov@ostu.ru](mailto:konstantinov@ostu.ru)

**Коськин Александр Васильевич**

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, проректор по информатизации и дистанционному обучению

Тел.: +7(4862) 41-98-15

E-mail: [koskin@ostu.ru](mailto:koskin@ostu.ru)

**Савина Ольга Александровна**

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные системы»

Тел.: (84862) 76-19-10

O.P. ARHIPOV (Candidate of Economic Sciences, Director of branch of the Institute of informatics problems, Orel); O.A. IVASHCHUK (Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Orel State agrarian university); I.S. KONSTANTINOV (Doctor of Engineering Sciences, Professor); A.V. KOSKIN (Doctor of Engineering Sciences, Professor, Vice-chancellor of informatization and teleirradiation); O.A. SAVINA (Doctor of Economic Sciences, Professor); State University – ESPC, Orel

**CREATION OF BUSINESS OF GRANTING OF ELECTRONIC SERVICES TO THE POPULATION AS ONE OF KEY DIRECTIONS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF RUSSIA**

*The analysis of a current state of sphere of rendering services to the population in the Russian Federation is presented. Approaches to creation, support and realization of services with use of information technology – to creation of business of granting of services in electronic form are considered.*

**Keywords:** *electronic services to the population; information technology; a producer of electronic services to the population.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Konstantinov I.S. *Koncepciya «Sozdanie, soprovozhdenie i realizaciya e'lektronny'x uslug naseleniyu»*. – Oryol: inform. ag-vo «Sterx», 2010. – 16 s.
2. *Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 3 oktyabrya 2009 g.* – № 796.

Н.И. КОРСУНОВ, С.К. ДЕДЮЛИН, В.В. ЛЯПУШКИН

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

*На сегодняшний день нейросетевые технологии получают все более широкое применение в технике. Однако использование нейронных сетей в области строительства недостаточно развито. Применение аппроксимирующих нейронных сетей позволяет вычислять напряженно-деформированное состояние элементов конструкции при значительно меньших затратах вычислительных ресурсов, чем при использовании распространенных универсальных методов, например, метода конечных элементов. Нейронные сети применяются для расчета отдельно взятых элементов строительных конструкций. В данной работе рассмотрено их применение для расчета напряженно-деформированного состояния конструкции, состоящей из множества элементов.*

*Ключевые слова:* нейронные сети; расчет конструкций.

С развитием вычислительной техники стало возможным производить расчет сложных конструкций на все более доступных мощных компьютерах, но даже сегодняшних вычислительных мощностей недостаточно для решения более сложных задач, связанных с синтезом строительных конструкций. Поскольку при синтезе систем чаще всего применяются эволюционные методы, которые для формирования нового поколения вариантов решений производят оценку каждого варианта из предыдущего поколения, а таких поколений необходимо сотни и более, то синтез строительных конструкций требует больших затрат вычислительных ресурсов вследствие того, что каждая оценка представляет собой расчет конструкции. Самым распространенным методом расчета строительных конструкций является метод конечных элементов ввиду его универсальности и высокой точности [1]. Вместе с тем, он требует больших вычислительных ресурсов. Проблема их сокращения при анализе конструкции является актуальной и ее решение значительно повысит скорость решения задач синтеза строительных конструкций.

Основной идеей предполагаемого метода расчета является использование нейронных сетей для определения внутренних сил и перемещений элементов модели, которые представляют собой более крупные блоки по сравнению с конечными элементами. Элементы модели выбираются по их функциональному назначению. Например, пластина предназначена для принятия силы распределенной по площади, стержень – для принятия силы, распределенной на отрезке. Можно также рассматривать элементы с позиций преобразователей сил. Например, пластина служит для рассредоточения/сосредоточения сил и горизонтального/вертикального их переноса.

С функциональным назначением ассоциируется шаблон. В качестве шаблона принимается композиция элементов модели, предназначенной для реализации некоторого функционального назначения. Один шаблон может реализовывать несколько функциональных назначений. Функциональное назначение элементов модели вводится с целью облегчения и сокращения поиска вариантов при синтезе конструкций. Например, если при расчете модели выявлена перегрузка несущей опоры, то для ее устранения необходимо подобрать шаблон, обладающий функциональным свойством вертикального переноса силы (опора, стена, вантовые системы и пр.) и удовлетворяющий конкретным параметрам. Таким образом, ограничивая количество участвующих в поиске элементов в базе данных, мы уменьшаем пространство поиска решений и, следовательно, снижаем потребление вычислительных ресурсов.

Предлагаемый метод расчета конструкций, как и МКЭ, должен иметь собственную базу компонентов. Последние представляют собой достаточно крупные части модели с определенным функциональным назначением. Их использование дает ощутимый выигрыш в

производительности счетной работы, но при этом мы идем на некоторое огрубление модели. В МКЭ точность расчета зависит от количества элементов, составляющих модель. Применение аппроксимирующих свойств нейронных сетей позволит установить нелинейные зависимости между перемещениями узлов компонента и укрупнить компоненты модели без существенной потери точности. Применение более крупных, специализированных компонентов снижает их универсальность, соответственно, требуются более обширные базы элементов, чем для МКЭ. Для формирования такой базы данных потребуется большое количество вычислений, необходимых для построения нейронных сетей элементов, но в то же время не нужны аналитические процессы, присущие методу конечных элементов. Компоненты базы данных могут представлять собой как простые элементы (плиты, балка), так и сложные (ферма). Нейронная сеть компонента представляет собой многослойную сеть, на входы которой подаются величины сил, моментов и перемещений для каждой из контактных точек компонента. Результатом применения сети являются значения напряжений и перемещений для каждой контактной точки. Перемещения задаются относительно начальных координат контактных точек, когда действие сил на компонент равно нулю.

Пример конструкции и соответствующей сети представлен на рисунке 1. Для компонентов, не изменяющих собственных свойств, нейронная сеть может не содержать обратных связей. Нейронная сеть компонента, приведенного на рисунке 1 содержит 2 группы входов и состоит из сил и моментов ( $F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z$ ), группа выходов соответствует перемещениям ( $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ ). Процесс функционирования данной модели следующий: поскольку в точке действия силы  $F$  присутствует 2 компонента, принимаем  $F_1=F_2=F/2$ . Далее производятся вычисления перемещений для каждого элемента:

$$\Delta_1 = N_1(F_1),$$

$$\Delta_2 = N_2(F_2),$$

где  $\Delta_1$  – перемещение 2-й контактной точки первого элемента,

$\Delta_2$  – перемещение 1-й контактной точки второго элемента.

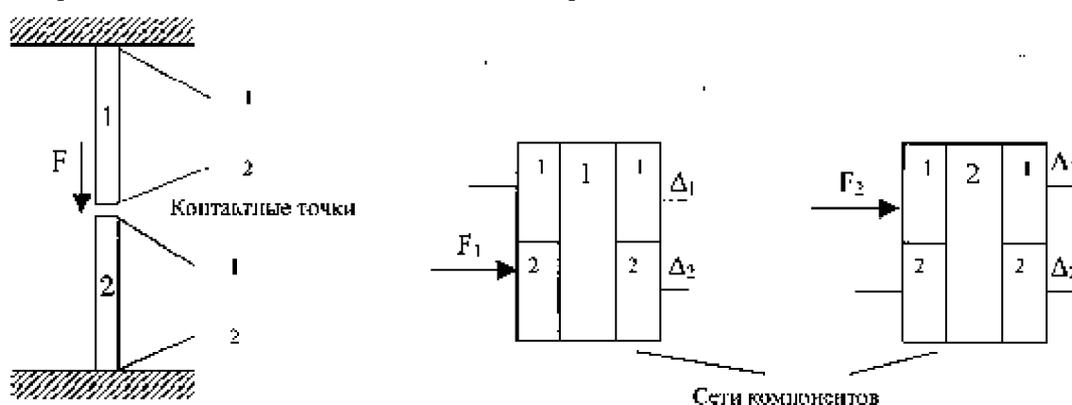


Рисунок 4 – Пример нейронной сети конструкции

Вычисление возможно, поскольку одна из контактных точек каждого из компонентов неподвижна. В противном случае вычисление компонента откладывается до тех пор, пока не станут известными перемещения в стольких контактных точках, сколько необходимо для определения статически определимого состояния компонента.

Если  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  равны, то достигнуто искомое состояние. Иначе необходимо корректировать  $F_1$  и  $F_2$  и произвести новый цикл расчетов. От способа перераспределения сил зависит количество итераций, необходимых для расчета.

Определим величину изменения  $\Delta f$ , на которую будут изменены  $F_1$  и  $F_2$  соответственно. Пусть  $\Delta_1 > \Delta_2$ , тогда

$$F_1' = F_1 + \Delta f,$$

$$F_2' = F_2 + \Delta f,$$

$$F_1' + F_2' = F_1 + F_2 = F.$$

Обозначив  $\Delta_1'$  и  $\Delta_2'$  перемещения, предполагаемые на следующем шаге вычислений, запишем:

$$\Delta_1' = \Delta f N_1'(F_1) + \Delta_1,$$

$$\Delta_2' = \Delta f N_2'(F_2) + \Delta_2.$$

Предположим, нам удастся найти такую величину  $\Delta f$ , при которой новые перемещения  $\Delta_1'$  и  $\Delta_2'$  совпадут:

$$\Delta_1' = \Delta_2'.$$

$$\Delta f N_1'(F_1) + \Delta_1 = \Delta f N_2'(F_2) + \Delta_2,$$

$$\Delta f = (\Delta_2 - \Delta_1) / (N_1'(F_1) - N_2'(F_2)).$$

Найти  $N_i'(F)$  также просто, как и определить само значение  $N_i(F)$ . Эти процессы без особых затруднений совмещаются, что экономит вычислительные ресурсы. Эффективность поправки  $\Delta f$  непосредственно зависит от нелинейности функций  $N_i(F)$  в области своих аргументов.

Для обучения нейронной сети необходимо составить обучающую последовательность, от полноты которой будет непосредственно зависеть качество обучаемой сети и точность полученных расчетов. Для составления обучающей последовательности предлагается использовать метод конечных элементов, с помощью которого вычисляются перемещения контактных точек конструкции, вызванные воздействием внешних сил. На рисунке 2 приведен пример опоры с тремя контактными точками.

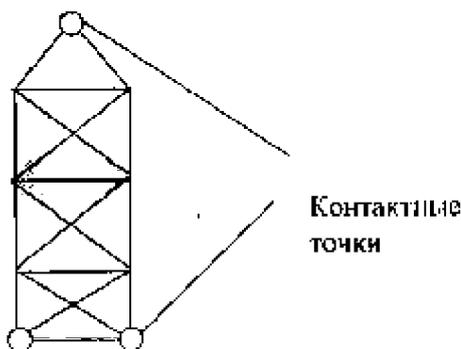


Рисунок 5 – Пример опоры с тремя контактными точками

Согласно методу конечных элементов, перемещения узлов конструкции могут быть найдены из решения уравнения:

$$K \vec{q} = \vec{F}, \quad (1)$$

где  $K$  – матрица жесткости системы,

$\vec{q}$  – искомый вектор перемещений узлов конструкции,

$\vec{F}$  – вектор сил в узлах конструкции.

Последовательность обучения состоит из пар векторов  $F^* = \{f_1, f_2, f_3\}^T$  и  $V = \{v_1, v_2, v_3\}^T$ , которые составляются путем выборки из векторов  $\vec{F}$  и  $\vec{q}$  значений, соответствующих контактным точкам. Для каждой пары из обучающей последовательности необходимо найти вектор  $\vec{q}$  в приведенной системе уравнений, так что при вариации вектора  $\vec{F}$  матрица жесткости  $K$  оставалась неизменной. Так как матрица жесткости системы  $K$  постоянна, то система уравнений 1 – линейна, а равные относительные изменения компонент вектора  $F$  приведут к такому же относительному изменению компонент вектора  $V$  [2].

Задавая некоторое множество дискретных приращений  $\Delta f$ , получаем дискретные приращения  $\Delta \bar{V}$ , по которым определяем абсолютные значения  $V_i = V_i^* + \Delta V_i$  и  $F_i = F_i^* + \Delta F_i$ ; здесь  $V_i$  – абсолютное значение компонента  $q_i$ , соответствующее абсолютному значению  $F_i^*$ ,  $\Delta V_i = \Delta q_i$  – абсолютное приращение компонента  $q_i$ , соответствующее относительным приращениям  $\Delta F_i$  компонентов вектора  $F_i^*$ . Полученные значения  $q$  и  $F$  образуют обучающую последовательность.

По полученной обучающей последовательности  $(q, F)$  производится обучение нейронной сети прямого распространения, например, методом обратного распространения ошибки [3].

Полученные значения перемещений компонентов конструкции оцениваются на допустимость. Если найдены нарушения, то в зависимости от их типа нарушений по базе компонентов производится поиск компонента с аналогичным функциональным назначением. В случае нахождения подходящего компонента осуществляется замена прежнего компонента новым. Таким образом, помимо контроля над состоянием конструкции с помощью классификации компонентов по функциональным назначениям, появляется возможность осуществлять поиск решений выявленной проблемы. Контроль над перемещениями контактных точек компонентов может осуществляться с помощью контролирующей нейронной сети (рис. 3). Применение нейронной сети для контроля обусловлено сложностью зависимостей между допустимыми перемещениями контактных точек. Обучение контролирующей сети проводится на основе тех же данных, которые использовались для обучения нейронных сетей компонентов. Результатом функционирования данной сети будет являться оценка допустимости перемещений в диапазоне  $[-0.5; 0.5]$ . Положительным значениям соответствуют допустимые перемещения, отрицательным – критические перемещения. Пользуясь приведенной оценкой при подборе компонентов, можно устанавливать преимущества одного компонента по сравнению с другими.

#### Контролирующие сети

#### *Рисунок 6 – Пример сети с контролирующими подсетями*

Применение нейронных сетей для расчета конструкций позволит сократить объемы требуемых вычислений и тем самым предоставить возможность более тесной интеграции с программным обеспечением САПР. Такая интеграция позволит производить интерактивный контроль за проектируемой моделью, что должно качественно изменить процесс проектирования. Также станет возможным осуществление синтеза конструкций в рамках САПР.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривцов А.М. Формирование и разрушение тел с микроструктурой. – М: Физматлит, 2007.

2. Корсунов Н.И., Скандаков А.И., Слободюк А.А. Аналитико-численный метод решения систем линейных алгебраических уравнений // Научные ведомости БелГУ. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика». – № 13. – Белгород: БелГУ, 2010.
3. Корсунов Н.И., Розанов М.С. Повышение эффективности обучения нейронных сетей методом обратного распространения // Информационные технологии и вычислительная техника. – № 11. – 2007.

**Корсунов Николай Иванович**

Белгородский государственный университет, г. Белгород  
Доктор технических наук  
E-mail: [korsunov@intbel.ru](mailto:korsunov@intbel.ru)

**Дедюлин Сергей Константинович**

Белгородский государственный университет, г. Белгород  
Магистр  
E-mail: [d\\_sergey@list.ru](mailto:d_sergey@list.ru)

**Ляпушкин Вячеслав Васильевич**

Белгородский государственный университет, г. Белгород  
Студент  
E-mail: [vyacheslav.lyapushkin@yandex.ru](mailto:vyacheslav.lyapushkin@yandex.ru)

---

N.I. KORSUNOV (*Doktor of Engineering Sciences*), S.K. DEDYULIN (*Holder of a master's degree*), V.V. LYAPUSHKIN (*Student*); *Belgorod State University*

**USAGE OF NEURONNETS TECHNOLOGIES FOR CALCULATION DEFLECTED MODE OF CONSTRUCTION**

*At present time neuronnet's technologies have got a wide application in the different fields of technique. At the same time they give insufficient consideration to using neuronnets in the field of buildings. Use of approximating neuronnets will allow to definite the deflected made of constructions elements using noticeably less computing facilities then by using universal methods, finite – element method for instance. In this work use of neuronnets for calculation deflected mode of construction witch consist of many elements is consider.*

**Keywords:** *neuronnet; calculation of construction.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Krivcov A.M. Formirovanie i razrushenie tel s mikrostrukturoj. – M.: Fizmatlit, 2007.
2. Korsunov N.I., Skandakov A.I., Slobodyuk A.A. Analitiko-chislenny'j metod resheniya sistem linejny'x algebraicheskix uravnenij // Nauchny'e vedomosti BelGU. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika». – № 13. – Belgorod: BelGU, 2010.
3. Korsunov N.I., Rozanov M.S. Povy'shenie e'ffektivnosti obucheniya nejronny'x setej metodom obratnogo rasprostraneniya // Informacionny'e texnologii i vy'chislitel'naya texnika. – № 11. – 2007.

УДК 004.021

А.В. ЛУКАШЕВ

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМА РАБОТЫ ТОРГОВОЙ СИСТЕМЫ

*Рассмотрена проблема построения алгоритма автоматизированной системы торговли ценными бумагами. Предложено комплексное применение возможностей технического анализа для определения наличия уверенного изменения цены с долговременной перспективой.*

**Ключевые слова:** алгоритм; автоматизированная система; технический анализ; индикатор; ценная бумага.

### ВВЕДЕНИЕ

Под автоматизацией процесса торговли ценными бумагами принимается создание механической торговой системы (МТС). Механическая торговая система – это программа (или устройство, как следует из термина «механическая»), которая осуществляет автоматическое выставление и снятие заявок по заранее заложенной в нее логике в соответствии с торговой системой (торговой стратегией). Кроме того, возможно выполнение программой дополнительных функций на усмотрение автора системы – контроль выставленных заявок, мониторинг сделок, анализ торговли с предоставлением графиков и отчетов и т.д. Вместо слова «механическая» было бы уместнее говорить «автоматическая» торговая система, но в силу сложившихся традиций участники рынка используют именно этот термин. В настоящее время существует множество торговых терминалов, позволяющих реализовать торговых роботов (Meta Trader, Meta Stock, и т.п.). В силу этого можно найти множество решений, продающихся за небольшие (2000-4000 рублей) деньги. Большинство таких роботов имеют простую стратегию, основанную на неустойчивых принципах. Например, популярная торговая стратегия 20/200 pips [1] действительно приносит определенную прибыль, что доказано испытаниями её на реальных данных. Но она основана на неустойчивой закономерности движения цены одного инструмента.

Рассмотрим ещё одну торговую стратегию «14-дневный RSI» [2], основанную на более реальных правилах. В данной системе используется технический индикатор RSI, причём его показания используются не в классической его интерпретации. В результате получается система, которая работает только на больших временных отрезках.

Можно дальше рассматривать общедоступные системы, но их логика сводится к применению одного индикатора или правила, выявленного для определенного инструмента, что дает работающую, но не очень стабильную систему, допускающую большое количество ошибочных срабатываний. С одной стороны, это обусловлено тем, что большинство таких систем направлены и реализованы с использованием функционально ограниченных терминалов, а с другой (с точки зрения разработки высоко нагруженных систем реального времени) – технически неудачными решениями. На рынке существуют и серьезные игроки, использующие механические торговые системы, примером такого игрока является Renaissance Technologies, но их решения недоступны для рассмотрения, т.к. являются закрытой информацией.

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА МЕХАНИЧЕСКОЙ ТОРГОВОЙ СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ ИНДИКАТОРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Во время исследования вопроса автоматизации процесса торговли были сформированы следующие требования к системе:

- Работа на внутрисуточном рынке
- Создание небольшого количества сигналов
- Отсутствие ложных срабатываний
- Отсутствие срабатываний на боковом движении

Для реализации такой системы за основу были взяты наиболее эффективные практики технического анализа [3].

Рассмотрим возможный вариант автоматизации торговой системы, использующей технический анализ. В качестве инструментов, позволяющих определить направление и силу тренда, будем использовать следующий набор индикаторов:

- Пересечение линий скользящих средних (Moving Average, MA) [3]
- Индикатор силы тренда (ADX) [4]
- Относительный объём торгов

Технический индикатор «скользящее среднее» (Moving Average, MA) показывает среднее значение цены инструмента за некоторый период времени, являющийся параметром расчёта. При расчете Moving Average производится математическое усреднение цены инструмента за данный период.

Существует несколько наиболее распространённых типов скользящих средних: простое (его также называют арифметическим), экспоненциальное, сглаженное и взвешенное. Moving Average можно рассчитывать для любого последовательного набора данных, включая цены открытия и закрытия, максимальную и минимальную цены, объём торгов или значения других индикаторов. Нередко используются и скользящие средние самих скользящих средних. Единственное, чем Moving Average разных типов существенно отличаются друг от друга – это разные весовые коэффициенты, которые присваиваются последним данным. В случае «простого скользящего среднего» (Simple Moving Average) все цены рассматриваемого периода имеют равный вес. Экспоненциальные и взвешенные скользящие средние (Exponential Moving Average и Linear Weighted Moving Average) делают более весомыми последние цены. Самый распространённый метод интерпретации «скользящего среднего» цены состоит в сопоставлении его динамики с динамикой самой цены. Когда цена инструмента поднимается выше значения Moving Average, возникает сигнал к покупке, а когда она опускается ниже линии индикатора — сигнал к продаже. Данная система торговли с помощью Moving Average вовсе не предназначена обеспечить вхождение в рынок строго в его низшей точке, а выход — строго на вершине. Она позволяет действовать в соответствии с текущей тенденцией: покупать вскоре после того, как цены достигли основания, а продавать вскоре после образования вершины. «Скользящие средние» могут применяться также и к индикаторам. При этом интерпретация «скользящих средних» индикаторов аналогична интерпретации ценовых скользящих средних: если индикатор поднимается выше своего Moving Average — значит, восходящее движение индикатора продолжится; если индикатор опускается ниже Moving Average, это означает продолжение его нисходящего движения.

Варианты скользящих средних:

Simple Moving Average (SMA) — простое скользящее среднее

Exponential Moving Average (EMA) — экспоненциальное скользящее среднее

Smoothed Moving Average (SMMA) — сглаженное скользящее среднее

Linear Weighted Moving Average (LWMA) — линейно-взвешенное скользящее среднее

На рисунке 1 представлен 15-ти минутный график с нанесёнными на него средними скользящими. В случае пересечения красной линии синей снизу вверх, мы получаем сигнал о росте цены, то есть сигнал на покупку (отмечен стрелкой вверх). Как видно из рисунка, такая система даёт много ложных сигналов на продажу/покупку инструмента. В результате такой работы такой мы будем делать множество сделок, большинство из которых либо принесут убыток, либо минимальную прибыль, а с учётом необходимости выплачивать комиссии за каждую сделку такой подход обречён на неудачу. Для фильтрации лишних сделок обратимся к дополнительным индикаторам и показателям.

Технический индикатор «индекс среднего направления движения» (Average Directional Movement Index, ADX) помогает определить наличие ценовой тенденции.

На рисунке 2 представлен график движения цены с индикатором силы тренда (ADX) с порогом, равным 30. Данный индикатор позволяет нам проводить сделки только при условии

наличия сильного тренда. Часть сигналов, тем не менее, генерируется при боковом (незначительном) движении цены. Улучшить ситуацию позволит добавление индикатора относительного объема торгов.



Рисунок 1 – Сигналы пересечения линий средних скользящих; стрелками обозначены сигналы на покупку (стрелка вверх) и продажу (стрелка вниз)



Рисунок 2 – Фильтрация ложных сигналов при помощи индекса направления движения

Для определения увеличения активности рынка воспользуемся двумя средними скользящими по объёму торгов. Если линия среднего скользящего с меньшим периодом (удобно будет взять период длиной в 4 шага, чтобы сгладить «шипы» и при этом не создать слишком большую задержку) оказывается выше линии с большим периодом сглаживания (подойдёт период в 65 шагов), то можно заключать сделку, при обратном расположении линий – сделку следует закрывать.

Рисунок 3 демонстрирует фильтрацию сигналов на основе индикатора относительного объёма торговли. Система будет срабатывать только при учёте 2-х факторов: индикатора тренда и объёмов торгов. Индикатор тренда позволяет судить о начале сильного тренда в направлении, указанном пересечением средних скользящих, а объёмы торгов возрастают, что позволяет судить о возможности дальнейшего усиления тренда.



Рисунок 3 – Применение индикатора на основе объёмов торговли

Таким образом, автоматизировать процесс можно, применив следующий анализ:

Рассматривая индекс силы тренда, в случае, если значение индикатора ADX выше заданного порога (25 ~ 30), переходить к оценке объёмов торгов.

Рассматривая средние скользящие по объёмам торгов, в случае нахождения средней скользящей с коротким периодом выше средней скользящей с длинным периодом делать вывод о сильном возрастающем тренде и переходить к определению направления тренда.

