

№ 6 (86) ноябрь-декабрь 2014

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет —  
учебно-научно-производственный комплекс» (Госуниверситет – УНПК)

### *Редакционный совет*

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

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

### *Главный редактор*

Константинов И.С.

### *Редколлегия*

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

*Сдано в набор 15.10.2014 г.*

*Подписано в печать 26.10.2014 г.*

*Формат 60x88 1/8.*

*Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.*

*Заказ № 127/14П2*

*Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе*

*ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»*

*302030, г. Орел, ул. Московская, 65*

*Подписной индекс 15998*

*по объединенному каталогу*

*«Пресса России»*

**Материалы статей печатаются в авторской редакции.**

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

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

### Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное моделирование.....5-52
2. Информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах .....53-97
3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.....98-117
4. Математическое и программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем.....118-138
5. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети.....139-147
6. Интеллектуальные приборы.....148-153

### *Редакция*

*О.И. Константинова*

*К.Д. Оболенская*

*А.А. Митин*

### Адрес учредителя журнала

*302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29*

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

*E-mail: unpk@ostu.ru*

### Адрес редакции

*302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40*

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

*E-mail: isit@ostu.ru*

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

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

№ 6 (86) November-December 2014

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., Ctepanov Y.S.

*Editor-in-chief*

Konstantinov I.S.

*Editorial board*

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

*It is sent to the printer's on 15.10.2014,  
26.10.2014 is put to bed  
Format 60x88 1/8.*

*Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies  
The order № 127/14П2*

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

*Index on the catalogue  
«Pressa Rossii» 15998*

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

In this number

1. Mathematical and computer simulation.....5-52
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems.....53-97
3. Automation and control of technological processes and manufactures.....98-117
4. Software of the computer facilities and the automated systems.....118-138
5. Telecommunication systems and computer networks.....139-147
6. Smart devices.....148-153

The editors

Konstantinova O.I.  
Obolenskaya K.D.  
Mitin A.A.

The address of the founder of journal

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

The address of the editorial office

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

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

**СОДЕРЖАНИЕ**  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

*Р.Е. ВРУБЛЕВСКИЙ*

Построение базы нечетких правил для реализации ANFIS сети прогнозирования результата процесса магнитно-импульсной обработки.....5-13

*В.В. ЛОМАКИН, М.В. ЛИФИРЕНКО*

Экспериментальное исследование адекватности функционала согласованности оценок в многокритериальных методах принятия решений.....14-20

*П.А. ЛОМОВ, М.Г. ШИШАЕВ*

Подход к визуализации онтологий на основе когнитивных фреймов.....21-30

*Е.В. ЛУБЕНЦОВА*

Помехозащищенная система управления с нелинейностью на входе регулятора.....31-41

*Ю.М. ЧИХОЦКА, Е.А. МУСИХИНА, О.С. МИХАЙЛОВА*

Концепция оптимизации городского планирования применительно к частному случаю.....42-52

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

*Я. БАНАСИКОВСКА*

Анализ электронных государственных услуг, не предоставляемых полностью онлайн.....53-64

*Т.П. КОСТЮКОВА, В.В. МАРТЫНОВ, О.В. ШИРЯЕВ*

Онтологическая модель образовательного процесса подготовки магистрантов.....65-75

*А.С. КУЗНЕЦОВ*

Актуальность и пути решения проблемы унификации формата предоставления конечных данных в системах автоматизированного планирования.....76-80

*Д.Ю. НЕЧАЕВ*

Синтез управления поведением организационных систем в условиях полифуркационных конфликтов.....81-86

*О.Н. ПОЛУХИН, М.Ю. РЫТОВ, О.В. ТРЕТЬЯКОВ*

Фундаментальные и прикладные аспекты развития аппаратных средств вычислительной техники.....87-92

*Е.Ю. СЕМЕНОВ*

Перспективы внедрения свободного программного обеспечения в государственных органах.....93-97

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

*Д.И. ЗЮЗИН*

Анализ законов распределения для использования в модулях настройки системы лингвистического управления.....98-104

*Д.Ф. МАМЕДОВ, М.С. САЛМАНОВ, А.Г. АЛИЕВА*

Планирование функций системы управления технологического процесса.....105-110

*А.И. СУЗДАЛЬЦЕВ, А.А. ТИМОШЕНКО, С.И. ПОПЛАВНЫЙ, Н.А. САФРОНОВА, В.О. АНДРЕЕВ*

Новый подход к повышению уровня автоматизации процесса выпечки изделий пищевого назначения, направленный на сокращение брака.....111-117

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

*С.П. КОЛОСОВ*

Разработка правил анализа информационных потоков систем на основе модернизированного метода построения моментальных состояний.....118-128

*И.Ю. ЛЫСАНОВ, А.Н. ОРЕШИН*

Методика идентификации кадра-вставки в потоке видеоданных на основе корреляционного анализа гистограмм изображений кадров с динамическим порогом принятия решения.....129-138

**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ**

*С.И. МАКАРЕНКО, К.Ю. РЮМШИН, Р.Л. МИХАЙЛОВ*

Модель функционирования объекта сети связи в условиях ограниченной надежности каналов связи.....139-147

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

*И.В. БИЗИН, Ю.В. ВАСИЛЕНКО, В.В. ВЛАСОВ, А.В. ДЕМИДОВ, Н.В. КАНАТНИКОВ, М.В. СМОЛЯКОВ*

Возможности применения мультироторных беспилотных летательных аппаратов при неуверенном приеме сигналов ГНСС.....148-153

**CONTENT**  
**MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION**

<i>VRUBLYoVSKIJ R.E.</i> Constructing fuzzy rule base for the implementation of ANFIS network prediction of magnetic-pulse treatment result.....	5-13
<i>LOMAKIN V.V., LIFIRENKO M.V.</i> Experimental investigation of functional adequacy of coordination assessment in multi-objective decision-making methods.....	14-20
<i>LOMOV P.A., ShISHAEV M.G.</i> Approach to ontology visualization based cognitive frames.....	21-30
<i>LUBENCOVA E.V.</i> Interference-proof control system with nonlinear at the controller input.....	31-41
<i>ChIXOCzKA Yu.M., MUSIXINA E.A., MIXAJLOVA O.S.</i> Optimization concept of urban planning for particular cases.....	42-52

**INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC  
AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS**

<i>BANASIKOVSKA Ya.</i> Analysis of e-government services is not solved completely online.....	53-64
<i>KOSTYuKOVA T.P., MARTY'NOV V.V., ShIRYaEV O.V.</i> The ontological model of educational process of training undergraduates.....	65-75
<i>KUZNECOV A.S.</i> Relevance and solutions problem of unification of formats for presentation of final data in computer-aided planning systems.....	76-80
<i>NEChAEV D.Yu.</i> Synthesis control the behavior of organizational systems polifurcation conflicts.....	81-86
<i>POLUXIN O.N., RY'TOV M.Yu., TRET'YaKOV O.V.</i> Fundamental and applied aspects of hardware computers.....	87-92
<i>SEMYoNOV E.Yu.</i> Prospects of the implementation of free software in government.....	93-97

**AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES**

<i>ZYuZIN D.I.</i> Analysis distributions for use in a system of linguistic control settings.....	98-104
<i>MAMEDOV D.F., SALMANOV M.S., ALIEVA A.G.</i> Planning function of control system of technological process.....	105-110
<i>SUZDAL'CEV A.I., TIMOSHENKO A.A., POPLAVNY'J S.I., SAFRONOVA N.A., ANDREEV V.O.</i> A new approach to increasing the level of automation of the baking process of the edible products aimed at the reject reduction.....	111-117

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

<i>KOLOSOV S.P.</i> The development of analysis rules of system information flows on the base of upgraded method of momentary states construction.....	118-128
<i>LY'SANOV I.Yu., ORESHIN A.N.</i> Technique of identification insert frame into the video stream based on the correlation analysis of the histogram image frames and dynamic decision threshold.....	129-138

**TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS**

<i>MAKARENKO S.I., RYiMShIN K.Yu., MIXAJLOV R.L.</i> Model of functioning of telecommunication object in the limited reliability of communication channel conditions.....	139-147
--	---------

**SMART DEVICES**

<i>BIZIN I.V., VASILENKO YU.V., VLASOV V.V., KANATNIKOV N.V., DEMIDOV A.V., SMOLYaKOV M.V.</i> The possibilities of multicopter application at poor reception of GNSS-signals.....	148-153
---	---------

УДК 681.5.004

Р.Е. ВРУБЛЕВСКИЙ

**ПОСТРОЕНИЕ БАЗЫ НЕЧЕТКИХ ПРАВИЛ  
ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ANFIS СЕТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
РЕЗУЛЬТАТА ПРОЦЕССА МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ**

*В статье изложен метод построения базы нечетких правил на основе численных данных для интеллектуальной системы управления выбором режимов магнитно-импульсной обработки на основе сети ANFIS. Данный метод позволит снизить время построения базы правил модуля управления процессом.*

**Ключевые слова:** база нечетких правил; интеллектуальная система управления; магнитно-импульсная обработка.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время принимает особое значение проблема повышения ресурса надежности инструмента и деталей машин. Одним из возможных и перспективных путей решения этой проблемы является магнитно-импульсная обработка (МИО), которая обладает рядом преимуществ: простота концентрации электромагнитной энергии на изделии, быстрое ее аккумуляирование материалом рабочих элементов детали, а также оперативность повышения эксплуатационных характеристик (время обработки составляет 0,3...2,0 сек при незначительных энергетических затратах). Указанные преимущества магнитной обработки изделий по сравнению с другими способами упрочнения многократно подтверждались промышленным опытом в машиностроении, приборостроении, судостроении, а также в других областях народного хозяйства Украины и стран СНГ [1-4].

Сложностью практического применения МИО является необходимость настройки параметров режимов обработки с учетом особенностей конкретного изделия. Решение этой задачи возможно путем создания интеллектуальных систем управления МИО. Проблемой интеллектуальных систем управления МИО является создание модели процесса обработки. Возможным подходом к решению данной проблемы является использование методов искусственного интеллекта, в частности, нечетких нейронных сетей ANFIS для решения задач оптимизации режимов обработки и прогнозирования результатов МИО. Нечеткие нейронные сети ANFIS имеют много достоинств, однако недостатком является длительное наполнение их знаниями (построения базы правил) в процессе обучения.

**ЦЕЛЬ СТАТЬИ**

Целью настоящей статьи является улучшение качества МИО металлических изделий, которое может быть достигнуто в случае рационального выбора режимов МИО с использованием нечеткой нейронной сети ANFIS.

**ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Основными параметрами режимов МИО являются: напряженность магнитного поля  $H$ , время импульса в серии  $\tau$ , число импульсов в серии  $n$ , интервал между импульсами в серии  $t$ , число серий импульсов  $\Theta$ . Эти параметры варьируются в различных диапазонах для различных типов деталей. Для практической реализации адаптивного управления процессом МИО создаем базу правил для нечеткой системы управления МИО с пятью входными

величинами режимов МИО и одним выходом – стойкостью инструмента. Для этого необходимы обучающие данные в виде множества пар:

$$(x_1(i), x_2(i), x_3(i), x_4(i), x_5(i), d_1(i)), i = 1.2.3..., \quad (1)$$

где  $x_1(i)$  – напряженность магнитного поля  $H$ ;  $x_2(i)$  – время импульса в серии –  $\tau$ ;  $x_3(i)$  – число импульсов в серии –  $n$ ;  $x_4(i)$  – интервал между импульсом в серии –  $t$ ;  $x_5(i)$  – число серий импульсов –  $\Theta$ ;  $d_1(i)$  – ожидаемое (эталонное) значение выходного сигнала (стойкость обрабатываемого изделия).

Сформируем нечеткие правила для сети ANFIS управления МИО при обработке сверла из стали Р6М5 диаметром 4 мм. Для этого был проведен эксперимент на аппарате «Магнитрон-1», в ходе которого было обработано 250 сверл (сталь Р6М5, диаметр 4 мм) различными наборами параметров режимов МИО. Испытания на износ обработанных МИО сверл были проведены на сверлильном станке 2М112. Сверление производилось стальной плиты Сталь 40Х, толщиной 15 мм. Стойкость определяется по количеству просверленных отверстий испытуемым сверлом. Оценивалась стойкость в процентах, за 100 процентов бралась стойкость не обработанного МИО сверла. Полученные в результате эксперимента данные – 250 наборов параметров режимов МИО и полученные стойкости сверл для каждого набора параметров – были взяты для обучающей выборки.

Для решения задачи формирования нечетких правил для сети ANFIS выполним несколько шагов. Для начала разделим пространство входных (параметров режимов МИО) и выходных (стойкость сверла из стали Р6М5) сигналов на области. Определим степени принадлежности параметров МИО.

Из обучающей выборки, полученной вследствие эксперимента (250 наборов), выберем минимальное и максимальное значения каждого параметра режима и полученной в результате стойкости (табл. 1).

Таблица 1 – Минимальное и максимальное значения каждого параметра режима и полученной в результате стойкости

Режимы МИО сверла из стали Р6М5					Стойкость,* %
Напряженность поля, кА/м	Время импульса, сек	Число импульсов	Интервал между импульсами, сек	Число серий импульсов	
$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$d$
160...500	0,3...1,5	1...10	0,2...2	1...5	115...135

\* – за 100 процентов берется стойкость необработанного МИО сверла

Определим интервалы, в которых находятся допустимые значения режимов. Воспользуемся таблицей 1 и выберем из нее соответственно минимальное и максимальное значения каждого параметра режимов обработки и полученной в результате стойкости.

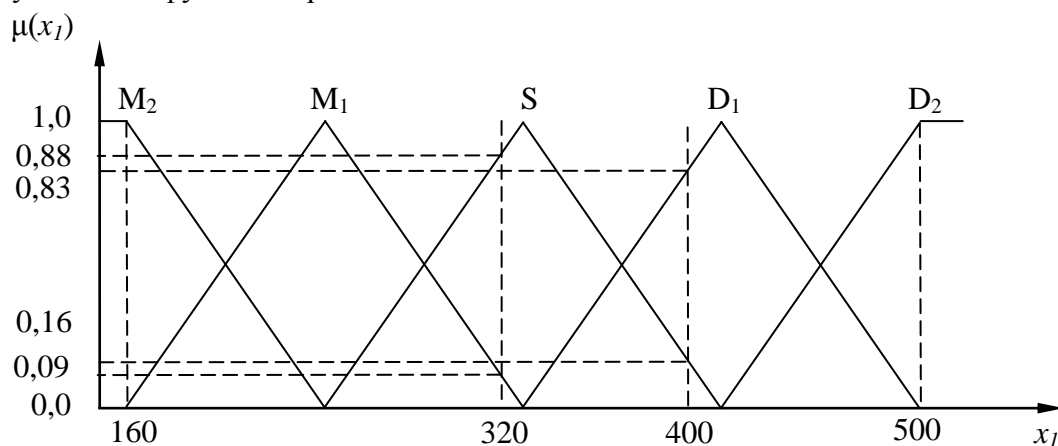
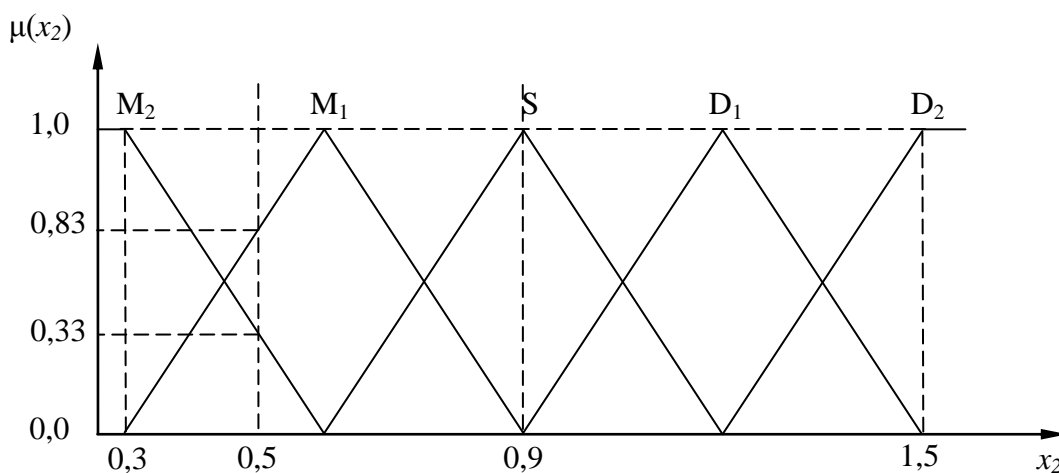
Каждый определенный таким образом интервал разделим на пять областей (отрезков) одинаковой длины. Отдельные области обозначим следующим образом:  $M_1$  (Малый 1),  $M_2$  (Малый 2),  $S$  (Средний),  $D_1$  (Большой 1),  $D_2$  (Большой 2) и для каждого из них возьмем треугольную функцию принадлежности.

Из обучающей выборки, полученной вследствие эксперимента, возьмем любые два набора параметров (из 250) режимов, подаваемых на установку «Магнитрон-1» (табл. 2).

Таблица 2 – Наборы обучающих данных из обучающей выборки

Наборы обучающих данных	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$d$
$x_i(1)$	320	0,9	5	1,1	3	120
$x_i(2)$	400	0,5	6	0,2	2	126

Для определения степеней принадлежности выбранных двух наборов параметров МИО (из обучающей выборки) и получаемой в результате стойкости составим графики распределения на области ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $S$ ,  $D_1$ ,  $D_2$ ) и соответствующие им функции принадлежности (рис. 1-6). На оси Y диапазон значения функция принадлежности ( $\mu$ ) элемента множеству может принимать любые значения в интервале  $[0, 1]$ , на оси X находится разделение пространства входных и выходных сигналов на области и соответствующие им функции принадлежности.

Рисунок 1 – График распределения пространства входного сигнала  $x_1$  на области и соответствующие ему функции принадлежностиРисунок 2 – График распределения пространства входного сигнала  $x_2$  на области и соответствующие ему функции принадлежности

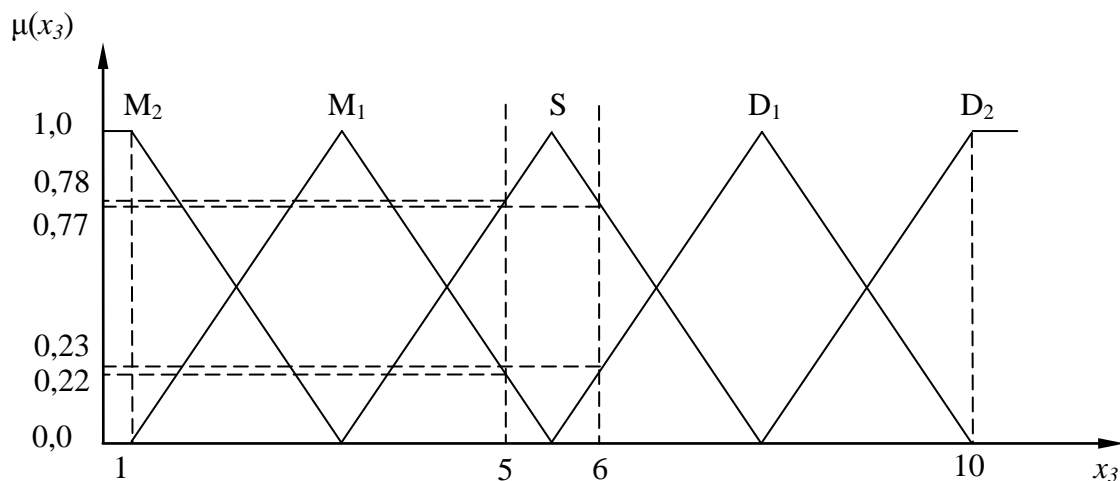


Рисунок 3 – График распределения пространства входного сигнала  $x_3$  на области и соответствующие ему функции принадлежности

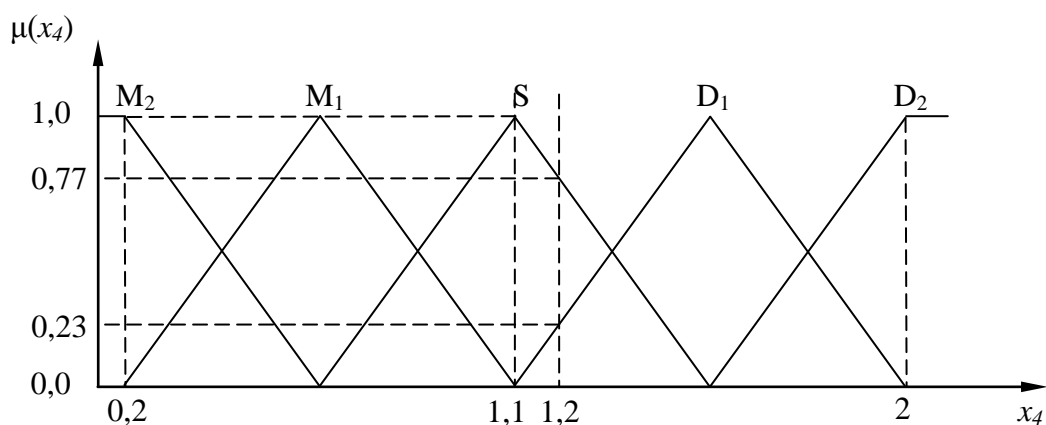


Рисунок 4 – График распределения пространства входного сигнала  $x_4$  на области и соответствующие ему функции принадлежности

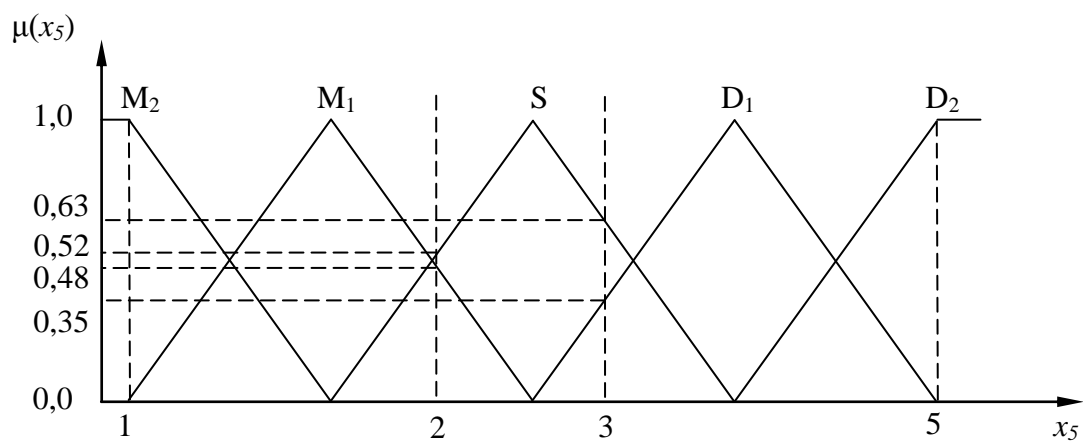


Рисунок 5 – График распределения пространства входного сигнала  $x_5$  на области и соответствующие им функции принадлежности



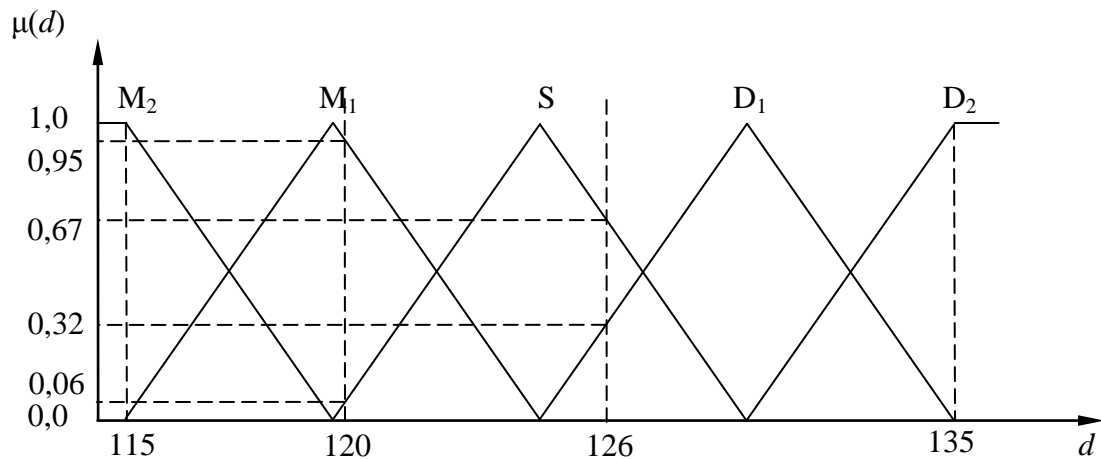


Рисунок 6 – График распределения пространства выходного сигнала (стойкость)  $d$  на области и соответствующие ему функции принадлежности

Следующий шаг – построим нечеткие правила на основе обучающих данных. Вначале определим степени принадлежности обучающих данных  $x_1(i), x_2(i), x_3(i), x_4(i), x_5(i)$  и  $d_1(i)$ , к каждой области, выделенной на рисунках 1-6. Эти степени будут выражаться значениями функций принадлежности соответствующих нечетких множеств для каждой группы данных, которые определяются из графиков на рисунках 1-6 (табл. 3).

Таблица 3 – Степени принадлежности обучающих данных к областям распределения

Области распределения	Параметры режимов МИО и полученная стойкость											
	1-й набор обучающих данных						2-й набор обучающих данных					
	$x_1(1)$	$x_2(1)$	$x_3(1)$	$x_4(1)$	$x_5(1)$	$d(1)$	$x_1(2)$	$x_2(2)$	$x_3(2)$	$x_4(2)$	$x_5(2)$	$d(2)$
$M_2$	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0	0
$M_1$	0,09	0	0,22	0	0,48	0,95	0	0,82	0	0	0	0
$S$	0,88	1	0,78	1	0,52	0,66	0,16	0	0,77	0,77	0,63	0,67
$D_1$	0	0	0	0	0	0	0,83	0	0,23	0,23	0,35	0,32
$D_2$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Теперь сопоставим обучающие данные  $x_1(i), x_2(i), x_3(i), x_4(i), x_5(i)$  и  $d_1(i)$  к областям, в которых они имеют максимальные степени принадлежности. Окончательно для каждой пары обучающих данных запишем одно правило, т.е.:

$$\begin{aligned}
 & (x_1(1), x_2(1), x_3(1), x_4(1), x_5(1); d_1(1)) \Rightarrow \\
 & \Rightarrow \{x_1(1)[\text{max} : 0,88 \text{ в } S], x_2(1)[\text{max} : 1 \text{ в } S], x_3(1)[\text{max} : 0,78 \text{ в } S], \\
 & x_4(1)[\text{max} : 1 \text{ в } S], x_5(1)[\text{max} : 0,52 \text{ в } S], d(1)[\text{max} : 0,95 \text{ в } M_1]\} \Rightarrow \\
 & R^{(1)} : IF(x_1 \text{ это } S \text{ AND } x_2 \text{ это } S \text{ AND } x_3 \text{ это } S \text{ AND} \\
 & \text{ AND } x_4 \text{ это } S \text{ AND } x_5 \text{ это } S) \text{ THEN } d \text{ это } M_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (x_1(2), x_2(2), x_3(2), x_4(2), x_5(2); d_1(2)) \Rightarrow \\ \Rightarrow & \{x_1(2)[\max : 0,83 \text{ в } D_1], x_2(2)[\max : 0,82 \text{ в } M_1], x_3(2)[\max : 0,77 \text{ в } S], \\ & x_4(2)[\max : 0,77 \text{ в } S], x_5(2)[\max : 0,63 \text{ в } S], d(2)[\max : 0,67 \text{ в } S]\} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$R^{(2)} : IF(x_1 \text{ это } D_1 \text{ AND } x_2 \text{ это } M_1 \text{ AND } x_3 \text{ это } S \text{ AND} \\ \text{AND } x_4 \text{ это } S \text{ AND } x_5 \text{ это } M_1M_2) \text{ THEN } d \text{ это } S$$

Шаг третий – припишем каждому правилу степень истинности. В наличии имеется большое количество пар обучающих данных, по каждой из них может быть сформулировано одно правило, поэтому существует высокая вероятность того, что некоторые из этих правил окажутся противоречивыми. Это относится к правилам с одной и той же посылкой (условием), но с разными следствиями (выводами). Один из методов решения этой проблемы заключается в приписывании каждому правилу так называемой степени истинности с последующим выбором из противоречащих друг другу правил того, у которого эта степень окажется наибольшей. Таким образом не только разрешается проблема противоречивых правил, но и значительно уменьшается их общее количество. Для правила вида

$$R : IF(x_1 \text{ это } A_1 \text{ AND } x_2 \text{ это } A_2 \text{ AND } x_3 \text{ это } A_3 \text{ AND} \\ \text{AND } x_4 \text{ это } A_4 \text{ AND } x_5 \text{ это } A_5) \text{ THEN } d \text{ это } B \quad (2)$$

степень истинности, обозначаемая как  $SP(R)$ , определяется как

$$SP(R) = \mu_{A_1}(x_1) \cdot \mu_{A_2}(x_2) \cdot \mu_{A_3}(x_3) \cdot \mu_{A_4}(x_4) \cdot \mu_{A_5}(x_5) \cdot \mu_B(d), \quad (3)$$

где  $\mu_{A_i}$  – степень принадлежности параметра  $x_i$ .

Таким образом, первое правило  $R^{(1)}$  имеет степень истинности

$$\begin{aligned} SP(R^{(1)}) &= \mu_S(x_1) \cdot \mu_S(x_2) \cdot \mu_S(x_3) \cdot \mu_S(x_4) \cdot \mu_S(x_5) \cdot \mu_{M_1}(d) = \\ &= 0,88 \times 1 \times 0,78 \times 1 \times 0,52 \times 0,95 = 0,339, \end{aligned}$$

а второе правило –

$$\begin{aligned} SP(R^{(2)}) &= \mu_{D_1}(x_1) \cdot \mu_{M_1}(x_2) \cdot \mu_S(x_3) \cdot \mu_S(x_4) \cdot \mu_{M_1M_2}(x_5) \cdot \mu_S(d) = \\ &= 0,83 \times 0,82 \times 0,77 \times 0,77 \times 0,63 \times 0,67 = 0,170, \end{aligned}$$

где  $\mu$  – степень принадлежности параметра  $x_i$  к соответствующим областям ( $M_1, M_2, S, D_1, D_2$ )

Далее создадим базу нечетких правил. Эта база представляется таблицей, которая заполняется нечеткими правилами с наибольшей степенью истинности.

Следующий шаг – дефаззификация. Определим с помощью базы правил отображения  $f : (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) \rightarrow \bar{d}$ , где  $\bar{d}$  – выходная величина нечеткой системы. При определении количественного значения управляющего воздействия  $\bar{d}$  для данных входных сигналов  $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$  необходимо выполнить операцию дефаззификации. Вначале для входных сигналов  $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$  с использованием операции произведения объединим посылки (условия)  $k$ -го нечеткого правила. Определяется так называемая степень активности  $k$ -го правила. Ее значение рассчитывается по формуле

$$\tau^{(k)} = \mu_{A_1^{(k)}}(x_1) \cdot \mu_{A_2^{(k)}}(x_2) \cdot \mu_{A_3^{(k)}}(x_3) \cdot \mu_{A_4^{(k)}}(x_4) \cdot \mu_{A_5^{(k)}}(x_5). \quad (4)$$

Например, для первого правила  $R^{(1)}$  степень активности определяется выражением

$$\tau^{(1)} = \mu_S(x_1) \cdot \mu_S(x_2) \cdot \mu_S(x_3) \cdot \mu_S(x_4) \cdot \mu_S(x_5).$$

Для расчета выходного значения  $\bar{d}$  воспользуемся способом дефаззификации по среднему центру:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{k=1}^N \tau^{(k)} \bar{d}^{(k)}}{\sum_{k=1}^N \tau^{(k)}}. \quad (5)$$

Для подготовки программной реализации представлен алгоритм построения базы в виде блок-схемы (рис. 7).

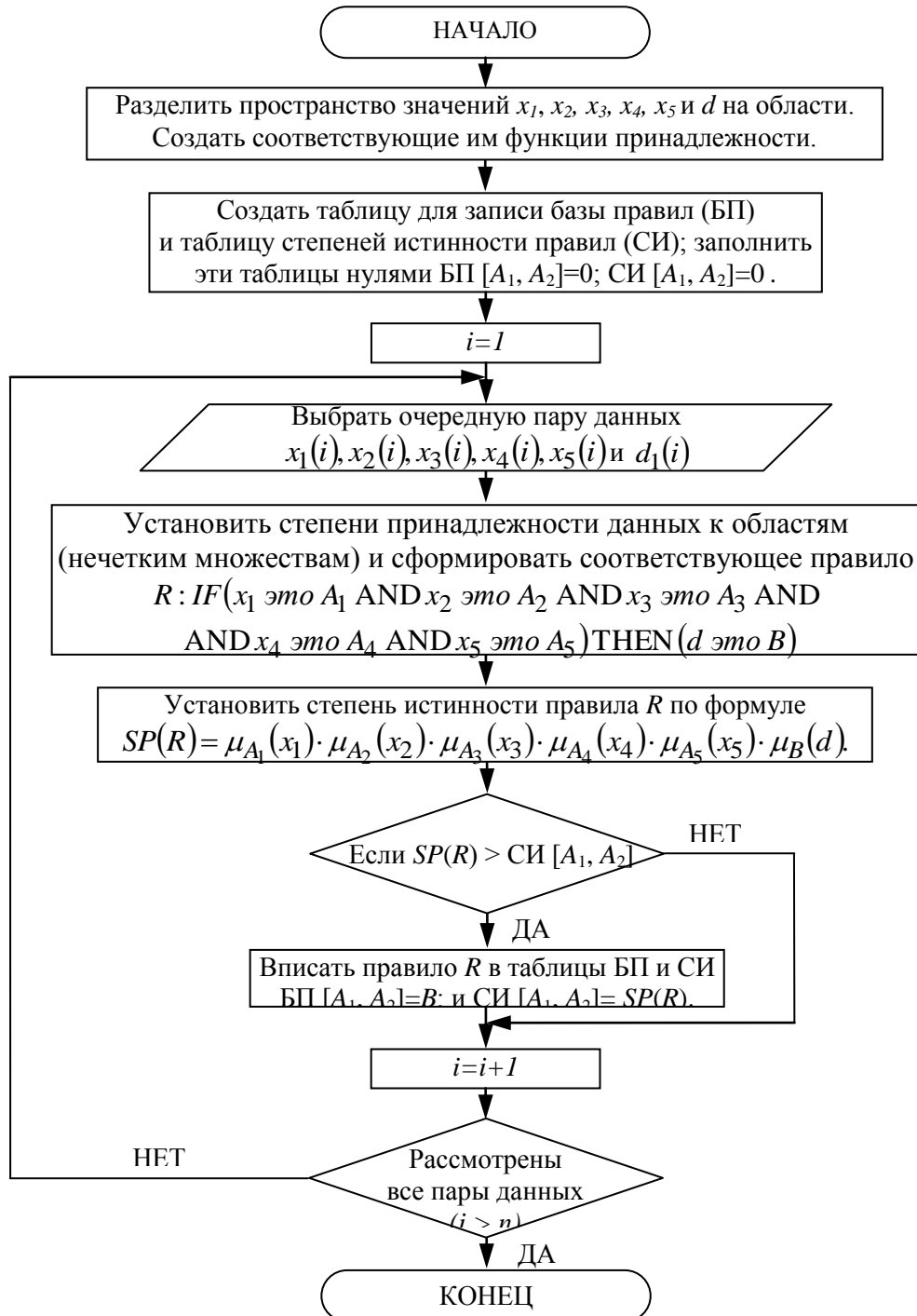


Рисунок 7 – Алгоритм построения базы правил нечеткой нейронной сети прогнозирования результатов МНО

## ВЫВОДЫ

В ходе проведенного эксперимента МИО сверл из стали Р6М5 диаметром 4 мм было выявлено, что использование такого простого и очень эффективного алгоритма для формирования базы нечетких правил позволяет создать в интеллектуальной системе базу нечетких правил сети ANFIS, которые в дальнейшем будут использованы для выбора режимов МИО схожих образцов. Результаты эксперимента показали снижение времени на 15-20% и затрат электроэнергии 30-40% на процесс МИО обработки сверла (по сравнению с применением старых систем управления МИО). Использование данных для обучения сети ANFIS, полученных в ходе реального эксперимента, позволяет достигать прогнозируемую стойкость сверла с минимальной ошибкой (средняя ошибка прогнозирования составила 2-3% по результатам моделирования с помощью пакета Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB), что позволит сократить время на вычисление оптимальных параметров обработки и повысит точность выбора этих параметров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малыгин Б.В., Бень А.П. Магнитное упрочнение изделий. Теория и практика. – Херсон: Издательство Херсонского государственного морского института, 2009. – 352 с.: ил.
2. Иванов В.Ю. Обоснование параметров магнитно-импульсного способа разупрочнения коренных золотосодержащих руд при их рудоподготовке: дис. кандидата технических наук: 25.00.20. – Москва, 2009. – 148 с.
3. Малыгин Б.В. Способ обработки стальных изделий. – А. с. № 1728300. – Бюл. № 28, 1991.
4. Пустовойт В.Н. Алгоритмизация и программа расчета параметров магнитного упрочнения. – Минск: ФТИ АН БССР, 1990. – 115 с.
5. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
6. Построение нечетких правил. Научная библиотека избранных естественнонаучных изданий [Электронный ресурс]. – URL: [http://sernam.ru/book\\_gen.php?id=26](http://sernam.ru/book_gen.php?id=26) (дата обращения: 15.05.2014).

### **Врублевский Роман Евгеньевич**

Херсонская государственная морская академия, г. Херсон

Аспирант, старший преподаватель кафедры эксплуатации судовых энергетических установок и общинженерной подготовки

E-mail: amor-vr@narod.ru

---

R.E. VRUBLYOVSKIY (*Post-graduate Student,  
Senior Teacher of the Department of Operation of Ship Power Plants and General Engineering Training*)  
*Kherson State Maritime Academy, Kherson*

## **CONSTRUCTING FUZZY RULE BASE FOR THE IMPLEMENTATION OF ANFIS NETWORK PREDICTION OF MAGNETIC-PULSE TREATMENT RESULT**

*The article describes a method for constructing fuzzy rule base based on the numerical data for intelligent system controlling mode selection of magnetic-pulse treatment on the basis of ANFIS network. This method will make it possible to decrease the time of constructing the rule base of process controlling module.*

**Keywords:** *fuzzy rules base; intellectual control system; magnetic-pulse treatment.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Maly'gin B.V., Ben' A.P. Magnitnoe uprochnenie izdelij. Teoriya i praktika. – Xerson: Izdatel'stvo Xersonskogo gosudarstvennogo morskogo instituta, 2009. – 352 s.: il.
2. Ivanov V.Yu. Obosnovanie parametrov magnitno-impul'snogo sposoba razuprochneniya korenny'x zolotosoderzhashhix rud pri ix rudopodgotovke: dis. kandidata texnicheskix nauk: 25.00.20. – Moskva, 2009. – 148 s.
3. Maly'gin B.V. Sposob obrabotki stal'ny'x izdelij. – A. s. № 1728300. – Byul. № 28, 1991.
4. Pustovojt V.N. Algoritmizaciya i programma rascheta parametrov magnitnogo uprochneniya. – Minsk: FTI AN BSSR, 1990. – 115 s.
5. Rutkovskaya D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejrorny'e seti, geneticheskie algoritmy' i nechyotkie sistemy': per. s pol'sk. I.D. Rudinskogo. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2006. – 452 s.
6. Postroenie nechyotkix pravil. Nauchnaya biblioteka izbranny'x estestvennonauchny'x izdaniy [E'lektronny'j resurs]. – URL: [http://sernam.ru/book\\_gen.php?id=26](http://sernam.ru/book_gen.php?id=26) (data obrashheniya: 15.05.2014).

УДК 004.891.2, 004.896

В.В. ЛОМАКИН, М.В. ЛИФИРЕНКО

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АДЕКВАТНОСТИ ФУНКЦИОНАЛА СОГЛАСОВАННОСТИ ОЦЕНОК В МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ МЕТОДАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*Рассмотрена экспериментальная проверка адекватности функционала согласованности оценок в многокритериальных методах принятия решений. Показано, что данные показатели взаимосвязаны и могут использоваться при проверке согласованности матриц парных сравнений. Для проведения экспериментов разработано программное обеспечение, с помощью которого рассчитываются функционал согласованности  $F$  и отношение согласованности, строятся графики зависимости этих параметров на базе выбранного объема выборки. Все эксперименты были проведены на 2000 случайных матрицах с использованием генератора случайных чисел с источником энтропии – атмосферных шумов. Рассмотренные показатели согласованности используются в разработанном авторами программном обеспечении для принятия решений.*

**Ключевые слова:** согласованность; матрицы парных сравнений; эксперимент.

Одним из ключевых этапов процесса принятия решения с применением методов парных сравнений, в частности, метода анализа иерархий (МАИ), является проверка согласованности матрицы парных сравнений. Рекомендовано, чтобы отношение согласованности (ОС) матрицы не превышало 10% [4]. В тех случаях, когда данная рекомендация не учитывается, существует риск, что полученные итоговые оценки, характеризующие преобладание друг над другом сравниваемых элементов в рассматриваемых свойствах, могут достаточно сильно отличаться от значений, полученных в результате идеального эксперимента.

Нами предложен алгоритм, с помощью которого эксперт может определить отдельные элементы парных сравнений, вносящих наибольшую ошибку в результаты. Разработанный алгоритм предоставляет возможность по заполненной матрице парных сравнений давать подсказки эксперту в виде рекомендаций по изменению оценок на более предпочтительные [1]. Алгоритм основан на анализе векторов парных сравнений, которые в случае высокой согласованности должны иметь одинаковое направление. Нами был предложен функционал, минимизация которого приводит к получению более согласованной матрицы парных сравнений:

$$F(\alpha) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}{n^2}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – матрица рассчитанных косинусов углов между векторами парных сравнений для каждого парного сравнения в исходной матрице;  $n$  – размер матрицы парных сравнений.

Для применения функционала (1) при оценке степени достоверности суждений необходимо установить его соответствие значению отношения согласованности для одинаковых матриц парных сравнений. Таким образом, необходимо построить зависимость  $F$  от ОС, рассчитываемых для случайно заполненных матриц, и определить, насколько эти величины взаимосвязаны.

При расчете отношения согласованности используется формула:

$$OC = \frac{ИС}{СИ}, \quad (2)$$

где  $ИС$  – индекс согласованности;  $СИ$  – случайный индекс.

$ИС$  рассчитывается для рассматриваемой матрицы парных сравнений по формуле:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (3)$$

где  $\lambda_{\max}$  – главное собственное значение для матрицы.

$СИ$  получается путем нахождения среднего значения  $ИС$ , рассчитанного для случайно заполненных матриц того же порядка, что и исходная:

$$СИ = \frac{\sum_{i=1}^n ИС_i}{m}, \quad (4)$$

где  $ИС_i$  – индекс согласованности, рассчитанный для  $i$ -ой матрицы, заполненной случайно;  $m$  – количество случайно заполненных матриц парных сравнений.

Таким образом, необходимо обеспечить, чтобы при случайном заполнении матриц для расчета  $F$  и  $OC$   $СИ$  соответствовал рассчитанным или известным таблицам значений [4-6]. Поскольку у разных авторов таблицы  $СИ$  отличаются, нами проанализированы причины этого факта. Наиболее весомыми причинами, на наш взгляд, являются использование в расчетах псевдослучайных последовательностей чисел, получаемых с помощью ЭВМ, а также выбранные авторами методики получения парных сравнений из случайных чисел. Таким образом, для повышения степени достоверности получаемых значений организуем численное получение  $СИ$ . При этом будем исходить из следующего: значения случайных величин будем брать из генератора абсолютно случайных (а не псевдослучайных) чисел, алгоритм преобразования случайного дробного положительного числа в целочисленную положительную оценку степени превосходства в диапазоне от одного до девяти должен обеспечивать равномерный закон распределения значений оценок.

Для проведения экспериментальных расчетов было разработано программное обеспечение, позволяющее вычислять корреляционную матрицу по векторам из матрицы парных сравнений, а также заполнять случайным образом обратно-симметричные матрицы по шкале МАИ от 1 до 9 (рис. 1).

В программе пользователем выбирается размер исследуемой матрицы парных сравнений, а также количество матриц, по которым будет рассчитываться  $OC$ , функционал  $F$  и средний  $ИС$ . Поскольку по вопросу расчета  $СИ$  для разного размера матриц парных сравнений были установлены разногласия у ряда авторов [4-6], решено было провести расчеты  $СИ$  самостоятельно и использовать не псевдослучайные алгоритмы, на которых могут возникать не совсем достоверные результаты, а задействовать в качестве генератора случайных чисел специальный интернет-сервис [7], где энтропия основана на атмосферных шумах. Алгоритм преобразования случайного числа в парное сравнение был спроектирован таким образом, что все оценки имеют одинаковую вероятность возникновения. В разработанной программе предусмотрено визуальное отображение результатов эксперимента в виде графика, показывающего зависимость функционала  $F$  от  $OC$  (рис. 2).

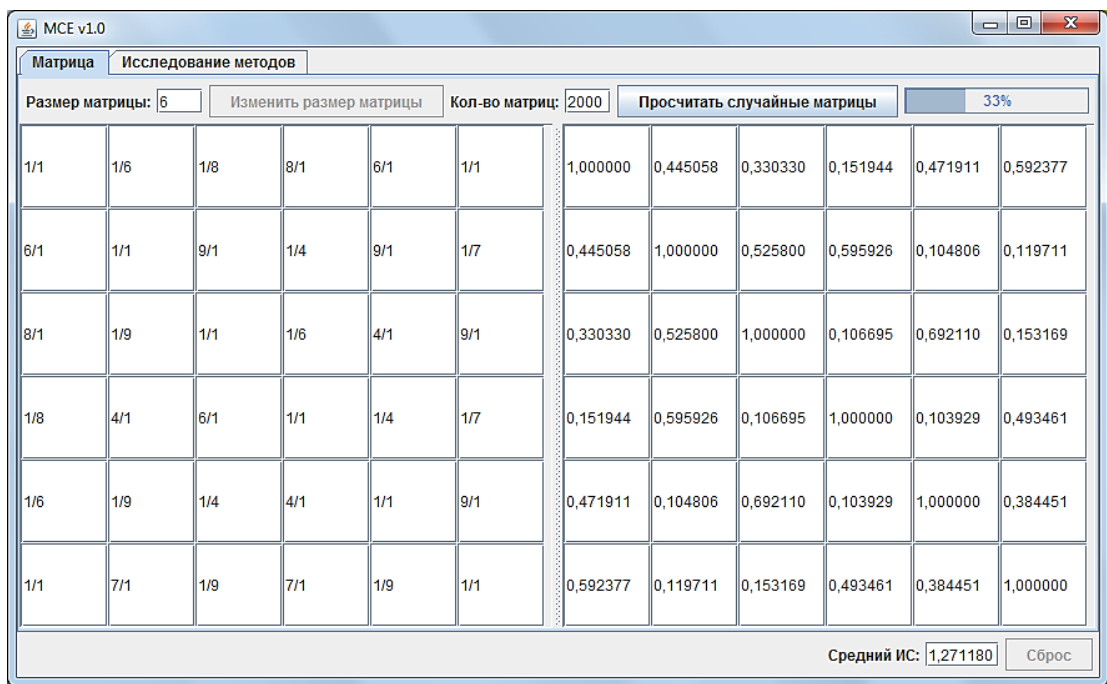


Рисунок 1 – Главное окно программы для проведения эксперимента

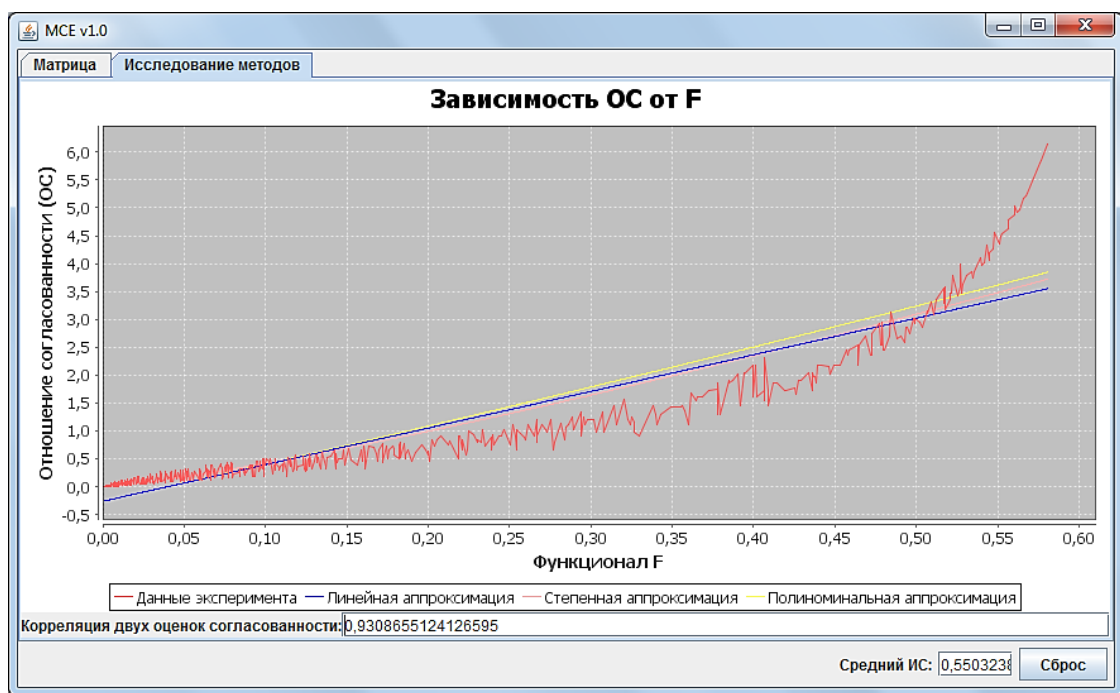


Рисунок 2 – Панель результатов эксперимента в разработанной программе с графиком, построенным для матриц размера 3 на 3

Эксперименты проводились на обычном персональном компьютере. Представим собственные результаты экспериментов и рассчитанные СИ других авторов (табл. 1).



Таблица 1 – Результаты проведенных экспериментов

Размерность матрицы	Рассчитанный СИ	СИ Саати	СИ Донегана	Корреляция ОС и F
2	0	0	0	1
3	0,550324	0,58	0,4887	0,930865
4	0,877624	0,90	0,8045	0,888736
5	1,105389	1,12	1,0591	0,836480
6	1,256323	1,24	1,1797	0,799051
7	1,350023	1,32	1,2519	0,746904
8	1,398082	1,41	1,3171	0,720994
9	1,455479	1,45	1,3733	0,652926
10	1,489486	1,49	1,4055	0,631754
11	1,510795	1,51	1,4213	0,580703
12	1,538993	1,48	1,4497	0,523013
13	1,557927	1,56	1,4643	0,489148
14	1,566898	1,57	1,4822	0,491615
15	1,585102	1,59	1,4969	0,427605
16	1,598712	-	1,5078	0,421761
17	1,604488	-	1,5153	0,389166
18	1,613954	-	1,5262	0,388480
19	1,615576	-	1,5313	0,344054
20	1,620080	-	1,5371	0,319270
30	1,672955	-	1,5772	0,210974
50	1,709017	-	1,6102	0,174711
100	1,724167	-	1,6339	0,143861

В таблице 1 также представлены результаты расчетов Саати [4] и Донегана [5]. Отметим, что у Саати данные рассчитаны до 15 размера матрицы (выборка количеством 500 матриц для матриц размером более 12 и 100 матриц для размерностей от 2 до 11), у Донегана – до 100 размера матрицы (для всех размеров матриц использована выборка из 2000 случайно сгенерированных матриц). В соответствии с этим с целью получения достоверных для последующего сопоставления результатов наши расчеты проводились для матриц до 100 размерности на выборке из 2000 матриц.

Исходя из анализа полученных в таблице 1 результатов, можно сделать вывод, что ОС и F имеют хорошо просматриваемую взаимосвязь (рис. 4), при этом используемый средний ИС близок к результатам других авторов (рис. 3).

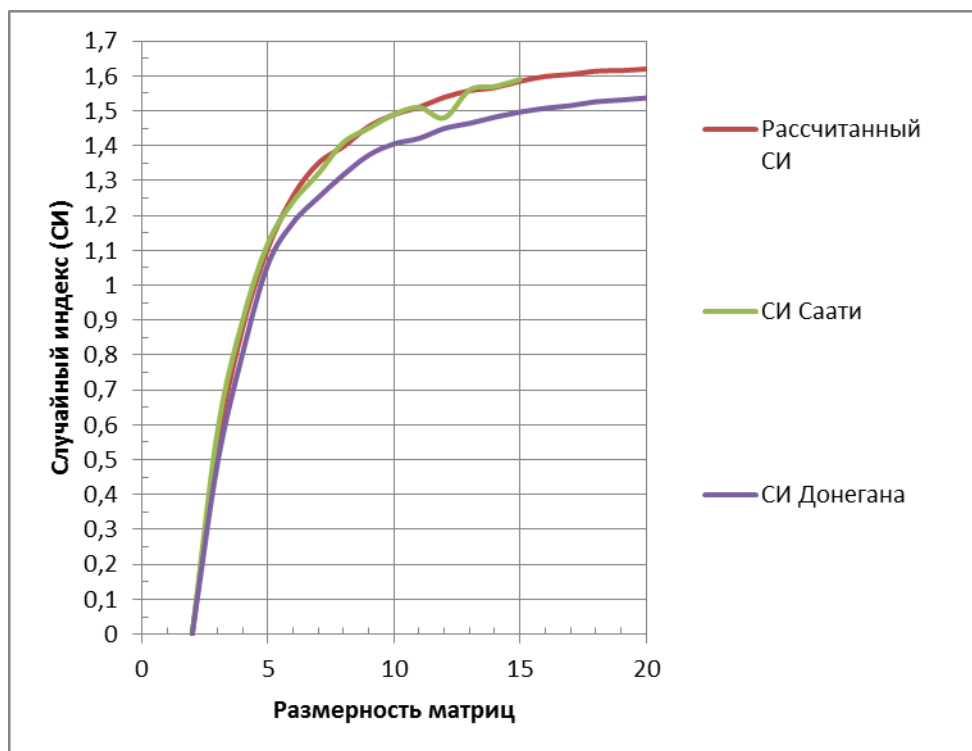


Рисунок 3 – Зависимость случайного индекса от размерности матрицы

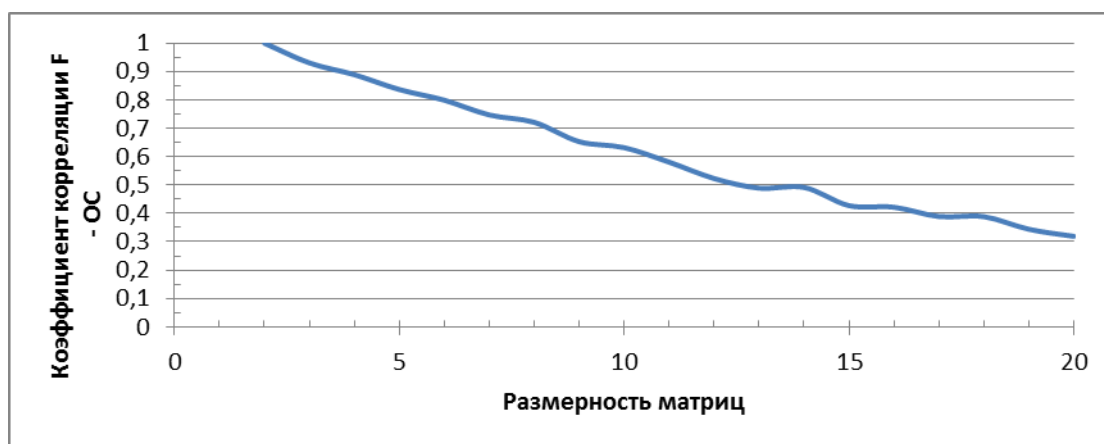


Рисунок 4 – Зависимость корреляции ОС и функционала F от размерности матрицы

Как видно из графика (рис. 4), корреляция снижается с ростом размера матрицы. Данный факт объясняется тем, что при увеличении размера матрицы снижается вероятность заполнения матрицы согласованными друг с другом данными; тем самым становится сложнее добиться изменения ОС во всем диапазоне.

Таким образом, экспериментально подтверждена правомерность использования функционала F как оценки степени согласованности матрицы парных сравнений наряду с ОС. Предложенный показатель согласованности использован в разработанной авторами системе поддержки принятия решений «Решение» [3]. Практическое использование предложенного показателя в значительной мере облегчает процесс корректировки матрицы парных сравнений для повышения степени логической достоверности суждений [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломакин В.В., Лифиренко М.В. Алгоритм повышения степени согласованности матрицы парных сравнений при проведении экспертных опросов // *Фундаментальные исследования*, 2013. – № 11. – С. 1798-1803.
2. Ломакин В.В., Лифиренко М.В. Выбор оптимальных речевых кодеков на основе методологии многокритериальной оптимизации // *Информационные системы и технологии*, 2014. – № 2(82). – С. 84-92.
3. Лифиренко М.В., Ломакин В.В. Система поддержки принятия управленческих решений на основе усовершенствованного аналитико-иерархического процесса // *Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013616249 от 2 июля 2013 года*.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
5. Donegan H.A., Dodd F.J. A note on Saaty's random indexes // *Mathl. Comput. Modelling*, 1991. – Vol. 15. – № 10. – P. 135-137/
6. JOSÉ ANTONIO ALONSO CONSISTENCY IN THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS: A NEW APPROACH // *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 2006. – Vol. 14. – № 4. – P. 445–459
7. Сайт сервиса генерации случайных чисел [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.random.org/> (дата обращения: 15.03.2014).

### **Ломакин Владимир Васильевич**

Белгородский национальный государственный исследовательский университет, г. Белгород  
Кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационного менеджмента  
E-mail: Lomakin@bsu.edu.ru

### **Лифиренко Максим Вячеславович**

Белгородский национальный государственный исследовательский университет, г. Белгород  
Аспирант кафедры информационного менеджмента  
E-mail: Lifirenko@bsu.edu.ru

---

V.V. LOMAKIN (*Candidate of Engineering Science, Professor,  
Head of the Department of Information Management*)

M.V. LIFIRENKO (*Post-graduate Student of the Department of Information Management  
National Research University, Belgorod*)

## **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF FUNCTIONAL ADEQUACY OF COORDINATION ASSESSMENT IN MULTI-OBJECTIVE DECISION-MAKING METHODS**

*An experimental validation of the functional consistency of the estimates in the multicriteria decision-making methods. It is shown that these indicators are interrelated and can be used to check the consistency of paired comparisons matrix. For the experiments developed software, which are calculated using the consistency functional  $F$  and coherence ratio, plotted these parameters based on the selected sample size. All experiments were performed on 2000 random matrices using a random number generator with a source of entropy - atmospheric noise. Considered indicators of consistency used in software developed by the authors to make decisions.*

**Keywords:** *consistency; matrix of pairwise comparisons; experiment.*

## **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Lomakin V.V., Lifirenko M.V. Algoritm povы'sheniya stepeni soglasovannosti matricy' parny'x sravnenij pri provedenii e'kspertny'x oprosov // *Fundamental'ny'e issledovaniya*, 2013. – № 11. – S. 1798-1803.
2. Lomakin V.V., Lifirenko M.V. Vy'bor optimal'ny'x rechevy'x kodekov na osnove metodologii mnogokriterial'noj optimizacii // *Informacionny'e sistemy' i tehnologii*, 2014. – № 2(82). – S. 84-92.

3. Lifirenko M.V., Lomakin V.V. Sistema podderzhki prinyatiya upravlencheskix reshenij na osnove usovershenstvovannogo analitiko-ierarxicheskogo processa // Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy' dlya E'VM № 2013616249 ot 2 iyulya 2013 goda.
4. Saati T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarxij. – M.: Radio i svyaz', 1993.– 278 s.
5. Donegan H.A., Dodd F.J. A note on Saaty's random indexes // Mathl. Comput. Modelling, 1991. – Vol. 15. – № 10. – P. 135-137/
6. JOSÉ ANTONIO ALONSO CONSISTENCY IN THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS: A NEW APPROACH // International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 2006. – Vol. 14. – №. 4. – P. 445–459
7. Sajt servisa generacii sluchajny'x chisel [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.random.org/> (data obrashheniya: 15.03.2014).

УДК 004.624

П.А. ЛОМОВ, М.Г. ШИШАЕВ

## ПОДХОД К ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОНТОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ ФРЕЙМОВ

*В статье представлен подход к визуализации онтологий, ориентированный на облегчение передачи онтологических знаний эксперту. Для этого предлагается формировать для понятий онтологии и представлять пользователю специальные структуры – когнитивные фреймы. В статье рассматриваются основные аспекты формирования содержания когнитивных фреймов на основе общих онтологических отношений, таких, как «таксономия», «партономия» и «зависимость», а также приводится пример визуализации, полученной в результате применения предлагаемого подхода к прикладной онтологии.*

**Ключевые слова:** онтология; визуализация; онтологический инжиниринг; OWL.

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день использование онтологий для представления и обработки знаний стало распространенным явлением в таких областях, как разработка мультиагентных систем, обработка текстов на естественных языках, семантический поиск и других. Однако в процессе добавления в онтологию новых знаний со временем появляется проблема ее понимания (Ontology Comprehension). С одной стороны, это вызвано возрастающей структурной сложностью понятийной системы, а с другой – использованием языка описания веб-онтологий (Ontology Web Language). На сегодняшний день OWL является де-факто стандартом описания онтологий благодаря наличию богатых выразительных возможностей и вместе с тем формальной разрешимости. Однако, несмотря на относительную простоту отдельных логических утверждений, которые при использовании, например, манчестерского синтаксиса напоминают предложения английского языка, их большой набор затрудняет правильную интерпретацию пользователем смысла описываемого ими понятия. В решении проблемы понимания онтологий большую роль играет их визуализация. Заметим, что эффективность того или иного подхода к визуализации онтологии существенно зависит от решаемой задачи.

Одной из таких задачи является осмысление онтологии (Ontology Sensemaking) [1]. В результате ее решения пользователь должен понять общую структуру онтологии, оставив за пределами внимания несущественные детали. Такая задача обычно возникает в процессе выбора онтологии для повторного использования. В этом случае процесс осмысления позволяет пользователю принять решение о том, подходит ли в целом данная онтология или ее фрагмент для применения в его приложении. Технологии и программные средства, ориентированные на решение данной задачи, представлены в работах [1-4]. Их отличительными чертами является наличие инструментов для построения обзорного представления онтологии, масштабирования и фильтрации отображаемых элементов.

В контексте визуализации формальных онтологий важной задачей также является визуализация результатов логического вывода. Ее суть заключается в создании визуального представления, способного проиллюстрировать вывод логических утверждений, представить объяснения результатов вывода [5, 6]. Благодаря такому представлению разработчик может более детально понять онтологию, а также быстро найти и скорректировать проблемные аксиомы, приводящие к семантическим конфликтам.

На сегодняшний день актуальной также является задача эффективной передачи заключенных в онтологии знаний пользователю или эксперту. В этом случае для

визуализации наиболее важными становятся когнитивные свойства онтологии, определяющие, насколько просто и точно она может быть интерпретирована экспертом для получения смысла того или иного понятия. Предлагаемый в данной работе подход ориентирован на эффективную передачу эксперту знаний, содержащихся в онтологии, в виде адаптированных к интерпретации визуальных образов. В качестве его основы предлагается использовать когнитивный фрейм (КФ). Под КФ в общем случае понимается визуализированный фрагмент онтологии, позволяющий адекватно передать человеку знания о некотором целевом понятии. По своей функции когнитивный фрейм близок к понятию «точка зрения» (Viewpoint) [7], однако, в отличие от последнего, он включает, помимо набора фактов о понятии, еще и соответствующий ему визуальный образ. Новизна предлагаемого подхода к визуализации онтологий заключается в учете при формировании КФ психологических особенностей человека, общих принципов структурирования им информации, а также некоторой общей понятийной базы, единой для всех прикладных онтологий.

В данной работе рассмотрен только вопрос формирования содержимого когнитивных фреймов на основе общих отношений, таких, как «таксономия», «партономия» и «зависимость». В качестве универсального визуального образа на данном этапе исследования используется графовая структура (Node-link Diagram).

### **ОНТОЛОГИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ**

В предыдущих работах авторов был рассмотрен вопрос об автоматическом формировании для OWL-онтологии ее упрощенной для визуализации модификации – онтологии пользовательского представления (ОПП), описанной языком модели SKOS. Модель SKOS является более простой, чем модель OWL, и может быть представлена в виде графовой структуры без предварительного анализа.

В процессе формирования ОПП логические выражения (аксиомы) исходной OWL-онтологии представлялись в виде совокупностей элементов модели SKOS: концептов, отношений и коллекций. Подробнее процесс генерации ОПП описан в работе [8].

Далее в статье, говоря о визуализации онтологии, будем иметь в виду ОПП, полученную для некоторой OWL-онтологии и представляемую в виде графовой структуры. В качестве узлов такой структуры будут выступать SKOS-концепты, соответствующие OWL-классам исходной онтологии. Дуги будут представлять отношения между OWL-классами.

### **ПОНЯТИЕ КОГНИТИВНОГО ФРЕЙМА**

Обычно визуальное представление данных или знаний в информационных системах заключается в уподоблении объектов, процессов и явлений предметной области, а также отношений между ними некоторым визуальным образам. В этом случае такой визуальный образ выступает в роли метафоры визуализации. Таким образом, метафора визуализации определяется как отображение, ставящее в соответствие формальному описанию понятий и объектов моделируемой прикладной области систему сближений и аналогий и порождающее некоторый изобразительный ряд (набор видов отображения) и набор методов взаимодействия с визуальными объектами [9].

Для формальных онтологий в качестве метафоры визуализации обычно выступает графовая структура – набор именованных вершин соединенных дугами. Это вызвано тем, что формальные онтологии можно приближенно уподобить семантическим сетям, для которых обычно применяются графические нотации, алфавит которых основан на элементах графа. Однако заметим, что визуализация какого-либо понятия онтологии не сводится к

отображению самого понятия и его партнеров по отношениям, а требует их отбора в соответствии с его значением. Помимо определения таким образом содержания визуальной метафоры, немаловажным является вопрос о ее форме, обеспечивающей наглядность ее представления.

Далее введем для обозначения комбинации содержания и формы визуальной метафоры термин «когнитивный фрейм» (КФ). КФ ориентирован на представление идеи уже существующего описания некоторой сущности в онтологии. В этом случае КФ обеспечивает своего рода метапредставление, способствующее восприятию человеком знаний из онтологии об объектах, процессах и явлениях, описанных другим человеком (экспертом).

Формально определение когнитивного фрейма можно записать следующим образом:

$$KF(t) = \langle CT, VS \rangle \quad (1)$$

где  $t$  – целевое понятие когнитивного фрейма;  $CT$  – содержание фрейма-множество дуг вида «понятие-отношение-понятие», отражающих смысловое значение целевого понятия;  $VS$  – визуальный образ, формируемый на основе содержания.