Рассматривая средние скользящие по закрытию периода агрегации, в случае пересечения более короткой средней скользящей более длинной сверху вниз принимать решение об открытии сделки на продажу инструмента, в обратном случае – на покупку.

При ослаблении тренда (индикатор силы тренда или объёмов торгов упали ниже условия срабатывания) закрывать сделку.

Применение такой системы позволяет открывать эффективные сделки, игнорируя незначительные изменения рынка.

## ВЫВОДЫ

Доступные для экспертизы торговые системы не позволяют вести безопасную внутридневную торговлю и работают на основании математически и фундаментально не подтверждённых правил. Использование комплекса инструментов технического анализа позволяет перекрыть основные требования и создать эффективную систему для работы на внутридневном рынке, которая входит в позицию только при наличии уверенного тренда. Применение данной системы не ограничено рынком forex, при некоторых корректировках уровней срабатывания её можно перенести на фондовый рынок, а также рынок деривативных продуктов, которые, благодаря более высокой волатильности, позволят вести более прибыльную торговлю. В дальнейшем перспективным решением может быть применение нейронных сетей. С их применением можно создать самообучающийся индикатор достижения локального экстремума цены и силы тренда, а также модуль агрегации данных, поступающих от различных индикаторов. При условии создания эффективного алгоритма самообучения такая система может иметь серьезные конкурентные преимущества, такие, как: универсальность и самоорганизация.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов П.В. Механическая торговая система «20/200 pips». Результаты торговли на 2010 год. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.autoforex.ru/lab/otchet-o-testirovanii-2010-god-20-200-v1/otchet-o-testirovanii-2010-god-20-200-v1.php> (дата обращения: 20.12.2010).
2. Медведев М. Механическая торговая система по RSI от Чака Лебо. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://pisali.ru/medvedev70/3997/> (дата обращения: 25.12.2010).
3. Лука К. Применение технического анализа на мировом валютном рынке FOREX. – Евро, 2003. – 413 с.
4. J. Welles Wilder Jr. New Concepts in Technical Trading Systems. Trend Research, 1978. – 142 с.

**Лукашев Александр Владимирович**

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,

г. Санкт-Петербург

Аспирант кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления

E-mail: [alexander.lukashev@pisem.net](mailto:alexander.lukashev@pisem.net)

A.V. LUKASHEV (*Postgraduate student*); *Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"*  
(*ETU*)

## TECHNICAL ANALYSIS APPLICATION TO THE TRADING SYSTEM ALGORITHM DEVELOPMENT

*The problem of securities trading system algorithm development is considered. A wide-range application of technical analysis capabilities to determine significant long-term price variations is proposed.*

**Keywords:** *algorithm; automated system; technical analysis; indicator; securities*

## BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Smirnov P.V. Mexanicheskaya trgovaya sistema «20/200 pips». Rezul'taty' trgovli na 2010 god. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.autoforex.ru/lab/otchet-o-testirovanii-2010-god-20-200-v1/otchet-o-testirovanii-2010-god-20-200-v1.php> (data obrashheniya: 20.12.2010).
2. Medvedev M. Mexanicheskaya trgovaya sistema po RSI ot Chaka Lebo. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://pisali.ru/medvedev70/3997/> (data obrashheniya: 25.12.2010).
3. Luka K. Primenenie texnicheskogo analiza na mirovom valyutnom ry'nke FOREX. – Evro, 2003. – 413 s.
4. J. Welles Wilder Jr. New Concepts in Technical Trading Systems. Trend Research, 1978. – 142 s.

УДК 65.011.8

А.И. ФРОЛОВ, С.В. ТЕРЕНТЬЕВ

**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ  
ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ  
НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

*В статье рассматриваются вопросы реорганизации существующей информационно-технологической среды при внедрении в организационно-технических системах подхода к управлению, основанного на применении информационно-аналитических ресурсов. Сформулированы основные этапы процесса формирования современной информационно-технологической среды управления организационно-техническими системами на основе информационно-аналитических ресурсов. Раскрыто содержание выделенных этапов.*

***Ключевые слова:** организационно-технические системы; управление; реорганизация; информационно-аналитические ресурсы; информационно-технологическая среда.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Получение, обобщение и представление достоверной информации о сложной организационно-технической системе (ОТС) и окружающей ее среде в целях формулировки обоснованных управленческих решений стратегического уровня представляет собой сложную научно-техническую проблему. Это в значительной мере обусловлено высокими сложностью и размерностью системы показателей, описывающих состояние и процессы функционирования ОТС.

В ряде работ (например, [1]) с целью повышения эффективности управления сложными ОТС (в частности, интегрированными образовательными комплексами) предложен подход к построению автоматизированных систем управления, основанный на применении информационно-аналитических ресурсов (ИАР). Данный подход основан на характерном свойстве сложных ОТС – наличии информационных ресурсов, которые при соответствующей организации могут являться отображением фактического состояния параметров системы, а также окружающей ее среды. Такие информационные ресурсы можно формализовать и использовать в качестве аналитической составляющей процесса управления.

Коллективом исследователей ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК» в рамках НИР «Повышение эффективности управления интегрированными образовательными комплексами на основе информационно-аналитических ресурсов» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы получены теоретические и практические результаты, обеспечивающие возможность построения автоматизированных систем управления, основанных на применении данного подхода к управлению ОТС. В ходе проведенных исследований выявлено, что процесс внедрения программно-аппаратных комплексов, реализующих предложенный подход к управлению, требует существенных изменений в существующей информационно-технологической среде ОТС, то есть формирования новой информационно-технологической среды существования ИАР [2].

В данной статье раскрыты детали процесса формирования информационно-технологической среды (ИТС) управления ОТС на основе ИАР, сформулированы требования к исходным данным и содержание этапов предложенной методики.

**Методика формирования современной информационно-технологической среды существования информационно-аналитических ресурсов**

Формирование информационно-технологической среды существования ИАР представляет собой сложный процесс интеграции разнородных программных, аппаратных, информационных и сетевых ресурсов в целях реализации функции управления в соответствии с предложенным подходом. Данный процесс нельзя рассматривать как процесс проектирования и построения корпоративной компьютерной сети, хотя, безусловно, в

процессе построения информационно-технологической среды в качестве одной из подзадач встанет задача построения или модернизации сетевой инфраструктуры.

Как показано в [2] процесс формирования современной ИТС существования информационно-аналитических ресурсов затрагивает следующие объекты и процессы:

- схема информационного взаимодействия функциональных элементов ОТС;
- процессы информационного взаимодействия как персонала, так и автоматизированных информационных систем ОТС;
- сетевая инфраструктура ОТС;
- программное и аппаратное обеспечение корпоративных информационных систем;
- процессы управления информационными потоками и вычислительными ресурсами корпоративной сети.

На основе анализа [2] можно выделить основные этапы процесса формирования информационно-технологической среды существования ИАР и сформулировать их общее содержание. Графическое представление методики процесса формирования информационно-технологической среды существования ИАР приведено на рисунке 1.

В целях рассмотрения сущности выделенных этапов сформулируем требования к исходным данным процесса формирования ИТС.

### **Исходные данные процесса формирования ИТС**

Основными исходными данными для процесса формирования информационно-технологической среды является информация о составе и жизненном цикле информационно-аналитических ресурсов ОТС. В качестве спецификаций, используемых для представления этой информации, предлагается использовать:

- паспорта показателей (первичных данных для формирования информационно-аналитических ресурсов);
- структурные схемы движения информационно-аналитических ресурсов, определяющие процессы жизненного цикла ИАР и отображение этих процессов на организационную структуру ОТС.

Паспорт представляет собой реестровую запись, содержащий набор характеристик информационного показателя, используемого при формировании ИАР. На основании проведенных исследований были выделены следующие типовые атрибуты такой записи:

- порядковый номер;
- наименование показателя;
- единица измерения;
- функциональная группа (характеризуемая показателем сфера деятельности ОТС);
- место возникновения информации;
- периодичность возникновения информации;
- степень автоматизации (существование данных в информационно-управляющих системах);
- проекции на структуру ОТС (сведения о том, для характеристики каких элементов ОТС используется данный показатель);
- уровень объективности показателя;
- особенности использования (перечисляются внешние и внутренние отчеты, при составлении которых используется данный показатель, либо указываются иные варианты его использования);
- период актуальности данных (срок хранения);
- тип показателя (первичный, вторичный).

Разработка схем движения информационно-аналитических ресурсов предполагает определение порядка преобразования ИАР, а также выполнение проекции на организационную структуру ОТС. Последнее означает, что необходимо определить, в каких структурных элементах ОТС выполняются те или иные операции с информацией, каким

образом и в какой последовательность данные передаются между ними.

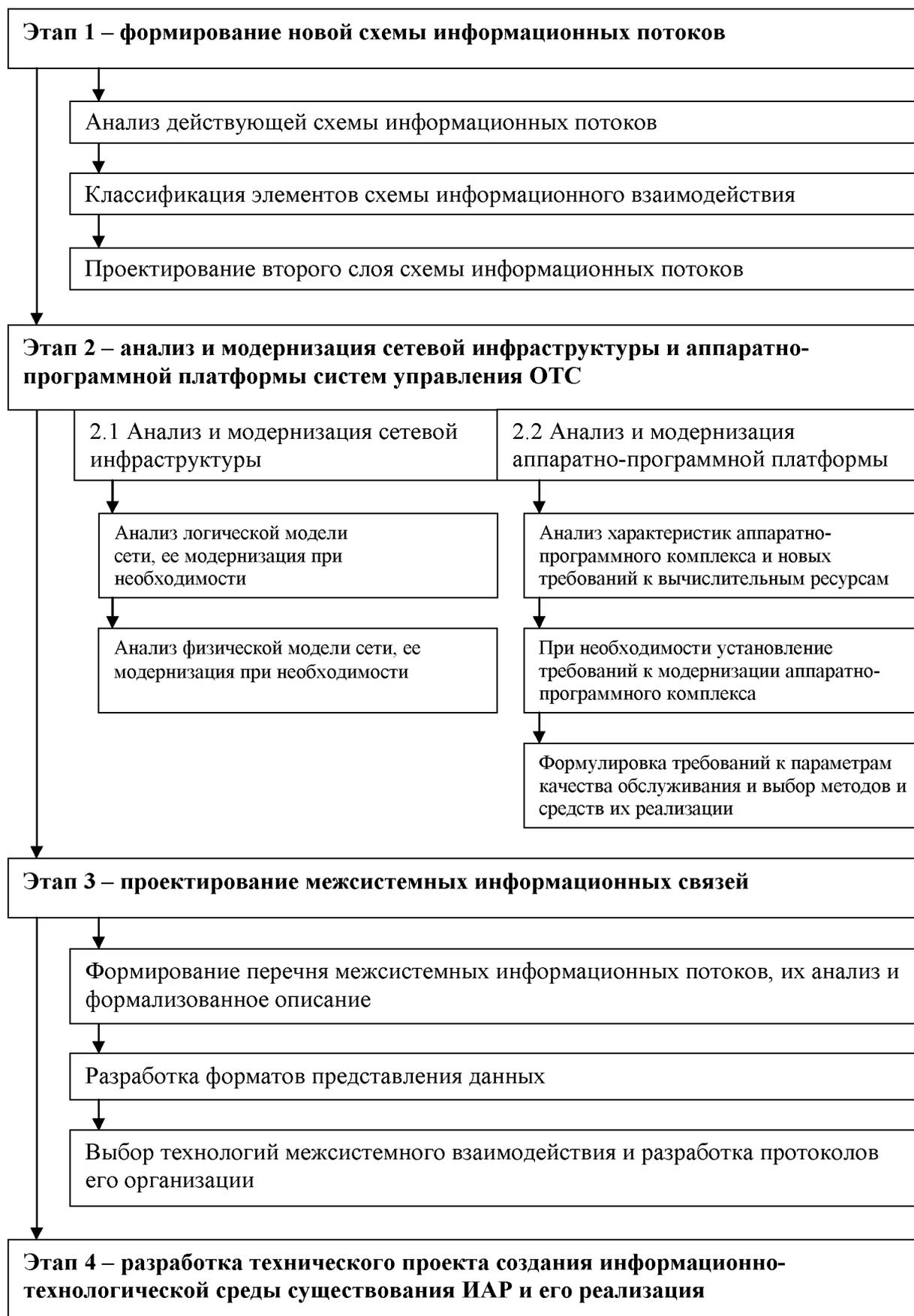


Рисунок 1 – Методика формирования информационно-технологической среды

При построении конкретных схем движения ИАР предлагается использовать в качестве основы обобщенную схему, отражающую ключевые этапы работы с информацией и их логическую взаимосвязь. Обобщенная схема движения ИАР представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Обобщенная схема движения ИАР

Процесс формирования и движения ИАР включает семь обобщенных этапов

1. Возникновение. Появление новых данных, связанное с наступлением определенных событий.

2. Накопление. Этап имеет место в том случае, если для формирования ИАР необходимо аккумулировать сведения о многих (или, по меньшей мере, нескольких) произошедших событиях.

3. Первичная обработка. Первый этап, связанный с упорядочиванием сведений и их приведением к более формализованному виду.

4. Получение вторичных показателей, агрегирование, моделирование. В зависимости от вида информационно-аналитических ресурсов могут выполняться либо все, либо некоторые из подэтапов 4.1, 4.2., 4.3. На данной стадии первичные сведения фактически превращаются в информацию, пригодную для анализа.

5. Анализ. На данной стадии в общем случае определяется оцененная через ИАР степень соответствия текущего состояния системы целевому.

6. Использование для принятия решений. Выполнение данного этапа является целью существования системы ИАР, да и, вообще, главной задачей системы управления ОТС. В зависимости от конкретной задачи решения могут носить разносторонний характер и приниматься на различных уровнях управления.

7. Передача. Процесс не предполагает какой-либо обработки или анализа информации. Определяет факт передачи данных между элементами структуры ОТС и/или этапами жизненного цикла.

Отображение схемы движения на организационную структуру ОТС осуществляется путем выделения секторов ответственности структурных единиц, участвующих в процессе формирования и существования ИАР и разнесении перечисленных этапов по выделенным секторам.

Далее раскроем сущность этапов предложенной методики.

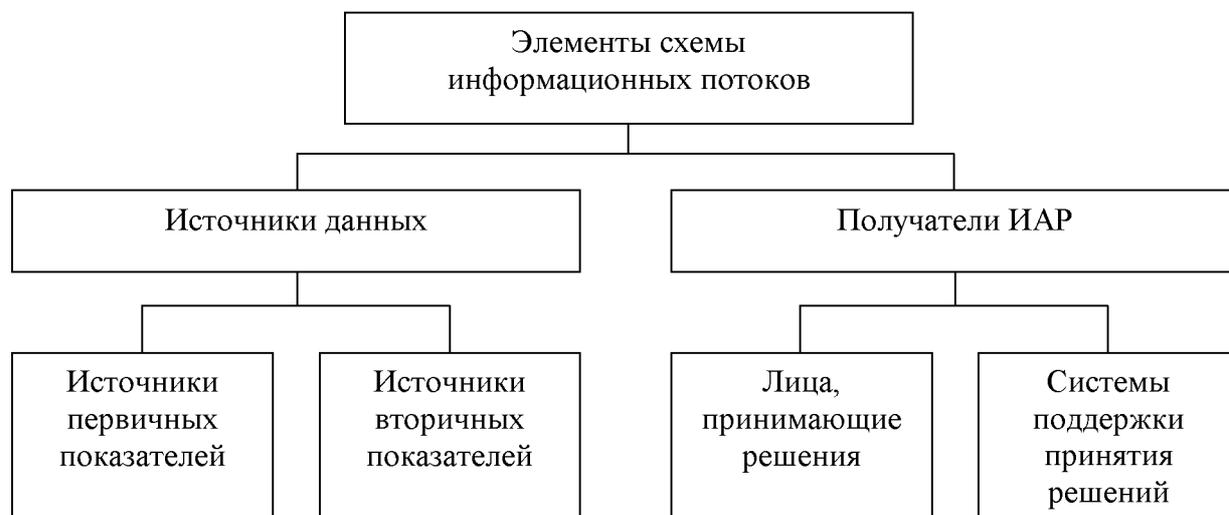
**Формирование схемы информационных потоков**

Как было сказано выше, схемы движения информационно-аналитических ресурсов накладываются на существующую схему информационных потоков организационно-технической системы и зачастую будут модифицировать ее. Таким образом, первым этапом является анализ существующей схемы информационных потоков ОТС.

Процесс формирования информационно-аналитических ресурсов представляет собой преобразование огромного массива разнородных первичных показателей, характеризующих различные сферы деятельности ОТС, в обобщенные модельные представления, позволяющие осуществлять оценку текущего состояния и прогноз развития системы. Поэтому на первом этапе на основании разработанных паспортов показателей и структурных схем движения ИАР выявляются элементы существующей схемы информационных потоков. Такими элементами могут являться аппаратно-программные средства существующей информационно-технологической среды ОТС и должностные лица (элементы организационной структуры), являющиеся источниками показателей или потребителями ИАР.

Вторым шагом в построении схемы информационных потоков является классификация элементов существующей схемы с точки зрения специфики их взаимодействия с программным комплексом управления ОТС на основе информационно-аналитических ресурсов.

Первым признаком классификации (рисунок 3) необходимо принять роль элемента схемы информационного взаимодействия по отношению к системе управления ОТС. Как уже было отмечено выше, по данному критерию все элементы схемы информационных потоков могут быть разделены на источники показателей и получателей ИАР.



*Рисунок 3 – Классификация элементов схемы информационных потоков*

В классе источников показателей в соответствии с обобщенной схемой движения информационно-аналитических ресурсов, предложенной в ходе исследований второго этапа НИР, можно выделить источники первичных и вторичных (или агрегированных) показателей. Первичными считаются показатели, с максимальной степенью детализации характеризующие состояние отдельных объектов и процессов ОТС, вторичными – показатели, прошедшие предварительную статистическую (обычно элементарную) обработку.

Получателями информационно-аналитических ресурсов в общем случае являются элементы системы формирования управляющих воздействий. Их можно классифицировать по принципу автоматизации процесса принятия решений на лиц, принимающих решения, в

случае их непосредственного взаимодействия с системой управления ОТС на основе ИАР и системы поддержки принятия решения в случае осуществления экспорта информационно-аналитических ресурсов (например, результатов моделирования) в данные системы.

В дополнение необходимо отметить, что источники показателей также могут быть дополнительно классифицированы по критерию автоматизации функций ввода значений показателей в систему управления ОТС на основе ИАР. В качестве источников показателей могут являться как люди (операторы ввода данных), так и существующие информационно-управляющие системы ОТС. Однако, нужно отметить, что зачастую о степени автоматизации процесса ввода данных говорит тип получаемых показателей (первичные или вторичные). Обычно первичные показатели поступают в систему посредством ручного ввода, а вторичные являются результатом обработки первичных показателей в других информационных системах.

На основании анализа схемы информационных потоков и классификации ее элементов возможно построение так называемого второго слоя схемы информационных потоков. Абстрактное представление данной схемы приведено на рисунке 4. Второй слой схемы информационных потоков представляется элементами системы управления ОТС на основе ИАР и информационными связями с элементами существующей схемы информационных потоков: источниками показателей (ИП) и получателями информационно-аналитических ресурсов (ПИАР).

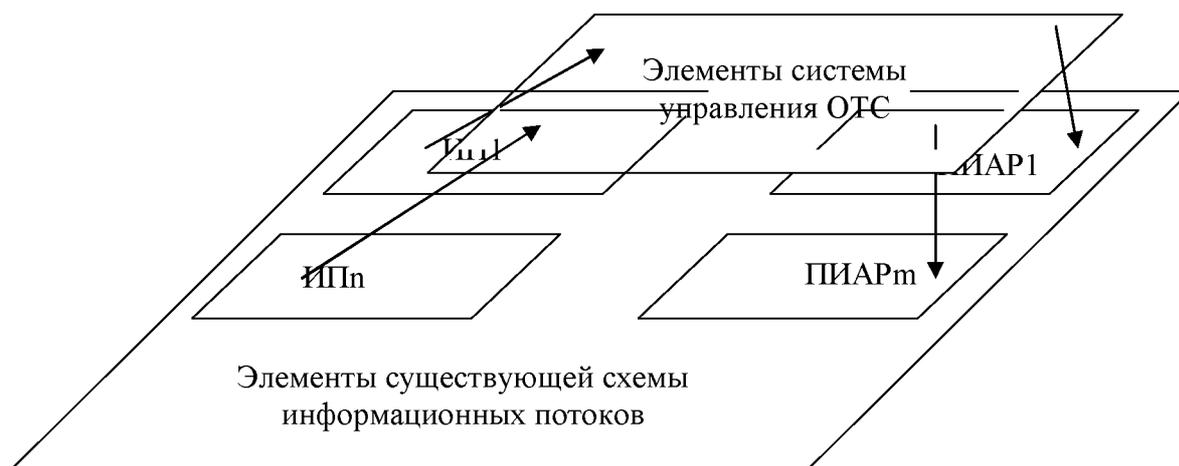


Рисунок 4 – Абстрактное представление результата проектирования схемы информационных потоков среды существования ИАР

#### **Анализ и модернизация сетевой инфраструктуры и аппаратно-программной платформы систем управления ОТС**

В соответствии с предложенной выше методикой рассмотрим отдельно два выделенных процесса.

##### *1 Анализ и модернизация сетевой инфраструктуры.*

Как известно, сеть любой организации в первую очередь должна обеспечивать передачу данных в соответствии с заданной схемой информационных потоков. Во-вторых, обеспечивать должное качество обслуживания пользователей. Первое из приведенных требований в связи изменением схемы информационных потоков обуславливает необходимости анализа и, возможно, модификации как логической, так и физической модели (как частный случай, топологии) сети. Второе требование в связи с повышением интенсивности информационного обмена в подавляющем большинстве случаев может привести к необходимости модификации только физической модели сети, вернее, к повышению характеристик производительности сетевого оборудования и увеличению пропускной способности каналов передачи данных.

Процесс анализа сетевой инфраструктуры начинается с отображения полученной в ходе первого этапа схемы информационных потоков на логическую модель компьютерной сети. Тем самым определяется место элементов схемы информационных потоков в логической топологии. Затем проводится анализ реализации текущей моделью сети всех требуемых информационных связей (потоков). В случае отрицательного результата (например, вследствие принятых в сети схем адресации и маршрутизации, политики безопасности) формулируются предложения по изменению логической модели сети. Возможны случаи технической невозможности или неэффективности модификации логической модели сети вследствие ее внутренних специфических особенностей и ограничений. Тогда принимается решение о модификации физической топологии (о введении новых каналов передачи данных и промежуточных устройств), и, уже как следствие, логической модели.

Также физическая модель сети может модифицироваться по причине несоответствия характеристик ее производительности возросшим требованиям к качеству обслуживания (QoS). Для оценки необходимости таких изменений проводится анализ обновленной схемы информационных потоков. Данная процедура является достаточно формализованной и заключается в выделении групп пользователей, типов трафика, определении интенсивности информационного обмена и формулировке требований к характеристикам производительности сети. Затем осуществляется анализ физической модели сети на предмет удовлетворения требований к производительности (пропускной способности каналов передачи данных и производительности сетевой аппаратуры).

#### *2 Анализ и модернизация аппаратно-программной платформы.*

Отмеченная выше возможность модернизации физической модели сети с целью повышения характеристик производительности на практике реализуется довольно редко, так как внедрение системы управления ОТС на основе информационно-аналитических ресурсов не так существенно увеличивает объемы передаваемых данных, а современные компьютерные сети строятся, как правило, с определенной избыточностью по производительности.

По причине низкой производительности более вероятным является возникновение необходимости модернизации аппаратной платформы существующей информационно-технологической среды. Модернизация же программной платформы может быть вызвана применением новых прикладных программ, использованных при построении системы управления, и, как следствие, необходимостью модернизации системного и прикладного программного обеспечения серверов информационно-технологической среды.

Соответственно, в первую очередь должен быть проведен анализ требований программных средств внедряемой системы управления к вычислительным ресурсам (классический анализ сложности и/или трудоемкости алгоритмов). Также анализируются эксплуатационные требования к разработанным программным средствам в части аппаратной и программной совместимости.

На основе полученных требований осуществляется анализ производительности аппаратной и совместимости программной платформ. В случае несоответствия имеющихся аппаратно-программных средств выдвинутым требованиям, формулируется задание на модернизацию аппаратно-программного комплекса.