### ТРЕБОВАНИЯ К КОГНИТИВНОМУ ФРЕЙМУ

Для выполнения своей основной функции к КФ как визуальной метафоре можно предъявить требования, обусловленные психологическими ограничениями способности человека обрабатывать информацию. К первому требованию относится компактность КФ. Оно основывается на ограничении Миллера, указывающее на возможность хранения в кратковременной памяти человека не более, чем 7-9 объектов. Данное требование определяет допустимый предел числа компонентов КФ, превышение которого позволяет человеку одномоментно воспринять передаваемую им идею без дополнительных мыслительных операций по разбиению большего количества компонентов на группы.

Наряду с этим также важно представлять в рамках одного КФ полную и целостную информацию о понятии в рамках отдельной перспективы. Выполнение требования полноты и компактности КФ позволит человеку оперировать преимущественно кратковременной памятью, «загружая» в нее отдельные фреймы целиком, что потребует гораздо меньше умственных усилий, чем мысленный синтез образа из нескольких фреймов или их декомпозиция.

Важным требованием к КФ также является его «привычность» для пользователя. Это обусловлено тем, что КФ выполняет роль визуальной метафоры, которая предполагает представление некоторого неизвестного объекта посредством некоторого объекта-заместителя, известного и понятного пользователю. Чем лучше пользователь знаком с объектом-заместителем, тем больше знаний о нем пользователь сможет переложить на неизвестную сущность и тем проще и полнее сможет познать ее и оперировать знаниями о ней. Вероятно, данную особенность можно объяснить тем, что человек в процессе познания мира оперирует так называемыми когнитивными структурами. Как отмечается в работе [10], когнитивные структуры «отражают определенное видение мира человеком, способы концептуализации этого видения в языке, общие принципы категоризации и механизмы обработки информации с точки зрения того, как в них отражается весь познавательный опыт человека, а также влияние окружающей среды». С понятием когнитивной структуры тесно связано понятие ментальной репрезентации или ментальной модели, которая определяется как некоторое знание в долговременной или кратковременной памяти, структура которого соответствует структуре репрезентируемой ситуации [11]. В результате применения когнитивных структур к информации об окружающем мире человек формирует или дополняет в сознании ментальные модели объектов, предметов и явлений.

Соответственно, чем проще происходит процесс подбора и применения некоторой когнитивной структуры для обработки данных о новом объекте, тем меньше умственных усилий на это затрачивается. Метафора в этом случае позволяет автоматически повторно применить ту же когнитивную структуру к воспринимаемой сущности, что и к уже познанной, выступающей в роли метафоры.

Исходя из приведенных рассуждений, для обеспечения «привычности» КФ его структурные элементы и взаимосвязи между ними, а также их визуальное отображение должны либо являться прототипом некоторой существующей ментальной модели в сознании человека, либо явно задавать знакомую точку зрения на какой-либо объект в рамках КФ для выбора адекватной когнитивной структуры в процессе познания. Первое условие очевидно и следует из использования КФ как визуальной метафоры. Однако выполнить его в должной мере затруднительно ввиду того, что применяемая для онтологий, а, соответственно, и для КФ общая визуальная метафора – некая графовая структура может представлять фактически любой объект. В этой связи человек будет рассматривать его с общих позиций, не воспринимая его специфику, обусловленную предметной областью. Второе условие указывает на необходимость использования некоторых общепринятых правил визуализации онтологий. Они должны определять способ построения таких КФ, которые позволяли бы человеку быстро и просто «подбирать» адекватную когнитивную структуру для осмысления. Таким образом, появляется возможность представить более детальную информацию об объекте и при этом обеспечить ее понимание. Довольно важным в этом случае является вопрос формулировки общепринятых правил визуализации онтологий, которые должны определять различные структуры КФ. С точки зрения авторов, отправной точкой для их задания может служить анализ онтологий верхнего уровня (ОВУ).

Основная идея разработки ОВУ состоит в том, что если при рассмотрении понятийных систем различных предметных областей постепенно повышать уровень абстракции, то на определенном шаге останется лишь небольшой инвариантный по отношению к ним набор понятий [12]. Это обуславливается тем, что в каждой предметной области мы имеем дело, по сути, с различными разновидностями объектов, процессов, свойств, отношений, пространств, временных промежутков, ролей, функций и т.д. Таким образом, онтология верхнего уровня определяет понятийную систему наиболее общих понятий и отношений. Соответственно, формулировка правил формирования КФ на основе результатов анализа подходов к представлению понятий в ОВУ позволит гарантировать некоторую общепринятость таких правил и, как следствие, привычность КФ.

### **ФОРМИРОВАНИЕ СОДЕРЖИМОГО КОГНИТИВНЫХ ФРЕЙМОВ**

Рассмотрим процедуры формирования содержимого КФ на основе элементов ОВУ, таких, как DOLCE (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering), BFO (Basic Formal Ontology), GFO (General Formal Ontology), CYC, SUMO (Suggested Upper Merged Ontology). На данном этапе исследования были проанализированы следующие общие отношения онтологий верхнего уровня:

- наследование – указывает на то, что некоторое понятие (субконцепт) является разновидностью другого (суперконцепта). В таком случае субконцепт наследует отношения его суперконцепта;
- партономия (меронимия) – отношение между понятием, обозначающим целое, и понятиями, обозначающими части этого целого;
- зависимость – указывает на то, что существование одного понятия зависит от существования другого.



Большинство других отношений в онтологиях предметных областей можно рассматривать как разновидности представленных. Формирование содержимого КФ на основе общих отношений между понятиями позволит разбить визуальную информацию по принадлежности к различным точкам зрения на понятия и, тем самым, позволит избавить пользователя от дополнительных ментальных операций. «Общепринятость» отношений, в свою очередь, позволит гарантировать привычность для пользователя представления понятия в рамках КФ.

Для определения алгоритмов формирования содержимого КФ введем понятие « $n$ -окрестность понятия  $t$  по некоторому отношению  $R$ », которым будем обозначать множество понятий, связанных отношением  $R$  через  $n$  промежуточных понятий. Формально окрестность определяется индуктивно следующим образом:

$$L_0^R(t) = \{t\},$$

$$L_n^R(t) = \{o_i : R(k_i, o_j) \wedge k_i \in L_{n-1}^R(t)\}, \quad (2)$$

где  $L_n^R(t)$  –  $n$ -ая окрестность понятия  $t$  по отношению  $R$ ;  $o_j$  и  $k_i$  – понятия онтологии.

Содержание КФ будем формировать на основе окрестностей целевого понятия  $t$  по одному отношению. Содержание в этом случае будет представлять собой множество дуг вида «понятие-отношение-понятие» между понятиями разных окрестностей:

$$CT(t) = \{R(o_i, o_j) : o_i \in L_i^R(t), o_j \in L_j^R(t), i \neq j\}, \quad (3)$$

где,  $t$  – целевое понятие КФ;  $o_j$  и  $o_i$  – понятия онтологии.

Таким образом, в общем виде содержание КФ будет включать целевое понятие и некоторые понятия, непосредственно и опосредованно связанные с ним и отражающие смысл целевого.

Рассмотрим формирование содержимого КФ на основе отношения наследования. Оно является транзитивным и, как правило, определяет основную иерархию понятий в онтологии. КФ, построенный на основе данного отношения, позволяет получить представление о категории самого понятия по его понятию-предку, а также о его разновидностях – по его понятиям-потомкам. Содержание такого КФ для целевого понятия  $t$  может быть сформировано с использованием следующей процедуры:

Шаг 1.  $i=1$ ,  $LM=7$ , строим  $L_0^R(t) = \{t\}$ , где  $R$  – отношение наследования;  $LM$  – предельное количество понятий КФ, заданное исходя из ограничения Миллера на объем рабочей памяти человека.

Шаг 2. Строим  $L_i^R(t)$ . Если  $\sum_{k=1..i} |L_k^R(t)| \leq L$ , то добавляем дуги между понятиями текущей ( $L_i^R(t)$ ) и предшествующей окрестности ( $L_{i-1}^R(t)$ ) в содержание КФ, иначе завершаем процедуру.

Шаг 3.  $i=i+1$ , переходим к шагу 2.

Согласно данной процедуре, на каждой итерации будет предпринята попытка включить в содержимое дуги, ведущие следующую окрестность. В том случае, если это становится невозможным из-за ограничения количества элементов, дополнение не производится и процедура завершается. Заметим, что на каждом шаге в содержимое добавляются либо все дуги, ведущие в понятия новой окрестности, либо ни одной. Это позволяет полностью представлять в КФ уровни иерархии понятий по некоторому отношению и избежать необходимости выбора понятий при частичном рассмотрении новой окрестности. Последнее условие формально трудновыполнимо, так как с точки зрения

структурной семантики понятия одного уровня иерархии в равной степени важны для представления смысла целевого и поэтому полностью отражают некоторый его фрагмент. Таким образом, включение их всех в содержимое КФ позволит обеспечить его смысловую целостность и полноту.

Следующим важным отношением, используемым при описании понятий различных предметных областей, является отношение партономии или отношение «часть – целое». Однако в отличие от отношения наследования ответ на вопрос о формировании содержимого КФ, соответствующего партономии, не столь очевиден. Это связано с наличием разновидностей партономических отношений [13, 14], таких, как: функциональная часть – цельный объект (педаль – велосипед), элемент – коллекция (корабль – флот), порция – масса (кусок глины – глина), материал – объект (сталь – машина), этап – процесс (сдача экзаменов – обучение), место – территория (Красная площадь – Москва). В ряде случаев это может приводить к парадоксам транзитивности. Примером может быть такой вывод: если «Концерт имеет часть Дирижер», «Дирижер имеет часть Рука», то «Концерт имеет часть Рука». Разумеется, что наличие таких парадоксов КФ негативно отразится на его понимании. Для решения данной проблемы можно предложить несколько правил установления транзитивности:

1. Учитывать транзитивность по одной разновидности партономических отношений [13].

2. Рассматривать транзитивность партономии только между объектами одного имеющими одного предка [15].

3. Учитывать транзитивность лишь между базовыми разновидностями партономических отношений [16], такими, как «функциональная часть – цельный объект», «порция – масса», «этап – процесс», «место – территория».

С учетом того обстоятельства, что в онтологиях, как правило, разновидности партономии явно не представлены, наиболее целесообразным с точки зрения универсальности применения является правило 2. Это предполагает добавление дополнительного условия на 2 шаге процедуры компоновки содержания КФ. Оно будет заключаться в требовании наличия некоторого одинакового числа суперконцептов (суперклассов) у целевого и добавляемого понятия. Количество одинаковых суперконцептов определяется в зависимости от верхней части иерархии классов конкретной онтологии или выбранной в качестве ее основы онтологии верхнего уровня. Таким образом, процедура формирования КФ по отношению партономии будет иметь вид:

Шаг 1.  $i=1, L=7, S=4$  строим  $L_0^R(t) = \{t\}$ , где  $R$  – отношение партономии;  $S$  – требуемое число одинаковых суперклассов.

Шаг 2. Строим  $L_i^R(t)$  из понятий, имеющих не менее  $S$  одинаковых суперклассов с целевым понятием  $t$ . Если  $\sum_{k=1..i} |L_k^R(t)| \leq L$ , то добавляем дуги между понятиями текущей

$L_i^R(t)$  и предшествующей окрестности  $L_{i-1}^R(t)$  в содержание КФ, иначе завершаем процедуру.

Шаг 3.  $i=i+1$ , переходим к шагу 2.

Далее рассмотрим формирование содержимого КФ на основе отношений зависимости понятий. Данное отношение проявляется, когда существование или важные качества одного понятия зависят от существования другого понятия. В основном в онтологиях верхнего уровня представлены следующие виды данного отношения:

– общая (Generic) и специфическая/жесткая (Specific/Rigid) зависимость. Общая указывает на зависимость одной сущности от существования любой другой, принадлежащих некоторому классу (зависимость существования автомобиля от его двигателя, в этом случае двигатель может быть заменен). Специфическая указывает на зависимость от существования конкретного экземпляра класса (зависимость существования человека от его мозга);

– концептуальная зависимость определенного качества от сущности, которая его несет. Например, качество «иметь цвет» зависит от существования автомобиля, который оно характеризует;

– постоянная (Constant) и временная (Temporal) зависимости. Постоянная зависимость проявляется постоянно между сущностями, а временная указывает на необходимость существования одной сущности перед появлением другой;

– внешняя зависимость противопоставляется внутренней, определяет зависимость от внешних, то есть не являющихся частями или качествами, сущностей.

Заметим, что одно отношение может отражать несколько видов зависимости, непротиворечащих друг другу. В целом процедура формирования содержания КФ на основе отношения зависимости аналогична процедуре для отношения партономии. Отличие состоит в том, что при получении новой окрестности на втором шаге вместо правила наличия общих суперклассов применяется правило единого типа зависимости. Оно заключается в том, что в формируемую  $i$ -окрестность добавляются понятия, связанные с понятиями предыдущей ( $i-1$ )-окрестности, той же разновидностью отношения зависимости, что и понятия ( $i-1$ )-окрестности и ( $i-2$ )-окрестности.

### ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА

Рассматриваемый подход был использован для визуализации прикладной онтологии информационных технологий, созданной авторами в рамках формализации материалов учебного курса. Для данной OWL-онтологии была получена с помощью авторского программного средства соответствующая ОПП, для которой далее был сформирован набор КФ. В качестве примера ниже представлены КФ, полученные для понятия «Сетевой маршрутизатор» (рис. 1).

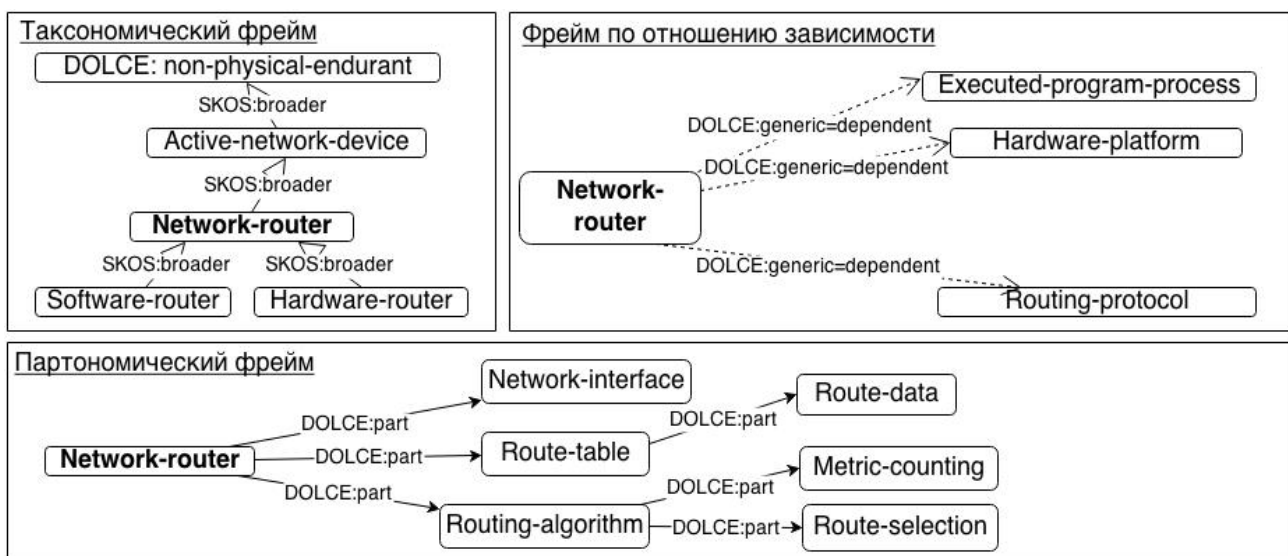


Рисунок 1 – Набор когнитивных фреймов для понятия «Сетевой маршрутизатор» (Network-router)

Каждый КФ позволяет представить целевое понятие с некоторой общей точки зрения, определяемой инвариантными по отношению к предметной области отношениями. При этом его объем соответствует известным ограничениям рабочей памяти человека. Пользователь в этом случае может быстро понять «идею» КФ и с учетом этого легко интерпретировать смысл его визуального образа. Таким образом, использование КФ приводит к сокращению времени и усилий на обработку визуализации по сравнению с представлением пользователю всех сопряженных с целевым понятием и последующего мысленного структурирования им визуальной информации.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной работе был представлен подход к визуализации понятийной системы онтологии для решения задачи передачи знаний. В рамках этого подхода предлагается производить представление понятий в виде особых структур – когнитивных фреймов. В статье представлены процедуры их формирования с учетом особенностей восприятия человеком визуальной информации и основных отношений, используемых в онтологиях верхнего уровня. Их применение при визуализации позволяет рассматривать понятие онтологии с известных точек зрения и упрощает интерпретацию их смысла.

В ходе анализа онтологий верхнего уровня была рассмотрена лишь компоновка КФ на базе их основных отношений. Целесообразным является также учет используемых при описании понятий так называемых паттернов онтологического проектирования (Ontology Design Pattern), которые задают некоторую комбинацию элементов для описания сложных ситуаций и  $n$ -арных отношений между понятиями. Наряду с этим осталась нерешенной проблема оценки когнитивности визуализации, полученной на основе когнитивных фреймов. В продолжении работы предполагается разработать формализованные критерии оценки когнитивности на основе опроса пользователя о значении рассмотренного понятия и сравнения его результатов с авторским формальным и неформальным определением в онтологии.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований – грант 13-07-01016.*

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Motta E., Mulholland P., Peroni S., d'Aquin M., Manuel J. Gomez-Perez, Mendez V., Zablith F. A Novel Approach to Visualizing and Navigating Ontologies, Lecture Notes in Computer Science, 2011. – Vol. 7031. – P. 470-486.
2. Plaisant C., Grosjean J., Bederson B. Spacetime: Supporting Exploration in Large Node Link Tree, Design Evolution and Empirical Evaluation. In Proc. of the Intl. Symposium on Information Visualization, 2002. – P. 57-64.
3. Wang T.D., Parsia B. CropCircles: Topology Sensitive Visualization of OWL Class Hierarchies, Lecture Notes in Computer Science, 2006. – Vol. 4273. – P. 695-708.
4. Shneiderman B. Tree Visualization with Tree-Maps: A 2d Space-Filling Approach. ACM Trans. Graph, 1992. – № 11(1). – P. 92-99.
5. Bauer J. Model exploration to support understanding of ontologies. Master's thesis, Technische Universität Dresden, 2009.
6. Liebig T., Noppens O. OntoTrack: Combining browsing and editing with reasoning and explaining for OWL-lite ontologies. In Proceedings of the 3rd International Semantic Web Conference ISWC, 2004. – P. 8-11. – Hiroshima, Japan.
7. Acker L., Porter B. Extracting viewpoints from knowledge bases // In Proceedings of the 12th National Conference on Artificial Intelligence, 1994. – P. 547-552

8. Ломов П.А. Преобразование OWL-онтологии для визуализации и использования в качестве основы пользовательского интерфейса / П.А. Ломов, М.Г. Шишаев, В.В. Диковицкий // Научный журнал «Онтология проектирования». – № 3. – Самара: Новая техника, 2012. – С. 49-61. ISSN 2223-9537.
9. Averbukh V.L. Toward formal defenition of conception adequacy in visualization// Proc. 1997 IEEE Symp. on Visual Languages, Sept. 23-26, 1997. Isle of Capri,Italy. S. 1.: IEEE Comput. Soc. 1997. – P. 46-47.
10. Болдырев Н.Н. Когнитивная семантика: курс лекций по английской филологии. – Тамбов: изд-во Тамбовского университета, 2000. – 123 с.
11. Johnson-Laird P.N. Mental Models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness. – Cambridge, VA: Harvard Univ.Press, 1983. – 246 p.
12. Hoehndorf R. What is an upper level ontology? [Электронный ресурс]. – URL: <http://ontogenesis.knowledgeblog.org/740>.
13. Winston M., Chaffin R., Herrmann D. Taxonomy of Part-Whole Relations. Cognitive Science, 1987. – Vol. 11. – P. 417-444.
14. Gerstl P., Pribennow S. A conceptual theory of part-whole relations and its applications. Data and Knowledge Engineering, 1996. – Vol. 20. – P. 305-322.
15. Cruse, D.: Lexical Semantics. – Cambridge: University Press, 1986.
16. Motschnig-Pitrik R., Kaasboll J. Part-Whole Relationship Categories and their Application in Object-Oriented Analysis. – IEEE TSE, 1999. – Vol. 11(5). – P.779-797.

**Ломов Павел Андреевич**

ФГБУН Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН, г. Апатиты  
Кандидат технических наук, научный сотрудник  
Тел.: 8 952 296 76 33  
Email: lomov@iimm.ru

**Шишаев Максим Геннадьевич**

ФГБУН Институт информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского НЦ РАН, г. Апатиты  
Доктор технических наук, заведующий лабораторией  
Тел.: 8 (81555) 7-40-50  
Email: shishaev@iimm.ru

---

P.A. LOMOV (*Candidate of Engineering Science, Research Associate*)

M.G. ShISHAEV (*Doctor of Engineering Science,  
Head of the Laboratory*)  
*Institute of Informatics and Mathematical Modelling Process  
Kola Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Apatity'*

**APPROACH TO ONTOLOGY VISUALIZATION BASED COGNITIVE FRAMES**

*This paper is devoted to the issue of visualization of the OWL-ontologies based on special fragments – cognitive frames. It is expected that showing cognitive frames during visualization instead of just showing any terms linked with the chosen one will be more useful for ontology understanding. We determine some requirements for cognitive frames define types of them and consider formal algorithms for constructing frames.*

**Keywords:** *ontology; visualization; ontological engineering; OWL.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Motta E., Mulholland P., Peroni S., d'Aquin M., Manuel J. Gomez-Perez, Mendez V., Zablith F. A Novel Approach to Visualizing and Navigating Ontologies, Lecture Notes in Computer Science, 2011. – Vol. 7031. – P. 470-486.

2. Plaisant C., Grosjean J., Bederson B. Spacetre: Supporting Exploration in Large Node Link Tree, Design Evolution and Empirical Evaluation. In Proc. of the Intl. Symposium on Information Visualization, 2002. – P. 57-64.
3. Wang T.D., Parsia B. CropCircles: Topology Sensitive Visualization of OWL Class Hierarchies, Lecture Notes in Computer Science, 2006. – Vol. 4273. – P. 695-708.
4. Shneiderman B. Tree Visualization with Tree-Maps: A 2d Space-Filling Approach. ACM Trans. Graph, 1992. – № 11(1). – P. 92-99.
5. Bauer J. Model exploration to support understanding of ontologies. Master's thesis, Technische Universität Dresden, 2009.
6. Liebig T., Noppens O. OntoTrack: Combining browsing and editing with reasoning and explaining for OWL-lite ontologies. In Proceedings of the 3rd International Semantic Web Conference ISWC, 2004. – P. 8-11. – Hiroshima, Japan.
7. Acker L., Porter B. Extracting viewpoints from knowledge bases // In Proceedings of the 12th National Conference on Artificial Intelligence, 1994. – P. 547-552
8. Lomov P.A. Preobrazovanie OWL-ontologii dlya vizualizacii i ispol'zovaniya v kachestve osnovy' pol'zovatel'skogo interfejsa / P.A. Lomov, M.G. Shishaev, V.V. Dikovickij // Nauchny'j zhurnal «Ontologiya proektirovaniya». – № 3. – Samara: Novaya texnika, 2012. – S. 49-61. ISSN 2223-9537.
9. Averbukh V.L. Toward formal defenition of conception adequacy in visualization// Proc. 1997 IEEE Symp. on Visual Languages, Sept. 23-26, 1997. Isle of Capri,Italy. S. 1.: IEEE Comput. Soc. 1997. – P. 46-47.
10. Boldy'rev N.N. Kognitivnaya semantika: kurs lekcij po anglijskoj filologii. – Tambov: izd-vo Tambovskogo universiteta, 2000. – 123 s.
11. Johnson-Laird P.N. Mental Models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness. – Cambridge, VA: Harvard Univ.Press, 1983. – 246 p.
12. Hoehndorf R. What is an upper level ontology? [E'lektronnyj resurs]. – URL: <http://ontogenesis.knowledgeblog.org/740>.
13. Winston M., Chaffin R., Herrmann D. Taxonomy of Part-Whole Relations. Cognitive Science, 1987. – Vol. 11. – P. 417-444.
14. Gerstl P., Pribennow S. A conceptual theory of part-whole relations and its applications. Data and Knowledge Engineering, 1996. – Vol. 20. – P. 305-322.
15. Cruse, D.: Lexical Semantics. – Cambridge: University Press, 1986.
16. Motschnig-Pitrik R., Kaasboll J. Part-Whole Relationship Categories and their Application in Object-Oriented Analysis. – IEEE TSE, 1999. – Vol. 11(5). – P.779-797.

УДК 681.5.01:658.512

Е.В. ЛУБЕНЦОВА

## ПОМЕХОЗАЩИЩЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ С НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ НА ВХОДЕ РЕГУЛЯТОРА

*Рассмотрена задача синтеза помехозащищенной системы с нелинейным звеном на входе ПИД-регулятора. Характеристика нелинейного звена получена аппроксимацией зоны нечувствительности непрерывной нелинейной функцией. В результате решения задачи установлено соотношение между параметрами аппроксимирующей функции, которое следует использовать для настройки системы. Для обеспечения точности в установившемся режиме предложена дополнительная подстройка коэффициента интегрирования регулятора. В статье приведены результаты экспериментальных исследований системы стабилизации промышленного объекта с аппроксимированной нелинейностью на входе регулятора при различных дисперсиях помех. Установлено, что использование на входе регулятора звена с аппроксимированной зоной нечувствительности обеспечивает исключение помех либо заметное их ослабление.*

**Ключевые слова:** помехозащищенная система; зона нечувствительности; аппроксимация релейной характеристики; внешняя помеха; коэффициент ослабления.

Промышленный стандартный ПИД-регулятор достаточно просто настраивается для работы с конкретным объектом и обеспечивает удовлетворительную стабилизацию регулируемого параметра при незначительных его отклонениях от заданной величины. Однако при наличии внешних помех (возмущений) и резких изменениях режима работы управляемого объекта качество переходного процесса в системе с ПИД-регулятором может оказаться неудовлетворительным. Наиболее простой из методов подавления шума – пороговый метод [1], в котором при уровне сигнала ниже порогового значения он воспринимается как шум и на выходе устройства не воспроизводится. Пороговый метод подавления помех с уровнем выше уровня полезного сигнала (сигнала задания) не пригоден, так как при большом пороге точность регулирования заметно снижается.

Настройка регулятора на высокую чувствительность к помехам приводит к необоснованным колебаниям исполнительного механизма, что, в свою очередь, увеличивает дисперсию ошибки регулирования и, как следствие, снижает точность регулирования. В некоторых случаях сильные шумовые составляющие могут привести систему к неустойчивому режиму. С другой стороны, настройка регулятора на высокую чувствительность к заданию может приводить к замедлению реакции на возникающие помехи. Если на входе регулятора установить зону нечувствительности (ЗН), то чувствительность к заданию практически не изменится, а чувствительность к помехам уменьшится без влияния на чувствительность к заданию. Для того, чтобы с вводом ЗН точность регулирования не снижалась, предлагается аппроксимировать ЗН непрерывной нелинейной функцией [2].

Однако характер влияния параметров аппроксимирующей нелинейной функции (АНФ) на переходные процессы в помехозащищенной системе управления окончательно не изучен и основной принцип нелинейного изменения сигнала аппроксимирующего управления, позволяющий в области больших отклонений увеличивать сигналы, повышая быстродействие, а в области малых отклонений уменьшать их, подавляя шумы, не всегда обеспечит требуемое качество управления для всех режимов работы объекта и внешних возмущений. В данной работе рассматривается задача ослабления внешней помехи, содержащейся в измеряемом сигнале, поступающем на вход нелинейного звена (НЗ) с функцией, аппроксимирующей релейную характеристику с зоной нечувствительности.

Рассмотрим соотношение между коэффициентом усиления линейного участка и зоной нечувствительности в случае аппроксимации НЗ с зоной нечувствительности непрерывной нелинейной функцией. Аппроксимация релейных характеристик непрерывными нелинейными функциями типа сигмоидных не дает в общем случае хорошего совпадения вдоль всех характеристик, т.е. удовлетворительная оценка точности аппроксимации в принятом смысле отсутствует. Это является допустимым при решении рассматриваемой задачи, поскольку точность аппроксимации здесь не является определяющей оценкой. Однако благодаря более широкому совпадению линейных зон характеристик по сравнению с нелинейными зонами несовпадения (на рис. 1, пунктир) можно предположить, что пренебрежение нелинейными зонами вследствие аппроксимации не приведет к качественным различиям результатов. В основе получения искомого соотношения (выражения) лежит эквивалентность результатов, получаемых при линеаризации нелинейных характеристик с помощью идеи вибролинеаризации [3] и с помощью аппроксимации этих характеристик с использованием непрерывных нелинейных функций сигмоидного вида [2].

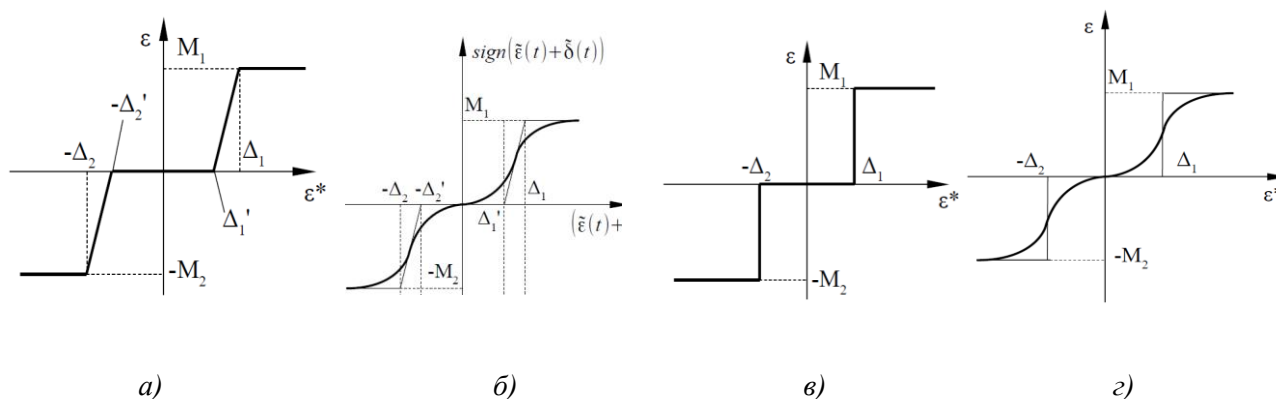


Рисунок 1 – Характеристики нелинейного звена с зоной нечувствительности:  
а), в) исходная; б), г) аппроксимированная

Как видно из рисунка 1, имеет место совпадение линейных зон характеристик и уровней насыщения сигналов на выходе нелинейного звена при асимптотической сходимости сигналов к нулю с темпами, задаваемыми коэффициентами аппроксимированного (линеаризованного) звена.

Рассмотрим динамическую стационарную систему. Предполагаем, что измеряемый сигнал на входе НЗ имеет вид  $\varepsilon^*(t) = (\varepsilon(t) + \delta(t))$  ( $\varepsilon(t)$  – сигнал рассогласования между заданным значением  $g(t)$  и текущим значением переменной  $x(t)$ ,  $\delta(t)$  – сигнал помехи). Определим соотношение между коэффициентом усиления линейного участка и зоной нечувствительности в случае аппроксимации зоны нечувствительности непрерывной нелинейной функцией. Для этого рассмотрим вычисление средней составляющей сигнала рассогласования  $\varepsilon_c(t)$  на выходе нелинейного звена. Параметры нелинейного звена (амплитуды реле, коэффициенты усиления линейных зон и др.) по аналогии с работой [3], а также переменные  $g(t)$ ,  $x(t)$  предполагаются постоянными либо медленно меняющимися во времени, поэтому при вычислении  $\varepsilon_c(t)$  их можно считать постоянными на периоде колебания помехи.

Предположим, что действующая помеха  $\delta(t)$  на одном периоде колебаний имеет треугольную форму сигнала:



$$\delta(t) = \begin{cases} \frac{2h\omega}{\pi}t, & 0 \leq t \leq \frac{\pi}{2\omega}; \\ 2h - \frac{2h_i\omega}{\pi}t, & \frac{\pi}{2\omega} \leq t \leq \frac{3\pi}{2\omega}; \\ 4h + \frac{2h_i\omega}{\pi}t, & \frac{3\pi}{2\omega} \leq t \leq \frac{2\pi}{\omega}, \quad i = \overline{1, p}. \end{cases}, \quad (1)$$

где  $\omega$  – частота колебаний сигнала;  $h = \text{const} < 2\Delta$  ( $\Delta = \max(\Delta_1, \Delta_2)$ ),  $\Delta_1, \Delta_2$  – амплитуды сигналов на входе АНФ, при которых выходной сигнал  $U$  выходит на границы  $M_1, M_2$ .

Рассмотрим вычисление средней составляющей сигнала  $\varepsilon_c(t)$  на выходе звена с АНФ для нелинейности «усилитель с зоной нечувствительности», представленной на рисунке 1(а). Для данного вида нелинейности и сигнала помехи  $\delta(t)$  треугольной формы на периоде колебаний получим:

$$\begin{aligned} \varepsilon_c(t) = & -\frac{\omega}{2\pi} \int_t^{t+\frac{2\pi}{\omega}} \text{sign}(\tilde{g}(\tau) - \tilde{x}(\tau) + \delta(\tau)) d\tau = -\frac{M_1 - M_2}{2} - \frac{k_1}{4h} (\Delta_1'^2 - \Delta_1^2) - \frac{k_2}{4h} (\Delta_2'^2 - \Delta_2^2) + \\ & + \frac{M_1 \Delta_1'}{2h} - \frac{M_2 \Delta_2'}{2h} - \frac{M_1 + M_2}{2h} (\tilde{g}(t) - \tilde{x}(t)), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $k_1 = \frac{M_1}{\Delta_1' - \Delta_1}$ ,  $k_2 = \frac{M_2}{\Delta_2' - \Delta_2}$  – коэффициенты усиления линейных зон;  $M_1, M_2 = \text{const} > 0$  –

максимальные значения выходного сигнала звена;  $\tilde{g}(t), \tilde{x}(t)$  – медленно меняющиеся переменные.