Несмотря на принимаемые меры по модернизации аппаратной платформы информационно-технологической среды существования ИАР отсутствует гарантия обеспечения должного качества обслуживания (основным показателем которого в данном случае является задержка) пользователей системы управления. Это обусловливается неизбежным ростом потребностей в вычислительных ресурсах при накоплении информации о состоянии ОТС за прошедшие периоды и введении в эксплуатацию новых программных средств, реализующих сложные прогнозные модели. При этом здесь идет речь не о качестве обслуживания в традиционном понимании – по сетевому ресурсу, а о качестве обслуживания на прикладном уровне (в терминах многоуровневых моделей сетевого взаимодействия) или

на уровне пользователя [3], основной характеристикой которого является время ожидания пользователя с момента отправки запроса до получения результатов. И в рассматриваемом аспекте, когда каналный ресурс не является лимитирующим фактором, подавляющую часть задержки составляет время, затрачиваемое на обработку данных (например, моделирование). Основные идеи такого подхода к обеспечению качества обслуживания в современных информационных системах изложены в [4].

#### **Проектирование межсистемных информационных связей**

Результатом данного этапа является формулировка достаточно детальных требований к процессам информационного взаимодействия системы управления ОТС на основе ИАР с внешними информационно-управляющими системами. В первую очередь осуществляется формирование перечня межсистемных информационных потоков. Для этого из полученной схемы информационных потоков выделяются связи (второго слоя, см. рисунок 4) между системой управления и источниками и получателями информации, отнесенными по результатам проведенной классификации к информационно-управляющим системам.

Каждая из полученных информационных связей должна быть проанализирована и формализована. То есть для каждой связи формируются спецификации, регламентирующие структурную (состав передаваемой информации) и процедурную (порядок взаимодействия систем) составляющие процесса информационного обмена.

На основе структурных спецификаций определяется формат передаваемых данных (декларативная часть протокола информационного обмена). Процедурные спецификации, а также результаты анализа технологий реализации внешних информационно-управляющих систем используются при выборе технологий реализации и формулировке процедурной части протокола информационного обмена.

#### **Разработка технического проекта создания информационно-технологической среды существования ИАР и его реализация**

Целью разработки технического проекта создания информационно-технологической среды является перевод сформулированных на предыдущих этапах решений, спецификаций и требований в инженерные представления о модернизируемой информационно-технологической среде. Данный процесс достаточно прозрачен, отметим только, что комплексный технический проект (как следствие из описанных выше этапов методики) обязательно должен включать следующие элементы:

- проект на модернизацию компьютерной сети;
- проект на модернизацию аппаратно-программной платформы;
- проектную документацию на программные средства обеспечения качества обслуживания;
- проектную документацию на программные средства интеграции системы управления с внешними информационно-управляющими системами.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Процесс внедрения программно-аппаратных комплексов, реализующих предложенный подход к управлению на основе ИАР, требует существенных изменений в существующей информационно-технологической среде ОТС.

2. Основными исходными данными для процесса формирования ИТС является информация о составе и жизненном цикле информационно-аналитических ресурсов ОТС. Данная информация может быть специфицирована с использованием паспортов показателей и структурных схем движения ИАР.

3. Внедрение системы управления ОТС на основе ИАР приводит к формированию «второго слоя» схемы информационного взаимодействия, связанного информационными потоками с источниками и получателями информации в существующей схеме. В ряде случаев может потребоваться модификация существующей схемы информационных потоков («первого слоя»). Спецификации полученных информационных потоков, связывающих

выделенные слои, являются основой для проектирования межсистемных информационных связей (определения протоколов информационного обмена).

4. Причинами модификации сетевой инфраструктуры могут являться ее несоответствие новой схеме информационных потоков или требованиям к производительности. Причем в первом случае происходит модификация как логической модели сети, так и физической, во втором случае – только физической.

5. Одной из важнейших задач при построении ИТС является обеспечение должного уровня качества обслуживания, что обуславливается большой ресурсоемкостью вычислительных задач моделирования. При этом задача обеспечения качества обслуживания должна решаться «на уровне пользователя», то есть с применением новых, отличных от используемых в классических сетевых механизмах QoS, подходов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коськин А.В. Информационно-аналитические ресурсы для управления организационно-техническими системами; под общ. ред. проф. Константинова И.С. – М: Машиностроение-1, 2006. – 208 с.
2. Фролов А.И., Коськин А.В. О процессе формирования современной информационно-технологической среды управления организационно-техническими системами на основе информационно-аналитических ресурсов [Электронный ресурс] // Материалы международной научно-практической интернет-конференции «Информационные системы и технологии». – Орел, 2011. URL: <http://isit-conf.ostu.ru/conferences/1/materials/manager/view/7>.
3. Фролов А.И. О возможностях применения традиционных механизмов обеспечения качества обслуживания в современных распределенных информационных системах // Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии: информационные системы и технологии». – 2008. – № 1-4/269(544). – С. 272-279.
4. Константинов И.С., Коськин А.В., Фролов А.И. Управление процессами информационного обмена в распределенной информационной среде в условиях перегрузки // Известия Тульского государственного университета. Серия «Технологическая системотехника». Выпуск 8. Труды участников V Международной электронной научно-технической конференции «Технологическая системотехника – 2006». – 2006. – С. 51 – 60.

**Фролов Алексей Иванович**

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, директор ресурсного центра информатизации образования

Тел.: +7(4862) 43-56-11

E-mail: [aifrolov@ostu.ru](mailto:aifrolov@ostu.ru)

**Терентьев Сергей Викторович**

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные системы»

Тел.: +7(4862) 76-19-10

E-mail: [terentev@ostu.ru](mailto:terentev@ostu.ru)

---

A.I. FROLOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*), S.V. TERYTYEV (*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor*); State University – ESPC, Orel

#### MODERN INFORMATION-TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE FORMATION TECHNIQUE FOR CONTROL OF THE ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS ON THE BASIS OF INFORMATION-ANALYTICAL RESOURCES

*In article questions of reorganization of the existing information-technological infrastructure at introduction in organizational-technical systems of the approach to the management, based on application of information-analytical resources, are considered. The basic stages of the modern information-technological infrastructure formation process*

*for control of the organizational-technical systems on the basis of information-analytical resources are formulated. The maintenance of the allocated stages is displayed.*

**Keywords:** *organizational-technical systems; control; reorganization; information-analytical resources; information-technological infrastructure.*

#### **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Koskin A.V. Informacionno-analiticheskiye resursy` dlya upravleniya organizacionno-texnicheskimi sistemami; pod obshh. red. Prof. Konstantinova I.S. – M: Mashinostroyeniye-1, 2006. – 208 s.
2. Frolov A.I., Koskin A.V. O procese formirovaniya sovremennoj informacionno-texnologicheskoy sredy` upravleniya organizacionno-texnicheskimi sistemami na osnove informacionno-analiticheskix resursov [E`lektronny`j resurs] // Materialy` mezhdunarodnoj nauchno-practicheskoy internet-konferencii «Informacionny`ye sistemy` I texnologii». – Orel, 2011. URL: <http://isit-conf.ostu.ru/conferences/1/materials/manager/view/7>.
3. Frolov A.I. O vozmozhnostyax primeneniya tradicionny`x mexanizmov obespecheniya kachestva obsluzhivaniya v sovremenny`x raspredelenny`x informacionny`x sistemax // Izvestiya OrelGTU. Seriya «Fundamental`ny`ye I prikladny`ye problem` texniki I texnologii: informacionny`ye sistemy` i texnologii». – 2008. –№ 1-4/269(544). – S. 272-279.
4. Konstantinov I.S., Koskin A.V., Коськин А.В., Frolov A.I. Upravleniye processami informacionnogo obmena v raspredelenoj informacionnoj srede v usloviyax peregruzki // Izvestiya Tul`skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Texnologicheskaya sistemotexnika». Vy`pusk 8. Trudy` uchastnikov V Mezhdunarodnoj e`lektronnoj nauchno-texnicheskoy konferencii «Texnologicheskaya sistemotexnika – 2006». – 2006. – S. 51 – 60.

УДК 004.89

Ю. П. КАЧАНОВСКИЙ, Е. А. КОРОТКОВ

## АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Рассматривается автоматизированная система моделирования и управления на основе многослойной нейронной сети. Приводится диаграмма разработанных классов на языке программирования C++ с описанием основных подходов реализации. Также представлено информационное обеспечение системы в виде модели данных для реляционной базы данных. База данных построена для конкретной предметной области – многопередельного металлургического производства (производства холоднокатаного проката).

**Ключевые слова:** программа; информационное обеспечение; нейронный; моделирование; управление.

Реализованы базовые модули имитационного моделирования и настройки параметров нейронной сети. Разработанные модули реализуют обучение двухслойной нейронной сети на основе градиентного алгоритма оптимизации функции нескольких переменных BFGS. Благодаря модульному принципу построения системы, использованию объектно-ориентированного подхода программирования, разделению интерфейса пользователя системы от реализации алгоритмов, разделению функционирования сети от оптимизации функции, разработанные библиотеки могут легко расширяться и переноситься в другие системы. Разработана структура хранения данных в виде специальных реляционных отношений (таблиц) базы данных. Структура программного обеспечения и направления информационных потоков при взаимодействии модулей представлены на рисунке 1.

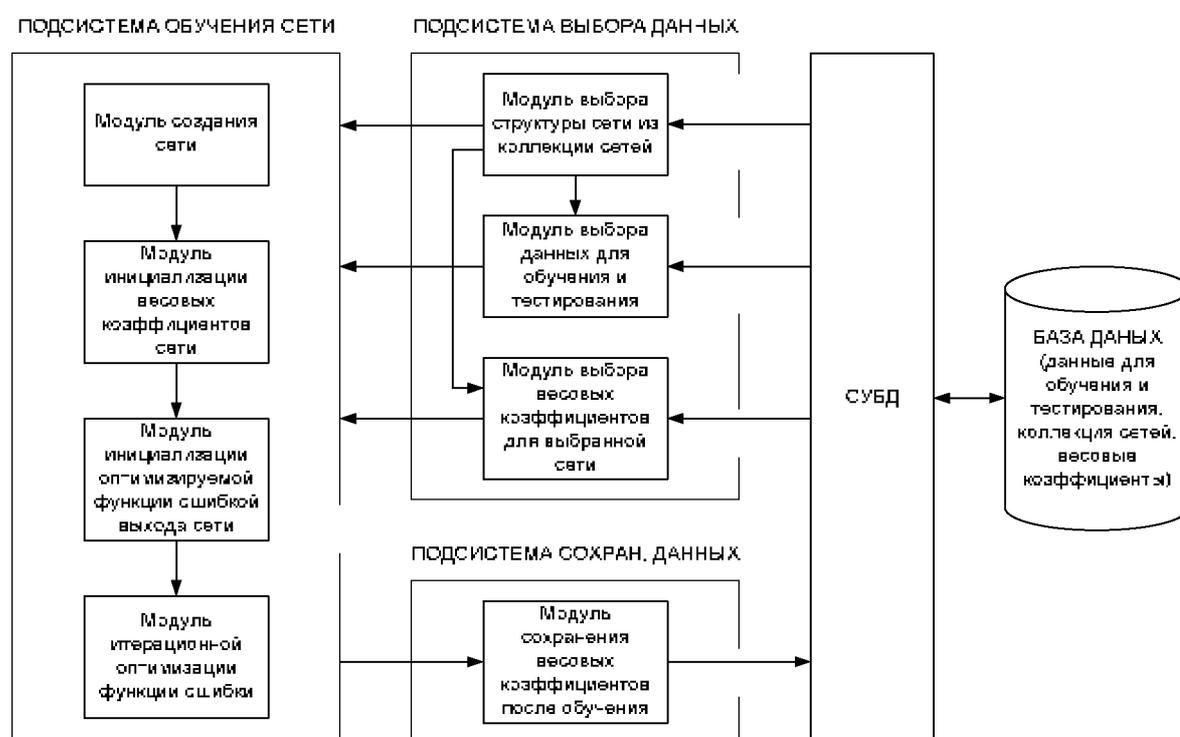


Рисунок 1 – Общая схема функционирования системы

Рассмотрим подробнее программное и информационное обеспечение системы.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Разработке программного обеспечения предшествовал анализ существующих архитектур нейронных сетей. С помощью нейронной сети необходимо решать задачу моделирования и управления технологическими процессами металлургического производства, задачу с большим числом параметров. В результате анализа была выбрана двухслойная нейронная сеть [1].

Для программирования работы нейронной сети как нельзя лучше подходит объектно-ориентированный язык программирования. Нейронная сеть состоит из слоев, каждый слой состоит из нейронов, нейрон, в свою очередь, имеет весовые коэффициенты, функцию активации, выход. Нейроны второго слоя связаны через входные сигналы с нейронами первого слоя. Выход нейрона зависит от весовых коэффициентов, входных сигналов и функции активации. Таким образом, есть объекты, связанные друг с другом: результат работы одних объектов зависит от других объектов.

В объектно-ориентированном языке программирования C++ объекты создаются путем описания класса как нового типа данных. Класс содержит ряд констант и переменных (данных), а также операций (функций-членов или методов), выполняемых над ними. Чтобы произвести какое-либо действие над данными объекта, ему необходимо послать сообщение, т.е. вызвать один из его методов. Подразумевается, что к данным, хранящимся в объекте, нельзя получить доступ иначе, как путем вызова того или иного метода. Таким образом, программный код и оперируемые данные объединяются в единой структуре [2, 3, 4].

Для реализации нейронной сети разработан набор классов:

- CNeuron – класс, реализующий работу нейрона;
- CLayer – класс, реализующий работу слоя нейронов;
- CNet2L – класс, реализующий работу двухслойной нейронной сети;
- CParameter – класс, реализующий работу с одним из параметров данных;
- CData – класс, реализующий работу со всеми параметрами данных;
- CLoadData – класс, реализующий выгрузку данных из базы данных;
- CUniOptimization – класс, реализующий оптимизацию функции одной переменной;
- CMultiOptimization – класс, реализующий оптимизацию функции нескольких переменных;
- CVector – класс, реализующий операции с векторами;
- CMatrix – класс, реализующий операции с матрицами.

Класс CNet2L и CLayer, CLayer и CNeuron связаны в виде композиции сущностей. Композиция имеет жесткую зависимость времени существования экземпляров класса контейнера и экземпляров содержащихся классов. Если контейнер будет уничтожен, то все его содержимое будет также уничтожено. Графически зависимость представляется закрашенным ромбиком на блоке класса и линией, идущей от этого ромбика к содержащемуся классу [5].

Двухслойная нейронная сеть (класс CNet2L) состоит из двух слоев (класс CLayer), слой представлен набором нейронов (класс CNeuron). Удаление слоя приводит к удалению объектов типа нейрон.

Аналогично связаны классы CData и CParameter, CMatrix и CVector.

В классе CParameter реализована инициализация значений параметра, нахождение минимального и максимального значения, масштабирование значений к некоторому отрезку, например, [-1; 1], чтобы параметры с большими значениями и параметры с малыми значениями одинаково влияли на результат – выход нейрона.

Класс CVector связан со многими классами, он используется для хранения идентификаторов входных и выходных параметров модели, значений параметров, входных и выходных сигналов сети, весовых коэффициентов нейронов. В этом классе хранится массив значений и данные о данных – размер массива. Методы представлены функцией добавления элемента в массив, чтения элемента массива, нахождение минимального, максимального

элемента массива, максимального элемента по модулю, а также перегрузкой операторов для выполнения операций над векторами: сложение/вычитание векторов, умножение/деление на число, скалярное произведение векторов, умножение на матрицу.

Для хранения элементов матрицы и выполнения операций над матрицами разработан класс *CMatrix*. Элементы матрицы хранятся как массив объектов типа *CVector*. Помимо основных операций над матрицами также здесь есть функция нахождения определителя матрицы путем приведения к диагональному виду и функция нахождения обратной матрицы методом Гаусса.

Векторные и матричные операции реализованы для оптимизации функции нескольких переменных в классе *CMultiOptimization* методом переменной метрики *BGFS* [6]. Метод *BFGS* дает направление поиска минимума для функции нескольких переменных, шаг поиска в этом направлении вычисляется методом Брента. Согласно этому методу первоначально оптимум функции находится методом золотого сечения, далее он уточняется квадратичной интерполяцией [7]. Одномерная оптимизация функции методом Брента построена в классе *CUniOptimization*.

Данные для обучения сети, оптимизация функции невязки, сама сеть в виде двух связанных слоев – все это собрано в классе *CNet2L*. Функциональность этого класса по оптимизации функции взята из класса *CMultiOptimization* путем наследования, таким образом, производному классу *CNet2L* доступны методы базового класса *CMultiOptimization* [4].

Оптимизируемой функцией является функция невязки, которая рассчитывается через разность фактических значений выходных параметров и значений выходных параметров, получаемых по нейронной сети. Функция невязки находится в производном классе *CNet2L*, алгоритм оптимизации функции реализован в базовом классе *CMultiOptimization*, которому не доступны объекты и методы производного класса. Такая проблема решается путем виртуализации функций с одинаковой сигнатурой в обоих классах: это функция *virtual double F(CVector & X)* [3].

На классовой диаграмме наследование обозначается стрелкой в виде незакрашенного треугольника, стрелка направлена от производного класса к базовому [5].

Некоторые классы связаны через агрегацию, например, класс *CNet2L* и *CData*. Агрегация встречается, когда один класс является коллекцией или контейнером других. Причем по умолчанию агрегацией называют агрегацию по ссылке, т.е. когда время существования содержащихся классов не зависит от времени существования содержащего их класса. Если контейнер будет уничтожен, то его содержимое – нет. Графически агрегация представляется пустым ромбиком на блоке класса и линией, идущей от этого ромбика к содержащемуся классу [5].

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

При разработке автоматизированной системы моделирования и управления технологическими процессами металлургического производства с помощью нейронных сетей появилась задача хранения данных. Это касается как входной информации, когда на вход системы подаются данные о структуре нейронной сети, данные для обучения и тестирования нейронной сети, так и информации, которая появляется на выходе работы системы – весовых коэффициентов нейронов [8].

Хранение и обработка данных могут быть выполнены на основе операций чтения/записи в файл. Любые данные рассматриваются как цепочка байтов. Такой способ требует точного определения формата хранения данных в файле и необходимость четкого следования этому формату при программировании операций чтения/записи. Это может вызвать необходимость изменения программного кода при изменении структуры данных [9].

Альтернативный вариант – использовать современные развитые базы данных. Этот подход более высокого уровня: есть средства по определению хранимых данных, по

манипулированию данными. Разработка и сопровождение программ упрощается настолько, насколько эту работу можно выполнить, используя возможности баз данных.

Помимо этого можно выделить следующие преимущества использования базы данных перед файловой системой:

- Контроль избыточности данных;
- непротиворечивость данных;
- больше полезной информации при том же объеме хранимых данных;
- совместное использование данных;
- повышение эффективности с ростом масштабов системы;
- повышение доступности данных и их готовности к работе;
- улучшение показателей производительности;
- улучшенное управление параллельной работой;
- развитые службы резервного копирования и восстановления [10, 11].

Основная цель проектирования реляционной базы данных заключается в группировании атрибутов в отношения таким образом, чтобы минимизировать избыточность данных и тем самым сократить объем памяти, необходимый для физического хранения отношений. Кроме того, отношения с избыточностью данных могут быть подвержены аномалиям обновления, которые приводят к нарушению целостности хранимых данных – некорректности и противоречивости информации [10-13].

В системе автоматизированного проектирования (CASE-системе) Sybase PowerDesigner 10 была разработана концептуальная модель данных задачи моделирования и управления технологическими процессами металлургического производства с помощью нейронных сетей, на ее основе с помощью встроенных средств системы сгенерирована физическая модель для СУБД InterBase 6.0.

В базе данных хранится структура сети: отношение «Параметр передела в сети», результаты обучения сети – отношение «Вес» и данные для обучения – отношение «Единица металла». Справочные значения вынесены в отдельные отношения: «Передел», «Параметр», «Единица измерения». Для поддержания возможности решения нескольких задач на одном массиве данных (для использования моделей разных структур по входным/выходным параметрам) добавлено отношение «Сеть».

Отношение «Единица металла» имеет так называемую вертикальную структуру. Отношение содержит атрибуты: «ид. параметра», «ид. ед. металла», «значение». Добавление в массив данных нового параметра для анализа проходит в базе данных через вставку строки (не добавляя столбец) в отношение «Единица метала» по каждому рулону.

Вертикальная структура отношения является эффективной, когда набор хранимых атрибутов заранее не определен или может быть изменен. Включение в базу данных новых атрибутов не требует изменения структуры отношений, следовательно, и изменения клиентских приложений.

Выборка данных из такой таблицы производится с использованием динамических операторов SQL. Запросы к базе данных формируются динамически, когда схема доступа к базе данных не является постоянной и становится известной лишь непосредственно во время выполнения программы [11]. В данном случае неизвестным является набор параметров, которые необходимо извлечь. Набор параметров не фиксирован и заранее не определен.

Запрос формируется в виде строки и передается СУБД на выполнение. В связи с тем, что запрос представляет собой соединение большого числа отношений (по числу извлекаемых параметров), возникает проблема скорости выполнения запроса: операция соединения таблиц требует значительных вычислительных ресурсов [14].

Для ускорения доступа построен индекс по всем атрибутам. Индексирование данных по атрибутам «ид. параметра» и «ид. ед. металла» необходимо для ускорения соединения таблиц. Индекс содержит ссылки на записи в информационном массиве [12]. Чтобы после соединения не обращаться к отношению для чтения параметра, в индекс включен атрибут

«значение», в результате чего значение параметра будет извлекаться из индекса. Нужно один раз построить индекс, что приведет к увеличению размера файла базы данных, постоянно поддерживать его при обновлении отношения, чтобы, когда потребуется, можно было быстро извлечь данные.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качановский Ю.П., Коротков Е.А. Выбор архитектуры нейронной сети для моделирования и управления технологическими процессами металлургического производства // Информационно-вычислительные технологии и их приложения. Сборник статей X Международной научно-технической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2009. – С. 116-119.
2. Паппас К., Мюррей У. Программирование на С и С++. – К.: Издательская группа BHV, 2000. – 320 с.
3. Бьерн Страуструп. Язык программирования С++. Специальное издание. – СПб.: Невский Диалект, 2008. – 1104 с.
4. Лафоре Р. Объектно-ориентированное программирование в С++. Классика Computer Science. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 928 с.: ил.
5. Гради Буч, Джеймс Рамбо, Ивар Якобсон. Язык UML. Руководство пользователя ; пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 496 с.
6. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации; пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
7. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.: ил.
8. Коротков Е.А. Анализ возможности применения нейросетевого моделирования в задачах управления качеством металлургического производства. // V Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами»: сборник трудов. – Т.1. – Липецк: ЛГТУ, 2008. – С. 313-320.
9. Дейт К. Введение в системы баз данных. 6-е издание: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 848 с.
10. Коннолли Т., Бегг К. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 3-е издание ; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1440 с.: ил.
11. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс: учебное пособие. – М.: Гелиос АРВ, 2002. – 368 с., ил.
12. Григорьев Ю.А., Ревунков Г.И. Банки данных: учеб. для ВУЗов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
13. Миллсап К., Холт Д. Oracle. Оптимизация производительности; пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2006. – 464 с., ил.