На рисунке 2 показана качественная картина составляющих при треугольной форме сигнала помехи. Значение средней составляющей сигнала  $\varepsilon_c(t)$  для другого вида нелинейности – «зоны нечувствительности», изображенной на рисунке 1(в), и сигнала треугольной формы (1) получено в виде:

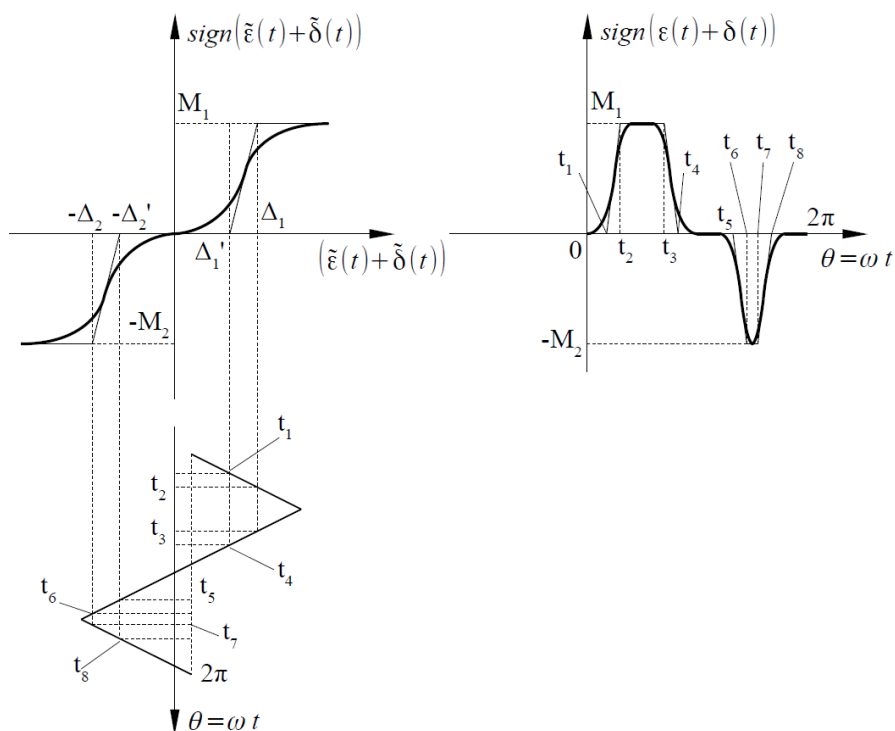
$$\varepsilon_c(t) = -\frac{M_1 - M_2}{2} - \frac{\Delta_2}{2h} M_2 + \frac{\Delta_1}{2h} M_1 - k(\tilde{g}(t) - \tilde{x}(t)), \quad (3)$$

где  $k = \frac{M_1 + M_2}{2h}$  – коэффициент усиления линейных зон.

Согласно (2) и (3), средняя составляющая сигнала  $\varepsilon_c(t)$  для медленно меняющегося сигнала в данной нелинейной системе с АНФ имеет плавный вид вместо первоначального скачкообразного за счет сглаживающего влияния АНФ, включая участок с ЗН. Это является положительным эффектом для дальнейшей обработки сигнала. Так, например, взятие производной для настройки регулятора после аппроксимированной ЗН не обнуляет постоянную составляющую сигнала и дает возможность оценивать производную во всей области изменения сигнала даже при медленно меняющихся возмущающих и задающих сигналах.

Исключим возмущения, обусловленные несимметричностью характеристики АНФ, приняв параметры  $M_1 = M_2 = M$  и  $\Delta_1 = \Delta_2$ . В случае, когда характеристика исходной нелинейности симметрична, статические коэффициенты усиления на линейном участке соответствуют с точностью до постоянной величины коэффициентам, найденным обычным способом линеаризации (по касательной или по секущей в начале координат или в другом начале отсчета), т.е.  $k_c = M/h$ . Средняя составляющая сигнала  $\varepsilon_c(t)$  при этом, согласно (2) и

(3), не зависит от формы нелинейности, т.е.  $\varepsilon_c(t) = -k_c(\tilde{g}(t) - \tilde{x}(t))$ . В общем случае при аппроксимации рассмотренных характеристик НЗ аппроксимирующими непрерывными нелинейными функциями практически важным становится взаимосвязанность  $k_i$ ,  $\Delta_i$  и  $M_i$ , поскольку аппроксимация наряду с линейными зонами приводит к сохранению участков насыщения.



**Рисунок 2 – Качественная картина выходного сигнала АНФ-звена при действии помехи треугольной формы**

Если принять для ослабления помехи в качестве корректируемых настроечных параметров коэффициенты усиления линейных зон  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k$  и величину зоны нечувствительности  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$ , то необходимо учитывать, что для идеальной зоны нечувствительности  $k_i$  и  $\Delta_i$  не связаны между собой. Для нелинейности «усилитель с зоной нечувствительности»  $k_1$ ,  $k_2$  и  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$  взаимосвязаны.

Казалось бы, при увеличении зоны нечувствительности расширяется диапазон помехозащищенной работы нелинейной системы. Однако подобное смещение входного сигнала за пределы ЗН может привести к появлению большой статической ошибки и затягиванию переходного процесса. Причем при переменном уровне помех (например, при снижении) и постоянной ЗН (например, при максимальной ЗН) эта ошибка будет оставаться прежней (максимальной), что может оказаться недопустимым.

Следовательно, для повышения чувствительности регулятора к полезному сигналу в условиях переменных высокочастотных помех необходимо иметь переменную ЗН. Это условие в системе с «жесткой» структурой обеспечивает включение на входе регулятора нелинейного элемента с функцией, аппроксимирующей ЗН. В результате высокочастотные помехи, которые всегда имеют место в реальных системах, незначительно усиливаются на участке аппроксимации ЗН по отношению к нелинейной системе с постоянной ЗН.

Увеличение ЗН в случае увеличения дисперсии помех (шума) на входе НЗ обеспечивает, как показано далее результатами эксперимента, ослабление помехи. Но при

этом увеличивается время регулирования и не устраняется статическая ошибка в течение приемлемого времени регулирования. Это объясняется следующим образом. С увеличением дисперсии помехи и зоны нечувствительности коэффициент ослабления помехи более высокий и поскольку любая реальная физическая система представляет собой фильтр низких частот, то сигнал на выходе звена с АНФ меньшей интенсивности, как и внешний сигнал более высокой частоты, приведет к меньшей реакции системы на данные возмущения. Поэтому при использовании НЗ в качестве последовательного корректирующего звена в контуре регулирования с базовым регулятором основного контура необходимо учитывать его влияние на общий коэффициент усиления системы. Образовавшееся рассогласование способно устранить интегральное звено, сигнал с которого при наличии рассогласования на входе регулятора нарастает со временем пропорционально коэффициенту интегрирования. Но значение этого коэффициента мало, так как его значение выбирается исходя из соображений устойчивости. Это приводит к тому, что регулятор стремится к устранению образовавшегося рассогласования, однако скорость уменьшения рассогласования настроенного ПИД-регулятора недостаточна, поэтому время переходного процесса недопустимо затягивается. Следовательно, адаптируя нелинейность к ослаблению помехи, следует учитывать возможную необходимость корректировки коэффициентов ПИД-регулятора. В подтверждение сказанному приведем результаты экспериментов по оценке свойств помехозащищенной системы управления с аппроксимированной нелинейностью на входе регулятора.

Рассмотрим задачу ослабления внешней помехи, содержащейся в измеряемом сигнале, на выходе корректирующего звена с нелинейной функцией, аппроксимирующей релейную характеристику с ЗН [2]:

$$\varepsilon^*(\varepsilon, \lambda) = \frac{M}{1 + \exp[-\lambda(\varepsilon - a)]} - \frac{M}{1 + \exp[\lambda(\varepsilon + a)]}, \quad (4)$$

где  $\varepsilon^*$  – сигнал на выходе корректирующего звена;  $M$  – максимальная величина выходного сигнала звена;  $\lambda$  – коэффициент усиления линейного участка аппроксимирующей характеристики;  $2a$  – зона нечувствительности;  $\varepsilon$  – сигнал рассогласования между измеряемым сигналом и сигналом задания.

Для оценки рациональной области варьирования коэффициентов  $\lambda$  и  $a$  АНФ (4) определим коэффициент ослабления помех. Коэффициент ослабления помех  $K_{осл}$  представляет собой отношение [4]:

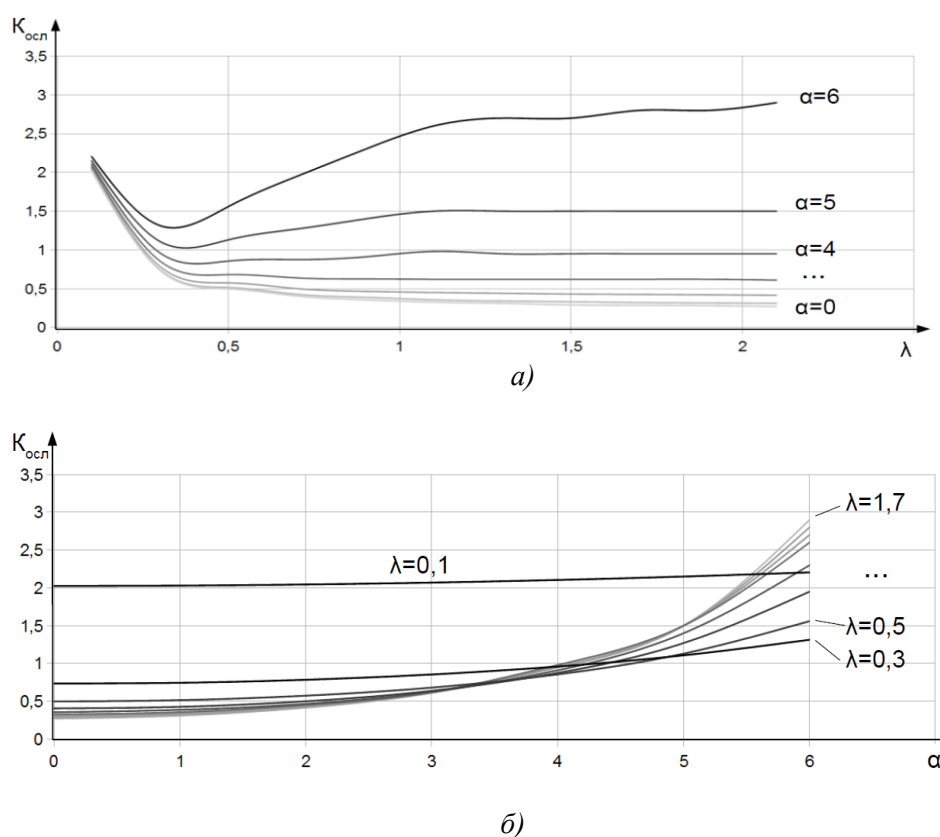
$$K_{осл} = \sigma_{вх}^2 / \sigma_{вых}^2,$$

где  $\sigma_{вх}^2$  – дисперсия помех в измеренных сигналах;  $\sigma_{вых}^2$  – дисперсия помех в сигналах на выходе корректирующего звена.

На основе полученных результатов (рис. 3) установлено, что зависимость коэффициента ослабления  $K_{осл}$  от коэффициента усиления линейного участка  $\lambda$  в диапазоне  $[0,1; 2,1]$  и зоны нечувствительности  $a$  в диапазоне  $[0;10]$  для случая аппроксимации звена с зоной нечувствительности непрерывной нелинейной функцией (4) является нелинейной. Наибольшее ослабление помех достигается при  $a \geq 4$  и при изменении  $\lambda$  от 0,4 до 2,1. При постоянном значении  $\lambda$ , например, равном  $\lambda = 0,5$ , и при изменении  $a$  от 0 до 10 значение коэффициента ослабления изменяется от 0,497 до 7,9, т.е. увеличивается в 15,8 раза. Из полученных результатов следует, что робастность (нечувствительность) к помехам достигается за счет пропорционального ограничения уровня сигнала на выходе звена с аппроксимирующей нелинейной функцией, у которого коэффициент передачи изменяется так, что при превышении входным сигналом ЗН уровни сигналов на выходе звена определяются ЗН и коэффициентом усиления линейных зон аппроксимирующей функции, а при больших входных сигналах уровни выходных сигналов остаются практически

постоянными. При малых значениях ЗН и входных сигналах, превышающих ЗН, аппроксимирующее звено работает как обычный линейный усилитель, реагирующий на изменение уровня входного сигнала практически мгновенно. Причем в отличие от порогового метода подавления шума, полезный сигнал на выходе нелинейного звена с аппроксимирующей ЗН воспроизводится при любом уровне помех.

Рассмотрим ослабление помехи в системе автоматической стабилизации температуры в биореакторе со стандартным ПИД-регулятором. Настройка параметров регулятора производилась известным методом [5], исходя из соображений приемлемого переходного процесса, а также максимальной степени устойчивости системы (при отсутствии помех). Исследования проведены при следующих значениях параметров АНФ (4):  $M = 10$ ;  $\lambda = 0,4$ ;  $\alpha = 0; 5; 10; 15$ . Результаты экспериментальных исследований по оценке возможностей ПИД-регулятора ( $K_p = 5,95$ ;  $K_i = 0,16 \text{ мин}^{-1}$ ;  $T_d = 126,59 \text{ мин}$ ) в САУ с ЗН и коэффициенте  $\lambda = 0,4$  при действии возмущения на регулируемую величину (дисперсия помехи  $\sigma_{\text{вх}}^2 = 0,2$ ; 2) приведены в таблицах 1 и 2.



**Рисунок 3 – Графики зависимости коэффициента ослабления от параметров настройки аппроксимирующего нелинейного звена с зоной нечувствительности при дисперсии помех  $\sigma_{\text{вх}}^2 = 5,0$ :**  
 а) –  $K_{\text{осл}} = f(\lambda)$  при  $\alpha = \text{const}$ ; б) –  $K_{\text{осл}} = f(\alpha)$  при  $\lambda = \text{const}$

Из полученных результатов следует, что область помехозащищенной работы системы с аппроксимированной ЗН на входе регулятора расширяется. Так, при изменении дисперсии помехи в регулируемом сигнале от 0,2 до 5 СКО на выходе системы находится в пределах от 0,04 до 0,007. В то время как в системе с жесткой ЗН СКО находится в пределах от 0,04 до 0,2, т.е. робастность системы с жесткой ЗН к действию возмущений в 28,5 раза ниже.

В то же время при большой ЗН образовавшееся рассогласование не способно устранить интегральное звено ПИД-регулятора, выходной сигнал которого при наличии рассогласования на входе регулятора нарастает со временем пропорционально коэффициенту  $K_{и}$ . Но значение этого коэффициента при постоянном значении коэффициента  $\lambda$  АНФ мало, так как его значение выбирается, исходя из соображений устойчивости. Это приводит к тому, что регулятор стремится к устранению образовавшегося рассогласования, однако скорость уменьшения рассогласования первоначально настроенного ПИД-регулятора недостаточна, поэтому время переходного процесса недопустимо затягивается.

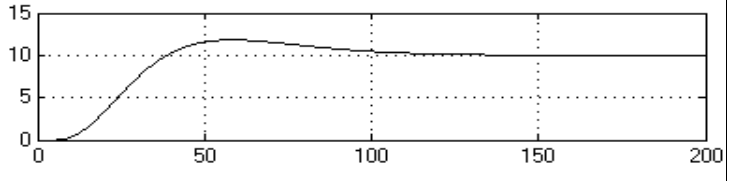
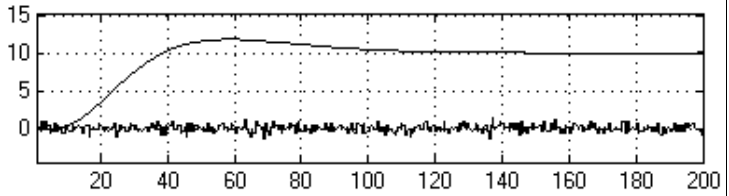
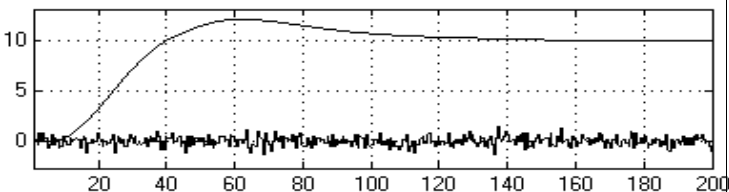
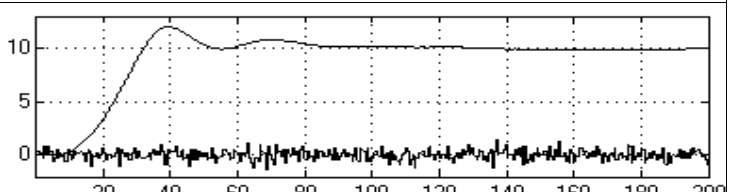
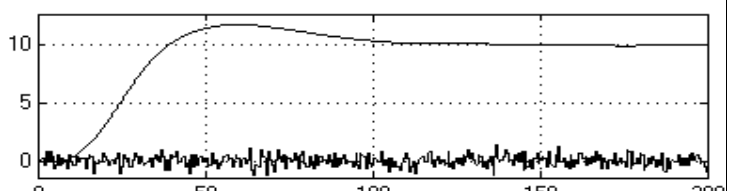
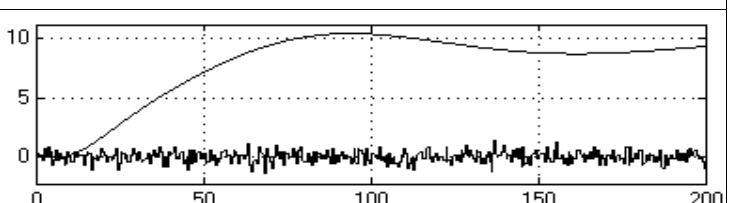
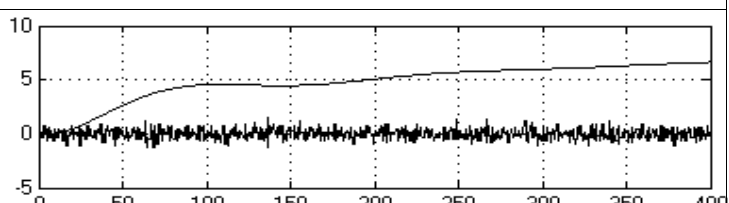
Так как значения коэффициента  $K_{и}$  недостаточно для быстрого возвращения ОУ в заданное состояние, в определенные моменты времени необходимо увеличивать его значение. Таким моментом времени является момент, когда на входе регулятора имеется рассогласование, а скорость изменения координаты меньше заданного малого значения. Переходный процесс ПИД-регулятора с алгоритмом дополнительной компенсации рассогласования, вызванного большой зоной нечувствительности, с помощью параметров интегрирующего звена, показан на рисунке 4.

Таким образом, в данной работе предложен новый метод подавления шумов, основанный на включении звена с характеристикой, аппроксимирующей релейную характеристику с зоной нечувствительности, что позволяет в области больших отклонений увеличивать  $\lambda$ , повышая быстродействие, а в области малых отклонений уменьшать  $\lambda$ , подавляя шумы. Следуя эффективному методу аппроксимации релейных функций с ЗН нелинейными непрерывными функциями, показано, что ослабление действия помех достигается с сохранением точности системы ценою асимптотического приближения ошибки регулирования к нулю в отличие от порогового подавления помех.

Практическая полезность полученных результатов заключается в том, что нелинейность типа «нечувствительность» на основе АНФ обеспечивает исключение влияния помех в измеряемых полезных сигналах на качество переходного процесса на уровне  $\Delta < (1 \dots 25)\% \max_t [g(t)] \max_t g(t)$  и ослабление помех при  $\Delta \geq 25\% \max_t [g(t)] \max_t g(t) \max_t g(t) (g(t) - \text{скачкообразное задающее воздействие})$  и сходимости ошибки к нулю в переходном процессе, т.е.  $\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) \rightarrow 0$ .

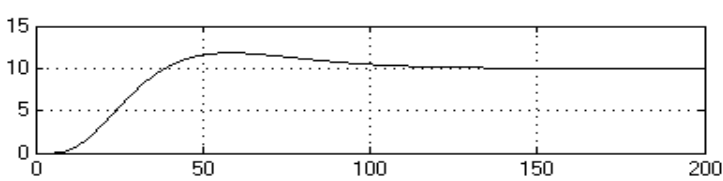
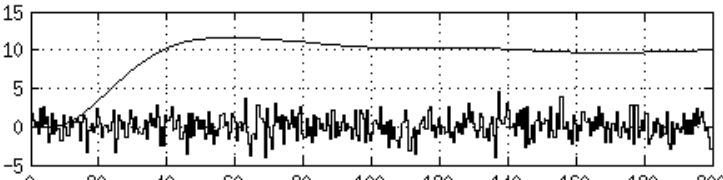
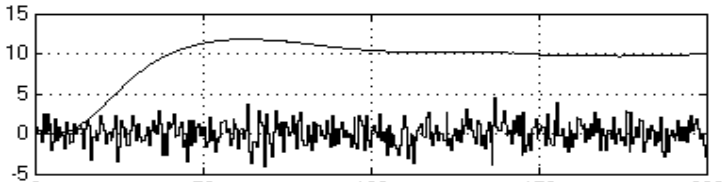
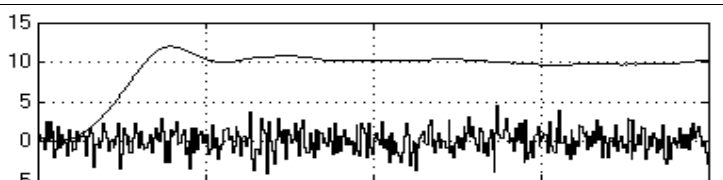
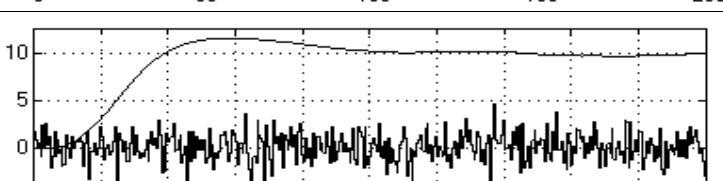
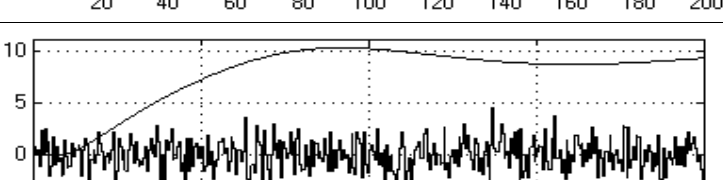
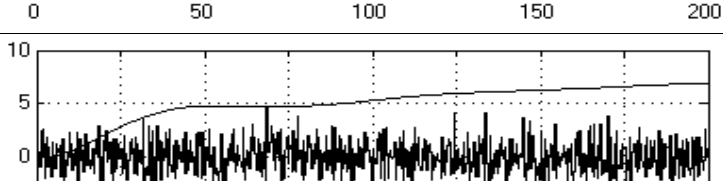
В результате решения задачи установлено соотношение между параметрами аппроксимирующей зону нечувствительности функции, которое следует использовать как дополнительную возможность настройки регулятора, необходимую для получения более высокого качества процесса регулирования в системе. Результаты проведенных исследований предлагается положить в основу алгоритма коррекции коэффициента ослабления помех на основе соотношений, связывающих коэффициент усиления линейных зон аппроксимирующей функции и величину зоны нечувствительности.

Таблица 1 – Переходные процессы в САУ с ЗН и дисперсией помехи  $\sigma_{вх}^2 = 0,2$

№ п/п	Значение параметра ЗН	СКО помехи	СКО на выходе САУ	Шум и переходный процесс
1	ЗН отсутствует	0	0	
2	ЗН отсутствует	0,46	0,04	
3	$\alpha^* = 0,3$	0,46	0,035	
4	$\alpha = 0$	0,46	0,036	
5	$\alpha = 5$	0,46	0,03	
6	$\alpha = 10$	0,46	0,01	
7	$\alpha = 15$	0,46	0,002	

$\alpha^*$  – значение «идеальной» ЗН составляет 3% от заданного значения регулируемой величины;  $\alpha$  – значение аппроксимированной ЗН (аналогично для таблицы 2).

Таблица 2 – Переходные процессы в САУ с ЗН и дисперсии помехи  $\sigma_{\text{вх}}^2 = 2$

№ п/п	Значение параметра ЗН	СКО помехи	СКО на выходе САУ	Шум и переходный процесс
1	ЗН отсутствует	0	0	
2	ЗН отсутствует	1,41	0,14	
3	$\alpha^* = 0,3$	1,41	0,13	
4	$\alpha = 0$	1,41	0,135	
5	$\alpha = 5$	1,41	0,1	
6	$\alpha = 10$	1,41	0,03	
7	$\alpha = 15$	1,41	0,007	

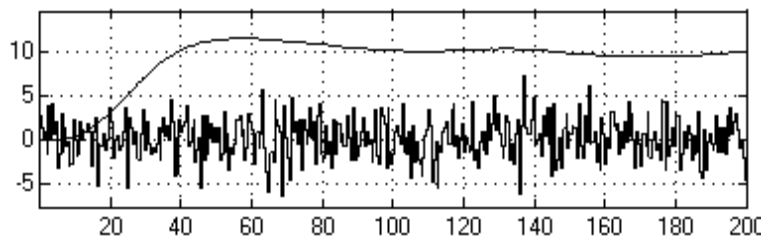


Рисунок 4 – Переходный процесс в системе с ПИД-регулятором при использовании дополнительной коррекции коэффициента интегрирующего звена при  $K_u = 1,08 \text{ мин}^{-1}$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сергеев С.В., Червяков Н.И. Метод порогового подавления шума в сигнале на основе вейвлет-преобразования // Инфокоммуникационные технологии, 2008. – Том 6. – № 2. – С. 29-32.
2. Лубенцов В.Ф. Исследование динамики систем с непрерывными аппроксимирующими функциями управления. Наука и технологии. – М.: РАН, 2005. – С. 469-476.
3. Кочетков С.А., Уткин В.А. Инвариантность в системах с неидеальными релейными элементами // Управление большими системами, 2009. – № 27. – С. 117-168.
4. Пьявченко Т.А., Финаев В.И. Автоматизированные информационно-управляющие системы. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007. – 271 с.
5. Загарий Г.И., Шубладзе А.М. Синтез систем управления на основе критерия максимальной степени устойчивости: библиотека по автоматике. – Вып. 669. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 104 с.

#### Лубенцова Елена Валерьевна

Невинномысский технологический институт Северо-Кавказского федерального университета, Невинномысск, Ставропольский край

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы, электропривод и автоматика»

Тел.: 8 (86554) 7-17-32

E-mail: lubenchov@nti.ncstu.ru

---

E. V. LUBENCOVA (Candidate of Engineering Science, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department «Information Systems, Electric and Automatic»  
Technological Institute of the North Caucasus Federal University, Nevinnomyssk, Stavropol Territory

#### INTERFERENCE-PROOF CONTROL SYSTEM WITH NONLINEAR AT THE CONTROLLER INPUT

The problem of synthesizing interference-proof system with a nonlinear element at the input of the PID-controller is considered. The characteristic of the nonlinear element is obtained by the approximation of the dead zone of a continuous nonlinear function. The ratio between the parameters of the approximating function to be used for system configuration has been set as a result of solving the problem. To ensure accuracy in the steady state additional adjustment factor controller integral is proposed. In the article the results of experimental researches stabilization system of industrial facility with approximate nonlinear at the controller input at different noise dispersion are presented. It has been established that the use of the input controller unit with the approximate dead band provides an exception noise or a noticeable weakening.

**Keywords:** interference-proof system; dead zone; approximation of relay characteristics; external noise; factor of weakening.



**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Sergeev S.V., Chervyakov N.I. Metod porogovogo podavleniya shuma v signale na osnove veivlet-preobrazovaniya // Infokommunikacionny'e tekhnologii, 2008. – Tom 6. – № 2. – S. 29-32.
2. Lubencov V.F. Issledovanie dinamiki sistem s nepreryvny'mi approksimiruyushhimi funktsiyami upravleniya. Nauka i tekhnologii. – M.: RAN, 2005. – С. 469-476.
3. Kochetkov S.A., Utkin V.A. Invariantnost' v sistemax s neideal'ny'mi relejny'mi e'lementami // Upravlenie bol'shimi sistemami, 2009. – № 27. – S. 117-168.
4. P'yavchenko T.A., Finaev V.I. Avtomatizirovanny'e informacionno-upravlyayushhie sistemy'. – Taganrog: Izd-vo TRTU, 2007. – 271 s.
5. Zagarij G.I., Shubladze A.M. Sintez sistem upravleniya na osnove kriteriya maksimal'noj stepeni ustojchivosti: biblioteka po avtomatike. – Vy'p. 669. – M.: E'nergoatomizdat, 1988. – 104 s.

УДК 004.94

Ю.М. ЧИХОЦКА, Е.А. МУСИХИНА, О.С. МИХАЙЛОВА

## КОНЦЕПЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГОРОДСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЧАСТНОМУ СЛУЧАЮ

*В статье раскрываются возможности применения технологического процесса анализа и проектирования территории населенных пунктов с использованием программного обеспечения Rhinoceros/Grasshopper совместно с плагинами Galapagos, ShortestWalk и Elk. Исследование, проводимое в рамках 15-ой сессии «Международного байкальского зимнего университета Городского планирования – 2014», заключалось в модернизации некоторой части существующей структуры города Иркутск применительно к возможности выявления пространства для пеших прогулок. На основе применения расчета скорости производилась оценка удобства прогулки в пределах жилой застройки, на основе применения генетических алгоритмов указывалось оптимальное местоположение вновь проектируемых объектов с целью увеличения количества пешеходов на улицах. По результатам исследования предложен концептуальный проект оптимизации пешеходного пространства. В выводах рассматриваются характеристики примененного алгоритма по отношению к задачам проекта и намечаются перспективы дальнейшего исследования.*

**Ключевые слова:** проектирование территории; оптимизация; оценка движения пешехода; генетические алгоритмы; пешая доступность; имитационное моделирование.

### ВВЕДЕНИЕ

Организация процесса жилищного строительства – один из главных социально-экономических аспектов в Российской Федерации в целом и в городе Иркутск в частности. Создание относительно комфортного жизненного пространства для населения позволит решить проблему реставрации зданий, являющихся архитектурным наследием, и, естественно, исключит возможность обрушения существующих строений. Данное предположение особенно актуально для города Иркутск вследствие нехватки площадок, отведенных под массовое жилищное строительство. Мэрия инициировала реализацию «экспериментальных» проектов на 43 проектировочных площадках [11]. Четыре района, ограниченные улицами Депутатская, Баррикад, Якоби и Терешковой, стали предметом детальной проработки в период 15-ой сессии «Международного байкальского зимнего университета Городского планирования – 2014».

Уплотнение жилищной застройки приведет к увеличению плотности населения и, соответственно, вызовет необходимость реструктурирования инфраструктуры района [11]. Преобразование инфраструктуры, проводимое с применением методов оптимизации, приведет к сбалансированному решению. Небольшую часть такой работы представляет стратегия преобразования городского пространства в доступные для пешеходов окрестности с применением вычислительных методов.

### ИССЛЕДОВАНИЕ

Пешая доступность – актуальный предмет исследования в областях транспортировки, конкурентоспособности и оценки качественных характеристик жизнедеятельности [16]. Инженер дорожного движения, трафик-инженер Стив Аблей так характеризует термин «пешая доступность»: «степень, до которой искусственная среда является дружественной по отношению к присутствию людей, проживающих и действующих в пределах данной области» [1].

Значительный круг исследователей придерживается мнения, что доступные для пешеходов окрестности – одно из самых прекрасных решений для экономики, здоровья и окружающей среды. Подобная комбинация жилого и коммерческого землепользования с доступными для пешеходов окрестностям предполагает доступное жилье и характеризуется низкой автомобильной зависимостью и более чистым воздухом и водой [6, 9, 10, 15].

Показатель пешеходной доступности был выбран как основной индикатор устойчивого развития в исследованиях, проводимых в Массачусетском технологическом институте. Задачей исследования является выявление рационального подхода при проектировании дорожной сети по определенным критериям экологической эффективности [13].

Отличительная особенность данного исследования – изучение влияния увеличения плотности застройки при существующей городской инфраструктуре применительно к процессу жилищного строительства в городе Иркутск. Объединяющая гипотеза исследований – значимое наблюдение, звучащее так: «дорожная сеть, спроектированная однажды, характеризуется тенденцией к постоянному изменению» [13].

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

Данное исследование направлено на создание универсального алгоритма в среде моделирования Rhinoceros/Grasshopper, применяемого для преобразования существующего городского пространства в доступные пешеходам окрестности. Улица Терешковой, являющаяся одним из 43 проектов, подлежащих перепланировке, выбрана в качестве примера (1,16 км<sup>2</sup> в пределах планирования).