#### **Качановский Юрий Петрович**

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк  
Кандидат технических наук, доцент, проректор по учебной работе

#### **Коротков Евгений Алексеевич**

Международный институт компьютерных технологий, г. Воронеж  
Магистр техники и технологий, соискатель  
Тел. 8 920 249 83 80  
E-mail: [evg.korotkov@mail.ru](mailto:evg.korotkov@mail.ru)

---

Yu.P. KACHANOVSKIY (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
Lipetsk state technical university*),

E.A.KOROTKOV (*Holder of a master's degree, Voronezh*)

**STRUCTURE DATAWARE AND SOFTWARE OF MODELLING AND CONTROLLING SYSTEM  
BY THE INSTRUMENTALITY OF NEURAL NETWORK**

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Kachanovskij Yu.P., Korotkov E.A. Vy'bor arxitektury' nejronnoj seti dlya modelirovaniya i upravleniya texnologicheskimi processami metallurgicheskogo proizvodstva / Informacionno-vy'chislitel'ny'e texnologii i ix prilozheniya. Sbornik statej X Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. – Penza: RIO PGSXA, 2009. – S. 116-119.
2. Pappas K., Myurrej U. Programmirovaniye na C i C++. – K.: Izdatel'skaya gruppa BHV, 200. – 320 s.
3. B'ern Straustrup. Yazy'k programmirovaniya C++. Special'noe izdanie. – SPb.: Nevskij Dialekt, 2008. – 1104 s.
4. Lafore R. Ob''ektno-orientirovannoe programmirovaniye v C++. Klassika Computer Science. 4-e izd. – SPb.: Piter, 2003. – 928 s.: il.
5. Gradi Buch, Dzhejms Rambo, Ivar Yakobson. Yazy'k UML. Rukovodstvo pol'zovatelya ; per. s angl. – M.: DMK Press, 2007. – 496 s.
6. Osovskij S. Nejronny'e seti dlya obrabotki informacii; per. s pol'skogo I.D. Rudinskogo. – M.: Finansy' i statistika, 2002. – 344 s.: il.
7. Bandi B. Metody' optimizacii. Vvodny'j kurs: per. s angl. – M.: Radio i svyaz', 1988. – 128 s.: il.
8. Korotkov E.A. Analiz vozmozhnosti primeneniya nejrosetevogo modelirovaniya v zadachax upravleniya kachestvom metallurgicheskogo proizvodstva // V Vserossiyskaya shkola-seminar molody'x uchyony'x «Upravlenie bol'shimi sistemami»: sbornik trudov. – T. 1. – Lipeck: LGTU, 2008. – S. 313-320.
9. Dejy K. Vvedenie v sistemy' baz danny'x. 6-e izdanie: per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2000. – 848 s.
10. Konnolli T., Begg K. Bazy' danny'x. Proektirovaniye, realizaciya i soprovozhdeniye. Teoriya i praktika. 3-e izdanie; per. s angl. – M.: Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2003. – 1440 s.: il.
11. Gajdamakin n.A. Avtomatizirovanny'e informacionny'e sistemy', bazy' i banki danny'x. Vvodny'j kurs: uchebnoe posobie. – M.:Gelios ARV, 2002. – 368 s., il.
12. Grigor'ev Yu.A., Revunkov G.I. Banki danny'x: ucheb. dlya VUZov. – M.: Izd-vo MGTU im. N.E'. Baumana, 2002. – 320 s.
13. Millsap K., Hol't D. Oracle. Optimizaciya proizvoditel'nosti; per. s angl. – SPb: Simvol Plyus, 2006. – 464 s., il.

А.В. ПИЛИПЕНКО

**АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫМ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ**

*В статье обосновывается актуальность адаптивной системы управления нестационарным технологическим процессом формоизменения, разработаны структурная и функциональная схемы автоматизированной системы, включающие подсистему самодиагностики оборудования, биометрическую систему определения психофизического состояния оператора, подсистему принятия решений. Определены подходы к инструментальной и программной реализации системы.*

*Ключевые слова:* автоматизация; адаптивные системы; управление; технологический процесс.

В нынешних условиях экономического кризиса ведется борьба за выживание между производственными предприятиями. Несмотря на кризис, потребность в деталях и заготовках, которые производятся методами формоизменяющих операций (чеканкой, гибкой, вытяжкой, выдавливанием, формовкой), очень высока. Это объясняется невысокими затратами при массовом производстве таких деталей и изделий, экономичностью расходования металла, возможностью получать детали с высокой точностью. Сложность обстановки заключается в том, что большинство отечественных предприятий используют устаревшее прессовое оборудование, степень механизации и автоматизации которого соответствует уровню 60-х годов прошлого века. Самими распространенными системами автоматизации и управления техпроцессами формоизменения являются системы управления электро- и гидроприводами. Эти системы не обеспечивают оптимальной работы оборудования, не позволяют определить оптимальные параметры техпроцесса и осуществлять диагностику хода техпроцесса во время его выполнения. В связи с этим повышение производительности технологических процессов формоизменения на основе автоматизации имеющегося прессового оборудования и систем управления техпроцессами на основе адаптивных алгоритмов является актуальной задачей.

Известен ряд факторов, влияющих на производительность технологических процессов: степень автоматизации, человеческий фактор, износ оборудования, медленная подача материала, неоптимизированные энергосиловые параметры работы оборудования и т.п. Повысить эффективность технологических процессов можно, используя интеллектуальные системы управления технологическими процессами. Для этого необходимо разработать методы формализации, компьютерной имитации, анализа и синтеза моделируемого технологического процесса, а также создать интеллектуальную систему автоматизированного управления с возможностью самодиагностики и диагностики работоспособности оператора. Такие системы имеют и иное, более распространенное название – адаптивные автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Одним из вариантов реализации адаптивной автоматизированной системы управления технологическими процессами может быть самонастраивающаяся система управления с функцией самодиагностики. Если объединить функции управления технологическим процессом и диагностику состояния оборудования и оператора автоматизированного рабочего места, то такая система позволяет осуществлять управление на принципиально ином уровне. Адаптивные системы позволяют не только быстро перейти с одного технологического процесса на другой, но и давать рекомендации оператору по подбору оптимальных параметров работы оборудования, по уменьшению интенсивности работы самого оператора, вплоть до исключения его из системы вовсе, путем перехода в автоматический режим.

Рассмотрим принципы проектирования адаптивной автоматизированной системы управления технологическим процессом формоизменения, осуществляемом на гидравлическом прессе. Особенностью гидравлических прессов как машин с гидравлическим приводом является наличие в цилиндрах и трубопроводах больших объемов рабочей жидкости. Известно, что рабочая жидкость гидравлических прессов во много раз более сжимаема, чем сталь. В отдельные периоды работы пресса происходит накопление потенциальной энергии упругими элементами, главным образом рабочей жидкостью в гидравлических магистралях, а затем преобразование потенциальной энергии в кинетическую. В результате этого возникают динамические процессы колебания давления жидкости в гидросистеме, которые влияют на величину перемещений и скоростей подвижных частей пресса и могут привести к гидравлическому удару. Поэтому отслеживание и управление параметрами работы гидросистемы является актуальной задачей.

Перед системой управления ставятся следующие задачи:

- обработка информации с датчиков в максимально точном и подробном виде, визуализация обработанной информации;
- построение компьютерной имитационной модели технологического процесса;
- анализ работы оборудования на основе сравнения информации с датчиков и с компьютерной модели;
- рекомендации по подбору оптимальных рабочих параметров;
- самодиагностика;
- диагностика адекватности состояния оператора;
- удобное отображение всей информации для оператора;
- возможность исключения оператора из технологического процесса;
- возможность работы в автоматическом режиме;
- возможность быстрого перехода на любой из аналогичных технологических процессов (штамповка, валковая штамповка и т.п.).

В соответствии с этими требованиями разработана структурная схема адаптивной системы управления технологическим процессом формоизменения, выполняемом на гидропрессовом оборудовании, включающая основные элементы и их связи. На структурной схеме (рис. 1) показаны основные аппаратные узлы системы: коннекторные блоки, к которым производится подключение датчиков, управляющих устройств и местных приборов; аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который преобразует сигналы с датчиков и подает сигналы на управляющие устройства.

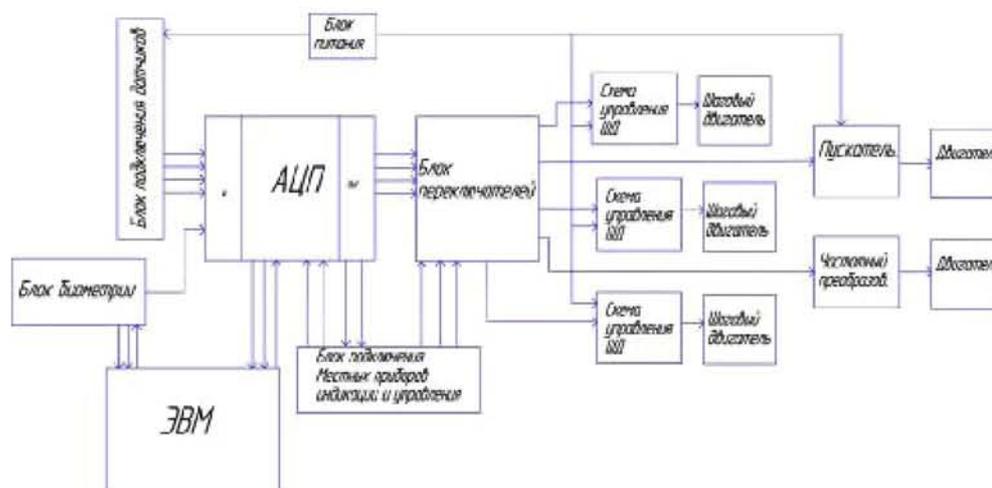


Рисунок 1 – Структурная схема

На основании проведенного анализа структурной схемы спроектирована функциональная схема автоматизации технологического процесса формоизменения (рис. 2).

Функциональные схемы автоматизации являются основным проектным документом, определяющим структуру и уровень автоматизации технологического процесса проектируемого объекта и оснащение его приборами и средствами автоматизации (в том числе, средствами вычислительной техники). Функциональные схемы представляют собой чертежи, на которых при помощи условных изображений показывают технологическое оборудование, коммуникации, органы управления, приборы и средства автоматизации, средства вычислительной техники и другие агрегатные комплексы с указанием связей между приборами и средствами автоматизации, таблицы условных обозначений и пояснения к схеме. Приборы и средства автоматизации, которые расположены вне щитов и конструктивно не связаны непосредственно с технологическим оборудованием и коммуникациями, обозначены как «Приборы местные». Современные системы управления строятся на базе промышленных контроллеров или ЭВМ с устройствами обработки сигналов, которые на схеме обозначены как УВК (управляющий вычислительный комплекс). На схеме указаны положения датчиков и управляющих устройств в системе автоматизации, где основными элементами оборудования, выполняющего технологический процесс, является ползун I, сливной бак II, электромагнитный клапан III, дроссельная заслонка IV, напорная и сливная магистрали V, станина пресса VI.

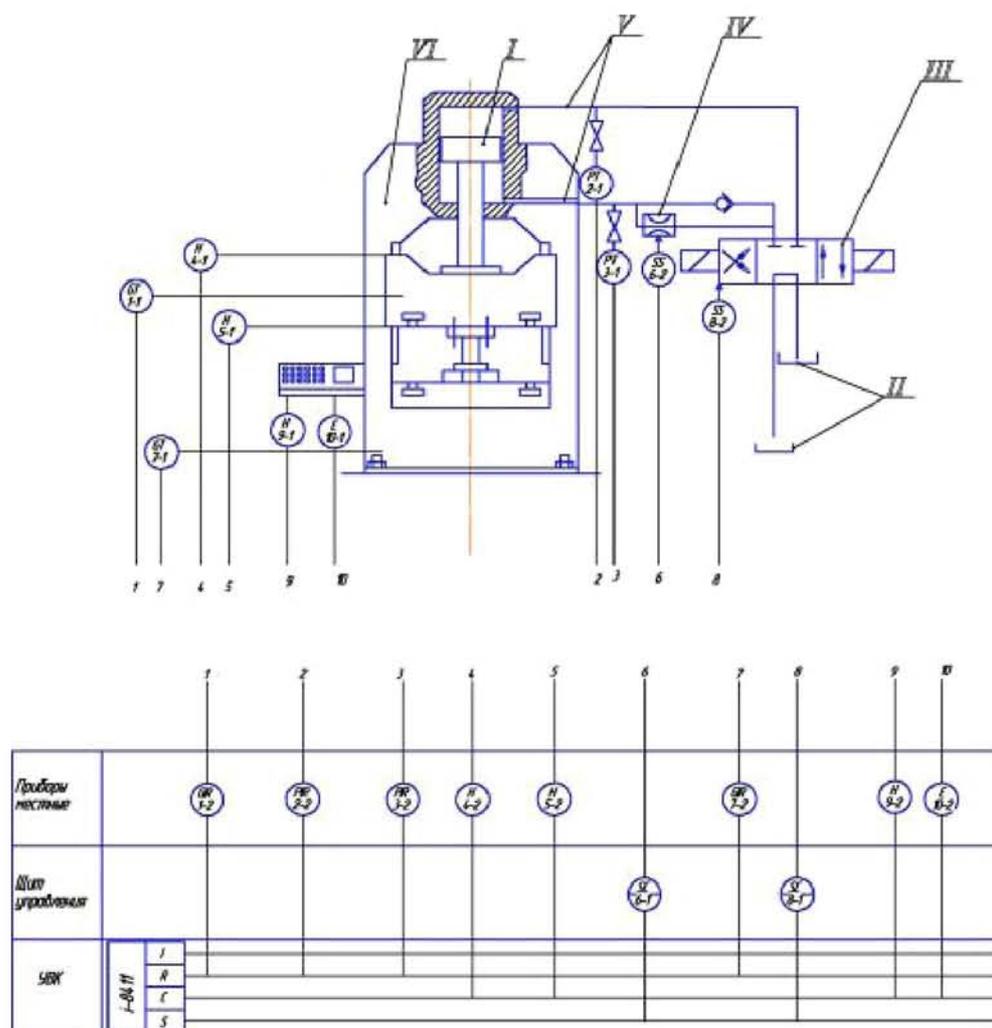


Рисунок 2 – Функциональная схема автоматизации

1 – линейный датчик перемещения, 2 – датчик давления, 3 – датчик давления, 4 – контактный преобразователь, 5 – контактный преобразователь, 6 – шаговый двигатель, управляющий дросселем, 7 – датчик перемещения, 8 – электромагнитный клапан.

Система в режиме реального времени снимает информацию с датчиков давления РТ, установленных на напорной и сливной магистралях, с датчиков линейных перемещений ГТ, установленных на ползуне и станине; информация через АЦП передается на компьютер, являющийся пультом оператора; ЭВМ обрабатывает информацию и сравнивает эти значения со значениями, полученными путем компьютерного моделирования технологического процесса; параллельно работает биометрический блок, который в режиме реального времени, используя интеллектуальные алгоритмы, определяет состояние оператора. Этот блок состоит из устройства и программы для снятия характеристик с кожи оператора и программы анализа состояния оператора по его работе с панелью управления (скорость нажатий, интервалы, количество). В случае, если система обнаруживает отклонение одного из параметров технологического процесса, она выдает оператору рекомендации по оптимизации работы. Если оператор оказывается в неадекватном психофизическом состоянии, блок переключателей включает режим автоматической работы, в котором АСУ регулирует параметры технологического процесса с помощью шагового двигателя и электромагнитного клапана SS, а также возможно регулирование электродвигателя насоса, используя частотный преобразователь.

Проведенные разработки структурной и функциональной схем автоматизации технологического процесса позволяют детально проработать все элементы системы до начала ее проектирования и создания. Последующими этапами, как правило, является выбор инструментальных и программных средств реализации системы, проектирование вычислительных и управляющих алгоритмов и их программная реализация. Основная роль в данной системе отведена программе управления, предустановленной на ЭВМ, и именно ЭВМ является пультом оператора, а предустановленная программа управления представляет собой связующее звено, позволяющее как обработать всю информацию и создать управляющие воздействия, так и снять информацию о состоянии оператора путем биометрического анализа.

Отличительной особенностью предлагаемой системы управления является включение в схему управления блока диагностики состояния оператора на основе снятия его биометрических данных по характеру клавиатурного почерка, пульсу и т.п., обеспечивая, таким образом, безопасность при протекании техпроцесса, оптимизацию работы оператора (за счет выдачи сигналов об усталости), повышение эффективности техпроцессов. Экспериментальная апробация системы позволит определить количественные показатели эффективности ее внедрения и оценить качественные возможности ее использования.

Разработанная система управления технологическим процессом может быть использована и для других моделей прессов и технологических операций с формоизменением.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров Н.В. Кузнечно-штамповочное оборудование. Гидропрессы. – М.: Орел, Машиностроение-1: ОрелГТУ, 2004. – 140 с.
2. Меткин Н.П., Лапин М.С., Клейменов С.А. и др. Гибкие производственные системы. – М.: Стандарты, 2003. – 312 с.
3. Каминский М.Л. Монтаж приборов контроля и аппаратуры автоматического регулирования и управления. – М.: Высшая школа; издание 4-е, перераб. и доп., 2007. – 311 с.
4. Ким Д.П. Теория автоматического управления. – Т. 1. – Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с. – ISBN 5-9221-0379-2.
5. Ким Д.П. Теория автоматического управления. – Т. 2. – Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учеб. пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 64 с. – ISBN 5-9221-0534-5.
6. Башта Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для студ. ВУЗов / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 2009. – 422 с.

**Пилипенко Александр Витальевич**

ФГОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», г. Орел

Аспирант, ассистент кафедры прикладной математики и информатики

E-mail: [checter@rambler.ru](mailto:checter@rambler.ru)

A.V. PILIPENKO (*Postgraduate student*);  
*The Federal State Higher Education Professional Institution*  
*«State University – Education – Scientific – Production Complex»*

## **DEVELOPMENT OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

*This article substantiates the actuality of adaptive control system by a non-stationary technological process of forming, a structural and functional schemes of an automated system are developed in it, which include a self-diagnosis subsystem of the equipment, a biometric system to identify psychophysical state of an operator, a subsystem of making decisions. Here the approaches for the instrumental and software realization of the system are defined.*

**Keywords:** automation; adaptive systems; control; technological process.

### **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Petrov N.V. Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie. Gidropressy'. – M.: Oryol, Mashinostroenie-1: OryolGTU, 2004. – 140 s.
2. Metkin N.P., Lapin M.S., Klejmyonov S.A. i dr. Gibkie proizvodstvenny'e sistemy'. – M.: Standartov, 2003. – 312 s.
3. Kaminskij M.L. Montazh priborov kontrolya i apparatury' avtomaticheskogo regulirovaniya i upravleniya. – M.: Vy'sshaya shkola; izdanie 4-e, pererab. id op., 2007. – 311 s.
4. Kim D.P. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. – T. 1. – Linejny'e sistemy'. – M.: FIZMATLIT, 2003. – 288 s. – ISBN 5-9221-0379-2.
5. Kim D.P. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. – T. 2. – Mnogomerny'e, nelinejny'e, optimal'ny'e i adaptivny'e sistemy: ucheb. posobie. – M.: FIZMATLIT, 2004. – 64 s. – ISBN 5-9221-0534-5.
6. Bashta T.M. Gidravlika, gidromashiny' i gidroprovody: uchebnyk dlya stud. VUZov / T.M. Bashta, S.S. Rudnev, B.B. Nekrasov i dr. – 2-e izd., pererab. – M.: Mashinostroenie, 2009. – 422 s.

УДК 004.42:658.5

В.И. ХАЛИМОН, О.В. ПРОСТИТЕНКО, И.И. БУШИХИН

**СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ КАК ЧАСТЬ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ В АСУТП  
(НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ)**

*В данной статье рассматривается начальный этап использования аналитических информационных технологий в автоматизированной системе управления производством резинотехнических изделий. На этом этапе разработки системы целесообразно включить в существующую систему управления экспертную систему реального времени, которая в режиме доучивания может выявить некоторые взаимосвязи между параметрами процесса, не учитываемые уже существующей системой управления. В этом случае элементом верхнего уровня иерархии системы управления является функциональная группа программ «СППР РВ», с помощью которой осуществляется создание базы знаний, настройка экспертной системы на заданную предметную область, анализ ситуаций, поступающих с объекта, и выработка управляющих воздействий (решений).*

**Ключевые слова:** *экспертная система; база данных; база знаний; система поддержки принятия решений реального времени; аналитические информационные технологии; автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП); резинотехнические изделия.*

Одним из главных требований к протеканию технологических процессов является чёткое соблюдение регламентированных требований, однако со временем надёжность любой химико-технологической системы уменьшается и начинают возникать ситуации, когда параметры химико-технологического процесса начинают отклоняться от нормы. Причиной появления отклонений могут быть такие проблемы, как износ оборудования или изменение состава или концентрации входных веществ, или другие события, которые сложно или порой невозможно определить простым осмотром приборов и датчиков. В таких случаях в отличие от простой корректировки входных параметров химико-технологической системы, оператор уже не сможет исправить ситуацию без детального анализа и определения причин возникновения ситуации.

В такой ситуации необходимо сопоставление всех параметров технологического процесса для выявления той группы из них, которая отвечает за возникновение отклонения. Специально для таких ситуаций и разрабатывается автоматизированная система поддержки принятия решений. Такая система сама производит анализ состояния химико-технологической системы, определяет причины возникновения отклонений в её работе и формирует предложение по изменению настроек. В результате оператор получает совет, о том какие изменения лучше внести в настройки химико-технологической системы для того, чтобы убрать отклонения в её работе.

Современный подход к вопросам управления производственными процессами предполагает создание алгоритмического обеспечения во взаимосвязи с вопросами развития информационных технологий.

Примером реализации подобного подхода являются *аналитические информационные технологии (АИТ)* [1], представляющие собой подкласс информационных технологий, ориентированных на задачи автоматизированной поддержки принятия решений и прогнозирования состояния сложных динамических систем.

Для более глубокого понимания протекающих производственных процессов необходимо проведение соответствующих аналитических исследований, основанных на применении сложных математических средств анализа многомерных ситуаций, прогнозирования их развития и выработки оптимизирующих рекомендаций. В отечественных

публикациях данные технологии получили наименование *интеллектуального анализа данных*. Математические методы интеллектуального анализа данных разделяются на два больших класса: статистические методы и кибернетические методы. Статистические методы имеют большое значение, поскольку ориентированы на использование больших массивов ретроспективных данных для формирования эффективных управленческих решений.

Второе крупное направление развития связано с кибернетическими методами, основанными на идеях компьютерной математики и методах теории искусственного интеллекта. Важной характеристической чертой АИТ является их технологическая основа - симбиоз разнородных средств прикладной математики с последними достижениями в области информационных систем. Роль алгоритмической базы в аналитическом управлении выполняют уже известные математические средства, и, прежде всего, методы прикладной статистики и кибернетические алгоритмы. Объединяющим началом для возникновения аналитического управления послужила конкретная, крайне важная для практики цель - создание высокоэффективной автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР), способной учитывать в процессе выработки формализованного решения ретроспективный опыт, отраженный в больших объемах накопленных данных.

Подобные алгоритмы можно использовать для локализации и идентификации причин отклонений параметров технологического процесса от регламентированных нормативов. Такой подход позволяет увеличить скорость и достоверность СППР, которая на основе полученных данных будет помогать оператору с выбором наилучшего варианта восстановления стабильной работы химико-технологической системы в случае сбоев по тем или иным причинам в традиционных системах регулирования.

В данной работе рассматривается начальный этап использования аналитических информационных технологий в автоматизированной системе управления производством резинотехнических изделий.

Технологический процесс как объект управления включает три технологических перехода: стадию приготовления резиновой смеси, стадию вулканизации и лабораторный анализ. На рисунке 1 представлена схема технологического процесса и на рисунке 2 структурная схема уже реализованной системы управления этим процессом.

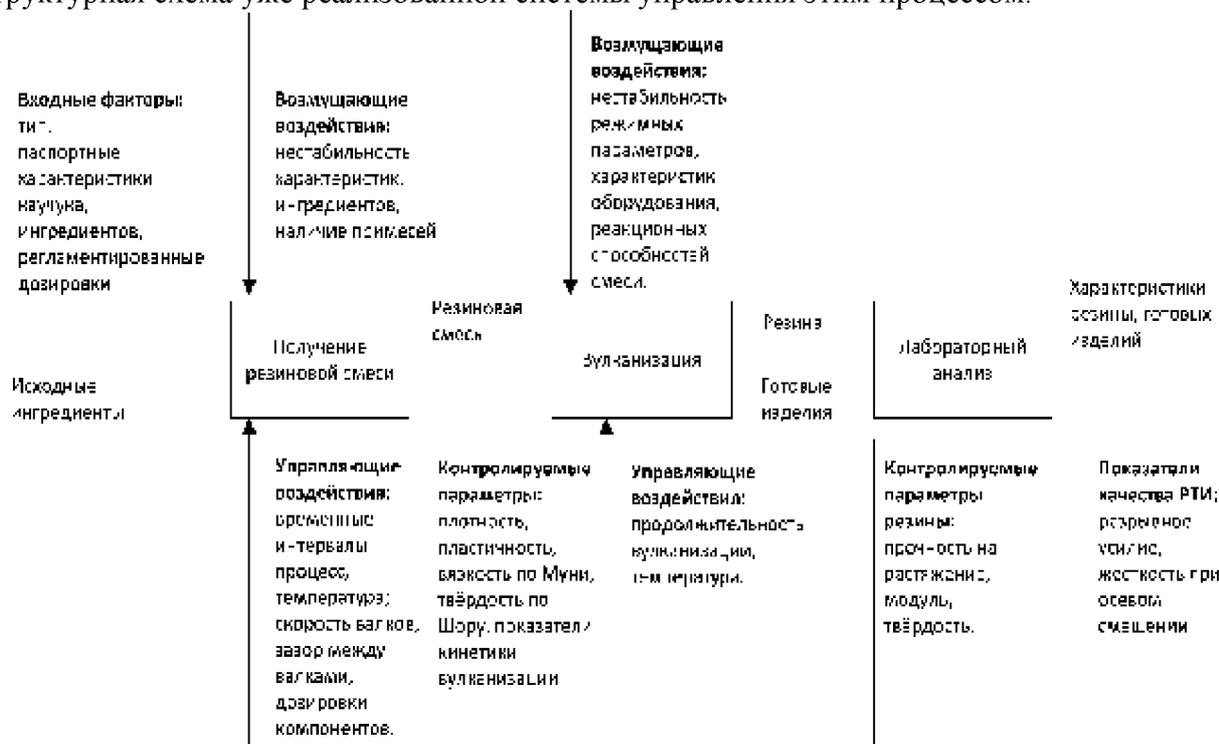


Рисунок 1 – Схема технологического процесса

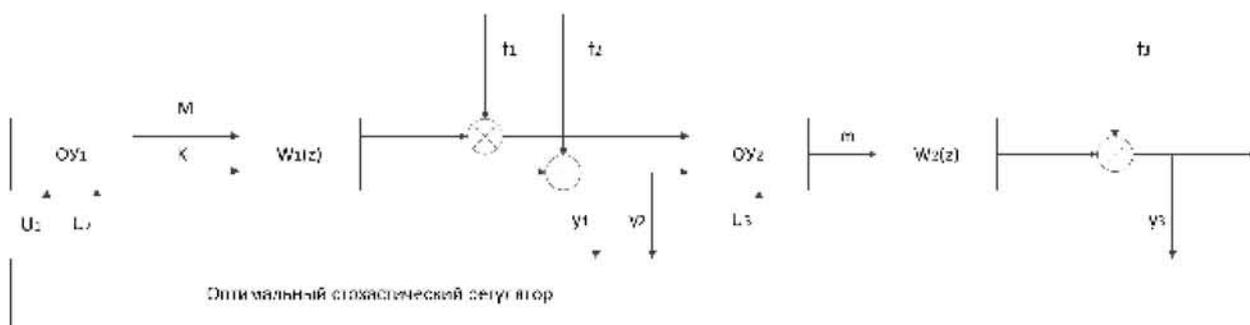


Рисунок 2 – Структурная схема системы управления

На рисунке 2 обозначено:

- ОУ1 – первая часть объекта управления включающая стадию приготовления резиновой смеси;
- $y_1, y_2$  – регулируемые выходные переменные первой стадии;
- $W_1(z)$  – передаточная функция звена транспортного запаздывания;
- $f_1, f_2$  – возмущающие воздействия на максимальный момент сдвига вулканизата и коэффициент скорости вулканизации резиновой смеси;
- $U_1, U_2$  – управляющие воздействия на стадии приготовления резиновой смеси: корректировки массовых дозировок серы и сульфенамида;
- ОУ2 – вторая часть объекта управления, включающая стадию вулканизации;
- $m$  – момент сдвига резины в готовых изделиях, дНм;
- $y_3$  – регулируемая выходная переменная второй стадии;
- $f_3$  – возмущающее воздействие стадии вулканизации;
- $U_3$  – управляющее воздействие стадии вулканизации;
- $W_2(z)$  – передаточная функция звена транспортного запаздывания на три шага дискретности.

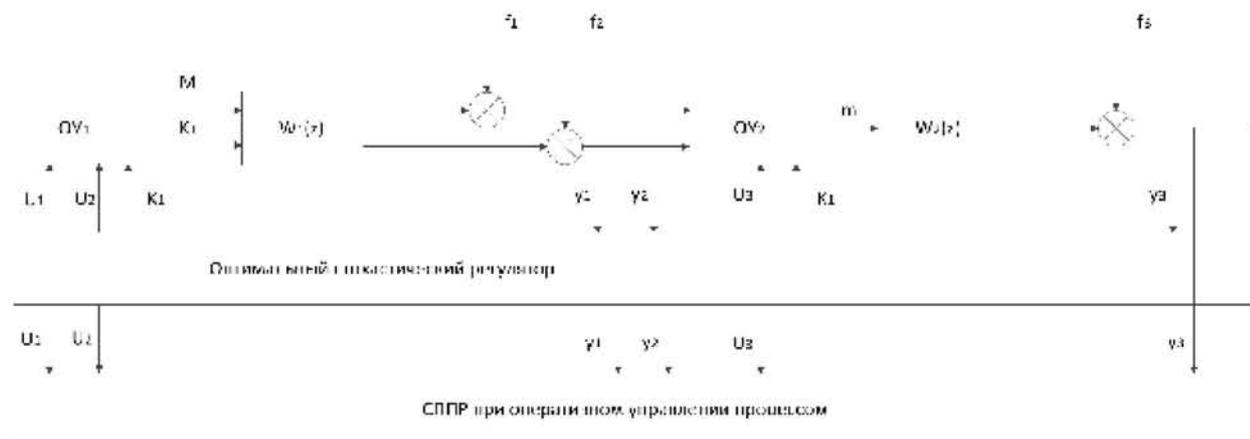


Рисунок 3 – Схема системы управления со встроенной АИТ

На рисунке 3 изображена модифицированная структура системы управления с встроенной СППР. СППР будет получать ту же информацию, что и система регулирования, производить оценку состояния ОУ. Результат анализа будет передаваться оператору вместе с советом по корректировке системы управления. Предложенная СППР реализована в программной оболочке экспертной системы реального времени (ЭС РВ) «Decision Table Toolbox»[2]. При реализации данной ЭС использован язык таблицы решений (ТР).

Таблица решений задает соответствие между значениями элементов некоторого конечного множества условий, определяющих состояние проблемной среды, и последовательностями также конечного множества действий, определяющими принимаемые решения. Таким образом, ТР определяет конечное множество решений вида (состояние → принимаемое решение), где в качестве состояния может быть как элементарное, так и

обобщенное состояние, представляющее собой некоторое подмножество элементарных состояний проблемной среды. Описание процесса принятия решений осуществляется посредством одной или совокупности иерархически взаимосвязанных ТР.

Ключевым требованием, которое всегда предъявляется к системам управления технологическими процессами, является их способность работать в режиме реального времени. Так как в основе разработанной ЭС управления реальным технологическим процессом лежит производственная система табличного типа, то интервал запаздывания будет определяться как минимальный период возможного изменения условий. Иными словами, для каждого из условий в таблице решений предварительно задается временной интервал, через который данное условие теоретически может поменять свое состояние, далее из всех значений выбирается наименьшее. Это значение и будет в данном случае величиной интервала времени запаздывания. Именно оно впоследствии используется как частота опроса полей таблицы.

Организация работы системы в режиме реального времени, обеспечение ее функционирования с минимальной величиной запаздывания и сокращения времени отработки управляющих воздействий возможно только с применением концепции параллелизма. В данной работе применяется уровень внутреннего параллелизма, а именно одновременная проверка выполнения или невыполнения условий  $S_i$  из левой части продукций, и частично внешнего – параллельное выполнение активизированных продукций, за счет чего появляется возможность сокращения времени отработки управляющих воздействий.

Элементом верхнего уровня иерархии системы управления со встроенной АИТ является функциональная группа программ «СППР РВ», с помощью которой осуществляется создание базы знаний (БЗ), настройка экспертной системы на заданную предметную область, анализ ситуаций поступающих с объекта и выработка управляющих воздействий (решений).

Структура программного комплекса и взаимодействия его компонентов представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Структура программного комплекса «Таблицы решений»

В результате изучения технологического процесса была построена таблица решений (таблица правил-продукций ЭС РВ), в которой учитывались все возможные варианты состояний процесса и которая была выполнена в виде большого количества правил и действий, однозначно соответствующих этим правилам. На данной стадии разработки для простоты отладки и контроля было принято решение рассматривать только те ситуации, когда из области допустимых значений одновременно может выйти только один из выходных параметров среди всех этапов процесса. Таким образом, была создана исходная



Предложенная для рассматриваемого технологического процесса уже модифицированная экспертная система, как видно из рисунка 5, состоит из 12 условий характеризующих состояния ОУ, 16 действий и объединяющий условия и действия 48 правил решений продукционной системы.

Так как разрабатываемая СППР ориентирована на функционирование в реальном масштабе времени, база знаний помимо информации о временных интервалах, должна содержать сведения о возможности параллельного выполнения продукций. Для этого имеется функция создания так называемой «матрицы параллелизма», где указываются все операции по управлению технологическим процессом, которые могут выполняться в одно и то же время.

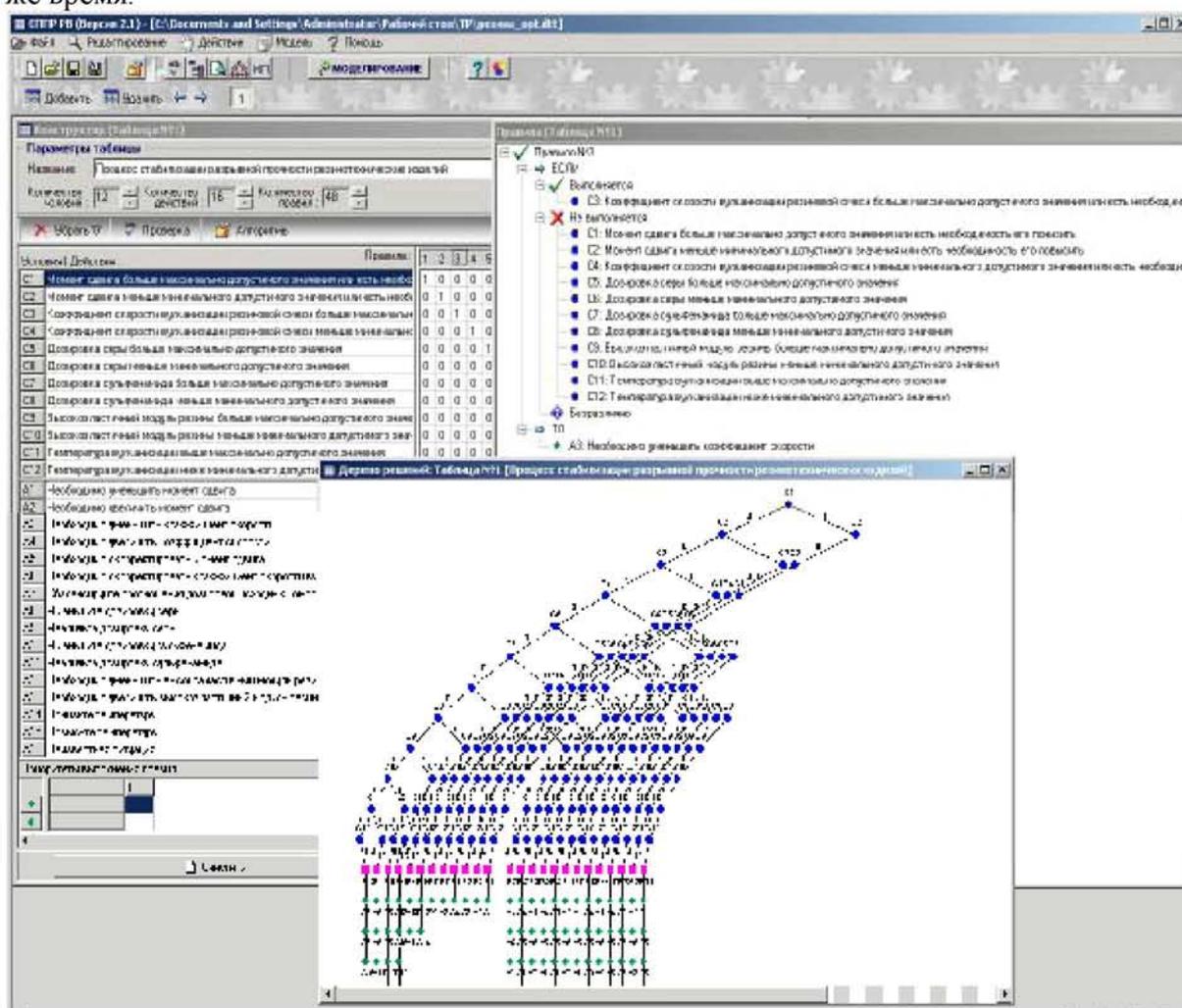


Рисунок 6 – Интерфейс подсистемы анализа

После начала работы подсистемы, включается таймер, и с заданным интервалом времени происходит опрос рабочей области (в отладочном режиме опрашиваются не датчики, а указанный при запуске файл с данными с технологического процесса) и формирование управляющих решений. Весь ход технологического процесса, а также нераспознанные подсистемой информации ситуации, заносятся в специальные текстовые файлы – протоколы. В ходе работы подсистемы анализа информации может возникнуть ситуация, когда для текущего состояния технологического процесса отсутствует правило в базе знаний. В этом случае управление передается оператору, это так называемая ситуация доучивания системы.

Разработанная СППР, в основу которой положена экспертная система реального времени, реализованная в оболочке «Decision Table Toolbox» позволит собрать на процессе производства резинотехнических изделий обширные массивы слабо-формализованных

данных, которые в дальнейшем можно использовать в целях прогнозирования состояния процесса и управления в аналитической системе управления, которая на нижнем уровне содержит традиционные системы регулирования и на верхнем – интеллектуальную подсистему управления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мусаев А.А. Виртуальные анализаторы: концепция построения и применения в задачах управления непрерывными технологическими процессами. – Автоматизация в промышленности, 2003. – № 8. С. 28-33.
2. Программа «DECISION TABLE TOOLBOX» / Халимон В.И., Проститенко О.В. // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2003611869 от 12 августа 2003 г.

#### **Халимон Виктория Ивановна**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) (СПГТИ (ТУ)), г. Санкт-Петербург  
Доктор технических наук, профессор кафедры систем автоматизированного проектирования и управления (САПРиУ)  
Тел.: 444-7619.  
E-mail: [vih123@newmail.ru](mailto:vih123@newmail.ru)

#### **Проститенко Олег Владимирович**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) (СПГТИ (ТУ)), г. Санкт-Петербург  
Кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования и управления (САПРиУ)  
Тел.: 533-15-03  
E-mail: [vo@nm.ru](mailto:vo@nm.ru)

#### **Бушихин Игорь Игоревич**

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) (СПГТИ (ТУ)), г. Санкт-Петербург  
Аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования и управления (САПРиУ)  
Тел.: 372-00-05  
E-mail: [bushii@mail.ru](mailto:bushii@mail.ru)

---

V.I. HALIMON (*Doctor of Engineering Sciences, Full Professor*), O.V. PROSTITENKO (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*), I.I. BUSHIHIN (*Teaching Assistant*); *Department of «Computer-Aided Design and Control Systems», Saint-Petersburg State Institute of Technology (Technical University)*

#### **REAL TIME DECISION SUPPORT SYSTEMS AS THE PART OF ANALYTICAL INFORMATION TECHNOLOGY IN INDUSTRIAL AUTOMATIC CONTROL SYSTEM (IACS) (ON THE EXAMPLE OF MANUFACTURING OF RUBBER-TECHNICAL PRODUCTS)**

*In this article we take a closer look to the initial stage of using the analytical information technology to the automated control system of manufacturing mechanical rubber products. On this stage of system development it is expedient to include a real time expert system in an existing control system which in a training mode can reveal some interrelations between the process parameters, not considered by already existing control system. In this case an element of top level of hierarchy of a control system is the functional group of programs «Decision Table Toolbox» which helps in creation of knowledge base, in adjustment of expert system to given field, in the analysis of situations received from object and in working out the control influences (decisions).*

**Keywords:** *Expert system; database; knowledgebase; real time decision support system; analytical information technology; industrial automatic control system (IACS); rubber-technical products.*

#### **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Musaev A.A. Virtual'ny'ye analizatory`konceptiya postroeniya i primeneniya v zadachax upravleniya nepreryvny'mi technologicheskimi processami. – Avtomatizaciya v promy'shennosti, 2003/ – №8 – S. 28-33.
2. Programma «DECISION TABLE TOOLBOX» / Xalimon V.I., Prostitenko O.V. // Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii program dlya E`VM №2003611869 ot 12 avgusta 2003 g.

УДК 004.73

О.В. ВОРКУНОВ, А.Н. ТЮРИН

### КОМПЬЮТЕРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Предложен новый подход к планированию беспроводных сетей с помощью универсальных программных комплексов широкого назначения. В качестве такого комплекса выбран программный пакет LabVIEW. Созданная информационно-измерительная система может быть использована как для разработки новых беспроводных сетей, так и проверки, тестирования и доработки существующих.*

*Ключевые слова:* планирование беспроводных сетей; универсальные программные комплексы широкого назначения; информационно-измерительная система; LabVIEW.

В настоящее время беспроводные сети передачи данных становятся основным направлением развития сетевой индустрии. Присущие им достоинства – это высокая скорость передачи информации, удобство использования и быстрота реализации. Однако при прокладке беспроводных сетей в крупных офисных центрах и жилых комплексах часто происходит скопление полей действия нескольких антенн работающих в различных диапазонах длин волн. Это приводит к серьезным проблемам электромагнитной совместимости и ухудшению связи в каждой из сетей. Кроме того, в коротковолновой части дециметрового и сантиметрового диапазона длин волн, в которых работает подобное оборудование, доминирующим механизмом является прямая волна. В результате отражения сигнала от различных строений и элементов конструкций зданий возникает многолучевое распространение сигнала, что приводит к действию на входе приемного устройства нескольких сигналов, поступающих с разных направлений и полному замиранию сигнала.

Планирование беспроводных сетей представляет собой трудоёмкую задачу. В решаемые вопросы входят: выбор мест размещения и режимов работы используемой аппаратуры, частотное планирование, минимизация внутрисистемных помех, максимальный охват территории с требуемым качеством передачи информации, обеспечение электромагнитной совместимости планируемой и уже существующих сетей. Учесть такое множество факторов без использования автоматизированных компьютерных инструментов в современных условиях не представляется возможным.

Для компьютерного планирования беспроводных сетей применяют специализированные программные комплексы, например: WinProp, ICS Telecom, ATOLL, Planet DMS, EDX SignalPro, БАЛТИКА, RPS-2 и др. Однако планирование беспроводных сетей в подобных программах вызывает некоторые неточности из-за отсутствия на цифровых картах местности существующих беспроводных сетей, высоковольтных линий электропередач и пр. Доработка цифровой карты требует материальных и временных затрат, а также она всегда экономически оправдана.

Альтернативным решением для планирования беспроводных сетей является использование универсальных программных комплексов в совокупности с различным измерительным оборудованием. Для этой цели как нельзя лучше подходит программный комплекс LabVIEW фирмы National Instruments. LabVIEW представляет собой графический язык программирования общего назначения, имеющий функции для проведения измерений, обработки сигналов и управления различными приборами. Его преимуществом перед другими подобными программными комплексами является выпускаемое той же фирмой измерительное оборудование, позволяющее согласовывать сигналы практически любых измерительных датчиков с ПК с последующей их обработкой в LabVIEW. Кроме того, доступны различные специализированные дополнительные библиотеки и модули, облегчающие разработку приложений.

Для планирования беспроводных сетей была создана измерительная система, основу которой составляет анализатор высокочастотных сигналов PXI-5660 фирмы National

Instruments, подключенный через устройство согласования в PCI слот материнской карты ПК, с установленным на него программным обеспечением LabVIEW. PXI-5660 позволяет измерить характеристики приемного устройства беспроводной сети. Его основные параметры[1]:

- Диапазон частот от 9 кГц до 2,7 ГГц
- Ширина полосы пропускания 20 МГц
- Погрешность измерения частоты  $\pm 50$  ppb
- Динамический диапазон 80 дБ
- Диапазон измерения входного сигнала + 30dBm

Внешний вид главной блок-диаграммы созданной измерительной системы в программном комплексе LabVIEW представлен на рисунке 1. Данная измерительная система позволяет определить следующие параметры беспроводной линии: частоту, амплитуду, мощность сигнала, длину волны, затухание в линии в зависимости от выбранного типа местности (в соответствии с моделями Okumura (Hata)[2] или COST 231[3]), модуль и фазу коэффициента отражения[5].

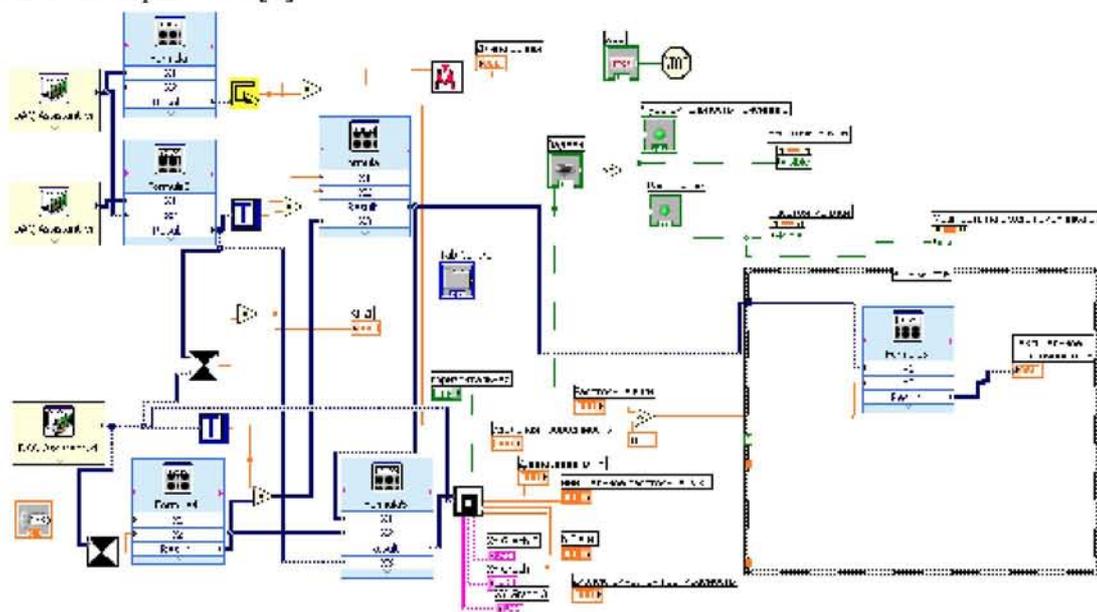


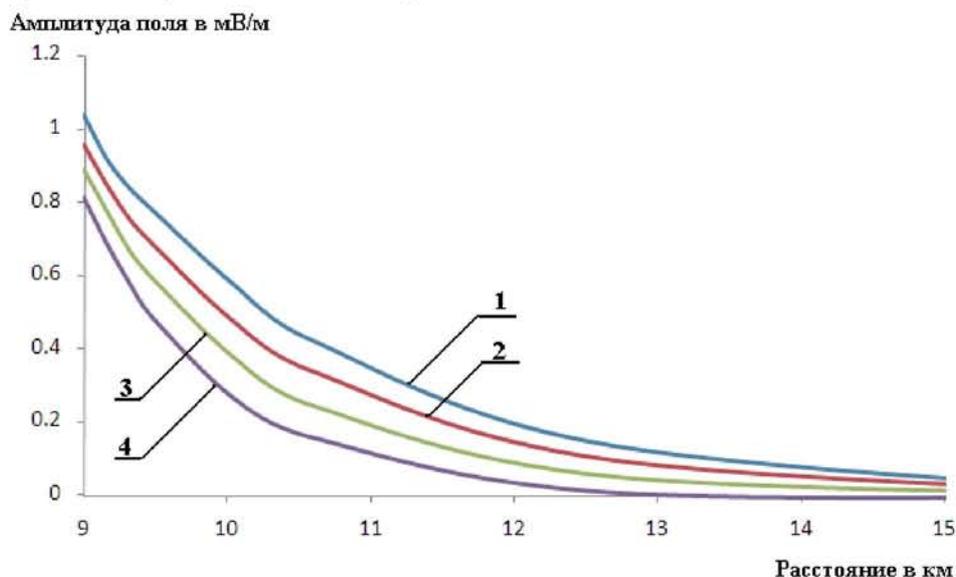
Рисунок 1 – Внешний вид главной блок диаграммы созданной измерительной системы в программном комплексе LabVIEW

Выбранные модели по известным методикам реализуются путем их математического расчета с помощью приложения «Formula». Измеренные анализатором высокочастотных сигналов PXI-5660 параметры поступают в программный комплекс LabVIEW через приложение DAQ assistant, который и используется нашей измерительной системой для получения данных. В программе предусмотрена возможность автоматического сохранения результатов в графическом и цифровом представлении. Для оптимизации при разработке измерительной системы часть виртуальных приборов была оформлена в виде подприборов (SubVI).