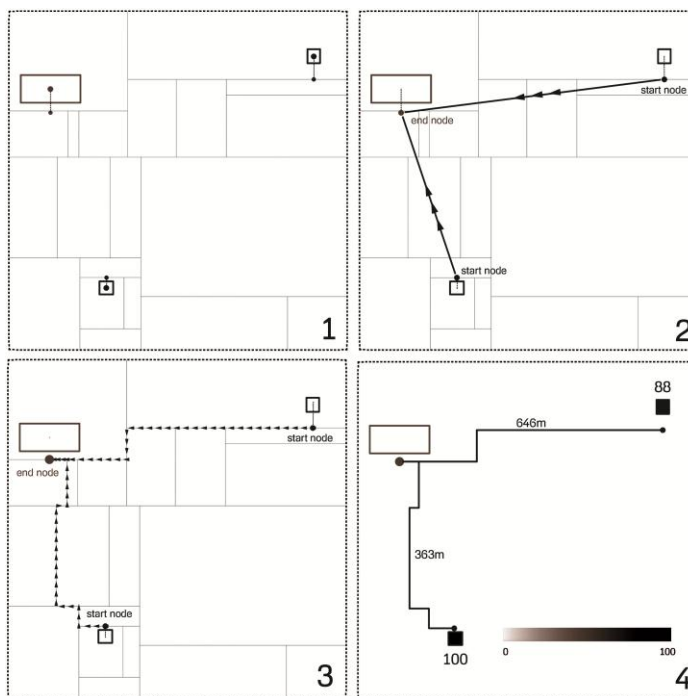
Разработка алгоритма осуществляется с целью достижения максимального среднего числа баллов пешего комфорта для всех жителей в пределах границы области моделирования посредством расположения минимального числа функционально диверсифицированных объектов инфраструктуры. Данная часть исследования представляет собой экспериментальный технологический процесс, примененный при решении практических задач.

Начинается процесс оптимизации с анализа расположения улиц, плана существующей инфраструктуры и плотности населения. Программное обеспечение Grasshopper с использованием карты города создает цифровую векторную карту области исследования, дополняемую информацией от различных хранилищ данных, таких, как Google, OpenStreetMap и Localeze [7] и данные от 2gis (2ГИС).

Таким образом, произведен анализ пешей доступности окрестностей. Алгоритм производит расчет маршрутов для каждого жилого здания в пределах рассматриваемого района в шагах по представленной ниже схеме:

Для каждого жилого здания и каждого объекта инфраструктуры вычисляется местоположение по самому короткому маршруту и создается в этом месте узел (рис. 1, блок 1).

После нахождения самой оптимальной дистанции с использованием компонента ShortestWalk (рисунок 1, блоки 2, 3) производится вычисление кратчайшего пути от позиций (узлов) жилых зданий к объектам инфраструктуры в пределах данной дорожной сети (дуги). Компонент ShortWalk основан на линейном расчете топологии с использованием алгоритма A\* – комбинации расширенного алгоритма Дейкстры и эвристики [5].



**Рисунок 1 – Визуальное представление части алгоритма (по самому короткому маршруту)**

На основе вычисленного по алгоритму результата каждый жилой дом оценен с точки зрения пешей доступности и получает свой балл пешего комфорта (в шагах) от 0 до 100 (табл. 1). В случае посещения более чем одного объекта инфраструктуры самый короткий маршрут вычисляется согласно рисунку 2 (блок 4). Все соседние объекты инфраструктуры проверяются на длину пути (в том числе и объекты за пределами границ области моделирования).

Три предыдущих шага повторяются для оценки шаговой доступности каждого типа объектов инфраструктуры, таких как: клубы, рестораны, скверы, детские сады, школы, парки, магазины и спортивные объекты (рис. 2). Итоговое значение пешей доступности территории – это среднее арифметическое из баллов пешей комфортности отдельных объектов.



**Рисунок 2 – Карта среднего балла пешей комфортности до и после процесса оптимизации (посещение детских садов)**

Графическое представление среднего балла пешей комфортности для каждого жилого здания в пределах исследования проиллюстрировано на рисунке 3.



Рисунок 3 – Карта среднего балла пешей комфортности до процесса оптимизации

### ПРОЦЕСС ОПТИМИЗАЦИИ

Пешая доступность рассматриваемой области в целом зависит от местоположения конкретных типов объектов инфраструктуры. С целью максимизации пешеходного потенциала местности новые объекты инфраструктуры должны быть расположены так, чтобы большая часть населения получила максимальные баллы пешей комфортности. Проблема оптимизации была актуализирована для разрешения эволюционным алгоритмом Galapagos (рис. 4).

Программный продукт основан на генетическом алгоритме, «являющимся схемой, управляемой эволюционным процессом посредством моделирования процедур популяций, миграций и мутаций конкурирующих решений» [13]. В эволюционном алгоритме Galapagos используются переменные (гены) для выбора случайного местоположения (генома) в пределах дорожной сети (область решения). Расстояние от каждой единицы застройки при оценке по отношению к выбранному месторасположению вычислено по вышеизложенной схеме. Данная зависимость сформулирована в виде уравнения (ниже) и используется как функция эволюционного алгоритма:

$$f(d) = \frac{W_1 n_1 + W_2 n_2 + W_3 n_3}{n_1 + n_2 + n_3},$$

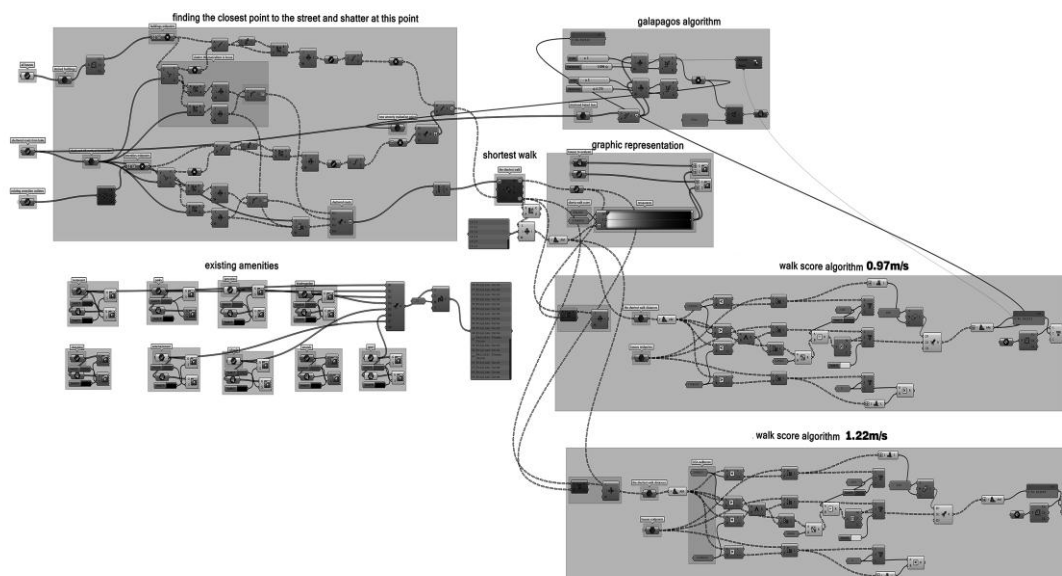
где  $f(d)$  – фитнес-функция;  $d$  – кратчайшее расстояние между жилым зданием и объектом инфраструктуры.

$$W_1 = 100; d \in (0; 366) \quad W_2 = 100 - \frac{d - 366}{18.3}; d \in (366; 2196) \quad W_3 = 0; d \in (2196; +\infty).$$

Общее количество оцениваемых жилых зданий:

$$f(d) = \frac{100n_1 + \left(100 - \frac{d-366}{18,3}\right)n_2}{n_1 + n_2 + n_3},$$

где  $n_1$  – количество зданий с пешеходным баллом, равным 100;  $n_2$  – количество зданий с баллом от 0 до 100;  $n_3$  – количество зданий с баллом, равным 0.



**Рисунок 4 – Имитационная модель Grasshopper для анализа и оптимизации рассматриваемой области с точки зрения пешей доступности**

По результатам расчета общее количество жилых зданий составило 444 единицы. Если расстояние между домом и прилегающей инфраструктурой меньше, чем 366 м, то дому присваивается 100 очков, а если расстояние больше, чем 2196 м, то 0 очков. Все возможные результаты представлены ниже (табл. 1).

Расстояние 366 м – 5-минутная прогулка при скорости 1,22 м/с; 2196 м – расстояние для 30-минутной прогулки при такой же скорости (возраст – 14-65 лет) [12]. Такая же скорость предложена в Руководстве по унифицированным устройствам регулирования движения (FHWA) для выбора времени транспортного сигнала. Для сравнения приведены нормированные баллы пешего комфорта (табл. 1) и результаты оптимизации (табл. 2), приводится значение скорости 0,97 м/с, являющейся подходящей для пешеходов старшего возраста (более 65 лет) [12].

Таблица 1 – Определение баллов на основе WalkScore® (walkscore.com)

Баллы пешего комфорта	Наименование	Время прогулки [минут]	Расстояние [м] v=1,22м/с	Расстояние [м] v=0,97м/с
<b>100</b>	<b>Пешеходный рай</b>	<b>&lt; 5</b>	<b>&lt; 366</b>	<b>&lt; 291</b>
90–100	<b>Пешеходный рай</b> Ежедневные дела, не требующие автомобиля	5 - 7,4	366-549	292-436
70–89	<b>Пешеходный рай</b> Ежедневные дела, не требующие автомобиля	7-5 - 12,4	550-915	437-727



50–69	<b>Частично доступный пешеходу</b> Не все удобства в пределах пешеходной досягаемости	12,5- 17,4	916-1281	728-1018
25–49	<b>Автозависимость</b> Лишь некоторые удобства находятся в пределах пешей досягаемости	17,5 - 23,8	1282- 1739	1019- 1382
0–24	<b>Автозависимость</b> Почти все удобства требуют автомобиля	23,9 - 30	1740-2196	1383-1746
<b>0</b>	<b>Автозависимость</b>	<b>&gt; 30</b>	<b>&gt;2196</b>	<b>&gt;1746</b>

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среде моделирования Rhinoceros/Grasshopper параметры расчета указываются близко к оптимальному узлу (центру), где проектируется новый объект инфраструктуры с целью максимизации пешей доступности окрестностей. Данная процедура поиска нового оптимального месторасположения повторяется для каждого типа объекта (рис. 2). По результатам оптимизации пешей доступности были добавлены 8 новых объектов и был предложен концептуальный проект исследуемого района (рис. 5).



*Рисунок 5 – Результаты процесса оптимизации – среднее число баллов пешего комфорта*

Примечательно, что по результатам исследования предлагаются два потенциальных центра притяжения жизни населения [18]. В одном из таких центров уже существует магазин. Также на основе алгоритма найдено еще одно оптимальное место для размещения магазина. Отмечается расположение всех важных узлов поблизости от самой длинной диагонали рассматриваемой области. Результаты оптимизации для объектов инфраструктуры (в баллах) сведены в таблице 2 и представлены на рисунке 6.

Таблица 2 – Значения пешей доступности для важных объектов до и после процесса оптимизации

Типы инфраструктуры	ДО		ПОСЛЕ	
	v=0,97 м/с	v=1,22 м/с	v=0,97 м/с	v=1,22 м/с
рестораны	48,13	59,21	76,12	83,32
школы	61,82	71,58	77,58	85,72
спорт	37,12	50,05	71,59	79,41
клубы	64,21	73,28	80,21	86,76
продукты	80,41	88,04	85,24	92,51
детский сад	45,72	57,5	77,7	85,51
парки	72,31	80,47	79,09	87,3
бары	0	0	75,33	82,83
<b>Ср. ариф.</b>	<b>51,22</b>	<b>60,02</b>	<b>77,86</b>	<b>85,42</b>

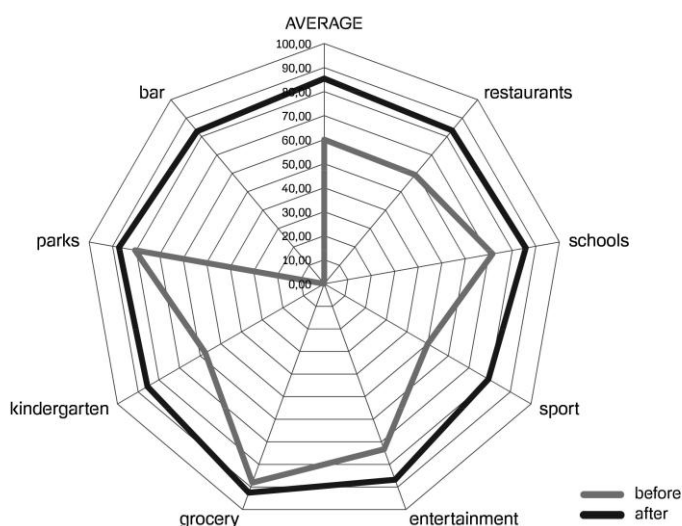


Рисунок 6 – Значения пешей доступности для важных объектов до и после процесса оптимизации (v 1,22 м/с)

Приняв скорость пешехода равной 1,22 м/с, получаем среднее число пешей доступности, равное 60,02, а после процесса оптимизации – 85,42. Итоговая оценка пешей комфортности для прилегающих окрестностей повысилась более чем на 25 баллов. В предыдущих исследованиях доказано, что Walk Score® – надежный инструмент для оценки доступа к объектам инфраструктуры [3], хотя в первоначальной форме данного проекта использование Walk Score® не предусматривалось по следующим причинам:

- невозможность использования американских баз данных, поскольку трудно предсказать, применимы ли они в той же степени в российском контексте исследования [7];
- Walk Score® – адекватная мера оценки только некоторых аспектов пешей доступности окрестностей и, следовательно, нуждается в верификации;
- применение данного программного средства ограничено вследствие расчета прямолинейных траекторий в 1600-метровом радиусе.

Представленный алгоритм (рис. 5) с точки зрения вычисления расстояний работает по принципу алгоритма «умной улицы», вычисляющего расстояния по «сети маршрутов», а не



по прямой линии. В представлении Walk Score® здания разделены на пять категорий: образовательные, розничная торговля, еда, развлекательные и познавательные центры. И только расстояние до самого близкого объекта инфраструктуры в зависимости от категории используется при расчетах [7]. В Walk Score® игнорируется частота посещения определенного места назначения. В данном исследовании каждый объект принадлежит к собственной «категории» и все их веса равны. Трудно определить частоту посещения определенного объекта инфраструктуры, поскольку это – сложная многогранная задача, определяемая эмпирическим путем. Тем не менее, повышение пешеходной комфортности на 25 баллов доказывает действенность метода. Пешеход экономит приблизительно 6,25 минут для достижения одного из пунктов назначения, что предполагает 13-минутную экономию при посещении одного объекта инфраструктуры и 26 минут в случае посещения двух объектов в день. Практически данный результат указывает, что, поскольку объекты располагаются ближе к жилым строениям, жители предпочтут пешую прогулку использованию автомобиля. Независимо от точности методов вычисления, повышение пешей комфортности на 25 баллов показывает благоприятность пеших прогулок и меньшую зависимость от автомобильного транспорта.

Основные слабые моменты исследования заключаются в следующем: наличие некоторых недостатков в коде и пригодности функции, а также в возможной критике самих результатов исследования.

При определении формулировок были отброшены расстояния от зданий до самых близких улиц. Кроме того, входы в жилые помещения и объекты инфраструктуры могут быть расположены не со стороны дорожной сети. Оба этих аспекта несколько снижают достоверность приведенного расчета. С другой стороны, общепринято, что местная дорожная сеть точно подготовлена к пешеходному использованию (тротуары, проходы, дороги свободны от снега в течение зимы). По умолчанию игнорируется личное предпочтение жителей. Ни Walk Score®, ни представленный алгоритм расчета пешей доступности не воспринимают некоторые переменные, такие как эстетика окрестностей, движение, физический ландшафт и т.д. [7]. Некоторым недостатком созданного инструмента является то, что у всех проживающих на территории людей предусматривается один и тот же «вес» в процессе максимизации среднего числа баллов пешей комфортности. То есть для алгоритма дом для проживания одной семьи столь же важен, как многоквартирный дом с 200 жителями. Тем не менее, данный недостаток может быть легко устранен в случае предоставления информации о плотности населения. Другим недостатком исследования является применение данного алгоритма только в качестве вспомогательного инструмента измерения.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В статье рассмотрен технологический процесс анализа и проектирования жилищной застройки на основе использования Rhinoceros/Grasshopper и Galapagos для преобразования существующей городской застройки в доступные пешеходам окрестности. Исследование «Экономическая ценность пешеходных окрестностей» показывает, что увеличение плотности застройки не всегда имеет отрицательное влияние на комфортность, но часто расценивается как негативное воздействие на качество жизни населения района (Sohn, Moudon and Lee, 2012). Предложенный технологический процесс моделирования может быть одним из ключей к решению вопросов, связанных с проблемой проектирования. Увеличение пешей доступности способствует повышению привлекательности района. Исследование показывает ограничения возможности применения алгоритма и представляет частный случай – проект пешеходно-оптимизированного района на территории улицы

Терешковой. Созданная имитационная модель (рис. 4) может стать практическим дополнением к анализу городского планирования с точки зрения оценки коммерческого и пешеходного потенциала районов. Созданный инструмент чрезвычайно гибкий и легко корректируется применительно к любой проектной ситуации. Предлагается для дальнейшего усовершенствования программного продукта включать «веса» жилищных единиц в зависимости от количества жителей в оценку среднего числа баллов пешей комфортности, что значительно повысит верификацию алгоритма.

*При поддержке программы Европейского союза Erasmus Mundus Action 2.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abley S. Walkability Scoping Paper // levelofservice.com [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.levelofservice.com/walkability-research.pdf> (дата обращения: 21.04.2014).
2. American Community Survey National Survey on Communities // brspoll.com [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.brsoll.com/uploads/files/Smart%20Growth.pdf> (дата обращения: 21.03.2014).
3. Carr L.J., Dunsiger S.I., Marcus B.H. Walk score™ as a global estimate of neighborhood walkability // American Journal of Preventive Medicine, 2010. – № 39(5). – P. 460-463.
4. Zoning for Walkable Mixed-use Neighborhoods: A Desktop Health Impact Assessment // Health Impact Project [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.healthimpactproject.org/resources/document/douglas-county-mixed-use-HIA-11-29-12.pdf> (дата обращения: 21.03.2014).
5. Dechter R. Pearl J Generalized best-first search strategies and the optimality of A\* // Journal of the ACM (JACM), 1985. – № 32. – Issue 3, July. – P. 505-536.
6. Dorn J. Hidden in Plain Sight: Capturing the Demand for Housing Near Transit. Oakland, CA: Center for Transit-Oriented Development, 2004. – 40 p.
7. Duncan D.T., Aldstadt J., Whalen J., Melly S.J., Gortmaker S.L. Validation of Walk Score® for Estimating Neighborhood Walkability: An Analysis of Four US Metropolitan Areas // International Journal of Environmental Research and Public Health, 2011. – № 8. – P. 4160-4179.
8. The Federal Highway Administration Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD) // U.S. Department of Transportation, 1988.
9. Handy S. Smart growth and the transportation – land use connection: What does the research tell us? // International Regional Science Review, 2005. – № 28(2). – P. 146-167.
10. Hess D.B., Lombardi P.A. Policy support for and barriers to transit-oriented development in the inner city: Literature review // Transportation Research Record, 1987. P. 26-33.
11. Khomutinnikov I., Khotulev R. Perestroika – Development and transformation of urban space, Analysis report // Document № 2 for the International Baikal Winter University of Urban Planning, 2014. – 15th Session, 1-21 February 2014. – Irkutsk State Technical University, 2014.
12. Knoblauch R.L., Pietrucha M.T., Nitzburg M. Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-Up Time // Transportation Research Record, 1996. – № 1538. – P. 27-38.
13. Rakha T., Reinhart C. Generative urban modeling: a design work flow for walkability-optimized cities // SimBuild, 2012. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2012. – P. 1-8.
14. Rutten D Evolutionary Principles applied to Problem Solving using Galapagos // [www.grasshopper3d.com](http://www.grasshopper3d.com) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.grasshopper3d.com/profiles/blogs/evolutionary-principles> (дата обращения: 21.03.2014).
15. Shapiro R.J., Hassett K.A., Arnold F.S. Conserving Energy and Preserving the Environment: The Role of Public Transportation // Washington DC: American Public Transportation Association, 2002.

16. Sohn D.W., Moudon A.V., Lee J. The economic value of walkable neighborhoods // URBAN DESIGN International, 2012. – №17. – P. 115-128.
17. Steiniger S., Poorazizi M.E., Hunter A.J.S. WalkYourPlace – Evaluating Neighbourhood Accessibility At Street Level // www.academia.edu [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.academia.edu/3630455/WalkYourPlace\\_\\_Evaluating\\_Neighbourhood\\_Accessibility\\_At\\_Street\\_Level](http://www.academia.edu/3630455/WalkYourPlace__Evaluating_Neighbourhood_Accessibility_At_Street_Level) (дата обращения: 21.03.2014).
18. Амосов Ю. Возвращение дружелюбного города // Эксперт, 2005. – № 17(464).

**Чихоцка Юдыта Мария**

ФГБОУ ВПО Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск  
Стажер-аспирант кафедры архитектурного проектирования в рамках программы «Эразмус Мундус. Действие 2»  
E-mail: judyta.cichocka@gmail.com

**Мусихина Елена Алексеевна**

ФГБОУ ВПО Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск  
Кандидат технических наук, профессор кафедры архитектурного проектирования  
E-mail: elena.science@yandex.ru

**Михайлова Ольга Сергеевна**

ФГБОУ ВПО Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск  
Аспирант кафедры архитектурного проектирования  
E-mail: mikhaylova.istu@gmail.com

---

Yu.M. ChIXOCzKA (*Trainee Post-graduate Student of the Department of Architectural Design within the program Erasmus Mundus Action 2*)

E.A. MUSIXINA (*Candidate of Engineering Science, Professor of the Department of Architectural Design*)

O.S. MIXAJLOVA (*Post-graduate Student of the Department of Architectural Design*)  
*Irkutsk State Technical University, Irkutsk*

**OPTIMIZATION CONCEPT OF URBAN PLANNING FOR PARTICULAR CASES**

*The article describes the possibility of using the process analysis and design of residential areas using software Rhinoceros/Grasshopper together with plugins Galapagos, ShortestWalk and Elk. A study conducted in the framework of the 15th session of the International Baikal Winter University of Urban Planning 2014 is to upgrade some of the existing structure of the city of Irkutsk, in relation to the identification of space for walking. By applying the calculation speed evaluated amenities within walking residential development, based on the use of genetic algorithms, optimal location pointed newly designed facilities to increase the number of pedestrians on the streets. The study proposed a conceptual design optimization for walking. The findings are considered characteristics of algorithm used in relation to the objectives of the project and outlines the prospects for further research.*

**Keywords:** *design of the territory; optimization; pedestrian motion estimation; genetic algorithms; walkability; simulation.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Abley S. Walkability Scoping Paper // levelofservice.com [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.levelofservice.com/walkability-research.pdf> (дата обращения: 21.04.2014).
2. American Community Survey National Survey on Communities // brspoll.com [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.brspoll.com/uploads/files/Smart%20Growth.pdf> (дата обращения: 21.03.2014).
3. Carr L.J., Dunsiger S.I., Marcus B.H. Walk score™ as a global estimate of neighborhood walkability // American Journal of Preventive Medicine, 2010. – № 39(5). – P. 460-463.

4. Zoning for Walkable Mixed-use Neighborhoods: A Desktop Health Impact Assessment // Health Impact Project [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.healthimpactproject.org/resources/document/douglas-county-mixed-use-HIA-11-29-12.pdf> (data obrashheniya: 21.03.2014).
5. Dechter R. Pearl J Generalized best-first search strategies and the optimality of A\* // Journal of the ACM (JACM), 1985. – № 32. – Issue 3, July. – P. 505-536.
6. Dorn J. Hidden in Plain Sight: Capturing the Demand for Housing Near Transit. Oakland, CA: Center for Transit-Oriented Development, 2004. – 40 p.
7. Duncan D.T., Aldstadt J., Whalen J., Melly S.J., Gortmaker S.L. Validation of Walk Score® for Estimating Neighborhood Walkability: An Analysis of Four US Metropolitan Areas // International Journal of Environmental Research and Public Health, 2011. – № 8. – P. 4160-4179.
8. The Federal Highway Administration Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways (MUTCD) // U.S. Department of Transportation, 1988.
9. Handy S. Smart growth and the transportation – land use connection: What does the research tell us? // International Regional Science Review, 2005. – № 28(2). – P. 146-167.
10. Hess D.B., Lombardi P.A. Policy support for and barriers to transit-oriented development in the inner city: Literature review // Transportation Research Record, 1987. P. 26-33.
11. Khomutinnikov I., Khotulev R. Perestroika – Development and transformation of urban space, Analysis report // Document № 2 for the International Baikal Winter University of Urban Planning, 2014. – 15th Session, 1-21 February 2014. – Irkutsk State Technical University, 2014.
12. Knoblauch R.L., Pietrucha M.T., Nitzburg M. Field Studies of Pedestrian Walking Speed and Start-Up Time // Transportation Research Record, 1996. – № 1538. – P. 27-38.
13. Rakha T., Reinhart C. Generative urban modeling: a design work flow for walkability-optimized cities // SimBuild, 2012. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2012. – P. 1-8.
14. Rutten D Evolutionary Principles applied to Problem Solving using Galapagos // [www.grasshopper3d.com](http://www.grasshopper3d.com) [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.grasshopper3d.com/profiles/blogs/evolutionary-principles> (data obrashheniya: 21.03.2014).
15. Shapiro R.J., Hassett K.A., Arnold F.S. Conserving Energy and Preserving the Environment: The Role of Public Transportation // Washington DC: American Public Transportation Association, 2002.
16. Sohn D.W., Moudon A.V., Lee J. The economic value of walkable neighborhoods // URBAN DESIGN International, 2012. – №17. – P. 115-128.
17. Steiniger S., Poorazizi M.E., Hunter A.J.S. WalkYourPlace – Evaluating Neighbourhood Accessibility At Street Level // [www.academia.edu](http://www.academia.edu) [E'lektronny'j resurs]. – URL: [http://www.academia.edu/3630455/WalkYourPlace\\_\\_Evaluating\\_Neighbourhood\\_Accessibility\\_At\\_Street\\_Level](http://www.academia.edu/3630455/WalkYourPlace__Evaluating_Neighbourhood_Accessibility_At_Street_Level) (data obrashheniya: 21.03.2014).
18. Amosov Yu. Vozvrashhenie druzhelyubnogo goroda // E'kspert, 2005. – № 17(464).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 330.4

Я. БАНАСИКОВСКА

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ,  
НЕ ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ ПОЛНОСТЬЮ ОНЛАЙН

*В статье представлено нынешнее состояние развития основных 20 электронных государственных услуг для физических и юридических лиц. Сделан анализ e-услуг, не решаемых полностью онлайн, выявлены препятствия и рекомендованы действия для их решения в электронном виде. Сделаны выводы по дальнейшему развитию электронных государственных услуг для физических и юридических лиц.*

**Ключевые слова:** электронное правительство; электронные государственные услуги; электронные формы; электронная подпись; взаимодействие.

Современная эпоха информации и знаний отражает свое влияние на все сферы общественной и экономической жизни, в том числе и в государственном секторе. Доказательством участия этого сектора в процессах, которые характеризуют современную эпоху, является повышение уровня компьютеризации и практического использования самых современных технологий и информационных систем в повседневной работе офисов и государственных учреждений, реализующих электронные государственные услуги.

Новый интегрированный подход к управлению привел к созданию концепции электронного правительства (e-Government, e-Администрация), а именно – концепции управления в Интернете. Эта концепция включает в себя следующие каналы информационного потока, используемые при предоставлении электронных государственных услуг: G2G – государственные учреждения для других государственных учреждений, G2C – государственные учреждения для граждан, сообществ и потребителей, C2G – граждане и потребители для государственных учреждений, G2B – государственные учреждения для частных предприятий, B2G – частные предприятия для государственных учреждений [3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

В 2000 году ЕС в программе eEurope определил план предоставления услуг государственной администрации через Интернет. Цель этой программы заключается в предоставлении современных государственных услуг гражданам и создании динамичной среды для электронного бизнеса. Европейский Союз рекомендует реализовать 12 услуг для физических лиц и 8 услуг для юридических лиц.

На основе проведенных испытаний и анализа нынешнего уровня развития электронных государственных услуг в Польше установлено их состояние. Нынешний уровень развития электронных государственных услуг для физических лиц в Польше показан в таблице 1.

Таблица 1 – Нынешний уровень развития электронных государственных услуг для физических лиц в Польше

Административные услуги для физических лиц	Уровень развития услуг в %
Здравоохранение	50
Социальные пособия	100
Разрешение на строительство	51

Полиция – обслуживание заявок	25
Регистрация транспортных средств	49
Документы личности	50
Поиск работы	100
Адресный стол	47
Библиотеки	58
ЗАГС	47
Подоходный налог	100
Регистрация в ВУЗ	59
<b>Средний уровень развития услуг в %</b>	<b>61,33</b>

Среди двенадцати услуг для граждан только три возможно решить полностью онлайн, реализация остальных находится на уровне от 25% до 59% (офисы публикуют информацию на веб-сайте, а пользователи просматривают сайт офисов на компьютере или специальных информационных киосках, получая необходимую информацию; в случае более развитых услуг пользователи могут распечатать электронную форму для заполнения, а иногда заполнить форму и отправить в офис) [1, 2, 5].

Анализ электронных государственных услуг, не предоставляемых онлайн, и построение их моделей реализации, организационной модели и процесса реализации услуги позволяют выявить препятствия и возможности полного их решения в электронном виде. В виде примера рассмотрим модели услуги для физических лиц, не решаемой онлайн: «Разрешение на строительство». Организационная модель реализации услуги «Разрешение на строительство» представлена на рисунке 1.

Модель процесса реализации услуги «Разрешение на строительство» представлена на рисунке 2

Подробный анализ электронных государственных услуг, не решаемых онлайн для физических лиц, представлен в таблице 2.

В случае услуг для юридических лиц только две услуги не решаются онлайн: «Охрана чистой среды» и «Государственные закупки». Нынешний уровень развития электронных государственных услуг для юридических лиц в Польше показан в таблице 3.

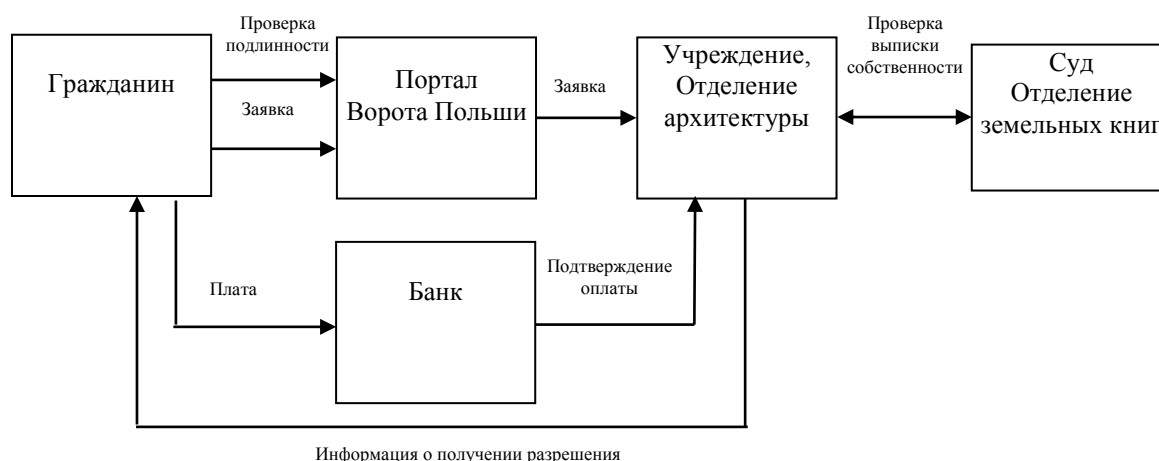


Рисунок 1 – Организационная модель реализации услуги «Разрешение на строительство»



Рисунок 2 – Модель процесса реализации услуги «Разрешение на строительство»

Таблица 2 – Анализ предполагаемых опасностей и предлагаемых действий для электронных государственных услуг для физических лиц, не решаемых онлайн

Анализ услуг, не решаемых онлайн			
Название услуги для физических лиц	Уровень развития услуги в %	Предполагаемые опасности	Предлагаемые действия
Здравоохранение	50	Первоначальный низкий интерес к услуге Низкий уровень использования Интернета среди потребителей Низкая осведомленность возможности регистрации к врачу в режиме онлайн Небольшая разница во времени выполнения услуги онлайн и по телефону, что дает небольшие выгоды в виде экономии времени Отсутствие уверенности в процедуре регистрации к доктору в режиме онлайн Страх перед отправкой конфиденциальной информации через Интернет Отсутствие личного контакта с	Реализация проекта Карта ID для регистрации Популяризация медицинских услуг онлайн среди общества путем подачи информации на сайте о доступных медицинских услугах, длине очередей, качестве медицинских услуг Осуществление плана для внешней связи: информация и образование потребителей услуг Содействие укреплению безопасности e-услуг как элемент общения Исчерпывающая информация о процессе и проверка статуса

		регистрирующим лицом	Быстрое обновление информации на портале Ворота Польши
<b>Разрешение на строительство</b>	51	<p>Первоначальный низкий интерес к услуге</p> <p>Обязательство предоставления необходимых документов в отдел архитектуры</p> <p>Отсутствие уверенности в безопасности получения разрешения на строительство в электронной форме</p> <p>Страх отправки конфиденциальной информации через Интернет</p> <p>Отсутствие веры в процедуры для получения разрешения</p> <p>Страх продления времени оказания услуги</p> <p>Страх отклонения заявки</p>	<p>Осуществление плана для внешней связи: информация и образование потребителей услуг</p> <p>Содействие укреплению безопасности е-услуг как элемента общения</p> <p>Поставить исчерпывающую информацию о процессе и проверке статуса услуги</p> <p>Быстрое обновление информации на портале «Ворота Польши»</p> <p>Установка соответствующих конструкций систем для обмена информацией между гражданином и учреждением</p>
<b>Полиция – обслуживание заявок</b>	25	<p>Первоначальный низкий интерес к услуге</p> <p>Низкий уровень использования Интернета среди потребителей</p> <p>Низкая осведомленность возможностей подачи заявок в полицию в режиме онлайн</p> <p>Очень низкочастотное использование услуги, что дает небольшие выгоды в виде экономии время</p> <p>Отсутствие уверенности в обслуживании заявок в полицию в режиме онлайн без личного контакта</p>	<p>Реализация проекта Карта ID для регистрации</p> <p>Популяризация государственных услуг онлайн среди общества</p> <p>Осуществление плана для внешней связи: информация и образование потребителей услуг</p> <p>Поставить исчерпывающую информацию о процессе и проверка статуса</p> <p>Быстрое обновление информации на портале «Ворота Польши»</p> <p>Соответствующие конструкции системы для обмена информацией между гражданином и полицией</p>
<b>Регистрация транспортных средств</b>	49	<p>Первоначальный низкий интерес к услуге</p> <p>Низкий уровень использования Интернета среди потребителей</p> <p>Низкая осведомленность возможностей регистрации транспортных средств онлайн</p> <p>Очень низкочастотное использование услуги, что дает небольшие выгоды в виде экономии время</p> <p>Отсутствие уверенности в безопасности подачи формы на</p>	<p>Реализация проекта Карта ID для регистрации</p> <p>Популяризация государственных услуг он-лайн среди общества</p> <p>Осуществление плана для внешней связи: информирование водителей и участников курсов вождения, обучение участников курсов вождения</p> <p>Содействие укреплению безопасности е-услуг как</p>



		<p>выдачу документа регистрации транспортных средств Страх перед отправкой конфиденциальной информации через Интернет Страх захвата важных документов третьим лицом Последствия распоряжения министра инфраструктуры от 22 июля 2002 года в связи с необходимостью личной подачи документов для регистрации транспортных средств в письменном виде</p>	<p>элемент общения Исчерпывающая информация о процессе и проверка статуса Быстрое обновление информации на портале «Ворота Польши» Поправка распоряжения, разрешение подачи заявления на выдачу документа регистрации транспортных средств и регистрацию путем использования безопасных каналов электронной связи</p>
<b>Документы личности</b>	50	<p>Первоначальный низкий интерес к услуге Низкий уровень использования Интернета среди потребителей Низкая осведомленность возможностей получения или обмена документа личности онлайн Очень низкочастотное использование услуги, что дает небольшие выгоды в виде экономии время Отсутствие уверенности в безопасности подачи формы на выдачу документа личности Страх перед отправкой конфиденциальной информации через Интернет Последствия Закона о регистрации населения и свидетельствах личности Необходимость личного приложения данных для выдачи документа личности (постановление Совета министров от 24 декабря 2002 года)</p>	<p>Реализация проекта Карта ID для регистрации Популяризация государственных услуг онлайн среди общества Осуществление плана для внешней связи: информация и образование потребителей услуг Содействие укреплению безопасности e-услуг как элемент общения Исчерпывающая информация о процессе и проверка его статуса Быстрое обновление информации на портале «Ворота Польши» Поправка распоряжения, разрешение подачи заявления на выдачу документа личности путем использования безопасных каналов электронной связи</p>
<b>Адресный стол</b>	47	<p>Первоначальный низкий интерес к услуге Низкий уровень использования Интернета среди потребителей Низкая осведомленность возможностей регистрации через Интернет Очень низкочастотное использование услуги, что дает небольшие выгоды в виде экономии время Последствия Закона о</p>	<p>Реализация проекта Карта ID для регистрации Популяризация государственных услуг онлайн среди общества Осуществление плана для внешней связи: информация и образование потребителей услуг Поправка распоряжения, разрешение подачи заявления на регистрацию путем</p>

		<p>регистрации населения и свидетельствах личности Необходимость личного приложения данных, необходимых при регистрации (постановление Совета министров от 24 декабря 2002 года)</p>	<p>использования безопасных каналов электронной связи</p>
<b>Библиотеки</b>	58	<p>Первоначальный низкий интерес к услуге Низкий уровень использования Интернета среди потребителей Низкая осведомленность возможностей оказать публикации из библиотеки посредством электронных средств Низкая степень компьютеризации библиотек Отсутствие процессов обновления базы данных и сосуществования различных стандартов для различных описаний публикации Последствия Закона о библиотеках Отсутствие возможности снимать оплату библиотеками за перевозку материалов в библиотеку и от гражданина</p>	<p>Реализация проекта Карта ID для регистрации Популяризация государственных услуг онлайн среди общества Осуществление плана для внешней связи: информация и образование потребителей услуг Ускорить компьютеризацию библиотек Согласование стандартов ИТ среды библиотек Внесение изменений в статью 14 закона, которые позволят библиотекам снимать оплату за транспорт материалов в библиотеку и от гражданина</p>
<b>ЗАГС</b>	47	<p>Первоначальный низкий интерес к услуге Низкий уровень использования Интернета среди потребителей Низкая осведомленность возможности получения нужных документов онлайн Низкочастотное использование услуги, что дает небольшие выгоды в виде экономии времени Отсутствие уверенности в безопасности получения документов в электронной форме Страх отправки конфиденциальной информации через Интернет Страх захвата важных документов третьим лицом Последствия регулирования министра внутренних дел и администрации от 26 октября 1998 года</p>	<p>Реализация проекта Карта ID для регистрации Популяризация государственных услуг онлайн среди общества Осуществление плана для внешней связи: информация и образование потребителей услуг Содействие укреплению безопасности e-услуг как элемент общения Исчерпывающая информация о процессе и проверка его статуса Быстрое обновление информации на портале «Ворота Польши» Поправка распоряжения, разрешение подачи заявления на выдачу документа путем использования безопасных</p>

		<p>Необходимость личного предоставления заявки для выдачи копии</p> <p>Последствия регулирования министра Внутренних дел и администрации от 25 октября 1999 года</p> <p>Необходимость личного получения документа в Бюро</p>	<p>каналов электронной связи</p> <p>Поправка распоряжения, разрешение на выдачу документа путем использования безопасных каналов электронной связи</p>
<b>Регистрация в ВУЗ</b>	59	<p>Первоначальный низкий интерес к услуге</p> <p>Низкая осведомленность возможности дать заявление на поступление в ВУЗ онлайн</p> <p>Отсутствие уверенности в подаче заявления на поступление в ВУЗ онлайн</p> <p>Страх отправки документов через Интернет</p>	<p>Реализация проекта Карта ID для регистрации</p> <p>Осуществление плана внедрения внешней связи для учеников средних школ с ВУЗами</p> <p>Исчерпывающая информация о процессе и проверке статуса услуги</p> <p>Быстрое обновление информации на портале «Ворота Польши»</p>

Таблица 3 – Нынешний уровень развития электронных государственных услуг для юридических лиц в Польше

Административные услуги для юридических лиц	Уровень развития услуги в %
Социальное страхование	100
Налоги от юридических лиц	100
Налог НДС	100
Регистрация бизнеса	100
Статистика	100
Таможенная декларация	100
Охрана чистой среды	43
Государственные закупки	50
<b>Средний уровень развития услуг в %</b>	<b>86,63</b>

В виде примера для выявления препятствий и возможности полного их решения в электронном виде рассмотрим организационную модель и модель процесса реализации услуги для юридических лиц, не решаемой онлайн: «Охрана чистой среды».

Организационная модель реализации услуги «Охрана чистой среды» представлена на рисунке 3.

Подробный анализ электронных государственных услуг, не решаемых онлайн, для юридических лиц представлен в таблице 4.

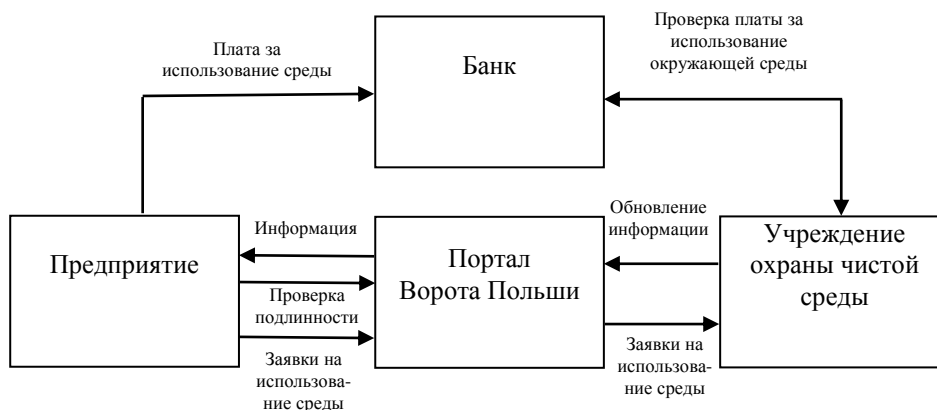


Рисунок 3 – Организационная модель реализации услуги «Охрана чистой среды»

Модель процесса реализации услуги «Охрана чистой среды» показана на рисунке 4.

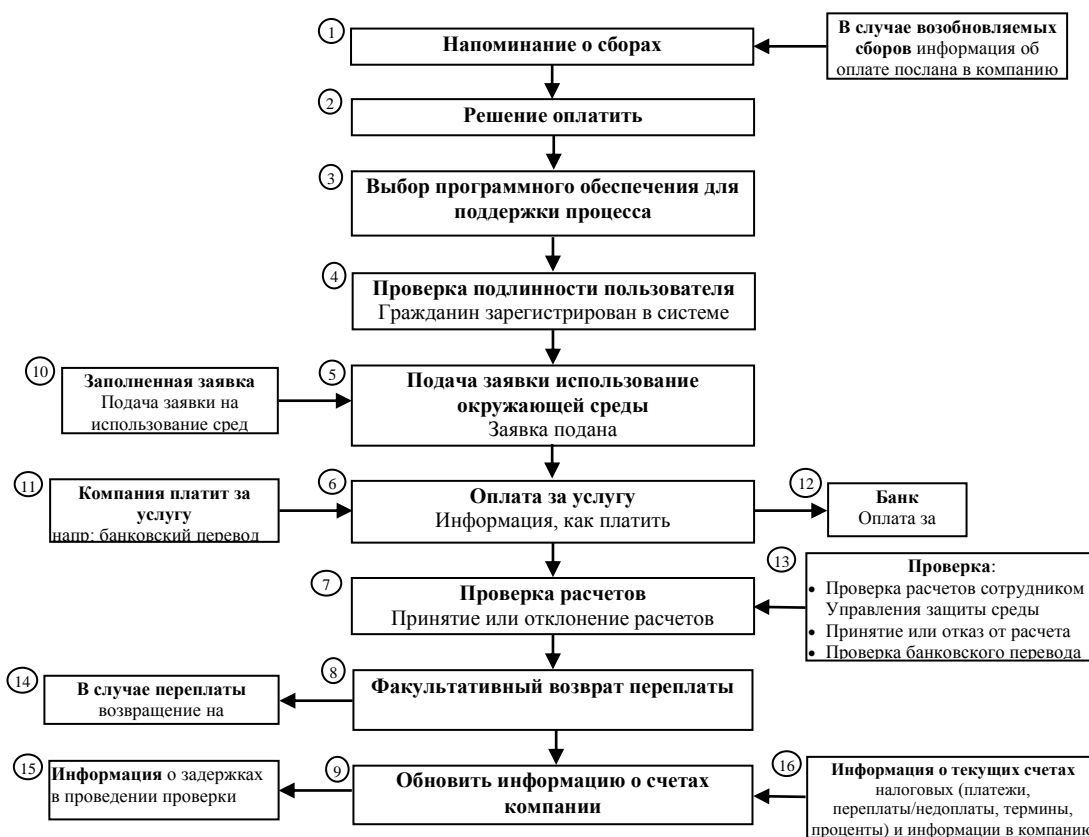


Рисунок 4 – Модель процесса реализации услуги «Охрана чистой среды»

Таблица 4 – Анализ предполагаемых опасностей и предлагаемых действий для электронных государственных услуг для юридических лиц не решаемых онлайн

Анализ услуг, не решаемых онлайн			
Название услуги для юридических лиц	Уровень развития услуги в %	Предполагаемые опасности	Предлагаемые действия
Охрана чистой	43	Первоначальный низкий интерес	Популяризация

<p><b>среды</b></p>		<p>к услуге  Низкий уровень использования Интернета среди предпринимателей  Низкочастотное использование услуги, что дает небольшие выгоды в виде экономии времени  Отсутствие уверенности в безопасности получения разрешения в электронной форме  Отсутствие веры в процедуры для получения разрешения, Страх продления времени оказания услуги</p>	<p>государственных услуг онлайн среди предпринимателей  Осуществление плана для внешней связи: информация для предпринимателей  Поставить исчерпывающую информацию о процессе и проверке статуса услуги  Быстрое обновление информации на портале Ворота Польши  Осуществление соответствующих конструкций систем для обмена информацией между предпринимателями и учреждением</p>
<p><b>Государственные закупки</b></p>	<p>50</p>	<p>Первоначальный низкий интерес к услуге  Низкий уровень использования Интернета среди малых предпринимателей  Низкая осведомленность возможности участия в торгах онлайн  Отсутствие уверенности в процедуре участия в онлайн-торгах  Страх перед неправильным функционированием процессов тендеров, что влияет на результат торгов  Негативное отношение должностных лиц  Необходимость внесения изменения в способах работы многих чиновников и изменения в процедурах осуществления услуги вызовет сопротивление из-за многолетних навыков  Последствия согласно закону о государственных закупках  В случае возникновения заказов на сумму свыше 60 тысяч EUR требуется подача предложения, заявления и уведомления в письменной форме  Электронные аукционы могут осуществляться лишь в случае заказов на стандартные продукты до 60 тысяч EUR</p>	<p>Популяризация государственных услуг в режиме онлайн среди предпринимателей  Осуществление плана для внешней связи: информация для предпринимателей  Исчерпывающая информация о процессе и проверке статуса услуги  Быстрое обновление информации на портале «Ворота Польши»  Осуществление соответствующих конструкций систем для обмена информацией между предпринимателями и учреждением  Создание высокого спонсора проекта, аккредитованного для эффективной координации работы на уровне межобластной сферы деятельности  Информирование должностных лиц посредством коммуникации о непереносимых изменениях (примеры повышения эффективности из-за рубежа)  Директивы Европейского Союза  Изменения в законе, которые позволят на подачу тендерных документов в электронной форме, утвержденных защищенной электронной</p>

			<p>подписью                  Поправка исключения                  следующих ограничений для                  интернет-аукциона: предел до                  60 тысяч EUR Возможность                  приобретения стандартной                  продукции</p>
--	--	--	--

Для развития электронного правительства в стране в целом ожидается выполнение многих задач. Еще не все учреждения подключены к системам, обеспечивающим основные услуги из списка 20 рекомендованных Европейским Союзом. Необходимо выполнить большую работу, чтобы реализовать концепцию взаимодействия (интероперабельность) между системами внутри и за пределами учреждения. Благодаря этому услуги могут предоставляться на более высоком уровне и, прежде всего, в более простом изложении для заинтересованного лица и должностного лица, реализующего услугу с возможностью получения данных из других систем. В настоящее время для доступных услуг в данном учреждении в каталоге услуг находится перечень услуг и документов, необходимых для их реализации, которые должно обеспечить заинтересованное лицо. Обеспечивая взаимодействия систем и учреждений и наличие доступа к базам данных таких необходимых документов, заинтересованное лицо будет только заполнять форму, принадлежащую данной услуге, и вносить сбор при платной услуге. Обеспечение взаимодействия является также условием реализации трансъевропейских услуг. В ходе реализации отдельных проектов часто бывают правовые изменения или же появляются нужды в некоторых дополнениях или возникают финансовые проблемы, в результате чего наступает удлинение продолжительности их совершения. Большинство запланированных систем становятся базами, обеспечивающими необходимую информацию, к которым будут иметь доступ государственные учреждения или уполномоченные институции. Информация, содержащаяся в этих базах данных, будет использоваться для облегчения обслуживания посетителей в учреждениях, повышения уровня предоставляемых электронных услуг и их качества.

В последние годы в некоторых сферах жизни польского общества произошли огромные технологические изменения и реорганизации. Примерами таких изменений являются изменения в общей судебной системе, которую можно назвать просто «технологической революцией».

Наличие сертификата электронной квалифицированной подписи в суде или иного государственного органа и реализация польского удостоверения личности (польская карта ID) позволит посылать различные письма, вызовы для общественности. Граждане, в свою очередь, смогут оформить многие дела в учреждениях и институциях в форме электронных услуг. Поэтому для достижения возможности реализации услуг таким образом необходимо завершить все проекты, достичь полной интероперабельности между национальными и международными системами, а также предоставить доступ к широкополосному Интернету. Очень важной проблемой является также предотвращение цифрового исключения слабых слоев общества, инвалидов и пожилых людей, лиц с ухудшением психического восприятия в использовании новых технологий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Банасиковска Я. Оценка уровня внедрения e-Администрации в Польше на основании статистических источников // Вестник НГУ. Серия «Информационные технологии», 2011. – Том 9. – Выпуск 4. – 86-93 с.

2. Банасиковска Я. Оценка уровня зрелости услуг е-Администрации в повятовых городах Силезского воеводства Польши // Вестник НГУЭУ. Серия «Бизнес-информатика», 2011. – № 2. – 193-201 с.
3. Смирнов С.Н. Электронный бизнес. – М.: 2003. – 240 с.
4. Юрасов А.В. Электронная коммерция. – М.: 2003. – 480 с.
5. Banasikowska J. Stan realizacji i perspektywy rozwoju e-Administracji w Polsce // UE, Katowice, 2011. – 232 s.
6. Baumgarten J., Chui M. E-Government 2.0 // McKinsey on Government, 2009. – № 4.
7. Lee S. M., Tan X., Trimi S. Current practices of leading e-government countries. Communications of the ACM, October 2005. – Vol. 48. – Iss. 10.
8. Misuraca G. E-Government 2015: exploring m-government scenarios, between ICT-driven experiments and citizen-centric implications // Technology Analysis and Strategic Management, April 2009. – Vol. 21. – № 3.
9. E-government in Europe: re-booting the state / Eds. Nixon P. G., Koutrakou V.N. // Routledge, London, New York, 2007.
10. Olszak C. M., Ziemia E. Strategia rozwoju systemów gospodarki elektronicznej. W: Strategie i modele gospodarki elektronicznej / Red. Olszak C. M., Ziemia E., PWN. – Warszawa, 2007.
11. New Public Management in Europe: adaptation and alternatives / Eds. Pollitt Ch., Van Thiel S., Homburg V. / Palgrave Macmillan, Rotterdam, 2007.
12. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mswia.gov.pl/ftp/informatyzacja/6453.pdf>.

**Банасиковска Янина**

Экономический университет в Катовицах, Польша  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [janina.banasikowska@ue.katowice.pl](mailto:janina.banasikowska@ue.katowice.pl)

---

Ya. BANASIKOVSKA (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)  
*University of Economics in Katowice, Poland*

**ANALYSIS OF E-GOVERNMENT SERVICES IS NOT SOLVED COMPLETELY ONLINE**

*The article presents the current state of development of 20 e-government services for individuals and legal entities. Analysis of e-services is not solved completely online, obstacles and recommended actions to address them in electronic form. Are drawn conclusions on the further development of e-government services for individuals and legal entities.*

**Keywords:** *e-Government; e-government services; electronic forms; electronic signature; interoperability.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Banasikovska Ya. Ocenka urovnja vnedreniya e-Administracii v Pol'she na osnovanii statisticheskix istochnikov // Vestnik NGU. Seriya «Informatiorny'e tehnologii», 2011. – Tom 9. – Vy'pusk 4. – 86-93 с.
2. Banasikovska Ya. Ocenka urovnja zrelosti uslug e-Administracii v povyatovy'x gorodax Silezskogo vovodstva Pol'shi // Vestnik NGUE'U. Seriya «Biznes-informatika», 2011. – № 2. – 193-201 с.
3. Smirnov S.N. E'lektronny'j biznes. – M.: 2003. – 240 s.
4. Yurasov A.V. E'lektronnaya kommerciya. – M.: 2003. – 480 s.
5. Banasikowska J. Stan realizacji i perspektywy rozwoju e-Administracji w Polsce // UE, Katowice, 2011. – 232 s.
6. Baumgarten J., Chui M. E-Government 2.0 // McKinsey on Government, 2009. – № 4.
7. Lee S. M., Tan X., Trimi S. Current practices of leading e-government countries. Communications of the ACM, October 2005. – Vol. 48. – Iss. 10.
8. Misuraca G. E-Government 2015: exploring m-government scenarios, between ICT-driven experiments and citizen-centric implications // Technology Analysis and Strategic Management, April 2009. – Vol. 21. – № 3.

9. E-government in Europe: re-booting the state / Eds. Nixon P. G., Koutrakou V.N. // Routledge, London, New York, 2007.
10. Olszak C. M., Ziemia E. Strategia rozwoju systemów gospodarki elektronicznej. W: Strategie i modele gospodarki elektronicznej / Red. Olszak C. M., Ziemia E., PWN. – Warszawa, 2007.
11. New Public Management in Europe: adaptation and alternatives / Eds. Pollitt Ch., Van Thiel S., Homburg V. / Palgrave Macmillan, Rotterdam, 2007.
12. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.mswia.gov.pl/ftp/informatyzacja/6453.pdf>.



УДК 378.14:004

Т.П. КОСТЮКОВА, В.В. МАРТЫНОВ, О.В. ШИРЯЕВ

## ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ МАГИСТРАНТОВ

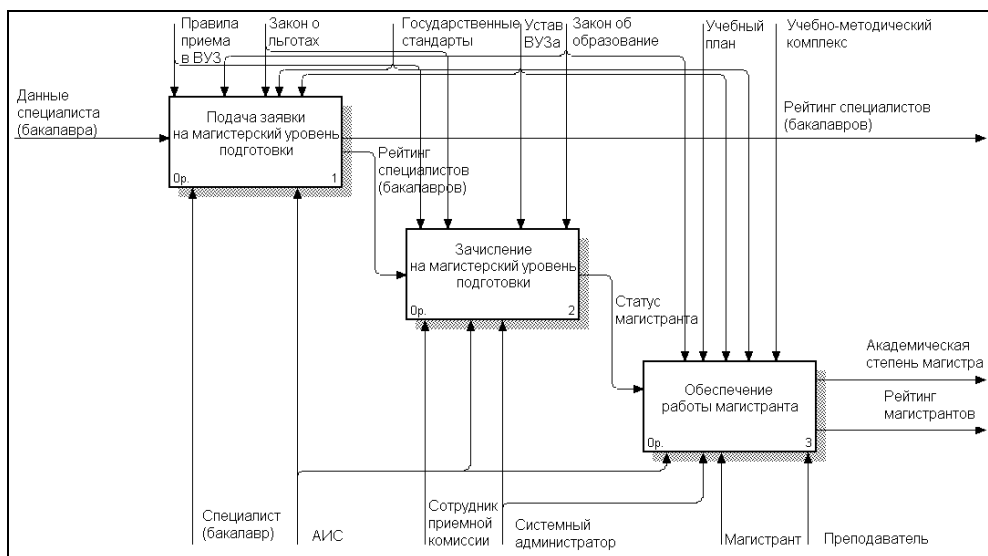
В данной работе предлагается онтологическая модель образовательного процесса подготовки магистрантов. Рассматривается реализация системы информационной поддержки магистерской подготовки на основе разработанных моделей и алгоритмов. Предлагается математическая модель подготовки магистрантов.

**Ключевые слова:** онтология; образование; информационные технологии.

12 декабря 2013 года в день двадцатилетия Конституции Российской Федерации президент Российской Федерации Владимир Путин обратился с ежегодным посланием Федеральному Собранию. В ходе обращения президент Российской Федерации затронул тему дистанционного обучения, в частности, он говорил о необходимости ускорения процесса принятия правовых актов, которые позволят российским ВУзам активно развивать массовое дистанционное образование, используя его в различных формах обучения. Владимир Путин также отметил, что совершенствуя профессиональное образование, рынок труда становится более гибким, граждане в случае необходимости должны иметь возможность пройти переподготовку, взять новый профессиональный старт [1].

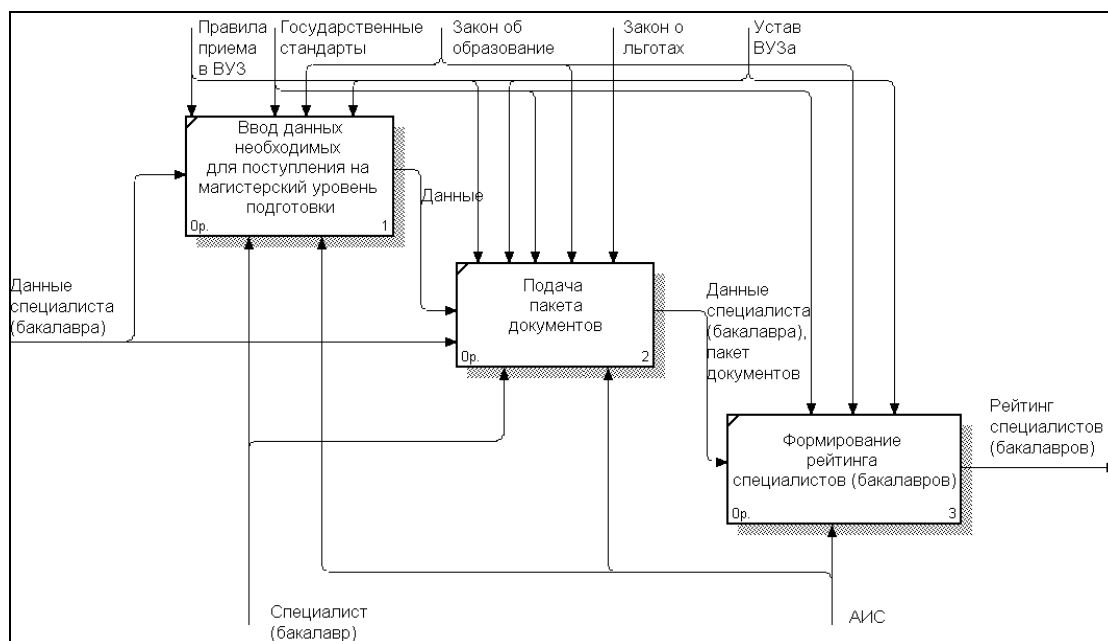
Информационное сопровождение магистрантов на всех этапах их обучения, поступления и зачисления необходимо для повышения престижности и успешности ВУЗа [2].

На основе разработанных моделей (рис. 1-4) и алгоритмов произведена программная реализация системы информационной поддержки магистерской подготовки (скриншоты основных экранных форм представлены на рис. 5-7), позволяющей обеспечить информационную поддержку магистрантов на всех этапах их обучения, поступления и зачисления.



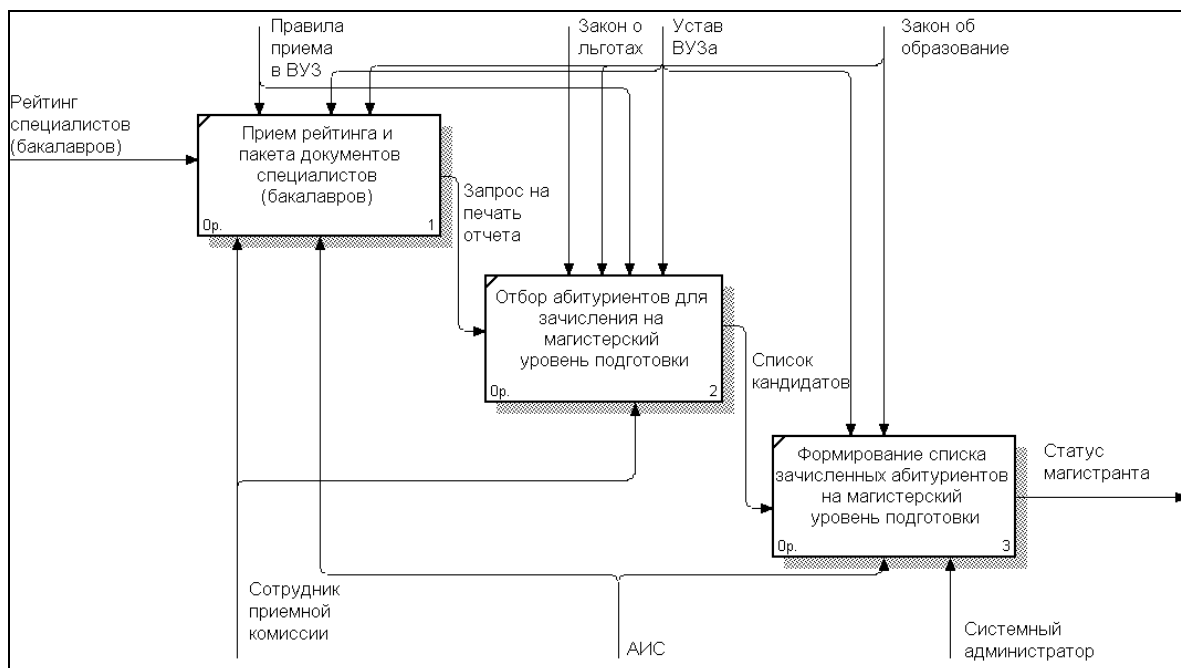
**Рисунок 1 – Информационная поддержка магистерской подготовки**

Процесс «Подача заявки на магистерский уровень подготовки» декомпозируется на 3 процесса: ввод данных, необходимых для поступления на магистерский уровень подготовки, подача пакета документов, формирование рейтинга специалистов (бакалавров).



**Рисунок 2 – Декомпозиция процесса «Подача заявки на магистерский уровень подготовки»**

Процесс «Зачисление на магистерский уровень подготовки» декомпозируется на 3 процесса: прием рейтинга и пакета документов специалистов (бакалавров), отбор абитуриентов для зачисления на магистерский уровень подготовки, формирование списка зачисленных абитуриентов на магистерский уровень подготовки.



**Рисунок 3 – Декомпозиция процесса «Зачисление на магистерский уровень подготовки»**

Подсистема зачисления в магистратуру позволит облегчить процесс подачи заявления, сделает его более наглядным и прозрачным.

Процесс «Обеспечение работы магистранта» декомпозируется на 5 процессов: получение необходимой информации, получение методического материала, обучение, контроль знаний, изменение рейтинга магистрантов.

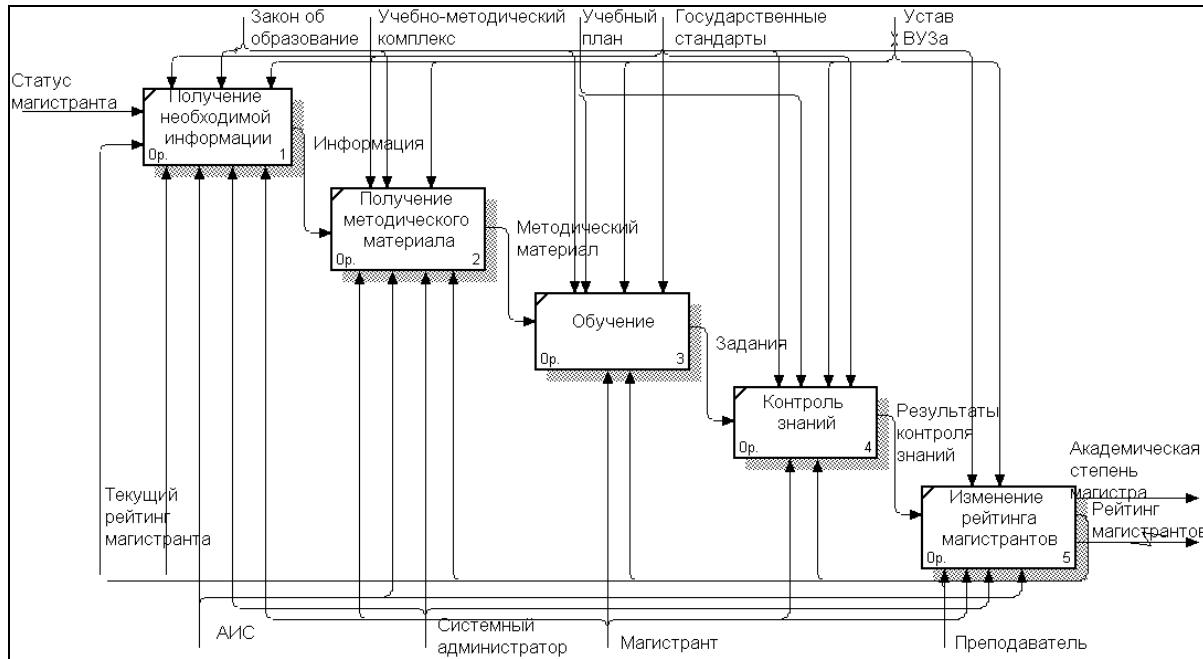


Рисунок 4 – Декомпозиция процесса «Обеспечение работы магистранта»

При работе с подсистемой управления учетными записями пользователей системный администратор может изменять и удалять информацию об учетных записях.

Данная система внедрена на кафедре экономической информатики УГАТУ и состоит из следующих подсистем: подсистема зачисления в магистратуру, подсистема управления электронным документооборотом, подсистема управления учебным контентом [3], подсистема управления рейтингом и т.д.

Программная реализация системы информационной поддержки магистерской подготовки обеспечивается скриптовым языком PHP.

Подсистема управления учебным контентом доступна системному администратору и позволяет загружать новые или обновлять существующие учебные материалы.

Более подробно возможности системы представлены в [4].

Переход высших учебных заведений России к многоуровневой подготовке сопровождается комплексом кардинальных преобразований в образовательном процессе, оценке его качества и результативности. К числу основных преобразований относится компетентный подход, который закладывает основные методологические, методические и организационные принципы построения системы подготовки кадров высшей квалификации, составляющие общекультурные и профессиональные компетенции. Общекультурные компетенции – это универсальные компетенции (социальные, межкультурные, коммуникативные, информационные и личностные), которыми должен обладать выпускник магистратуры любого направления и профиля. Профессиональные компетенции, под которыми понимается способность/готовность выпускника магистратуры/ВУЗа применять приобретенные знания, умения и личностные качества для успешной профессиональной деятельности в определенной предметной области,

подразделяются на две группы: общепрофессиональные и профессиональные. Совокупность профессиональных компетенций магистров в общем виде структурирована из семи функциональных групп компетенций, имманентно отражающих наиболее характерные виды его профессиональной деятельности.