Для проверки работоспособности измерительной системы в реальных условиях эксплуатации был использован генератор электромагнитных волн Anritsu MG3691B. Связь между генератором и измерительной системой осуществлялась с помощью двух всенаправленных антенн: горизонтальной и вертикальной поляризации с одинаковыми коэффициентами усиления, равными 8 дБ. Была установлена длина волны 3,5 м, частота передающего сигнала – 100 МГц.

В ходе экспериментальных исследований была получена графическая зависимость амплитуды поля от протяженности рабочей зоны сети в зависимости от высоты антенны

передатчика и фиксированной высоты антенны приемника (рис. 2). Для получения этой зависимости генератор электромагнитных волн перемещался в городских условиях с плотной застройкой на разные высоты и расстояния.



**Рисунок 2 – Зависимость амплитуды поля от протяженности рабочей зоны сети в зависимости от высоты антенны передатчика и фиксированной высоты антенны приемника**

- 1 – одинаковая высота приемника, передатчик – 5 м
- 2 – разница высот 5 м, приемник высота 5 м, передатчик 10 м
- 3 – разница высот 10 м, приемник высота 5 м, передатчик 15 м
- 4 – разница высот 15 м, приемник высота 5 м, передатчик 15 м

В ходе исследований было отмечено:

1. При одинаковой высоте антенн наблюдается ослабление сигнала по экспоненциальному закону.
2. При разных высотах антенн мощность сигнала также уменьшается по экспоненциальному закону. Кривизна мощности принятого сигнала при увеличении расстояния между высотами размещения антенн изменяется в соответствии с разницей высот антенн.

Кроме этого были проведены дополнительные испытания созданной измерительной системы, оценивающие дальность распространения электромагнитного сигнала в городских и пригородных зонах в зависимости от его частоты. Высота приемника и передатчика была фиксирована и составляла 5 м. Полученный график приведен на рисунке 3.

Проведенные исследования показали, что при исследовании влияния горизонтальной и вертикальной поляризации электромагнитных волн на распространение вертикально поляризованные волны при распространении в зонах прямой видимости в месте приема обеспечивают несколько больший уровень напряженности электромагнитного поля. Однако с увеличением разницы высот передающей и приемной антенн это преимущество вертикальной поляризации уменьшается, что позволяет сделать вывод о том, что при дальнейшем увеличении она полностью исчезнет. В то же время радиоволны с горизонтальной поляризацией лучше проникают через препятствия и за пределы зоны прямой видимости, обеспечивая в этих условиях сравнительно большую величину напряженности электромагнитного поля. Кроме того, при горизонтальной поляризации было замечено меньше отраженных интерферирующих волн, вызывающих заметные искажения сигнала, которые становятся особенно заметными при размещении приемника-передатчика на небольшой высоте относительно земли. Таким образом, горизонтальная поляризация обладает рядом преимуществ по сравнению с вертикальной.

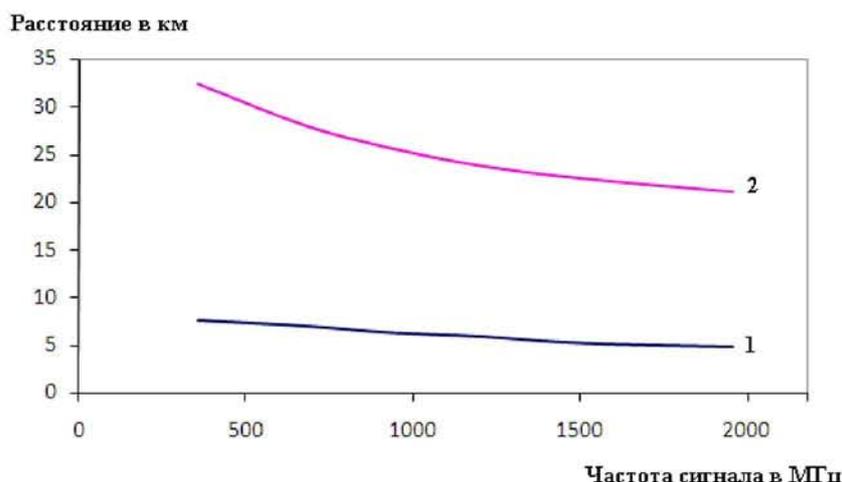


Рисунок 3 – Дальность распространения электромагнитного сигнала в городских и пригородных зонах в зависимости от его частоты

1 – городские условия  
2 – пригородные условия

Полученные результаты позволяют сделать вывод о работоспособности созданной измерительной системы и обоснованности использования при планировании беспроводных сетей, универсальных программных комплексов в совокупности с измерительным оборудованием. Созданные таким образом измерительные системы обладают универсальностью, гибкостью настроек и возможностью учета только необходимых измерительных параметров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.ni.com>
2. M. Hata. «Empirical formula for propagation loss in land mobile radio Services» IEEE Transaction on Vehicular Technology. – Vol.VT-29. – P.317-325. – September 1981.
3. COST Action 231. @Digital mobile radio towards future generation systems, final report@tech. rep., European Communities. – EUR 18957, 1999.
4. Signal Processing For Mobile Communications: Handbook, Edited by Mohamed Ibnkahla, CRC Press LLC, 2005.
5. Reflection plus Multiple Diffraction Loss, report NBS №101.

#### **Воркунов Олег Владимирович**

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань  
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационно-измерительные и управляющие системы»  
Тел.: 8 (843) 519-42-81, 8 927 405 83 51  
E-mail: vorcunov\_oleg@hotmail.ru

#### **Тюрин Александр Николаевич**

Казанское пусконаладочное управление ОАО «Татэлектромонтаж», г. Казань  
Кандидат технических наук, ведущий инженер-технолог  
Тел.: 8 950 321 73 04

O.V. VORKUNOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kazan state energy university*)  
A.N. TURIN (*Candidate of Engineering Sciences*)

#### **CAM SCHEDULING WIRELESS NETWORK**

*Offer new approach to scheduling wireless network mainframe-assisted bundled software versatile. In the capacity of this complex select program package LabVIEW. Create information-measuring system exercisable how for development new wireless network this and check testing and completion exist.*

**Keywords:** *scheduling wireless network; mainframe-assisted bundled software versatile; information-measuring system; LabVIEW.*

УДК 004.77

А.В. СВЕТИКИН

## **ПРИНЦИПЫ И МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВОМ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Представлены принципы функционирования интернет-представительства промышленного предприятия. Разработана модель системы управления интернет-представительством предприятия, описано её взаимодействие с АСУП и потребителем.*

**Ключевые слова:** Интернет; веб; интернет-представительство; АСУП.

В конце XX века появилась и начала бурное развитие глобальная компьютерная сеть Интернет, а именно её составляющая под названием «веб». Возможности интернет-технологий для обмена информацией начали использоваться в информационных системах предприятий для создания интернет-представительств [1]. Актуальность развития этого направления обуславливается более тесной связью производителя и потребителя, ростом объемов управленческой информации в производстве, увеличением количества связей между элементами системы управления и их распределением.

### **ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВОМ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Современные тенденции управления предприятием требуют близкого информационного взаимодействия производителей и потребителей. В роли производителя может выступать в равной степени и производитель товаров, и поставщик услуг. Организацию такого взаимодействия можно назвать информационной интеграцией потребителя с производителем посредством использования информационной среды последнего.

Необходимость такой интеграции вызвана следующими факторами:

- изменчивость требований потребителя;
- изменчивость условий производства.

Изменчивость требований потребителей объясняется динамикой макро- и микроэкономической обстановки, развитием технологии, сменой предпочтений потребителя. Такая изменчивость требует своевременного информирования производителя о необходимых корректировках.

Изменчивость условий производства обуславливается динамикой экономической обстановки, взаимодействием с подрядчиками, поставщиками оборудования, сырья и т.д. Любое изменение, которое может привести к изменению конечной стоимости, сроков, качества производства, должно быть своевременно донесено до сведения потребителя.

Ключевая особенность приведенных факторов заключается в необходимости организации практически непрерывного обмена информацией о ходе выполняемых работ. Возможность организовать «тесное» информационное взаимодействие становится конкурентным преимуществом производителя.

Интегрированное в АСУП интернет-представительство позволяет решить эту задачу [2]. Увеличение эффективности предприятия, сокращение издержек и повышение конкурентоспособности достигается за счет:

- простоты предоставления актуальной информации потребителям;
- ускорения обратной связи с потребителями;
- автоматизирования приема производственных задач от потребителя;

Интернет предоставляет широкие возможности по донесению наиболее актуальной информации самому широкому кругу потребителей, в том числе, и потенциальных. Изменения в предоставляемые данные могут производиться в режиме, близком к реальному времени, с производением уведомления всех заинтересованных лиц. Практически отсутствуют или несущественны ограничения на объем и формат предоставляемой

информации. Ускоренная обратная связь с потребителем позволяет повысить качество обслуживания за счет уменьшения временных задержек и искажения передаваемой информации. Эффект достигается путем создания дополнительных каналов связей между непосредственными исполнителями производственных задач и потребителями.

Автоматизированный прием производственных задач позволяет по известным параметрам (таким, как вид работы, сроки исполнения, приоритет) поставить задачу на выполнение конкретным сотрудникам, вести учет и контроль хода работы. Сводная информация по текущим задачам используется при оперативном планировании производства, данные о ходе выполнения конкретных задач передаются заинтересованным лицам. Подход становится особо эффективен при решении типовых задач [3].

### МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВОМ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Для реализации сформулированных принципов разработана система управления интернет-представительством предприятия (СУИПП), которая является средством организации близкого взаимодействия между потребителем и производителем. Цель работы системы — поддержание функционирования ИП в рамках этих принципов. На рисунке 1 представлена СУИПП и её внешнее окружение.



Рисунок 1 – Система и её внешнее окружение

$Q$  – вектор значений параметров воздействия внешней среды;  $X$  – вектор значений параметров обратной связи от СУИПП к потребителю;  $W$  – вектор значений параметров воздействия потребителя на СУИПП;  $X^*$  – вектор значений параметров обратной связи от ИП к предприятию;  $Y^*$  – вектор значений параметров обратной связи от СУИПП к предприятию;  $Y$  – вектор значений параметров воздействия предприятия на СУИПП;  $W^*$  и  $Y^*$  – вектора значений параметров прямой информационной связи между потребителем и предприятием.

Взаимодействие системы происходит с потребителем и производителем, под которыми мы понимаем следующее:

- Потребитель – клиент предприятия (в том числе, потенциальный), потребитель продукции предприятия. Обменивается информацией с предприятием как через ИП, так и непосредственно;
- Предприятие — производитель, предоставляющий потребителям товары или услуги. Обменивается информацией с потребителями (в том числе, и потенциальными) через интернет-представительство и задает параметры функционирования ИП.

СУИПП позволяет предприятию взаимодействовать с потребителем по следующим основным аспектам:

- публиковать информацию, доступную широкому кругу потребителей — текстовые и мультимедийные данные о предприятии, направлениях его работы и производственных возможностях, продукции и т.д. Данные могут быть структурированы иерархически или

таксономически, могут быть представлены на разных языках, экспортироваться в сторонние системы;

- организовывать узкое взаимодействие с потребителями в рамках обратной связи с производителем или техническо-информационной поддержки. В этом аспекте происходит диалог с конкретным потребителем, который дополняет или замещает обращения потребителей напрямую к производителю, минуя ИП;

- обеспечивать получение заказов на производство и/или поставку продукции или услуг, а также предоставлять отчеты о выполнении заказов. Параметры полученных заказов проходят предварительную проверку и передаются в АСУП. В этот же аспект включаются функции приема оплаты заказов посредством систем электронных платежей.

Для реализации взаимодействия с потребителем СУИПП предоставляет контур связи  $(Y, X, W, X')$ , который дополняет и в ряде случаев заменяет контур прямой связи  $(Y', W')$

СУИПП также учитывает воздействие внешней среды  $Q$  — совокупности внесистемных мало- или непредсказуемых факторов, влияющих на функционирование ИП. К такому влиянию можно отнести сбои в функционировании оборудования и каналов связи, информационные атаки злоумышленников, человеческий фактор в работе обслуживающего персонала и пр. Подробное рассмотрение учета воздействия внешней среды оставим за рамками данной статьи.

Укрупненное внутреннее устройство системы показано на рисунке 2.

Система состоит из трех основных блоков:

- Интернет-представительство — собственно объект управления системы;
- Блок формирования управляющего воздействия — программно-аппаратный комплекс регулирования параметров интернет-представительства. Управление производится на основе показателей функционирования ИП и параметров, получаемых от предприятия. Блок предусматривает автономное функционирование без поступления данных от предприятия в течении продолжительного времени;
- Блок формирования значений параметров предприятия — программно-аппаратный комплекс предварительной подготовки значений параметров для блока формирования управляющего воздействия.

В СУИПП управления выделяются несколько основных контуров управления, отвечающих за реализацию целевой функций системы:



Рисунок 2 – Укрупненная модель СУИПП

### АВТОНОМНЫЙ КОНТУР ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СУИПП

Множество функций ИП должны реализовываться без участия АСУП предприятия: поиск и запросы информации потребителями, регистрация и авторизация пользователей, экспорт информации, прием электронных платежей, сбор статистических данных, ответная реакция на информационные атаки и т.д. Они реализуются контуром автономного

функционирования, который не требует взаимодействия с АСУП, а формирует управляющее воздействие на основе ранее заложенных параметров. Отсутствие такого контура потребовало бы ненужного вовлечения АСУП предприятия в несвойственные ему предметные области.



Рисунок 3 – Автономный контур управления СУИПП

Векторы значений автономного контура:  $U$  – параметры управления ИП;  $X''$  – обратная связь от объекта управления к субъекту управления;

### КОНТУР АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ИП

Предприятие задает часть параметров работы ИП (вектор  $Y$ ) для поддержания его функционирования. Передаваемые параметры проходят валидацию в блоке формирования значений предприятия, преобразуются в вектор  $G$  и используются блоком управления для формирования управляющего вектора  $U$ .



Рисунок 4 – Контур администрирования ИП

Контур имеет несколько линий обратных связей. Во-первых, обратная связь  $Y^*$ , используемая при валидации входных параметров от предприятия, позволяющая предприятию корректировать ошибочные входные данные. Основное назначение валидации здесь — поддержание целостности данных ИП.

Во-вторых, вектор обратной связи  $G^*$  вносит корректировки в значения параметров предприятия. Необходимость в этом возникает в процессе автономной работы ИП и обычно вызвана следующими причинами: достижения некоторых предельных параметров работы, системные сбои, исчерпание ресурсов (производительности) аппаратного обеспечения. Например, может быть приостановлен прием оплаты заказов по специальной команде платежного шлюза (до момента устранения проблемы в ручном режиме).

В-третьих, вектор  $X'$  является выходом блока ИП и передает значения, агрегированные в результате работы системы в целом. Статистические отчеты по посещаемости, количеству привлеченных потребителей, наиболее востребованной продукции или услугах используются для планирования и оперативного управления как для ИП, так и для предприятия.

### СВЯЗЬ С ПОТРЕБИТЕЛЕМ ЧЕРЕЗ ИП

Контур связи с потребителем реализует обмен информацией с конкретными заказчиками и обработку заказов, поступающих через ИП. Этот контур дополняет и в ряде случаев заменяет контур непосредственного общения потребителя и производителя (обозначенный векторами  $W''$ ,  $Y'$ ).

Инициатором взаимодействия в этом контуре выступает потребитель, путем задания параметров запроса или заказа (вектор  $W$ ). Предприятие получает информацию (вектор  $X'$ ), начинает обработку запроса и передает ответ или через ИП (линия  $Y \rightarrow G \rightarrow U \rightarrow X$ ), или напрямую (вектор  $Y'$ ). Стоит отметить, что осуществление связи, минуя ИП, возможно и удобно не во всех случаях. Изменения параметров, возникшее при прямой связи, должно быть передано и в ИП для поддержания актуальности его информационного содержания.



Рисунок 5 – Контур связи с потребителем через ИП

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная модель системы управления позволяет эффективно поддерживать функционирование ИП предприятия в рамках описанных принципов.

СУИП на основе представленной модели была успешно использована для управления ИП научно-практической конференцией «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» [4].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мурашев А., Виноградов В. Развитие Интернет-технологий в современных информационных системах управления производством // «Мир компьютерной автоматизации», 2000. – 3/2000. – С. 20-22.

2. Новиков С.В. Интернет-представительство как компонент автоматизированной системы управления предприятием / С.В. Новиков, А.В. Артемов, П.В. Дмитриенко // Известия ОрелГТУ, 2008. – № 1-3/269(544). – С. 191-195.
3. Светкин А.В., Иващук О.А. Подсистема Интернет-представительства для обработки входящих заявок в АСУП // Информационные системы и технологии, 2010. – № 6(62). – С. 119-122.
4. Светкин А.В. Повышение эффективности обработки заявок участников научных конференций за счет использования Интернет-представительства // Высокие технологии и фундаментальные исследования. – Т.1: под ред. А.П. Кудинова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – С. 67-69.

**Светкин Александр Васильевич**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Информационные системы»

Тел.: 8 920 287 88 46

E-mail: [alex@svetkin.ru](mailto:alex@svetkin.ru)

---

A.V. SVETKIN (*Postgraduate student, The Federal State Higher Education Professional Institution «State University – Education-Scientific-Production Complex»*)

#### CONCEPTS AND MODEL OF ENTERPRISE INTERNET-REPRESENTATION MANAGEMENT SYSTEM

*Concepts of enterprise internet-representation functioning are presented. A model of enterprise internet-representation is developed, its interaction with ERP and customers is described.*

**Keywords:** *Internet; web; internet-representation; ERP.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Murashev A., Vinogradov V. Razvitie Internet-texnologij v sovremenny'x informacionny'x sistemax upravleniya proizvodstvom // «Mir komp'yuternoj avtomatizacii», 2000. – 3/2000. – S. 20-22.
2. Novikov S.V. Internet-predstavitel'stvo kak komponent avtomatizirovannoj sistemy' upravleniya predpriyatiem / S.V. Novikov, A.V. Artemov, P.V. Dmitrienko // Izvestiya OryolGTU, 2008. – № 1-3/269(544). – S. 191-195.
3. Svetkin A.V., Ivashhuk O.A. Podсистема Internet-predstavitel'stva dlya obrabotki vxodyashhix zayavik v ASUP // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2010. – № 6(62). – S. 119-122.
4. Svetkin A.V. Povy'shenie e'ffektivnosti obrabotki zayavok uchastnikov nauchny'x konferencij za schyot ispol'zovaniya Internet-predstavitel'stva // Vy'sokie texnologii i fundamental'ny'e issledovaniya. – Т. 1: pod red. A.P. Kudinova. – SPb.: Izd-vo Politexn. un-ta, 2010. – S. 67-69.

УДК 621.391.7

Е.Ю. ГЕРЛИНГ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ СТЕГОСИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВЛОЖЕНИЕ В НАИМЕНЕЕ ЗНАЧАЩИЕ БИТЫ

*В статье исследованы эффективность различных методов обнаружения стегосистем вложения в наименее значащие биты, приведены данные моделирования методов стегоанализа, даны рекомендации по выбору пороговых значений.*

*Ключевые слова:* наименее значащие биты; стегоанализ; стегосистема; вероятность пропуска; вероятность ложной тревоги.

#### ВВЕДЕНИЕ

Во все времена существовала необходимость передачи секретной информации. Для этого применялись различные методы, в том числе, и методы стеганографии. При помощи стеганографических методов информация вкладывается в покрывающее («невинное») сообщение таким образом, что сам факт передачи секретной информации становится скрытым. Изображение с вложением называется стеганограммой. В современном мире существует множество стегоалгоритмов, обеспечивающих секретную передачу данных по каналам телекоммуникаций, используя различные медиа файлы, например, цифровые изображения.

Часто в качестве покрывающего сообщения применяются файлы с изображениями формата BMP [6], при этом в многих случаях используется стегоалгоритм вложения в наименее значащие биты (СГ-НЗБ). При использовании данного стегоалгоритма в исходном покрывающем изображении в наименее значащий бит записывается 0 или 1 в соответствии с вкладываемой секретной информацией. То есть, если вкладываемый бит секретной информации равен 0, то наименее значащий бит пикселя покрывающего сообщения меняется на 0, а если бит равен 1 – на 1. При этом информация вкладывается со скоростью 1 бит/пиксель. Таким образом, количество бит, которые можно вложить в покрывающее изображение равно количеству пикселей в этом покрывающем изображении. Человеческий глаз почти не воспринимает изменение наименее значащего бита; даже если поместить рядом исходное покрывающее изображение и то же самое изображение после вложения секретной информации в каждый пиксель, то человек не увидит между ними различий.

Для того, чтобы определить, какое изображение находится перед нами, покрывающее или стеганограмма, следует применять специальные методы стегоанализа изображения (атаки), которые и позволяют выявить наличие или отсутствие вложения.

В данной статье рассмотрены различные атаки на СГ-НЗБ при условии, что исходное покрывающее изображение атакующему не известно. Также будут показаны результаты экспериментов, приведенные на основании исследований эффективности различных атак.

Все приведенные расчеты и экспериментальные данные сделаны для изображений формата BMP с 256 градациями серого (8 разрядов) размером 300x200 пикселей, количество пикселей в изображении равно 60000. Данный метод вложения можно применять и к цветным изображениям формата 24 бита на пиксель.

#### АТАКИ НА СГ-НЗБ

Любое изображение имеет набор некоторых свойств. Большинство этих свойств не известны обычным пользователям. Существуют различные атаки по выявлению наличия вложения в исследуемом изображении. Они основаны на изменении свойств после вложения в него секретной информации.

## ВИЗУАЛЬНАЯ АТАКА С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Обозначим значения оттенков пикселей исследуемого изображения  $C(k)$ , где  $k = 1, 2, \dots, N$ , а значения яркости пикселей изображения после визуальной атаки  $\tilde{C}(k)$ , где  $k = 1, 2, \dots, N$ ,  $N$  – общее количество пикселей в изображении,

Преобразование, используемое для визуальной атаки, принимает вид:

$$\tilde{C}(k) = \begin{cases} \text{белое, если } C_0(n) = 1, \\ \text{черное, если } C_0(n) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где  $C_0(k)$  – значение наименее значащего бита  $n$ -ого пикселя.

Если исследуемое изображение не имеет вложения, то на изображении после визуальной атаки будут просматриваться контуры первоначального изображения. Если же в исследуемом изображении есть вложение, то вместо этого изображения мы увидим шум. При этом шум будет тем больше, чем больше доля вложенной секретной информации. При малой доли вложения шум будет не заметен, а контуры будут почти такие же четкие, как и у покрывающего сообщения.

Основной недостаток данной атаки – это невозможность провести ее полностью в автоматическом режиме. Результаты визуальной атаки может оценить только непосредственно сам стегоаналитик, поскольку ему приходится принимать решения, основываясь на зашумленности изображения. Скорость анализа потока изображений у данной атаки весьма низкая. К тому же, у визуальной атаки достаточно большая вероятность пропуска.

## СТЕГОАНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАТИСТИКИ 1-го ПОРЯДКА (ГИСТОГРАММНАЯ АТАКА)

Такой стегоанализ использует частоту появления различных яркостей в исследуемом изображении (гистограмма изображения). Основная идея данного стегоанализа описана в [3].

Для любого изображения  $C(k)$ , где  $k = 1, 2, \dots, N$  – количество пикселей в изображении, можно построить гистограмму в виде распределения каждого из уровней яркостей:

$$V_i, i = 0, 1, \dots, L - 1, \quad (2)$$

где  $i$  – номер яркости,  $V_i$  – вероятность появления пикселя с яркостью  $i$ ,  $L = 2^t$  – количество возможных значений яркостей в изображении,  $t$  – количество бит на пиксель изображения.

При  $t = 8$ , как в нашем случае,  $L = 256$ .

После вложения информации с равновероятными двоичными символами в наименее значащий бит каждого пикселя покрывающего изображения гистограмма приобретает следующий вид:

$$\begin{cases} V'_{2j} = \frac{1}{2} \cdot V_{2j} + \frac{1}{2} \cdot V_{2j+1} \\ V'_{2j+1} = \frac{1}{2} \cdot V_{2j+1} + \frac{1}{2} \cdot V_{2j} \end{cases}, \quad (3)$$

где  $V'_{2j}$  – вероятность появления пикселя с яркостью  $2j$  после вложения,  $V'_{2j+1}$  – вероятность появления пикселя с яркостью  $2j+1$  после вложения.

Информацию можно вкладывать не в каждый пиксель, а в некоторую часть пикселей (доля пикселей с секретной информацией будет менее 1), выбранную по случайному закону. В этом случае задача стегоанализа усложняется, но при этом падает скорость передачи секретной информации.

Если доля вложенной информации от количества пикселей в изображении  $P$  менее 1, то гистограмма принимает вид:

$$\begin{cases} V'_{2j} = (1-P) \cdot V_{2j} + (V_{2j} + V_{2j+1}) \cdot \frac{P}{2} \\ V'_{2j+1} = (1-P) \cdot V_{2j+1} + (V_{2j} + V_{2j+1}) \cdot \frac{P}{2} \end{cases} \quad (4)$$

Из теории вероятностей [4] известно, что если случайный вектор частот  $v_i$ ,  $i = 1, 2..K$  соответствует вероятностям  $P_i$ ,  $i = 1, 2..K$ , то случайная величина

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^K \frac{(v_j - P_j)^2}{P_j}, \quad (5)$$

где  $n = v_1 + v_2 + \dots + v_K$ ; будем иметь в пределе ( $n \rightarrow \infty$ ) так называемое  $\chi^2$ -распределение с  $K - 1$  степенями свободы.

Положим в (5)  $v_j = V(2j)$ ,  $j = 0, 1.. \left[ \frac{(L-1)}{2} \right]$ .  $[x]$  – целая часть  $x$ . Тогда при вложении по методу СГ-НЗБ при  $P = 1$  получаем из (3):

$$P_j = \frac{1}{2} (V(2j) + V(2j+1)). \quad (6)$$

$\chi^2$  статистика в (5) принимает следующий вид:

$$\chi^2 = \sum_{j=0}^{\left[ \frac{(L-1)}{2} \right]} \frac{\left( V(2j) - \frac{1}{2} (V(2j) + V(2j+1)) \right)^2}{\frac{1}{2} (V(2j) + V(2j+1))}, \quad (7)$$

$$\chi^2 = \sum_{j=0}^{\left[ \frac{(L-1)}{2} \right]} \frac{(V(2j) - V(2j+1))^2}{2(V(2j) + V(2j+1))}. \quad (8)$$

Заметим, что

$$V(k) = \frac{n_k}{N}. \quad (9)$$

Подставим (9) в (8):

$$\chi^2 = \sum_{j=0}^{\left[ \frac{(L-1)}{2} \right]} \frac{(n_{2j} - n_{2j+1})^2}{2N(n_{2j} + n_{2j+1})}, \quad (10)$$

где  $n_{2j}$  – количество пикселей атакуемого изображения с яркостью  $2j$ ,

$n_{2j+1}$  – количество пикселей атакуемого изображения с яркостью  $2j+1$ .

Если покрывающее изображение достаточно велико, то и объем выборки достаточно велик, следовательно, значение  $\chi^2$  будет соответствовать  $\chi^2$ -распределению.

Для данной атаки можно найти некоторое пороговое значение  $\chi_0^2$ . Тогда атака сводится к сравнению вновь полученного  $\chi^2$  с уже ранее известным пороговым значением  $\chi_0^2$ . Если  $\chi^2 > \chi_0^2$  – вложения нет, если  $\chi^2 < \chi_0^2$  – вложение есть.

### СТЕГОАНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАТИСТИКИ 2-ОГО ПОРЯДКА (ПАРНО-ВЫБОРОЧНЫЙ АНАЛИЗ)

Рассмотренные ранее атаки не учитывают корреляцию (взаимосвязь) между пикселями изображения.

Атака с помощью стегоанализа 2-ого порядка, описанная в [5], учитывает то обстоятельство, что пиксели в изображении распределены не случайным образом, а существует некоторая взаимосвязь между их яркостями, следовательно, и между наименее значащими битами соседних пикселей изображения. Данная атака позволяет не только

определить, вложена ли в данное изображение секретная информация, но и оценить долю вложенной информации.

По определенным критериям [5] из всех значений яркостей пикселей изображения формируются множества пар образцов (пары пикселей со значениями яркостей, зависящих друг от друга по определенному закону), называемых следом множества.

В работе [5] доказывается, что доля вложенной информации может быть оценена по следующей формуле:

$$P' = \frac{\frac{2D_0 + 2Y_1 - D_2 - 2X_1}{2} - \sqrt{\left(\frac{2D_0 + 2Y_1 - D_2 - 2X_1}{2}\right)^2 - (2C_0 - C_1)(Y_1 - X_1)}}{\frac{2C_0 - C_1}{2}}, \quad (11)$$

где  $C_0$  – количество последовательных пар яркостей пикселей, совпадающих в первых 7-ми битах,  $C_1$  – количество последовательных пар яркостей пикселей, которые, если откинуть наименее значащий бит, в первых 7 битах будут отличаться друг от друга на 1,  $D_0$  – количество последовательных пар яркостей пикселей, совпадающих во всех битах,  $D_2$  – количество последовательных пар яркостей пикселей, которые отличаются друг от друга на 2,  $X_1$  – количество последовательных пар яркостей пикселей вида  $(2k, 2k - 1)$  или  $(2k - 1, 2k)$ , где  $k$  – целое число,  $Y_1$  – количество последовательных пар яркостей пикселей вида  $(2k, 2k + 1)$  или  $(2k + 1, 2k)$ , где  $k$  – целое число.

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗНЫХ АТАК МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Чтобы оценить эффективность описанных выше атак, были проведены эксперименты с различной долей вложения секретной информации в покрывающее сообщение. Далее полученные стеганограммы проверяли на наличие вложения с помощью всех трех атак и сравнивали полученные результаты между собой.

Результаты исследования визуальной атаки при вложении разной доли секретной информации  $P$  в одно и то же покрывающее изображение приведены на рисунках 1-4.

На рисунках 1–4 в левой части приведен результат визуальной атаки на покрывающее изображение, а в правой – на стеганограмму с долей вложения  $P$ . Из рисунков 1–4 видно, что уже при  $P = 0,1$  становится сложно отличить стеганограмму от покрывающего сообщения, а при  $P = 0,05$  это становится практически невозможным. При этом стоит учесть, что незначительный шум, такой, например, как на рисунках 3(б) и 4(б) может присутствовать и в покрывающем сообщении. Надежно определить наличие вложения с помощью визуальной атаки можно при достаточно большой доле вложения секретной информации (более 0,1).

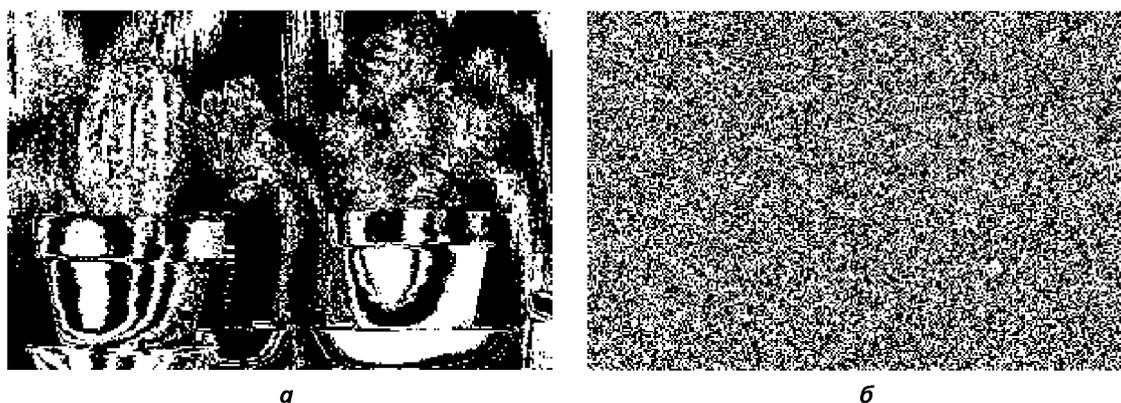


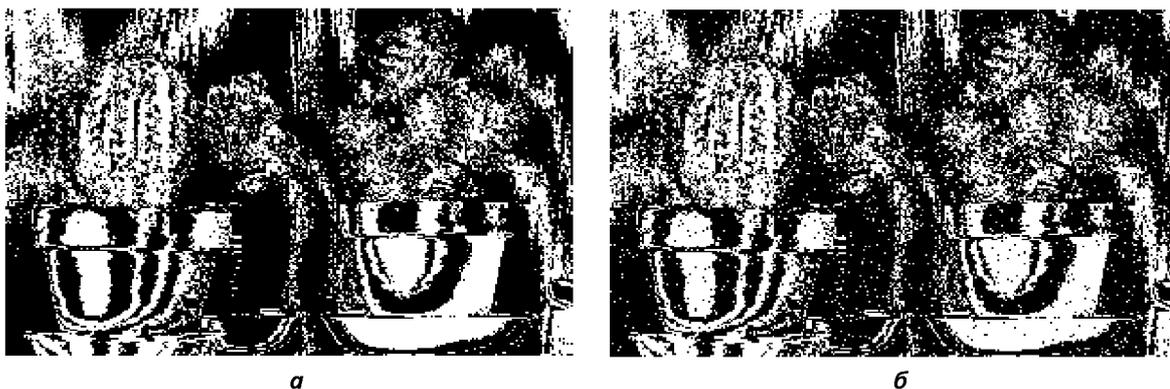
Рисунок 1  
*а* – покрывающее сообщение после атаки  
*б* – изображение с вложением  $P = 1$  после атаки



*Рисунок 2*  
*а – покрывающее сообщение после атаки*  
*б – изображение с вложением  $P = 0.5$  после атаки*



*Рисунок 3*  
*а – покрывающее сообщение после атаки*  
*б – изображение с вложением  $P = 0.1$  после атаки*



*Рисунок 4*  
*а – покрывающее сообщение после атаки*  
*б – изображение с вложением  $P = 0.05$  после атаки*

Гораздо лучше результаты у атаки на основе 1-ого порядка, показанные в таблице 1.

Для анализов результатов атаки требуется выбрать  $\chi_0^2$ . Допустим,  $\chi_0^2 = 0,47$ . Как видно из таблицы 1, атака надежно обнаруживает наличие вложения при  $P > 0,05$ .

В таблице 2 приведены значения вероятности ложной тревоги  $P_{fa}$  для покрывающего сообщения и вероятностей пропуска  $P_m$  для стеганограмм с различной долей вложения при различных  $\chi_0^2$ , полученные в результате анализа 100 изображений.

Таблица 1 – Экспериментальные результаты атаки, основанной на статистике 1-ого порядка

№ изображения	$\chi^2$ при различных долях вложения секретной информации					
	$P = 1$	$P = 0,5$	$P = 0,1$	$P = 0,05$	$P = 0,01$	$P = 0$
1	0,0003	0,1195	0,3909	0,4377	0,4751	0,4851
2	0,0005	0,1246	0,4009	0,4506	0,4873	0,5000
3	0,0003	0,1191	0,3827	0,4266	0,4654	0,4745
4	0,0005	0,1261	0,3983	0,4470	0,4871	0,4966
5	0,0004	0,1251	0,4034	0,4532	0,4880	0,4994

Таблица 2 – Значения  $P_{fa}$  и  $P_m$  для атаки, основанной на статистике 1-ого порядка

$\chi_0^2$	<b>0,49</b>	<b>0,48</b>	<b>0,47</b>	<b>0,45</b>	<b>0,43</b>	<b>0,40</b>	<b>0,37</b>	<b>0,30</b>	<b>0,15</b>	<b>0,10</b>
$P_{fa}$	0,34	0,29	0,22	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04	0	0
$P = 1$	$P_m$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$P = 0,5$	$P_m$	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,88
$P = 0,1$	$P_m$	0	0	0	0	0	0,35	0,81	0,95	0,99
$P = 0,05$	$P_m$	0	0	0	0,20	0,72	0,87	0,94	0,95	1
$P = 0,01$	$P_m$	0,17	0,66	0,72	0,81	0,89	0,93	0,93	0,96	1

Как видно из таблицы 2, при различных  $\chi_0^2$  вероятности  $P_{fa}$  и  $P_m$  различны.  $P_{fa}$  уменьшается с уменьшением  $\chi_0^2$ , а  $P_m$ , наоборот, увеличивается. Проведенные опыты показали, что  $P_m$  при  $P = 1$  стремится к нулю. При  $P \geq 0,5$  и при  $0,15 \leq \chi_0^2 < 0,40$  вероятность  $P_m$  также стремится к нулю, а  $P_{fa}$  не превышает 0,10, следовательно, данный стегоанализ при данных параметрах достаточно надежен. Атакующий может сам выбрать оптимальное соотношение  $P_{fa}$  и  $P_m$  и, исходя из этих величин, порог  $\chi_0^2$ .

Теперь рассмотрим результаты атаки, основанной на статистике 2-ого порядка, на изображения, которые анализировались в таблице 1. Результаты атаки представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Экспериментальные результаты атаки, основанной на статистике 2-ого порядка

№ изображения	$P$									
	<b>1</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,005</b>	<b>0,001</b>	<b>0,0005</b>	<b>0,0001</b>	<b>0</b>
1	0,5856	0,4074	0,0973	0,0500	0,0107	0,0052	0,0009	0,0005	0	0
2	0,5273	0,3786	0,0866	0,0392	0,0104	0,0056	0,0009	0	0	0
3	0,5731	0,3967	0,0800	0,0335	0	0	0	0	0	0
4	0,5861	0,4044	0,0987	0,0504	0,0093	0,0051	0,0007	0	0	0
5	0,5806	0,4034	0,0966	0,0456	0,0121	0,0049	0,0012	0,0005	0,0001	0,00005

Данная атака не только выявляет наличие вложения, но и оценивает долю вложенной информации при  $0,01 < P < 0,1$ , однако при  $P > 0,1$  оценка доли вложения оказывается неточной. Если в результате атаки полученное значение равно «0», значит, вложения нет.

Как видно из таблицы 3, данная атака определяет наличие вложения при  $P > 0,01$ . При этом для  $0,01 < P < 0,1$  достаточно точно определяется доля вложения.

В таблице 4 приведены значения  $P_{fa}$  и  $P_m$  при двух пороговых значениях с различной долей вложения секретной информации, собранные в результате анализа 100 изображений.

Таблица 4 – Значения  $P_{fa}$  и  $P_m$  для атаки, основанной на статистике 2-ого порядка

$P'_0$		0	0,0001
$P_{fa}$		0,10	0,05
$P = 1$	$P_m$	0	0
$P = 0,5$	$P_m$	0	0
$P = 0,1$	$P_m$	0,02	0,02
$P = 0,05$	$P_m$	0,06	0,06
$P = 0,01$	$P_m$	0,10	0,10
$P = 0,005$	$P_m$	0,23	0,23
$P = 0,001$	$P_m$	0,30	0,30
$P = 0,0005$	$P_m$	0,43	0,45
$P = 0,0001$	$P_m$	0,65	0,70

Хотя в первоначальном варианте данной атаки, описанной в [5], рекомендуется выбирать пороговое значение, равное 0, автор данной статьи на основании исследований более 100 изображений рекомендует выбрать пороговое значение, равное 0,0001, что, как видно из таблице 4, это позволит уменьшить  $P_{fa}$  в 2 раза, существенно не увеличивая  $P_m$ .

Из таблицы 4 видно, что при  $P > 0,1$  стегоанализ на основе статистики 2-ого порядка точно определяет наличие в исследуемом изображении скрытой информации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Визуальный метод стегоанализа наименее надежный и наиболее медленный из методов, рассмотренных в данной статье. Для него невозможно задать пороговое значение. Для его реализации требуется постоянное присутствие оператора, который будет сам делать выводы о наличии или отсутствии вложения.

Более эффективным оказался стегоанализ, основанный на статистике 1-ого порядка. Он достаточно надежно обнаруживает стеганограмму при  $P \geq 0,5$  и при  $0,15 \leq \chi_0^2 < 0,40$ . Но данная атака плохо распознает вложение малой доли информации, поскольку при уменьшении  $P$  возрастает  $P_m$ . Можно уменьшить  $P_m$ , увеличив  $\chi_0^2$ , но при этом возрастет  $P_{fa}$ .

Метод стегоанализа, основанный на статистике 2-ого порядка, является лучшим из методов, рассмотренных в статье. Он позволяет достаточно точно ( $P_m < 0,30$ ) определить наличие или отсутствие скрытой информации при  $P > 0,001$ , при этом  $P > 0,1$ ,  $P_m = 0$ . Если выбрать  $P'_0 = 0,0001$ , вместо рекомендованного в [5]  $P'_0 = 0$ , то  $P_{fa} = 0,05$  вместо  $P_{fa} = 0,10$ . Данный стегоанализ позволяет оценить  $P$  для  $0,01 < P < 0,1$ . Для  $P > 0,1$  оценка доли вложения оказывается неточной в сторону понижения скорости вложения.

Автор выражает благодарность профессору СПбГУТ В.И. Коржику за консультативную помощь в написании статьи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коржик В.И. Лекции по основам стеганографии. [Электронный ресурс]. – URL: [www.ibts-sut.ru](http://www.ibts-sut.ru).
2. Коржик В.И., Просихин В.П. Основы криптографии. – Линк, 2008.
3. Westfeld A., Pfitzmann A. Attacks on Steganography Systems. Breaking the Steganographic Utilities EzStego, Jsteg, Steganos and S-Tools and some Lessons Learned., LNCS, 1765. – Pp. 61-76, 2000.
4. Ван дер Варден. Математическая статистика. – Москва, 1960.
5. Dumitrescu S., Wu X., Wang Z. Detection of LSB Steganography via Sample Pair Analysis. // F.A.P. Petitcolas, 2003. – Vol. 2578. – Pp. 355-372.
6. Stego Archive.com [www.stegoarchive.com](http://www.stegoarchive.com)

**Герлинг Екатерина Юрьевна**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, г. Санкт-Петербург

Аспирант кафедры «Информационная безопасность телекоммуникационных систем»

Тел.: 8 911 235 41 51

E-mail: [abri@rambler.ru](mailto:abri@rambler.ru)

---

E.U. GERLING (*Postgraduate student, State University of Telecommunications, St. Petersburg*)

#### INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF DETECTION METHODS STEGOSYSTEMS, WHICH USE AN EMBEDDING TO THE LEAST SIGNIFICANT BITS

##### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Korzhik V.I. Lekcii po osnovam steganografii. [E'lektronny'j resurs]. – URL: [www.ibts-sut.ru](http://www.ibts-sut.ru).
2. Korzhik V.I., Prosixin V.P. Osnovy' kriptografii. – Link, 2008.
3. Westfeld A., Pfitzmann A. Attacks on Steganography Systems. Breaking the Steganographic Utilities EzStego, Jsteg, Steganos and S-Tools and some Lessons Learned., LNCS, 1765. – Pp.61-76, 2000.
4. Van der Varden. Matematicheskaya statistika. – Moskva, 1960.
5. Dumitrescu S., Wu X., Wang Z. Detection of LSB Steganography via Sample Pair Analysis. // F.A.P. Petitcolas, 2003. – Vol. 2578. – Pp. 355-372.
6. Stego Archive.com [www.stegoarchive.com](http://www.stegoarchive.com)

## ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ЗАРУБЕЖНЫХ ГОСУДАРСТВАХ

*В статье исследуются принципы качества персональных данных и права субъекта данных; рассматриваются компьютерные правонарушения, объектом которых является качество персональных данных; предлагается в состав принципов защиты данных ввести группу принципов безопасности персональных данных с формулировкой принципов этой группы. Формулируется цель правового регулирования, исключающего создание системы тотальной компьютерной слежки за частной жизнью. Рассмотрены различные зарубежные подходы к решению этой двуединой задачи правового регулирования использования идентификационных кодов и подобных процедур.*

**Ключевые слова:** качество персональных данных; компьютерные правонарушения; защита информации.

Провозглашенные статьями 23 и 24 Конституцией Российской Федерации положения о правовой защите неприкосновенности частной жизни, личной и семейной тайне, о запрете сбора, хранения, использования и распространения информации о частной жизни лица оказались недостаточными, и поэтому необходима более развернутая нормативно-правовая база реализации этих конституционных правомочий граждан. 27 июля 2006 года Президентом РФ с целью реализации норм ратифицированной Россией 19 декабря 2005 г. Конвенции Совета Европы «О защите физических лиц при автоматизированной обработке персональных данных» были подписаны Федеральный закон от 27.07.2006 №152-ФЗ «О персональных данных», который вступил в силу в январе 2007 года, и Федеральный закон от 27.07.2006 №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». После вступления в силу ФЗ «О персональных данных» в России начался процесс постепенного формирования правовой культуры защиты персональных данных, которая в некоторых европейских странах была сформирована более 30 лет назад<sup>1</sup>. Необходимость в формировании системы правового обеспечения защиты персональных данных при их автоматизированной обработке в России возникла еще в середине 1990-х гг., когда стали продаваться телефонные и адресные базы данных граждан. Конфиденциальность персональных данных человека постоянно и повсеместно нарушалась, а должная правовая база практически отсутствовала. Кроме того, в феврале 2011 года Мосгордума одобрила в первом чтении проект закона города «Об универсальной электронной карте». Новая универсальная электронная карта (УЭК) в соответствии с законопроектом соединяет в себе пенсионный полис, полис медицинского страхования, социальную карту, банковскую карту, проездной на общественный транспорт, а также в ней будет содержаться информация о группе крови владельца, его счете в банке, паспортные данные и другая информация. Для создания такой базы данных надо собрать конфиденциальную информацию. Реакция общества на введение в оборот УЭК неоднозначная. Многие граждане полагают, что внедрение универсальной электронной карты нарушает их конституционные права. На имя председателя Московской городской Думы Владимира Платонова уже передано свыше 50 подобных обращений.<sup>2</sup>

Как показывает зарубежный опыт индустриально развитых стран по созданию персональных баз данных, требуется одновременно принятие норм права, запрещающих несанкционированное использование программ и процедур сопоставления и слияния разных файлов персональных данных (в международно-правовых документах и в законах англоязычных странах такие процедуры именуются *data matching*).

<sup>1</sup> В целом, насчитывается уже около 43 страны (вместе с Россией), в которых действуют законы, регулирующие порядок защиты неприкосновенности частной жизни и персональной информации:

<sup>2</sup> См. также Москвичи против универсальной электронной карты: она нарушает конституционные права [http://www.newsmsk.com/article/24Feb2011/protiv\\_karty.html](http://www.newsmsk.com/article/24Feb2011/protiv_karty.html)

Во многих стран Западной Европы существуют строгие ограничения, не допускающие применения процедур типа *data matching* даже в рамках одной и той же базы данных за исключением случаев, прямо предусмотренных законом. Непринятие этих превентивных юридических мер приведет к нарушению конституционных прав человека на неприкосновенность сферы частной жизни, что имело широкое распространение в правоприменительной практике стран индустриально развитых стран еще три десятилетия назад.<sup>3</sup>

В странах Западной Европы существуют базовые правовые принципы<sup>4</sup>, разработанные для защиты частной жизни и личных свобод индивидуума. Многие из посягательств на сферу частной жизни с использованием персональных компьютерных данных, по выражению В. Фридмана, «имели традиционные корни»<sup>5</sup>. Действительно, если проанализировать такие традиционные для концепции права на неприкосновенность сферы частной жизни деликты, как публичное раскрытие фактов частной жизни; действие, выставяющее истца в ложном или неблагоприятном свете перед обществом; искажение и вымысел при публичной огласке фактов частной жизни; незаконное раскрытие информации привилегированных взаимосвязей типа «врач/пациент», «юрист/клиент», «наемный работник/работодатель» и т.п., то становится очевидным, что информация о частной жизни, служащая объектом посягательств во всех этих правонарушениях, в больших количествах может быть почерпнута в компьютерных информационных системах. Особый соблазн для потенциального правонарушителя представляет тот факт, что в компьютерных системах персональные данные уже собраны в готовом виде и при помощи программных средств могут быть систематизированы в любом нужном для правонарушителя разрезе и в сопоставлении с любыми данными. Именно поэтому совершение в отношении персональных данных таких компьютерных правонарушений, как несанкционированный доступ к данным информационной системы, незаконный перехват сообщений, циркулирующих в каналах информационно-телекоммуникационных сетей и несанкционированное использование программ и процедур сопоставления и слияния разных файлов персональных данных (*data matching*) становится распространенным предварительным условием выше перечисленных традиционных деликтов.