кафедра экономической информатики УГАТУ

Кафедра экономической информатики

Работа с учетными записями пользователей

О кафедре  
Новости  
Дисциплины  
Учебно-методические издания кафедры  
Профессорско-преподавательский состав  
Научно-исследовательская работа  
Расписание занятий кафедры  
Аспирантура  
Специальности

### Управление пользователями

Логин	Пароль	Код статуса	Имя, отчество	Фамилия	Код пользователя	Изменить	Удалить
saubanov	Saub20	2	Вадим Сафуанович	Саубанов	20	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>
kostjukova	Kost30	2	Татьяна Петровна	Костюкова	30	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>
filosova	Fil40	2	Елена Ивановна	Филосова	40	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>
fandrova	Fan50	2	Людмила Петровна	Фандрова	50	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>
sobko	Sob60	2	Сергей Николаевич	Собко	60	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>
lisenko	Lis70	2	Ирина Алексеевна	Лысенко	70	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>
martinov	Mart80	2	Виталий Владимирович	Мартинов	80	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>
lehms	leh90	2	Михаил Юрьевич	Лехмус	90	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>
shirayev	Sh100	1	Олег Валерьевич	Ширяев	100	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>
kulchikina	Kul110	4	Роза Мидхатовна	Кульчихина	110	<a href="#">Изменить</a>	<a href="#">Удалить</a>

\* код статуса = 1 - Системный администратор; 2 - Преподаватель; 3 - Гость; 4 - Сотрудник приемной комиссии.

[Назад](#) [Перейти в панель управления системного администратора](#)

Рисунок 5 – Работа с учетными записями пользователей

№ п/п	Логин	Фамилия	Имя, Отчество	Образование	Выбранная специальность	Общий балл по политестам	Количество публикаций	Достижения	Дата подачи документов	Статус
1	vetugin	Ветлугин	Артём Олегович	УГАТУ, специалист "Прикладная информатика в экономике"	Бизнес информатика	180	12	-	2012-05-09	не зачислен
2	klm	Климов	Артём Васильевич	высшее БГАУ	Бизнес информатика	180	0	-	2012-05-12	не зачислен
3	isaeva	Исаева	Ольга Ринатовна	УГАТУ, бакалавр бизнес-информатики	Бизнес-информатика	177	0	-	2012-05-28	не зачислен
4	kuz	Кузнецова	Светлана Николаевна	УГАТУ, бакалавр бизнес-информатики	Бизнес-информатика	176	1	-	2012-05-27	не зачислен
5	amel	Амелькина	Екатерина Алексеевна	УГАТУ, бакалавр бизнес-информатики	Бизнес-информатика	170	1	-	2012-05-27	не зачислен
6	georg	Георгиев	Артём Михайлович	УГАТУ, бакалавр бизнес-информатики	Бизнес-информатика	153	2	-	2012-05-21	не зачислен
7	nosov	Носов	Антон Валерьевич	УГАТУ, бакалавр бизнес-информатики	Бизнес-информатика	123	1	-	2012-05-15	не зачислен

[Печать](#) [Вернуться в панель управления системного администратора](#)

Рисунок 6 – Рейтинг бакалавров (специалистов)

Укажите путь к учебному контенту (название контента должно полностью совпадать с названием предыдущей версии данного контента, а объемом файла не должен превышать 8 Мб):

Обзор... Загрузить

**Учебные контенты**

Код файла	Назначение	Путь к файлу	Предмет
1	лекции по СУБД	files/lek_subd.rar	Системы управления БД

**Предмет**

Код предмета	Полное наименование	Назначение	Семестр	Код специальности	Код преподавателя
1	Системы управления БД		1	2	80

**Пользователи**

Логин	Пароль	Код статуса	Имя, отчество	Фамилия	Код пользователя
saubanov	Saub20	2	Вадим Сафуанович	Саубанов	20
kostjukova	Kost30	2	Татьяна Петровна	Костюкова	30
filosova	Fil40	2	Елена Ивановна	Филосова	40
fandrova	Fan50	2	Людмила Петровна	Фандрова	50
sobko	Sob60	2	Сергей Николаевич	Собко	60
lisenko	Lis70	2	Ирина Алексеевна	Лысенко	70
martinov	Mart80	2	Виталий Владимирович	Мартынов	80
lehmus	leh90	2	Михаил Юрьевич	Лехмус	90
shirayev	Sh100	1	Олег Валерьевич	Ширяев	100
kulchihina	Kul110	4	Роза Мидхатовна	Кульчижина	110

\* код статуса = 1 - Системный администратор; 2 - Преподаватель; 3 - Гость; 4 - Сотрудник приемной комиссии.

Рисунок 7 – Работа с учебным контентом

В формировании потребностей в восполнении/освоении тех или иных компетентностей главную роль играют следующие факторы:

- содержание потребности как владение сведениями о тематике, содержании, форме, количестве, а также существование требуемой информации;
- существование потребности как возникновение нужды на знания, необходимые для осуществления профессиональной/социальной деятельности, ощущение нехватки информации для формирования требуемых знаний, умений, навыков и попытка ликвидации этой нехватки;
- существование информационного потенциала как осознание субъектом факта нехватки информации, владение необходимым знанием для определения недостаточной информации.

Обучение магистранта преследует конкретные, жизненно важные для обучающегося цели, ориентированные на выполнение им социальных ролей или совершенствование личности; оно строится с учетом профессиональной, социальной, бытовой деятельности обучающегося и его пространственных, временных, профессиональных, бытовых факторов (условий).

Поступление в магистратуру связано с окружающими будущего магистра стремлениями к карьерному росту, причем не только к повышению в должности на рабочем месте, но и к пониманию своих возможностей (способностей), а также к применению высокотехнологичного оборудования. А стремление к приобретению новых компетенций – это признак того, что человек не останавливается в своем развитии. Главная мотивация при этом – получение новых необходимых знаний и навыков.

Таким образом, подготовка магистрантов, отвечающих современным постоянно изменяющимся требованиям, является актуальной задачей.

Описание процесса подготовки магистрантов на языке теории множеств может быть представлено следующим образом:

$$\forall M_{i,k} \exists UP_k,$$

где  $M_{i,k}$  – множество магистрантов;  $UP_k$  – множество учебных планов.

Каждый  $i$ -й магистрант, обучающийся по  $k$ -у учебному плану, должен полностью его выполнить, чтобы получить академическую степень магистра.

Декомпозируем процесс подготовки магистрантов до составляющих дисциплин:

$$\forall M_{i,k} \exists UP_k \supset D_{j,k},$$

где  $M_{i,k}$  – множество магистрантов;  $UP_k$  – множество учебных планов;  $D_{j,k}$  – подмножество дисциплин из учебного плана.

Каждый  $i$ -й магистрант, обучающийся по  $k$ -у учебному плану, должен освоить  $j$ -ю дисциплину из  $k$ -го учебного плана с положительной оценкой. Траектория обучения формируется, исходя из перечня дисциплин, количества лекционных и практических занятий, лабораторных работ, графика учебных работ и т.д.

$$\forall M_{i,k} \exists ((l_{nl,j} \wedge pr_{npr,j} \wedge lr_{nlr,j} \wedge kon_{nkonl,j} \wedge k_{nk,j}) \subset D_{j,k}) \subset UP_k,$$

где  $M_{i,k}$  – множество магистрантов;  $UP_k$  – множество учебных планов;  $D_{j,k}$  – подмножество дисциплин из учебного плана;  $l_{nl,j}$  – подмножество лекций  $j$ -ой дисциплины;  $pr_{npr,j}$  – подмножество практических занятий  $j$ -ой дисциплины;  $lr_{nlr,j}$  – подмножество лабораторных работ  $j$ -ой дисциплины;  $kon_{nkonl,j}$  – подмножество консультаций по курсовым проектам и диссертациям  $j$ -ой дисциплины;  $k_{nk,j}$  – подмножество видов контроля полученных знаний магистрантом  $j$ -ой дисциплины.

Ограничениями (или областью решения) будут являться положительные оценки по дисциплинам, требования к профессорско-преподавательскому составу (степень, должность и т.д.), требования к информационному обеспечению, требования к материально-техническому обеспечению.

Для выполнения учебного плана и получения академической степени магистра необходимо завершить все этапы магистерской подготовки с положительным результатом. Завершение каждого этапа магистерской подготовки характеризуется контролем полученных знаний в виде традиционного контроля знаний или же с использованием модульно-рейтинговой системы.

Итоговая рейтинговая оценка магистранта по дисциплине ( $IR_{i,j}$ ), приведенная к единой шкале, определяется по формуле:

$$IR_{i,j} = TK_{i,j} + RK_{i,j} + SRM_{i,j} + PK_{i,j},$$

где  $TK_{i,j}$  – рейтинговая оценка за текущий контроль знаний;  $RK_{i,j}$  – рейтинговая оценка за рубежный контроль знаний;  $SRM_{i,j}$  – рейтинговая оценка за самостоятельную работу магистранта;  $PK_{i,j}$  – рейтинговая оценка за промежуточный контроль знаний.

Итоговая рейтинговая оценка магистранта соответствует компетенциям, которые магистрант должен получить в процессе подготовки, и должна стремиться к максимуму:

$$\sum IR_{i,j} \rightarrow \max.$$

Для расчета интегрального показателя ( $IIR_i$ ), отражающего рейтинг каждого магистранта, используется метод сумм. Метод сумм является одним из методов детерминированного комплексного оценивания. Недостатком метода сумм является возможность высокой оценки результатов по интегральному показателю при значительном отставании по какому-либо частному показателю, которое покрывается за счет высоких

достижений по другим частным показателям. Однако другие методы детерминированного комплексного оценивания (сумм мест, геометрической средней, весовых коэффициентов) эффективнее для других анализируемых областей и в данном случае менее подходящие, чем метод сумм.

$$IR_i = \sum IR_{i,j} * w_j,$$

где  $IR_{i,j}$  – итоговая рейтинговая оценка  $i$ -го магистранта по  $j$ -ой дисциплине;  $w_j$  – вес (значимость) итоговой рейтинговой оценки  $j$ -ой дисциплине.

Значение весов  $w_j$  рассчитывается следующим образом:

$$w_j = \frac{rp_{j,k}}{\sum rp_{j,k}},$$

где  $rp_{j,k}$  – ранг, поставленный  $k$ -м экспертом  $j$ -му показателю.

Наши исследования показали, что основной целью высшего учебного заведения является выпуск с максимальными интегральными показателями всех магистров, причем количество выпускников должно стремиться к количеству абитуриентов, поступивших в магистратуру. При этом компетенции выпускников должны быть не ниже уровня, предусмотренного образовательной программой.

Широкое распространение онтологий для моделирования предметных областей автоматизированных информационных систем связано с тем, что разработанная онтологическая модель позволяет разработать модель метаданных, что, в свою очередь, значительно улучшает использование системы широким кругом пользователей с точки зрения организации взаимодействия. В соответствии с этим ставится задача построения онтологической модели предметной области автоматизированной информационной системы для поддержки образовательного процесса подготовки магистров.

Процесс передачи знаний  $P$  в образовательном процессе может быть описан так:

$$P: M \Rightarrow K(M_j, S).$$

Интерпретируется как изменение состояния компетенций  $K$  под воздействием совокупности учебного контента  $M$ , обусловленное ситуацией  $S$ :

- процесс передачи знаний, «обусловленный отсутствием памяти»  $P: M \Rightarrow K(S)$ ;
- процесс передачи знаний, «обусловленный наличием памяти»  $P: M \Rightarrow K(M_j, S)$ .

На рисунке 8 представлена онтология образовательного процесса подготовки магистрантов.

При использовании автоматизированной системы вся информация хранится в базе данных, что обеспечивает быстрый доступ к нужным документам.

Формальная модель онтологии информационной системы представлена следующим образом (рис. 9):

$$M = \{X, R, E, F\},$$

где  $X$  – множество концептов, представляющих собой самостоятельные единицы компетенций, осваиваемые получателем. Каждый концепт обладает именем, кратким описанием, гипертекстами, тестовыми вопросами различных типов. Все концепты разделяются на два основных типа:

- концепты-понятия, составляющие предметное содержание знаний, хранимых в БЗ;
- концепты-термины, образующие язык или языки описания понятий информационной системы (например, концепту-понятию «цель» в русском языке соответствуют концепты-термины «цель», «задача, в английском – «goal», «objective», «purpose», «target»);

где  $R$  – множество отношений, попарно связывающих концепты между собой. Отношения между концептами определяют возможные пути движения по содержанию и подразделяются на несколько типов:

- отношения, связывающие между собой понятия, которые используются для построения иерархии понятий, а также для связи различных деревьев понятий между собой;
- отношения, связывающие между собой термины и обусловленные языковыми особенностями, которые образуют семантическую сеть;
- отношения, связывающие термины с понятиями и обусловленные использованием тех или иных языковых единиц (терминов) для описания понятий.

$E$  – множество оценок, которые имеют дискретный характер, при этом используется градация, полученная экспертным путем (служит для описания совокупности знаний  $M_i$ ).

$F$  – множество функций интерпретации, которые позволяют интерпретировать различные познавательные сущности и сопоставлять им концепты из  $X$  (позволяют связать когнитивную и онтологическую модели).

Словарь терминов в определенной прикладной области, тезаурус со своими понятиями (концептами) и связи, которые определяют термины естественного языка, рассматриваются как онтологии.

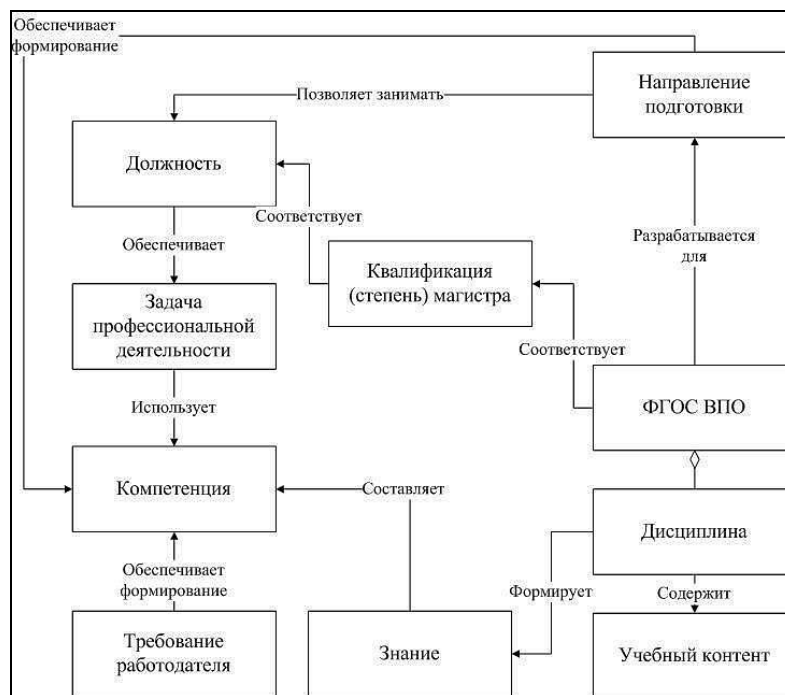


Рисунок 8 – Онтология образовательного процесса подготовки магистрантов

С помощью свободно распространяемого редактора онтологий Protege для разработки онтологии образовательного процесса подготовки магистрантов была создана иерархия классов и подклассов данной предметной области (рис. 10).

При помощи плагина OntoGraf, входящего в комплекс Protege, визуализирована онтология образовательного процесса подготовки магистрантов (рис. 11).

В результате моделирования:

- разработано онтологическое представление компонентов модели знаний каждой квалификационной группой магистрантов (КГМ);



- установлены связи между онтологическими представлениями компонентов модели компетенций КГМ;
- разработано представление модели знаний КГМ для решения задач автоматизированной информационной системы на основе онтологического подхода.

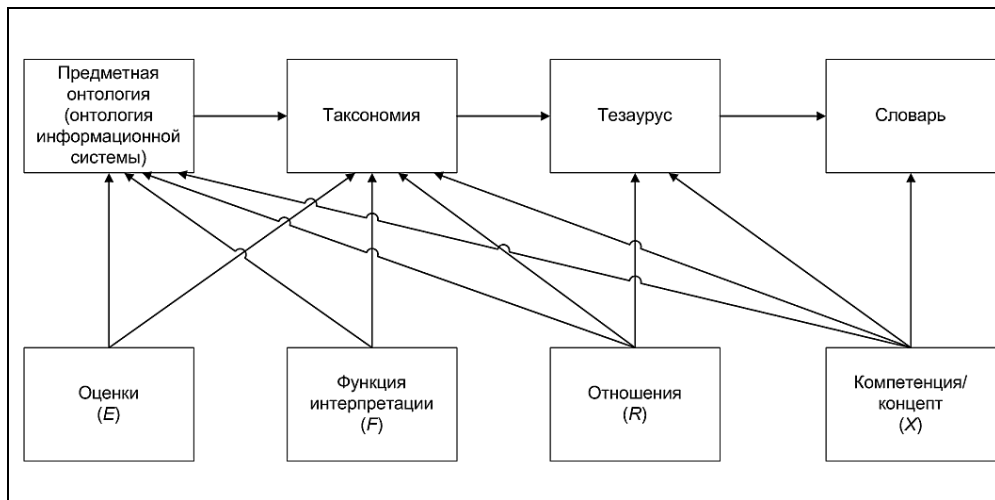


Рисунок 9 – Формальная модель онтологии информационной системы

Описанная выше онтологическая модель позволяет разработать модель метаданных, что значительно улучшает использование системы широким кругом пользователей с точки зрения организации взаимодействия [5].

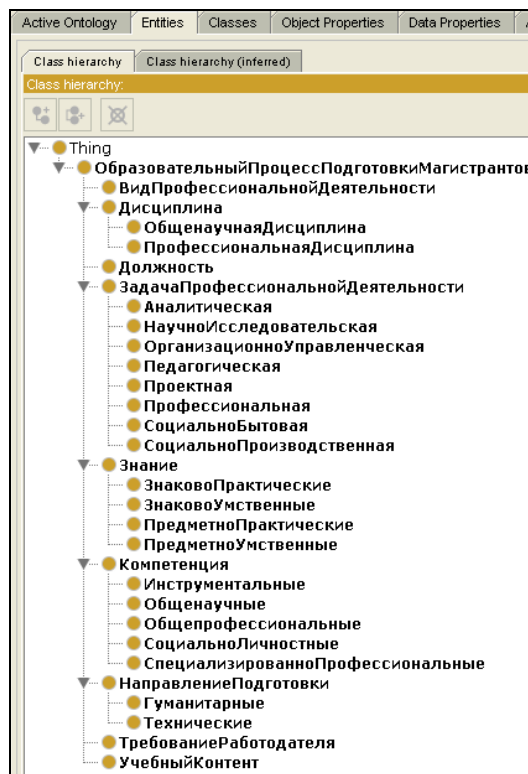
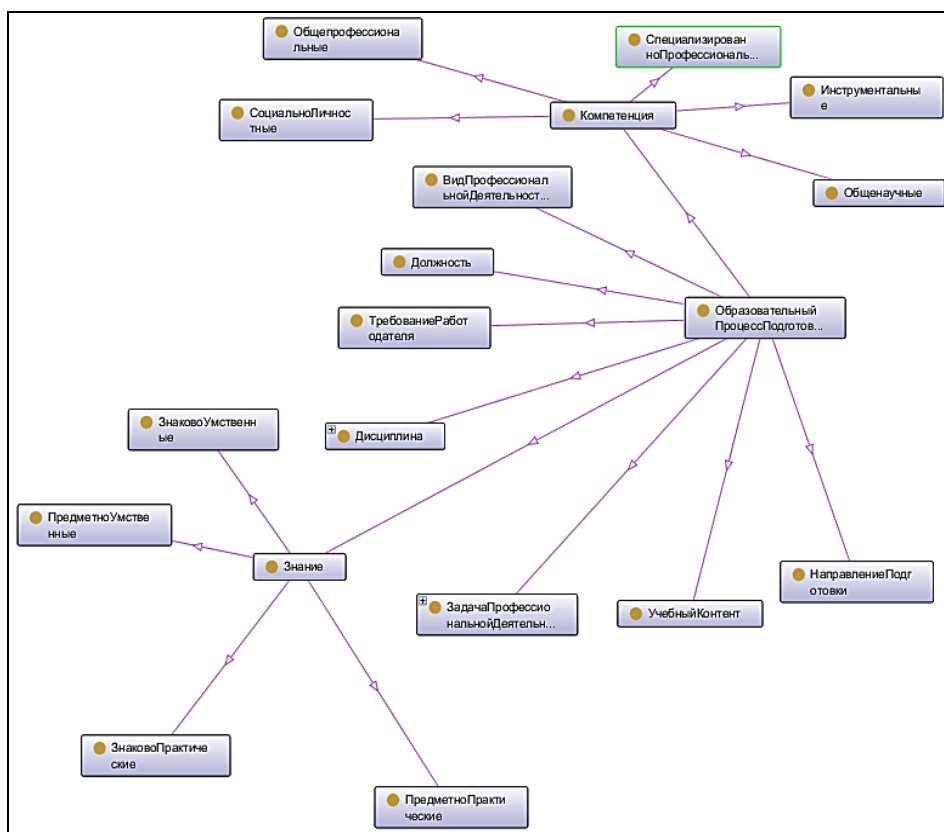


Рисунок 10 – Таксономия образовательного процесса подготовки магистров



**Рисунок 11 – Фрагмент визуализации онтологии образовательного процесса подготовки магистрантов**

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Послание президента федеральному собранию [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/news/19825#sel=> (дата обращения: 06.01.2014).
2. Ширяев О.В. Применение системы информационного сопровождения как средства повышения эффективности подготовки магистрантов на кафедре экономической информатики. // Международная молодежная конференция «Прикладная математика, управление и информатика», 2012. – Том 2. – С. 305-308.
3. Костюкова Т.П., Ширяев О.В. Информационная система учебно-методического комплекса (УМК) по дисциплине «Экспертные системы принятия решений» // РФ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014613477. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 27 марта 2014 года.
4. Shiryayev O.V. The system of information support of graduate students' training in the university // Proc. 14th Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT'2012, (Ufa - Hamburg – Norwegian Fjords, September 20-26, 2012). – Vol. 2. – P. 196-198.
5. Shiryayev O.V., Martynov V.V. The ontological approach to the development of the training undergraduate's information support system// Proceedings of the Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2014), Sheffield, England, September 16-22, 2014. – Vol. 1. – Ufa State Aviation Technical University, 2014. – P. 190-194.

**Костюкова Татьяна Петровна**

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа  
 Доктор технических наук, профессор кафедры экономической информатики  
 E-mail: ktp@ufanet.ru

**Мартынов Виталий Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа  
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической информатики  
E-mail: martynov@rb.ru

**Ширяев Олег Валерьевич**

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа  
Аспирант кафедры экономической информатики  
E-mail: oleg\_shiryayev@bk.ru

---

*T.P. KOSTYUKOVA (Doctor of Engineering Science, Professor of the Department of Economic Informatics)*

*V.V. MARTYNOV (Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Department of Economic Informatics)*

*O.V. SHIRYAYEV (Post-graduate Student of the Department of Economic Informatics)  
Ufa State Aviation Technical University, Ufa*

**THE ONTOLOGICAL MODEL OF EDUCATIONAL PROCESS  
OF TRAINING UNDERGRADUATES**

*This paper describes an ontological model of the educational process of training undergraduates. Discusses the implementation of the information support system of training undergraduates based on the developed models and algorithms. Propose a mathematical model of training undergraduates.*

**Keywords:** *ontology; education; information technology.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Poslanie prezidenta federal'nomu sobraniyu [E'lektronny'j resurs]. – URL: [http://www.kremlin.ru/news/19825#sel=\(data obrashheniya: 06.01.2014\)](http://www.kremlin.ru/news/19825#sel=(data+obrashheniya:06.01.2014)).
2. Shiryayev O.V. Primenenie sistemy' informacionnogo soprovozhdeniya kak sredstva pov'ysheniya e'ffektivnosti podgotovki magistrantov na kafedre e'konomicheskoy informatiki // Mezhdunarodnaya molodezhnaya konferenciya «Prikladnaya matematika, upravlenie i informatika», 2012. – Tom 2. – S. 305-308.
3. Kostyukova T.P., Shiryayev O.V. Informacionnaya sistema uchebno-metodicheskogo kompleksa (UMK) po discipline «E'kspertny'e sistemy' prinyatiya reshenij» // RF. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy' dlya E'VM №2014613477. Zaregistrirvano v Reestre programm dlya E'VM 27 marta 2014 goda.
4. Shiryayev O.V. The system of information support of graduate students' training in the university // Proc. 14th Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT'2012, (Ufa - Hamburg – Norwegian Fjords, September 20-26, 2012). – Vol. 2. – P. 196-198.
5. Shiryayev O.V., Martynov V.V. The ontological approach to the development of the training undergraduate's information support system// Proceedings of the Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2014), Sheffield, England, September 16-22, 2014. – Vol. 1. – Ufa State Aviation Technical University, 2014. – P. 190-194.

УДК 004.9

А.С. КУЗНЕЦОВ

**АКТУАЛЬНОСТЬ И ПУТИ РЕШЕНИЯ  
ПРОБЛЕМЫ УНИФИКАЦИИ ФОРМАТА  
ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ КОНЕЧНЫХ ДАННЫХ  
В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ**

*В статье проводится анализ типовых форматов и способов вывода конечных результатов работы систем автоматизированного планирования. Описываются их достоинства, недостатки и обосновывается необходимость перехода данных систем на использование специализированного стандарта CalDAV, обеспечивающего полноценный многопользовательский и кроссплатформенный доступ к данным.*

***Ключевые слова:** информационные технологии; автоматизированные системы управления; системы автоматизированного планирования; CalDAV.*

Бурное развитие информационных технологий за последнее десятилетие открыло большие возможности перед человечеством в области хранения, обработки и передачи больших объемов информации. Повседневное применение этих достижений практически во всех сферах деятельности человека позволяет высоко оценить их значимость.

Большую роль в повышении эффективности управленческой деятельности сегодня отводят именно информационным технологиям. Автоматизированные системы управления (АСУ) применяются в различных отраслях промышленности, энергетике, транспорте, образовании и т.п. Несколько особняком стоят системы поддержки принятия решений (СППР), обеспечивающие помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности.

В классическом представлении функции АСУ в общем случае включают в себя следующие элементы (действия) [1]:

- планирование и (или) прогнозирование;
- учет, контроль, анализ;
- координацию и (или) регулирование.

Одной из типовых задач планирования является задача составления расписания проведения каких-либо технологических операций или иных мероприятий. В этом случае конечным продуктом модуля планирования АСУ становится многомерный массив данных, представляющий собой привязку тех или иных мероприятий с различными параметрами к определенному времени начала и окончания из выполнения. Формат данных этого массива определяется внутренними требованиями АСУ в случае их дальнейшего использования внутри системы или конвертации их в набор управляющих инструкций. В случае, если конечным пользователем является человек, данные должны удовлетворять требованиям удобства использования и наглядности их представления.

Как показывает практика, конечный вид результатов планирования сильно зависит от возможностей экспорта используемой в АСУ системы управления базами данных (СУБД). Самый простой и часто используемый способ вывода данных из СУБД – это экспорт в файл. Разнообразии форматов файлов, поддерживаемых различными СУБД, достаточно велико, особенно если учесть то, что большинство систем рекомендуют использовать свой собственный формат ввиду уникальных особенностей архитектуры построения БД. Однако для конечного пользователя редко необходимо знание всего спектра служебной информации БД, предоставляемого в случае её полного экспорта.

Довольно часто при экспорте информации из БД используют ее табличное представление. Одним из самых универсальных решений является формат csv, в котором каждая строка файла – это одна строка таблицы, а значения отдельных колонок разделяются запятыми. Данный формат снискал большую популярность из-за своей простоты и поддерживается большим числом как проприетарных, так и свободных редакторов, таких, как Microsoft Excel, Numbers, CSVed, LibreOffice Calc, Google Docs, Блокнот.

Однако минимализм и простота одновременно являются и крупным недостатком этого формата, так как конечное представление данных должно быть наглядным и удобным для использования. Исходя из этого, предполагается введение дополнительного шага ручной обработки полученных данных для приведения его в требуемый вид и перевода его в другой формат для сохранения форматирования.

Важным аспектом эффективного использования результатов автоматизированного планирования является необходимость его своевременного доведения, в том числе и до удаленных исполнителей, не имеющих возможности ознакомления с его физической копией. В рассматриваемом классическом случае наиболее рационально было бы использовать ресурсы имеющейся корпоративной или глобальной компьютерной сети для передачи сформированного файла.

Описанный выше цикл является типовым для большого количества предприятий, использующих системы автоматизированного планирования. В качестве наглядного примера можно привести деятельность учебных заведений по составлению и доведению расписаний учебных занятий до учащихся и преподавателей.

Всеобщая информатизация и повсеместное использование Интернета заставили большинство учебных заведений иметь и осуществлять поддержку своих веб-сайтов. Размещение различного рода справочной информации, в том числе и расписания учебных занятий, значительно упростило жизнь всем участникам учебного процесса.

Проведенный анализ ряда веб-сайтов учебных заведений показал, что чаще всего на них размещаются доступные для скачивания табличные или текстовые файлы с расписанием. Отдельные учебные заведения даже позволяют проводить сортировку данных в зависимости от выбранного типа пользователя (преподаватель/учащийся) и вывод данных расписания в окне веб-браузера без использования стороннего ПО и необходимости скачивания файлов расписания.

Рассмотренные решения отчасти решают задачу наглядности и задачу удобства представления. Однако в условиях бурного развития современной техники задача доступа к данным вырастает из рамок использования одного лишь персонального компьютера (ПК). Телефоны, планшетные компьютеры и другие разновидности этих устройств имеют возможности доступа к Интернету. Мобильность и легкость использования данных устройств, а также их растущий функционал способен уже частично заменить ПК для решения некоторых задач пользователей. Так, по данным прогноза аналитической компании Gartner [2], рынок ПК показывает значительный спад на фоне быстрого роста продаж мобильных устройств (рис. 1).

Поддержка возможности доступа к информационным ресурсам с помощью мобильных устройств на сегодняшний день является одним из основных требований к проектированию любых информационных систем.

К сожалению, проведенный выше анализ технологий и форматов, используемых для вывода данных систем автоматизированного планирования, неприемлем ввиду неудобства или даже невозможности использования данной информации на планшетных компьютерах или мобильных телефонах ввиду особенностей операционных систем, недоступности

программного обеспечения и конструктивных особенностей устройств (небольшой размер экрана, неудобство навигации и т.д.).

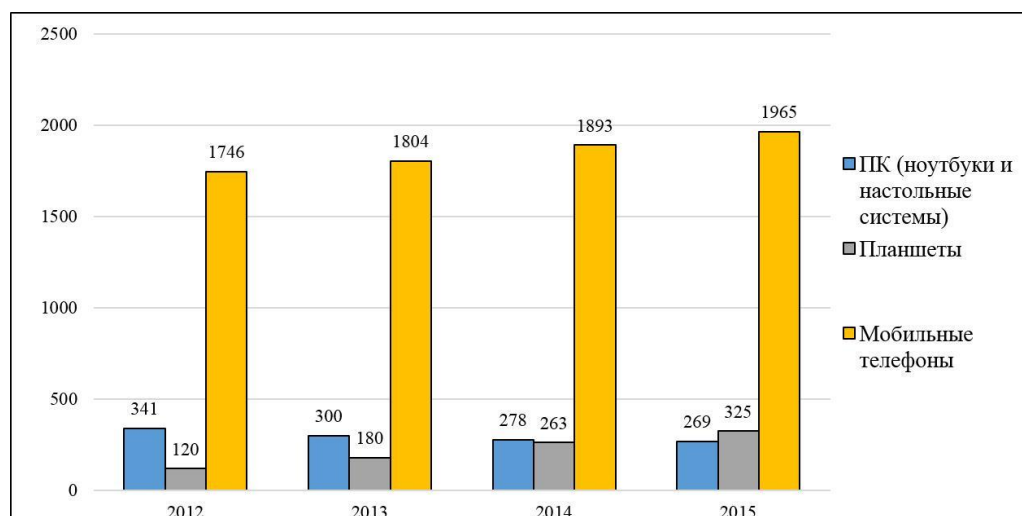


Рисунок 1 – Число проданных устройств в тыс. шт. по оценкам компании Gartner

Однако помимо недостатков, связанных с визуальной составляющей файловой и браузерной форм вывода данных, существует проблема синхронизации данных. В условиях возможных корректировок конечный пользователь при использовании этих способов вывода должен самостоятельно обновлять страницу или скачивать файл расписания заново, при этом отсутствует механизм какого-либо автоматизированного оповещения об изменениях.

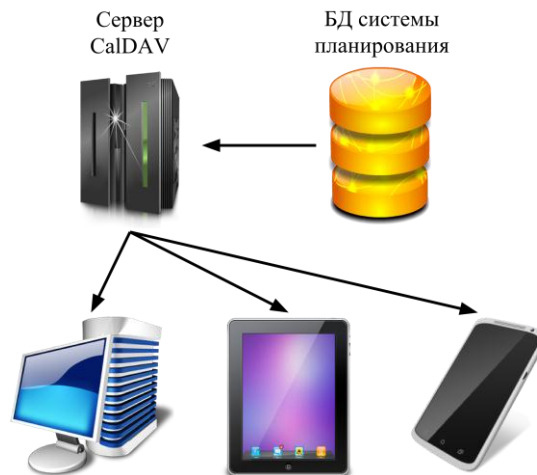
Решением описанных выше и многих других проблем, возникающих при использовании конечных данных систем автоматизированного планирования, является внедрение и использование специализированных решений, стандартизированных именно для этих целей. Наиболее продвинутым решением в области организации многопользовательского удаленного доступа к данным планирования является стандарт CalDAV [3]. Данный стандарт был опубликован в 2007 инженерным советом Интернета (Internet Engineering Task Force – IETF), приобрел большую популярность и на сегодняшний день активно используется чаще всего для личного пользования в качестве электронного ежедневника.