Однако широкое распространение информационно-телекоммуникационных технологий (ИКТ) в современном обществе принесло с собой и принципиально новые проблемы защиты информации о частной жизни. Появился ряд компьютерных правонарушений, объектом которых является не содержание персональных данных, а их качество, определяемое по совокупности четырех критериев: (1) законность данных и целей их обработки; (2) адекватность и релевантность данных по отношению к законным целям их обработки; (3) достоверность и актуальность данных; (4) регулируемая анонимность данных. К числу таких компьютерных правонарушений, предусмотренных, например, законодательством США, относятся:

- манипулирование незаконно собранными и обработанными персональными данными;
- несанкционированное манипулирование процессом обработки данных;
- использование по халатности или преднамеренно недостоверных или неактуальных данных;
- преднамеренное либо произошедшее в результате технологической ошибки или небрежности персонала искажение или уничтожение персональных данных;

---

<sup>3</sup> См более подробнее.: *Иванский В.П.* Правовая защита сферы частной жизни в США: теория и практика. – 2010. – С.117-211.

<sup>4</sup> Принципы права – это основные идеи, руководящие положения, которые определяют содержание и направления правового регулирования. Принципы выступают в качестве несущей конструкции, на основе которой создается и реализуется вся система права.

<sup>5</sup> Freedman W. *The Right of Privacy in the Computer Age.* - L. - New York etc.: Quorum books, 1987. - 164 p.

- сбор и обработка персональных данных, выходящие за пределы зарегистрированных или установленных законом целей;
- хранение персональных данных в форме, допускающей несанкционированную идентификацию субъектов данных.

Первую группу принципов защиты персональных данных составили принципы качества персональных данных, основанные на вышеизложенных критериях качества.

Вторая группа принципов основана на защите прав субъекта в связи со сбором, обработкой и использованием данных о нем.

Принципы качества персональных данных и права субъекта данных называются принципами защиты данных, которые стали критерием оценки для разработки и применения средств правовой защиты персональных данных.

В существующих национальных и международных формулировках принципов защиты данных имеются лишь незначительные различия, что, с одной стороны, является результатом гармонизирующих инициатив международных организаций, а с другой стороны, указывает на универсальную природу этих принципов. Состав принципов защиты данных, признанных всеми международными соглашениями в области защиты персональных данных, к настоящему времени соответствует формуле: *принципы защиты данных = принципы качества + права субъекта данных*, – и ограничивается 10 принципами, приведенными ниже.

(а) Принципы качества. Персональные данные, проходящие автоматизированную обработку:

(1) должны быть получены на законных основаниях и обработаны добросовестным и законным образом - принцип законности данных;

(2) должны накапливаться для точно определенных и законных целей и не использоваться каким-либо образом, несовместимым с этими целями - принцип законности целей;

(3) должны быть адекватными, имеющими прямое отношение к делу и не быть избыточными применительно к целям, для которых они накапливаются - принцип адекватности и релевантности данных;

(4) должны быть точными и в случае необходимости своевременно обновляемыми - принцип достоверности и актуальности данных;

(5) должны храниться в форме, позволяющей идентифицировать субъекты данных только в той мере, в какой того требуют цели, для которых эти данные накапливаются.

(б) Права субъекта данных. Любому человеку должно быть предоставлено право:

(6) быть осведомленным о существовании автоматизированного файла персональных данных, о его главных целях, а также о контролере этого файла, его месте жительства либо юридическом адресе - право на информацию о наличии собранного на индивида файла персональных данных;

(7) получать через разумные интервалы времени, без излишних затрат времени и средств, как в ответ на свой запрос, так и без запроса, сообщение о том, накапливаются ли персональные данные о нем в автоматизированном файле данных - право на извещение о сборе данных;

(8) получать доступ к персональным данным о себе, хранимым держателем или пользователем данных - право на доступ к персональным данным о себе;

(9) требовать исправления или уничтожения недостоверных персональных данных, а также персональных данных, обработанных с нарушением положений национального закона, реализующих принципы защиты данных - право на исправление или уничтожение недостоверных или незаконно обработанных данных о себе;

10) прибегать к судебной защите нарушенного права субъекта данных - право судебной защиты.

Рассматривая принципы качества, нетрудно заметить, что принципы (1) и (2) обеспечивают соответствие персональных данных критерию законности данных и целей их

обработки; принцип (3) - соответствие данных критерию адекватности и релевантности; принцип (4) - соответствие данных критерию достоверности и актуальности; принцип (5) - соответствие данных критерию регулируемой анонимности. Если принципы качества (3) и (4) применимы к любым данным, то принципы (1), (2) и (5), на наш взгляд, являются специфичными для персональных данных и вытекают из их природы атрибутов частной сферы человека с присущим им особым свойством "чувствительности" для субъекта данных.

Что касается прав субъекта данных, то они, по нашему мнению, конкретизируют (применительно к сфере автоматизированной обработки данных) право индивида контролировать циркулирующую "чувствительной" информации о самом себе, столь важное для правовой защиты сферы частной жизни, что оно вошло во многие определения понятия "право на невмешательство в частную жизнь".

В этой связи необходимо отметить, что существует еще один (11-й) принцип защиты персональных данных<sup>6</sup>, который признается и применяется не во всех национальных юрисдикциях, - принцип согласия субъекта данных как критерия допустимости обработки и использования данных. Внешне он представляется логичной интерпретацией права индивида контролировать циркулирующую "чувствительной" информации о самом себе как права индивида самостоятельно решать, предоставлять или не предоставлять кому-либо сведения о своей частной жизни (т.е. персональные данные). Однако, по нашему мнению, принцип согласия субъекта данных противоречит более общему принципу дуализма правового регулирования обработки персональных данных.

На основании вышесказанного по отношению к персональным данным можно сформулировать принцип дуализма целей правового регулирования обработки персональных данных. Сущность его состоит в следующем.

Компьютеризация обработки персональных данных резко обострила противоречие между демократическим принципом свободного доступа к информации и правом индивида на невмешательство в его частную жизнь, которое применительно к субъекту персональных данных формулируется как право индивида контролировать циркулирующую информации о самом себе. Основной дилеммой "компьютерного информационного общества" стало противоречие между стремлением как можно больше использовать компьютерные персональные данные в интересах всего общества и желанием максимально защитить право субъекта данных на невмешательство в его частную жизнь.

Отражением этой дилеммы является, на наш взгляд, дуализм целей правового регулирования обработки и использования персональных данных, нацеленного на решение двойственной задачи сбалансированной защиты сферы частной жизни субъекта данных, с одной стороны, и права других индивидов и всего общества на свободу доступа к информации, с другой стороны.

Поскольку рассматриваемый 11-й принцип абсолютизирует право субъекта данных на контроль за информацией о самом себе и тем самым противоречит принципу дуализма целей, то он почти не признается и не используется в зарубежных правовых системах.

Упомянутый принцип дуализма целей целесообразно причислить к числу принципов защиты данных, сформулировав его следующим образом: "Целью правового регулирования обработки и использования персональных данных является обеспечение сбалансированной защиты права субъекта данных на контроль за относящимися к нему персональными данными и законных интересов общества в осуществлении принципа свободного доступа к информации. В этом случае каталог принципов расширился бы до формулы: *принципы защиты данных = принципы качества + права субъекта данных + принцип дуализма целей*.

Конвенция 108 Совета Европы в гл. II "Основные принципы защиты данных" прямо указывает на необходимость выделения группы "высокочувствительных" данных (данные о

---

<sup>6</sup> В п.1 ст. 6 Федерального закона от 27.07.2006 №152-ФЗ «О персональных данных» (в ред. Федерального закона от 23.12.2010 № 359-ФЗ) принцип согласия субъекта данных определяется условием обработки персональных данных.

расовом или национальном происхождении, политических взглядах, религиозных или иных убеждениях, а также данные, касающиеся здоровья, сексуальной жизни, судимости) в особую категорию данных и создания для них особого режима правовой защиты. Поскольку Российская Федерация является членом Совета Европы, то предложенная нами формула состава принципов защиты данных подлежит дальнейшему расширению: *принципы защиты данных = принципы качества + права субъекта данных + принцип дуализма целей + особый режим защиты "высокочувствительных" данных.*

В той же главе (ст. 7) Конвенция 108 Совета Европы обязывает страны-участницы принимать надлежащие меры для обеспечения безопасности хранящихся персональных данных от случайного или несанкционированного уничтожения, или случайной утраты, а равно от несанкционированного доступа, изменения или распространения. Под термином "безопасность" (security) понимается комплексная защита данных, представляющая собой систему правовых, организационных, технических и программных средств защиты информации, хранящейся на машинных носителях.

Во исполнение этой статьи Конвенции большинство стран-участниц закрепило в своих национальных законах о защите данных принцип ответственности держателя и пользователя данных за принятие надлежащих мер безопасности персональных данных, при этом не конкретизировав в законах перечень и нормативные требования, предъявляемые к ним. Такой подход представляется нам неприемлемым для отечественной юрисдикции, во-первых, потому, что субъекты РФ могут закрепить в своих нормативных документах различные требования к мерам обеспечения безопасности персональных данных, что противоречит интересам создания единого информационного пространства Российской Федерации; во-вторых, опыт отечественного нормотворчества дает основания полагать, что отсутствие законодательного закрепления требований к мерам обеспечения безопасности персональных данных приведет к появлению не стыкующихся ведомственных подзаконных актов по данному вопросу.

В этом плане внимания заслуживает опыт Германии, где в специальном приложении, относящемся к ст. 9 Федерального закона о защите данных 1990 г., закрепляются нормативные определения основных организационно-технических мер обеспечения безопасности персональных данных, тем самым унифицируя эти меры для всех субъектов федерации (федеральных земель), ведомств, отраслей и секторов экономики.

С учетом вышеизложенного, предлагается в состав принципов защиты данных, применяемых в отечественной юрисдикции, ввести группу принципов безопасности персональных данных. Предлагаем следующие формулировки принципов этой группы:

1. Если информация о личности (персональные данные) обрабатывается автоматизированными средствами, то в обязательном порядке принимаются определенные ниже организационно-технические меры обеспечения безопасности данных в составе, зависящем от категории обрабатываемых персональных данных (высокочувствительные, чувствительные, обычные) и конкретных этапов обработки (сбор, хранение, централизованная машинная обработка, децентрализованная обработка с применением удаленных терминалов, передача на магнитных или иных носителях, передача по телекоммуникационным линиям) - принцип дифференцированной защиты.

2. Ответственность за принятие надлежащих мер обеспечения безопасности на каждом конкретном этапе обработки и/или использования персональных данных возлагается на физическое или юридическое лицо, осуществляющее данный этап обработки и/или использования - принцип адресной ответственности.

3. Запрещается несанкционированный доступ посторонних лиц к устройствам, обрабатывающим персональные данные - принцип контроля доступа к устройствам обработки данных.

4. Ответственное лицо должно обеспечить необходимые и достаточные меры безопасности, предотвращающие незаконное считывание, копирование, изменение или удаление данных с магнитных или иных носителей - принцип контроля носителей данных.

5. Ответственное лицо должно обеспечить необходимые и достаточные меры безопасности, предотвращающие незаконный ввод данных в накопитель (устройства памяти ЭВМ), а также незаконное ознакомление, изменение или уничтожение персональных данных - принцип контроля накопителя.

6. Ответственное лицо должно обеспечить необходимые и достаточные меры безопасности, предотвращающие использование неправомерными лицами систем по обработке данных с помощью устройств передачи данных - принцип контроля пользователя.

7. Ответственное лицо должно обеспечить необходимые и достаточные меры безопасности, гарантирующие, чтобы лицо, полномочное пользоваться системой обработки данных, имело доступ только к тем данным, которые подлежат его праву доступа - принцип контроля доступа к надлежащим данным.

8. Ответственное лицо обязано при помощи соответствующих программно-технических средств и организационных мероприятий обеспечить возможность проверки и определения, каким адресатам передаются конкретные персональные данные через устройства по передаче данных - принцип контроля передачи.

9. Ответственное лицо обязано при помощи соответствующих программно-технических средств и организационных мероприятий обеспечить возможность проверки и установления, какие персональные данные, в какое время и кем были введены в систему обработки данных - принцип контроля ввода.

10. Ответственное лицо должно обеспечить необходимые и достаточные меры безопасности, гарантирующие, чтобы данные о личности, которые обрабатываются по поручению, могли обрабатываться только по указанию заказчика - принцип контроля поручения.

11. Ответственное лицо должно предпринимать надлежащие меры безопасности, чтобы при телекоммуникационной передаче данных, а также при транспортировке носителей данных персональные данные не могли быть незаконно прочитаны, скопированы, изменены или уничтожены - принцип контроля транспортировки данных.

12. Внутренняя структура учреждения или предприятия, где осуществляются обработка, передача или использование персональных данных, должна быть устроена таким образом, чтобы соответствовать специальным требованиям защиты данных - принцип организационного контроля.

Представляется целесообразным, чтобы принципы безопасности персональных данных были закреплены в базовом отечественном законе о персональных данных - ФЗ от 27.07.2006 №152-ФЗ «О персональных данных» в предложенной выше общей форме, а в отраслевых нормативных положениях о защите данных – в специализированных формах, соответствующих перечню персональных данных и видов их обработки в каждой конкретной отрасли экономики. В этом случае закрепленная в базовом законе общая форма создает единообразие нормативных требований к мерам обеспечения безопасности персональных данных, а отраслевые специализированные формы принципов безопасности (они могут быть приложением к отраслевым перечням обрабатываемых персональных данных) будут являться нормативной базой для сертификации информационных систем и обработки персональных данных (такая сертификация предусмотрена Федеральным законом "О персональных данных").

Таким образом, состав принципов защиты персональных данных предлагается расширить до формулы: *принципы защиты данных = принципы качества + права субъекта данных + принцип дуализма целей + особый режим защиты "высококвалифицированных" данных + принципы безопасности данных.*

Предметом пристального внимания общества и законодательных органов многих стран является еще и такой информационный объект автоматизированной обработки персональных данных как общенациональные идентификационные коды личности и тесно связанные с ними программные процедуры сопоставления/состыковки файлов персональных данных (data matching). Процедуры типа data matching и идентификационные коды несут

лишь умеренную угрозу посягательств на сферу частной жизни человека. Однако они являются теми критическими факторами, строгое правовое регулирование которых является единственным действенным средством для предотвращения неизмеримо большей угрозы не только для права на невмешательство в частную жизнь, но и для других прав человека.

Компьютеризация персональных данных дает потенциальную возможность свести воедино все персональные данные об индивидууме. Такой способ тотального компьютерного контроля государства за частной жизнью индивидов получил неофициальное, но практически повсеместно распространенное в западных странах название - "Проблемы Большого брата"<sup>7</sup>.

Создание системы тотального государственного контроля как способа применения процедур типа *data matching* к существующим в стране банкам персональных данных стало возможным только тогда, когда персональные данные конкретного индивидуума хранятся в разных компьютерных информационных системах в привязке к одному и тому же поисковому признаку, позволяющему однозначно идентифицировать субъект этих данных. Только наличие такого единого поискового признака, получившего название "универсальный идентификационный код", или "персональный идентификатор", позволяет проводить процедуры согласования персональных данных" из разных файлов и банков данных по отношению к конкретным субъектам данных. Универсальный идентификационный код может вводиться в стране специально, но чаще используются уже существующие во многих странах Единый код налогоплательщика или Единый номер социального обеспечения, присваиваемые каждому гражданину страны для вполне понятных целей, не имеющих никакого отношения к задаче создания системы тотального компьютерного слежения за частной жизнью, но, тем не менее, вполне способных быть использованными именно для этого.

В данном случае меры защиты состоят либо в законодательном запрете на введение в стране какого-либо универсального идентификационного кода, либо в тщательном и жестком правовом регулировании использования уже существующего единого персонального идентификатора.

Существуют различные национальные подходы к решению этой двуединой задачи правового регулирования использования идентификационных кодов и процедур типа *data matching*. Так, например, Бельгийский закон о защите данных 1992 г. не содержит явно выраженного и недвусмысленного запрета, ограничения или иной регламентации автоматического согласования персональных данных из разных файлов и банков данных. Он оставляет детальную регламентацию на долю специальных королевских указов, предусматривая в ст. 21 возможность наложения запретов или ограничений (например, предварительное санкционирование каждого случая "согласования данных") на определенные категории процедур типа *data matching* или установление иных взаимосвязей между персональными данными.

В свою очередь, во второй половине 1970-х гг. федеральное правительство Германии намеревалось внести в законопроект о защите данных существенную поправку, согласно которой резиденты Германии должны были регистрироваться в местной администрации и информировать о любом изменении адреса. Основной план состоял в том, чтобы увеличить количество информации, предоставляемой частным лицом в административные банки персональных данных, и ввести в стране персональный идентификатор с целью использовать все преимущества электронной обработки данных. Однако этот законопроект из-за этой поправки был отвергнут комитетом Бундестага по делам законодательства как неконституционный.

---

<sup>7</sup> «Большим Братом» называлась компьютерная система тотального контроля за поведением граждан в гипотетическом тоталитарном обществе, изображенном в фантастическом романе-прогнозе Дж. Оруэлла "1984", впервые опубликованном в 1949 г.

Датские органы законодательной власти, ввиду увеличения использования персональных идентификационных номеров, в 1987 г. внесли специальные поправки в Закон о частных регистрах 1979 г., более детально регламентирующий "регистрацию" (этим термином вышеупомянутый закон определяет занесение данных в компьютерные файлы) той информации, которая включает в себя персональные номера. В частности, "регистрация" персональных номеров не может теперь осуществляться частными предприятиями.

В США национальные идентификационные номера социального обеспечения (SSIN), присваиваемые почти каждому индивиду, давно уже обрели характер универсального идентификатора, и в публичной сфере почти не осталось ведомств и учреждений, которые не пользовались бы этим удобным (но, по вышеизложенным причинам, опасным) инструментом для идентификации граждан. Федеральное правительство пыталось ограничить чрезмерное использование SSIN, требуя, чтобы федеральные, штатские и местные учреждения извещали каждого индивида о правовом основании, которое позволяет им при выполнении их функций в числе прочей информации требовать от индивида указания его SSIN, а также устанавливает, какое использование может быть придано этим номерам (ст. 552а (7) Свода законов о гражданских правонарушениях). Однако законодательный Акт о налоговой реформе 1976 г. снял это ограничение с тех ведомств штатов, которые занимаются взлфером, налогами и автомобильным транспортом. Тем не менее, согласно ст. 26 USC 408 существуют уголовные наказания за раскрытие или использование SSIN любого человека вопреки федеральному закону.

В ходе реализации французского Национального информационного плана 1971 г. (Plan Calcul) был предложен проект SAFARI, предусматривавший использование номеров социального страхования граждан (т.е. персональных идентификационных кодов) в качестве связующего элемента между различными базами и банками персональных данных. Реализация такого проекта привела бы к предпосылкам создания системы тотальной компьютерной слежки за частной жизнью граждан.

В связи с этим была создана Французская национальная комиссия по информатике и гражданским свободам (Commission National de l'Informatique et des Libertes) и проект SAFARI отклонили. Несколько позже был принят Национальный закон о защите персональных данных - Закон об обработке данных, файлах данных и индивидуальных свободах 1978 г.

Если же коснуться вопроса эффективности правового регулирования использования программных процедур типа data matching и персональных идентификационных кодов, то они плохо поддаются контролю, даже с применением программно-технических средств, из-за большого многообразия процедур данного типа и латентного характера их функционирования. Существующие средства правового регулирования использования персональных идентификаторов достаточно эффективны в унитарных государствах, однако в странах с федеративным устройством возникают серьезные проблемы с ограничением использования идентификационных кодов. Представляются справедливыми выводы некоторых американских и канадских исследователей о необходимости введения конституционного запрета на незаконное использование персональных идентификаторов.

Исходя из вышеизложенного, предлагаем в отечественной юрисдикции ввести запрет на незаконное использование персональных идентификаторов в число принципов защиты данных и закрепить его в базовом законе о персональных данных или, учитывая особую опасность посягательств на этот информационный объект и федеративное государственное устройство нашей страны, в специальном законе, имеющего статус конституционного.

Таким образом, итоговый состав принципов защиты данных, предлагаемых для использования в отечественной юрисдикции, может включать принципы, представленные формулой: *принципы защиты данных = принципы качества + права субъекта данных + принцип дуализма целей + особый режим защиты "высококочувствительных" данных + принципы безопасности + запрет на незаконное использование персональных идентификаторов.*

**Иванский Валерий Прокопьевич**

Российский университет Дружбы народов, г. Москва

Кандидат юридических наук, доцент кафедры административного, финансового и информационного права

---

V.P. IVANSKIJ (*Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor*);  
*Peoples' Friendship University of Russia*

### **THE PRINCIPLES OF PROTECTION OF THE PERSONAL DATA IN THE FOREIGN STATES**

*This article is about principles of quality of the personal data, computer offenses which object is not the maintenance of the personal data. The purpose of the legal regulation in this case is reduced to the limiting of the application of the data matching procedures. The limits don't suppose the creation of the total computer private life shadowing system, by the introduction of any universal identification code in the county or in the careful and rigid legal regulation of the already existing uniform personal identifier using. The author of the represented article shows the various national approaches of the permission of this double problem of the legal regulation of using the identification codes and type procedures data matching are shown.*

**Key words:** *principles of quality of the personal data; computer offenses; protection of the personal data.*

---

### **International Conference «Cognitive Modeling in Linguistics-2011» (CML-2011) Corfu, Greece, September, 22-29, 2011**

#### **XIII Международная конференция**

#### **«Когнитивное моделирование в лингвистике»**

**Время проведения:** 22-29 сентября, 2011

**Место проведения:** Греция, Корфу, Отель Dassia Chandris 4\*

#### **Организаторы:**

- Институт языкознания Российской академии наук (Россия)
- Казанский государственный университет (Россия)
- Новый болгарский университет (Болгария)
- Афинский национальный университет имени Каподистрии (Греция)
- Университет Задара (Хорватия)
- ИТНЕА Международное научное сообщество и Институт информационных теорий и приложений
- Университет Александр Иоан Куза (Румыния)
- Софийский университет «Св. Климент Охридский» (Болгария)
- Московский государственный лингвистический университет (Россия)
- Национальный исследовательский технологический университет (МИСиС) (Россия)
- Брюссельский свободный университет (Бельгия)
- Веб-журнал балканской русистики
- Научный и образовательный центр лингвистики (Россия) Российская ассоциация Лингвистов-Когнитологов (Россия)

#### **Примерный перечень научных направлений, по которым принимаются доклады:**

##### Общие темы:

- Когнитивные модели языковых явлений
- Формальные модели в языке и познании
- Когнитивно-ориентированные компьютерные приложения и языковые ресурсы
- Общие проблемы когнитивной науки

Модели и исследования по областям:

- Восприятие и производство речи
- Психолингвистика и психосемантика
- Семиотика, семантика и прагматика
- Обработка языка, память и мышление
- Детская речь и усвоение языка
- Лингвистическая типология
- Перевод и познание
- Расстройства речи, языковые патологии
- Когнитивные аспекты теологии
- Когнитивные аспекты развития и использования информационных технологий
- Когнитивные механизмы принятия решений

Когнитивная лингвистика:

- Теория метафоры
- Ментальный лексикон и лексическая онтология
- Наивная картина мира и вербальная форма
- Концептуализация и вербализация знания
- Когнитивные механизмы обработки текста
- Видо-мотивированные аспекты человеческого языка
- Мышление и обработка языка
- Когнитивная славистика

**Публикация материалов:**

По результатам конференции будет опубликован сборник трудов, содержащий расширенные тезисы (2 страницы на английском языке).

Далее лучшие доклады будут рекомендованы для публикации в форме журнальной статьи в издательской системе ITA FOI ITHEA ([www.foibg.com](http://www.foibg.com)).

**Даты проведения и этапы подготовки конференции:**

Представление тезисов для прохождения процедуры раннего рецензирования (\*)

**2 апреля, 2011**

Раннее подтверждение приема заявки в программу (\*)

**16 мая, 2011**

Представление тезисов для обычной процедуры рецензирования

**2 июня, 2011**

Подтверждение приема заявки в программу

**16 июня, 2011**

Срок представления окончательной версии тезисов

**30 июня, 2011**

Даты проведения конференции в Греции

**22-29 сентября, 2011**

\* Ранняя регистрация и подтверждение необходимы тем участникам, которые планируют обращаться в Национальные и Международные научные фонды с заявкой на получение тревел-грантов.

**Контактная информация:**

**[cml2011@mail.ru](mailto:cml2011@mail.ru)**

Председатель оргкомитета: **Поляков Владимир Николаевич**

Сайт конференции: **[www.cml.msisa.ru](http://www.cml.msisa.ru)**