Основным преимуществом, которое имеет стандарт CalDAV перед классическими форматами, является большой выбор клиентских приложений для любых мобильных и стационарных платформ. Во многих мобильных операционных системах, таких, как, например, iOS и Android, поддержка данного стандарта включена по умолчанию.

Суть работы стандарта CalDAV заключается в том, что на сервере с установленным функционалом осуществляется хранение информации о запланированных мероприятиях, причем каждое мероприятие имеет стандартизированный набор параметров, таких, как:

1. Дата.
2. Время.
3. Место.
4. Примечания.

Клиентское устройство при подключении к серверу получает необходимые ему мероприятия, выгруженные из БД системы планирования в БД сервера CalDAV зависимости от введенных авторизационных данных, что позволяет избежать путаницы и снимает с пользователя необходимость самостоятельного выбора нужной ему информации (рис. 2).



**Рисунок 2 – Схема доступа к данным системы автоматизированного планирования при использовании стандарта CalDAV**

Помимо удобства доступа, процедура авторизации позволяет реализовать процедуры по поддержанию необходимого уровня информационной безопасности на уровне самого стандарта. CalDAV работает поверх протокола HTTP, что дает возможность не менять стандартные настройки систем безопасности для работы по сети, так как информационный обмен клиентской стороны с сервером не будет принципиально отличаться от просмотра веб-страницы в браузере.

Таким образом, использование специализированного стандарта CalDAV позволяет полностью решить описанные в статье проблемы типовых способов и форматов вывода данных систем автоматизированного планирования и может обеспечить полноценный многопользовательский кроссплатформенный доступ к данным. Исходя из этого, можно сделать вывод о целесообразности построения включения требования поддержки данного стандарта при проектировании новых АСУ и модернизации старых с целью повышения эффективности от ее использования на предприятиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 24.103-84. «Автоматизированные системы управления. Основные положения».
2. Gartner Says Worldwide Traditional PC, Tablet, Ultramobile and Mobile Phone Shipments On Pace to Grow 7.6 Percent in 2014 [Электронный ресурс] – URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2645115> (дата обращения: 24.09.2014).
3. Calendaring Extensions to WebDAV (CalDAV) [Электронный ресурс] – URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc4791> (дата обращения: 24.09.2014).

**Кузнецов Андрей Сергеевич**

Орловский юридический институт МВД России им. В.В. Лукьянова, г. Орел

Преподаватель

Тел.: 8 953 618 59 63

E-mail: kuznetsov\_as@bk.ru

A.S. KUZNECOV (Teacher)

Law Institute of the Russian Interior Ministry named V.V. Luk'yanov, Orel

**RELEVANCE AND SOLUTIONS PROBLEM OF UNIFICATION OF FORMATS FOR PRESENTATION OF FINAL DATA IN COMPUTER-AIDED PLANNING SYSTEMS**

*The article is devoted to the analysis of standard formats and output the final results of automated planning. Describes their advantages, disadvantages and the necessity of migration of these systems to use a specialized CalDAV standard, providing a full multiuser cross-platform data access.*

**Keywords:** *information technology; industrial control systems; automated planning systems; CalDAV.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. GOST 24.103-84. «Avtomatizirovanny'e sistemy' upravleniya. Osnovny'e polozeniya».
2. Gartner Says Worldwide Traditional PC, Tablet, Ultramobile and Mobile Phone Shipments On Pace to Grow 7.6 Percent in 2014 [E'lektronny'j resurs] – URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2645115> (data obrashheniya: 24.09.2014).
3. Calendaring Extensions to WebDAV (CalDAV) [E'lektronny'j resurs] – URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc4791> (data obrashheniya: 24.09.2014).



УДК 004.942

Д.Ю. НЕЧАЕВ

## СИНТЕЗ УПРАВЛЕНИЯ ПОВЕДЕНИЕМ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ПОЛИФУРКАЦИОННЫХ КОНФЛИКТОВ

*Предложено авторское решение задачи управления полифуркационным конфликтом с позиций выхода обобщенного параметра эффективности за пределы критических значений контролируемых параметров.*

**Ключевые слова:** управление; конфликт; безопасность; защита; информация; формализация.

В течение последних лет на территории Российской Федерации отмечается сложная криминогенная обстановка в сфере ИТКТ. Преступления в этой сфере включают в себя следующие виды:

- неправомерный доступ к информационным ресурсам (порталам, сайтам) государственных, общественных и коммерческих организаций;
- блокирование работы ИТС (отдельных информационных ресурсов) государственных, общественных и коммерческих организаций;
- создание, использование и распространение вредоносных программ для СВТ;
- преднамеренная постановка различного рода помех в каналах связи.

Значительную опасность представляют намеренные и непреднамеренные утечки конфиденциальной информации.

За 2013 год аналитическим центром компании Infowatch зафиксирован 801 инцидент, связанный с утечками конфиденциальной информации. База данных по утечкам пополняется специалистами компании с 2004 года и включает инциденты от злонамеренных или неосторожных действий сотрудников, опубликованные в СМИ. Учет количества утечек и даты фиксируются по публикации в открытых источниках (СМИ, блоги, форумы). Классификация инцидентов осуществляется по следующим атрибутам:

- тип организации;
- сфера деятельности;
- тип утечки;
- финансовый ущерб.

Специалисты компании подтверждают, что реальное количество утечек на порядок больше и данные в открытых источниках составляют не более 5% от общего числа. В РФ продолжается рост числа утечек (+1% АПП).

Мнимое снижение темпов роста числа утечек связано не столько с эффективностью средств защиты, сколько с сокрытием собственниками и управленцами компаний информации об инциденте по причине ее негативного влияния на деловую репутацию. Положительное влияние оказывает и внедрение систем защиты информации на объектах. В данной статье определена адекватность применения авторской методологии анализа геометрической структуры развитой системы базисных отношений конфликта (РССБОК) в целях обеспечения информационной безопасности. С этих позиций нас интересуют источники утечек информации. По данным Infowanh, динамика роста утечки информации в коммерческих структурах доминирует. При этом злонамеренные утечки уже вполне соизмеримы со случайными – 45% / 45%. Это требует от собственника интенсификации внедрения все более сложных мер защиты. Рост сервисов ИТКТ, числа каналов

информационного обмена и их доступности, массовое использование цифровых устройств связи и управления, телеметрии, автоматики и средств коммуникации ведет к усложнению программно-аппаратных комплексов защиты информации. Среда утечек (канал) с этих позиций является важнейшей характеристикой, имеющей практическое приложение как при проектировании, так и при эксплуатации систем защиты информации (СЗИ).

Анализ тенденций по данному признаку показал, что актуальной проблемой является утечка по каналам мобильных устройств (ноутбуки, смартфоны, съемные носители). Суммарное число утечек по данному каналу составило 20% (АПГ +4,2%). Таким образом, по типам утечек актуализируется вопрос реализации технических и организационных мер по контролю за мобильными носителями с секретной, конфиденциальной, коммерческой, персональной информацией во всех учреждениях и организациях России. При этом наибольшую ликвидность имеют персональные данные, данные, содержащие коммерческую и тем более государственную тайну, похищаются «на заказ». Таким образом, СЗИ получают все большее распространение не только в государственном секторе, но и в коммерческих структурах. СЗИ также дают возможность провести качественное расследование инцидента и собрать доказательную базу для представления обоснованных требований по возмещению ущерба.

Но снижение риска реализации угроз информационным ресурсам требуют все более сложных средств и технологий защиты, гибко адаптируемых под нужды хозяйствующих субъектов самых разных направлений. Таким образом, обоснованность выбора, экономическое обоснование набора средств защиты становятся более все актуальными задачами для представителей ЛПР во всех сферах жизнедеятельности общества. В том числе все чаще этот выбор приходится делать ЛПР, не имеющим специальных знаний в области СЗИ, привлекая специалистов без возможности оценки эффективности и полноты предложенных решений. ЛПР, инвестирующий в СЗИ, имеет актуальную задачу оценить достаточность принятых мер по обеспечению безопасности данных при их обработке в информационных системах управляемого объекта.

Безопасность в рамках исследования с позиций СЗИ определяется как такое состояние информационных ресурсов и систем, при котором с требуемым уровнем обеспечивается защита от утечки, хищения, утраты, несанкционированного доступа, несанкционированных действий, уничтожения, модификации, копирования, тиражирования, блокирования доступа и пр. Достижение абсолютной безопасности при абсолютной и относительной исчерпаемости ресурсов в системе невозможно. Далее исследуются лишь состояния гарантированного в рамках финансирования со стороны служб и систем безопасности состояния защищенности по контролируемым параметрам РССБОК.

С учетом выработанных автором правил построения РССБОК предполагается, что состояние защищенности характеризуется значениями параметров контролируемых процессов, своевременным и надежным выполнением функций элементами и подсистемами технологических процессов, оперативности и эффективности реакций и действий служб и СЗИ. При этом антагонизм СЗИ и ИС, а также иерархическое различие потенциалов элементов, подсистем, систем и надсистем потребовало решения задачи о нахождении с позиций целостности формы обобщенной пары полиномов, определяющих потенциал опасности комплекса НОТ в технологическом процессе и потенциал иерархической СЗИ.

С учетом авторских базовых инвариантов связей и дискретных морфологий РССБОК предположено, что максимально возможная защищенность в системе отражается в РССБОК как состояние симметрии каждой тройки антагонистов теоретико-графовой модели и параллельность связей между элементами. Подтверждение этого предположения потребовало провести промежуточные исследования, связанные с нахождением обобщенной

траектории антагонистов в РССБОК и переходом в  $n$ -мерное пространство. В соответствии с поставленной задачей проведено формальное обоснование предположения, что антагонистические подсистемы РССБОК обладают некоторой обобщенной траекторией в системном времени. Доказательство приведено в виде теоремы о защищенности системы и управляемости динамического процесса обеспечения безопасности по некоторому обобщенному параметру.

Частными случаями обобщенного параметра могут быть, например, эффективность управления, мера неопределенности в системе, количество ресурсов, которые должны быть привлечены для ликвидации последствий чрезвычайной ситуации в следующий момент времени, оперативность и эффективность функционирования, экономическая эффективность, близость к цели и т.п. Для описания динамики изучаемой системы используется дискретное (системное) время, определенное временем опроса извещателей, датчиков технических систем (либо заданным субъектом, либо нормами шагов).

Моделирование динамики изменения обобщенного параметра изучаемой системы ведется с позиции того, что исследуемая система обладает свойством конечного последствия. Условие конечного последствия означает, в частности, что значение обобщенного параметра системы в последующий момент времени, таким образом, может быть найдено как произведение значения параметра в текущий момент времени и значения некоторой рациональной функции (то есть отношения двух полиномов) в текущий момент времени. Данная рациональная функция однозначно определяется степенями и коэффициентами полиномов, задающих ее числитель и знаменатель.

Очевидно, что для различных систем динамика разных параметров может описываться различными рациональными функциями. Чтобы подчеркнуть высокую степень универсальности развитого в настоящем исследовании метода, в данном разделе дается общее решение задачи для произвольной связывающей рациональной функции.

Подобные задачи проанализированы во множестве реальных иерархических систем, деятельность которых связана с оперативным, рационально дискретным управлением процессами с учетом делегирования полномочий в принятии решений по иерархии или центрам ответственности. В таких системах иерархический субъект управления низшего по отношению к вышеразмещенному иерархическому уровню  $СУ_{y1}$  обладает некоторой свободой в принятии решений по целеустановкам управляемого им объекта управления ( $ОУ_{y1}$ ) и распределении ресурсного обеспечения. Ресурсное обеспечение вводится в оборот с учетом динамик управляемых процессов, нагрузки создаваемой в подсистеме на каждый элемент, а также требований по оперативности и эффективности функционирования.

С этих позиций би- или полифуркация ассоциируется не только с позицией выхода контролируемого обобщенного параметра эффективности за пределы критических значений и конфликта, но и с позицией перераспределения нагрузки. Здесь уместна ассоциация с рядом практических задач:

**Задача 1.** Распределение работ и, соответственно, нагрузки по подчиненным  $СУ_{y1}$  объектам управления для целей безотказности, устойчивости, определения оптимального состава исполнителей, выравнивания нагрузки между исполнителями, обеспечения непрерывности процесса, одновременности выполнения и пр. Таким образом,  $СУ_{y1}$  имеет возможность повысить вероятность целедостижения не только за счет выбора единичной бесконфликтной траектории из множества возможных, но и возможность распределить работы между элементами  $ОУ_{y1}$  с учетом множества бесконфликтных траекторий в ансамбле.

**Задача 2.** Своевременность перехода управления на расположенный выше иерархический уровень с задействованием большего объема ресурсов в зависимости от

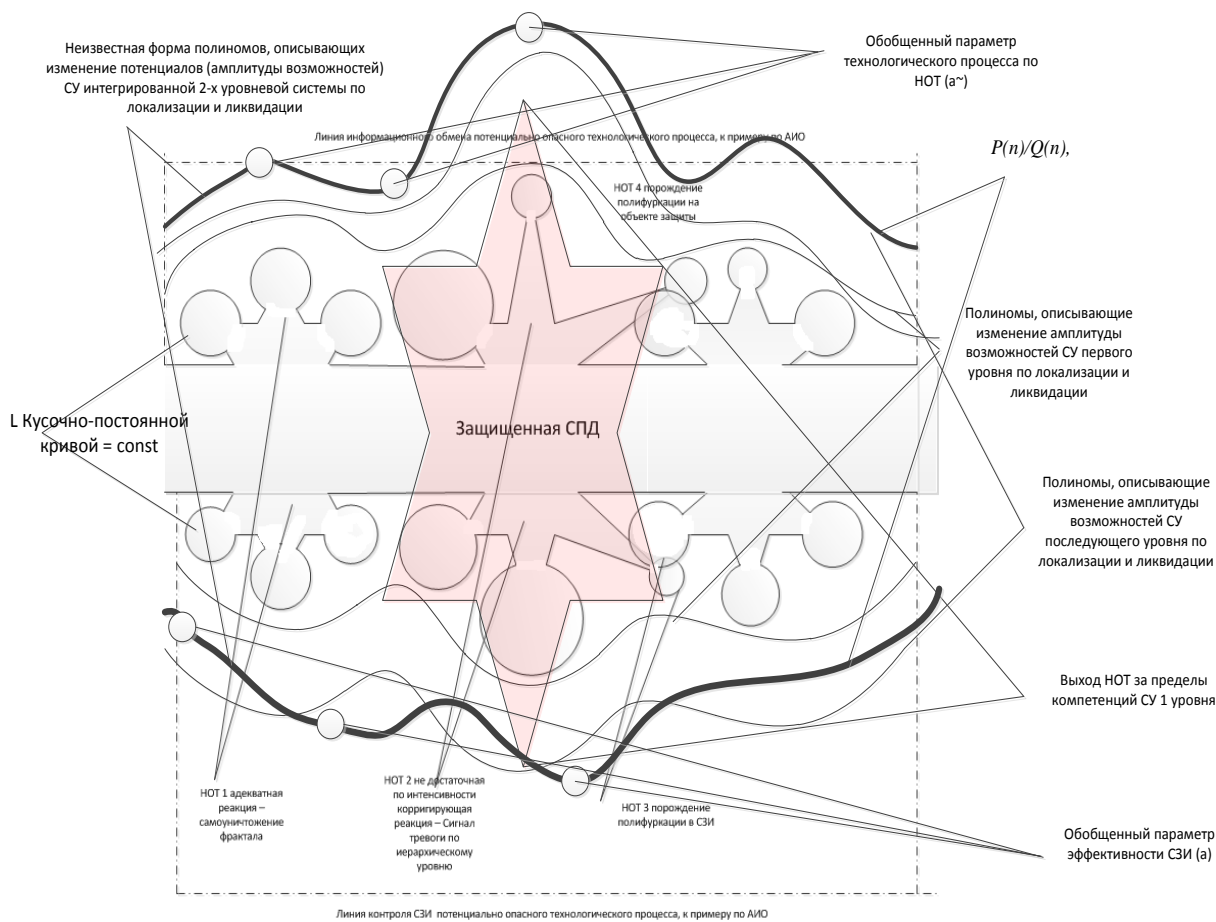
уровня перехода по иерархии.

**Задача 3.** Задача связана с реструктуризацией бизнес-процессов, организационных, управленческих, функциональных, технических структур в реальном секторе экономики и оперативных службах.

**Задача 4.** Задача обеспечения требуемых уровней оперативности и эффективности, надежности, устойчивости, жизнестойкости функционирования системы.

Подобные задачи хорошо формализуемы и доведены до уровней практических методик автором в ряде работ учебной и практической направленности для множества отраслей и сфер жизнедеятельности общества без учета синтеза в иерархии [1]. Исследование комплексных систем потребовало доказательства возможности синтеза траекторий, описывающих динамику изменения контролируемого СУ<sub>yi</sub> обобщенного параметра в некоторой общей зависимости, позволяющей определить состояние системы в каждый дискретный момент времени заданный субъектами управления.

Обозначим через  $a_n$  (рис. 1) значение обобщенного параметра, отражающего поведение социально-экономической системы.



**Рисунок 1 – Постановка задачи определения формы полиномов по обобщенному параметру эффективности (a) в иерархической СЗИ с позиций целостности**

В качестве такого показателя в данном случае принята эффективность<sup>1</sup> поведения ЛПР СУ<sub>yi</sub> в процессе целедостижения в некоторые дискретные моменты времени  $t_n$ ,  $n=0,1,2, \dots$ , определяемые:

<sup>1</sup> От лат effectus – исполнение.

- точками фуркаций по иерархии управления, которые связаны с исчерпываемостью потенциала иерархического СУ<sub>y1</sub>;
- точками внеплановых контролей со стороны более высокого иерархического СУ<sub>y2</sub>;
- моментом истечения системного времени, отпущенного иерархическим СУ<sub>yi</sub> на целедостижение.

Принятый обобщенный показатель эффективности  $R(n)$  определяется рациональной<sup>2</sup> функцией вида:

$$R(n)=P(n)/Q(n), \quad (1)$$

где в числителе определен обобщенный результат деятельности  $P(n)$ , а в знаменателе – обобщенные издержки СУ<sub>yi</sub> возможных уровней на его достижение. Далее рассматривается класс систем с конечным последствием, то есть эффективность в следующий промежуток времени за временем контроля зависит от предыдущих значений  $R(n)$  – действий СЗИ по обеспечению, к примеру, режима. Свойство конечного последствия означает, что существует некоторая рациональная функция  $R(n)=P(n)/Q(n)$ , такая, что  $a_{n+1} = R(n)a_n$ , для всех  $n=0,1,2,\dots$ . Таким образом, требуется проведение исследования данного рекуррентного соотношения, описанного в первой главе в морфологии РССБОК и отраженного в матрицах функционалов групп условных эквивалентностей с включением родовидовых отношений, ассоциаций и сочетаний конфликта ГУЭК РССБОК. Из рис. 5 видно, что состояние СУ<sub>y1</sub> в части эффективности зависит от потенциала НОТ, возникающих в защищаемом технологическом процессе СУ<sub>yi</sub>. Таким образом, для анализа этой зависимости возможно использовать метод производящих функций.

Соответственно, мы вправе рассмотреть (формальный) степенной ряд  $y(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ . Рекуррентное соотношение  $a_{n+1} = R(n) a_n$  в терминах производящей функции означает, что она является формальным решением следующего обыкновенного линейного дифференциального уравнения с полиномиальными коэффициентами:

$$xP\left(x \frac{d}{dx}\right)y(x) - Q\left(x \frac{d}{dx}\right)y(x) = 0. \quad (2)$$

Здесь  $P, Q$  – некоторые полиномы, которые определяются параметрами изучаемой системы. В нашем случае это динамика технологического процесса собственника и деятельности СЗИ. Таким образом, задача изучения свойств решений данного линейного обыкновенного дифференциального уравнения является важной с позиций:

1. Оценки эффективности СУ<sub>y1</sub> в контрольные промежутки плановых и внеплановых проверок надсистемой с целью своевременности обнаружения отклонения траектории (хоть и находящейся в нормальном относительно СУ<sub>y1</sub> состоянии, но уже предостепенной по возможностям СУ<sub>y1</sub>) задачи раннего обнаружения и профилактики возникновения ЧС.
2. При оценке эффективности целедостижения СУ<sub>y1</sub>.
3. При прогнозировании и в процессе свободного выбора приемлемой альтернативы поведения СУ<sub>y1</sub> и СУ<sub>yi</sub>.

Замкнутость предложенной топологической векторного пространства конфликтных и бесконфликтных траекторий целевой функции обосновывает возможность применения методов операторной алгебры использующих некоммутативные кольца, так как при использовании операторной алгебры требуется замкнутость относительно некоторой операторной топологии. Таким образом, целесообразно исследование алгебры операторов вида:

<sup>2</sup> Функция, содержащая переменную величину в знаменателе, рациональная. Чтобы найти область определения рациональной функции, надо выполнить правило «Знаменатель не должен равняться нулю».

$$\sum_{k \geq 0} \frac{a_k}{k!} \left(x \frac{d}{dx}\right)^k, \quad (3)$$

для выявления некоторых ее свойств в процессах решения задач управления, описанных выше.

Результатом этого изучения является построение последовательности аналитических на  $R$  функций  $\{f_n\}_{n=0}^{\infty}$ , образующих базис в пространстве аналитических функций и определяющих стратегию управления обеспечением безопасности в организационных системах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нечаев Д.Ю. Морфологические и математические основы синтеза управления поведением сложных систем в условиях полифуркационных конфликтов: монография. – М.: Московские учебники – СиДиПресс, 2010. – 94 с.

**Нечаев Дмитрий Юрьевич**

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

Кандидат технических наук, доцент кафедры информатики

E-mail: dimuray@mail.ru

---

D.Yu. NEChAEV (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor of the Department of Informatics*)  
*Russian University of Economics named Plekhanov*

#### SYNTHESIS CONTROL THE BEHAVIOR OF ORGANIZATIONAL SYSTEMS POLIFURCATION CONFLICTS

*The author suggests his own solution of the problem management polyfurfurational conflict with the positions of the output of the generalized parameter of efficiency beyond the critical values of monitored parameters.*

**Keywords:** *governance; conflict; security; protection; information; formalization.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Nechaev D.Yu. Morfologicheskie i matematicheskie osnovy' sinteza upravleniya povedeniem slozhny'x sistem v usloviyax polifurfuratsionny'x konfliktov: monografiya. – M.: Moskovskie uchebniki – SiDiPress, 2010. – 94 с.

УДК 004.167.7

О.Н. ПОЛУХИН, М.Ю. РЫТОВ, О.В. ТРЕТЬЯКОВ

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ  
АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

*Рассмотрены перспективы и основные направления совершенствования аппаратных средств вычислительной техники в контексте развития нанотехнологий. Показана роль современных фундаментальных исследований в решении проблем записи и хранения информации, миниатюризации полупроводниковых устройств.*

**Ключевые слова:** философия науки и техники; нанотехнологии; аппаратные средства вычислительной техники.

Современные средства вычислительной техники относятся к сложным социотехническим системам. Исследование перспектив их развития может ориентироваться на оценку вероятного (при условии сохранения наблюдаемых тенденций) и желательного (при условии заранее заданных норм) состояний данного объекта с целью оптимизации принимаемых решений. Представляется, что развитие современной электроники продолжает традиционно идти по пути минимизации размеров составляющих компонентов. В настоящее время классические методы такого производства подходят к своему естественному экономическому и технологическому барьерам. Уменьшение размеров устройств происходит незначительно при экспоненциальном увеличении экономических затрат. Одним из возможных путей преодоления этого технического барьера является внедрение нанотехнологий, появление которых связано как с изменением пути развития научного знания (переходом развития науки от пути анализа к пути синтеза), так и с расшифровкой атомно-молекулярного строения веществ.

Нанотехнология, с одной стороны, представляет собой комплекс научных знаний, объектом которого являются фундаментальные и прикладные исследования, изучающие свойства наноструктур, закономерности их формирования и функционирования, с другой стороны, нанотехнология – базирующийся на научных результатах нанотехнологических исследований набор конкретных технологий и методик, основанных на манипуляциях с объектами, один из размеров которых лежит в области 1-100 нанометров, где  $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м} = 10 \text{ ангстрем}$ .

Выделяются следующие особенности нанотехнологий:

1) при работе с малыми размерами объектов проявляются квантовые эффекты и эффекты межмолекулярных взаимодействий, такие, как Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия (силы межмолекулярного взаимодействия, возникающие при поляризации молекул и образования диполей);

2) при создании модифицированных материалов (наноматериалов), представляющих собой материалы, разработанные на основе добавления наночастиц, проявляются их уникальные характеристики, вытекающие из микроскопических размеров их составляющих;

3) изменение химических и физических свойств вещества, имеющего размерность до 100 нм, в том числе:

- уменьшение температуры плавления на сотни градусов;
- повышение поверхностной энергии;

– увеличение прочности наноструктурного материала в два-три раза от его макроструктурированного аналога;

– увеличение износостойкости материалов в несколько раз при добавлении менее 1% наноконпонентов от веса материалов, т.е. получение модифицированных материалов, таких, как полимеры, резина, металл, керамика и другие материалов с улучшенными характеристиками.

Выделяют такие типы наноматериалов, как нанопористые структуры, наночастицы, нанотрубки и нановолокна, нанодисперсии, наноструктурированные поверхности и пленки, нанокристаллы и нанокластеры [1].

Углеродные нанотрубки перспективны для применения при:

- разработке полупроводниковой техники;
- преобразовании и модификации полупроводниковых структур в нанометровом масштабе путем введения в углеродные нанотрубки различных веществ;
- создании низкотемпературных катодов, что позволит понизить прилагаемое напряжение в электронно-лучевых трубках Брауна примерно до 500 В. В настоящее время, как известно, эти трубки с подогреваемым катодом работают в бытовых телевизорах при очень высоком напряжении (около 10 кВ) и большом потреблении электроэнергии;
- создании устройств обработки, в том числе хранения информации и других устройств [2].

Перспективным направлением развития аппаратных средств вычислительной техники является использование нанотехнологий в решении проблем записи и хранения информации. Известно, что плотность записи информации на драйверах жестких дисков в последние годы возрастает почти с постоянной скоростью примерно на 80-100% в год, однако сейчас уже намечаются некоторые принципиальные ограничения такого непрерывного увеличения. Это обусловлено тем, что на магнитном носителе запись одного бита информации связана с использованием, по крайней мере, одного магнитного домена, размер и форма которых меняются в широких пределах. Поэтому магнитная дорожка записи информации, определяемая границами доменов, представляет собой ломаную (зигзагообразную) линию, что при воспроизведении записи является постоянным источником шумов.

Повышение плотности записи требует, с одной стороны, уменьшения размера магнитного доменов (МД) на поверхности носителя, а с другой – создания более «гладких» или прямолинейных границ между МД (кристаллитами среды). Уменьшение размеров МД приведет лишь к усилению роли тепловых флуктуации. В результате магнитная запись станет еще менее надежной для воспроизведения (для обеспечения высокой надежности записи информации требуется, чтобы на поверхности носителя каждому биту соответствовали десять МД).

Это ограничение можно преодолеть за счет использования новых сред из более мелких и более упорядоченных МД, т.е. за счет новых методов структурирования записывающей среды. Одним из путей решения этой задачи является создание запоминающих пленок с МД одинаковых размеров и формы, что позволило бы создать запись, в которой одному биту информации будет соответствовать один магнитный домен.

В настоящее время уже известна [3] среда, в которой плотность магнитной записи достигнута в пределах 300 гигабит/кв. дюйм за счет создания массивов, называемых решетками из магнитных доменов-кристаллитов одинакового размера. В ходе записи происходит намагничивание каждого кристаллита отдельно. Периодичность решетки составляет около 150 нм, диаметр каждого кристаллита равен 80 нм, а высота – 40 нм.

Этот результат открывает путь к крупномасштабному производству дешевых средств магнитной записи с высокой плотностью, хотя задача в целом еще требует решения ряда технических проблем, в частности, разработки считывающей головки для воспроизведения



записи и так далее. При уменьшении размера кристаллитов до 10 нм плотность записи может быть доведена до 1 терабит/кв. дюйм.

С другой стороны, в оптических записывающих устройствах при высокой плотности записи информации порядка десятков гигабит/кв. дюйм считывание информации становится невозможным. Существующая техника записи лазерным лучом позволяет довести плотность записи до 40 гигабит/кв. дюйм, однако ее применение связано с дополнительными сложностями и ограничениями.

Одним из путей увеличения плотности записи является использование методов записи информации, основанных на оптическом излучении ближнего поля, которое имеет очень малую длину волны и, соответственно, формирует очень малую территориально-пространственную область записи информации в цифровой форме.

По определению излучение ближнего поля – это квазистационарное электромагнитное поле, возникающее на поверхности образца и распространяемое на расстоянии до  $0,16\lambda$ . При этом длина волны возникающего излучения намного короче, чем у источника облучения.

Повышение плотности записи обусловлено тем, что для записи 1 бита информации требуется значительно меньшая площадь на диске.

При этой технологии, основанной на использовании таких локальных «световых пятен», можно повысить плотность записи примерно в 1000 раз по сравнению с существующими системами записи.

Воздействия светового пятна на поверхность материала, представляющего записывающую среду, обуславливают возникновение в нем изменяющихся физико-химических процессов, которые и обеспечивают запись информации, соответствующей, например, 1 биту.

Основным элементом записывающей системы является сужающееся, заостренное оптическое волокно, в острие которого проделано отверстие с диаметром в несколько десятков нм, что значительно меньше длины световой волны, используемой при облучении. «Наконечник» или острие такого оптического волокна движется над плоскостью записывающего диска на расстоянии всего 10-20 нм. При освещении поверхности лазерным лучом через отверстие в обратном направлении «просачивается» излучение ближнего поля. Размеры этого отверстия примерно в 10 раз меньше длины облучающей волны.

В качестве процессов записи информации в среде могут использоваться показатели фазовых изменений, локальных изменений направлений намагниченности, изменения коэффициента преломления среды и другие.

При считывании поверхность должна облучаться волнами, длина которых соответствует излучению ближнего поля, которые после обычного процесса дифракции будут регистрироваться собирающими линзами и фотоумножителями. Практически процесс считывания совпадает с описанным выше сканированием поверхности оптическими микроскопами ближнего поля.

Пространственная разрешающая способность процессов записи и воспроизведения информации описанным методом определяется размерами отверстия на острие оптического волокна, которое должно быть значительно меньше длины волны облучающего излучения. Использование этого метода позволяет обойти обычные дифракционные ограничения и получить запись с плотностью порядка 1 терабит/кв. дюйм.

Недостатками данного метода являются, во-первых, сложность регистрации излучения ближнего поля, поступающего через входное отверстие на заострении волокна, которое обычно имеет ничтожно малую интенсивность из-за низкого коэффициента пропускания, что создает проблему повышения скорости записи и считывания информации в

устройствах такого типа. Вторым недостатком – значительное снижение интенсивности излучения по мере удаления поверхности [3].

Решение проблемы записи и хранения информации может быть достигнуто путем управления доменной структурой вещества с помощью электрического поля.

В настоящее время для магнитной записи информации используются магнитные поля, создаваемые электрическими токами в катушках магнитных головок записи данных на жестких дисках или в проводящих шинах магнитной памяти произвольного доступа MRAM.

Для повышения плотности записи информации необходимо уменьшение размеров доменов. Но чем меньше размер доменов, тем более они подвержены тепловым флуктуациям, что может привести к случайному перемагничиванию доменов и, следовательно, к ошибкам записи информации. Чтобы избежать случайного перемагничивания, необходимо использовать материалы с большими пороговыми значениями магнитных полей переключения, что требует больших токов в цепях электромагнитных головок записи и, следовательно, значительных размеров проводников. С другой стороны, миниатюризация устройств предполагает уменьшение поперечных размеров проводников. Оба этих фактора приводят к недопустимому увеличению плотности электрического тока в материале проводника, т.е. к значительному энергопотреблению [4].

Решение этих проблем возможно на основе использования непосредственного воздействия электрического поля на магнитные свойства материала, как это происходит в магнитоэлектриках, за исключением того, что практическое использование магнитоэлектриков затруднено необходимостью использования низких температур. Для технологии, основанной на использовании непосредственного воздействия электрического поля на магнитные свойства материала, нужный эффект достигается при комнатных температурах.

При снятии напряжения доменная граница подобно оттянутой струне возвращается в исходное положение равновесия. При определенных условиях такие изменения, происходящие за счет так называемого «электрического иглоукалывания», остаются необратимы. Т.е. доменные границы как бы застывают после электрического воздействия в новых положениях. Это подтверждает факт и возможность записи информации с помощью электрического поля. Такое наблюдается при высоких напряжениях (около 1,5 кВ).

В настоящее время ведутся работы по снижению значения этого напряжения. При уменьшении радиуса кривизны электрода до нанометровых размеров управляющие напряжения уменьшаются до величин порядка одного вольта.

Уменьшения управляющих напряжений до 10 В удалось достичь в композитных материалах, представляющих собой «сэндвичи» из множества слоев, включающих кремниевую подложку, платиновые электроды, пластинку пьезоэлектрика и магнитную пленку поверх всей структуры. При подаче напряжения 10 В между электродами пластинка пьезоэлектрика деформировалась и в магнитной пленке возникали механические изменения, которые вследствие явления магнитострикции приводили к перестройке микромагнитной структуры образца. При снятии напряжения доменный узор возвращался к исходной конфигурации.

Отметим, что в случае композитного материала электрическая и магнитная подсистемы пространственно разделены, а их взаимодействие определяется качеством поверхностей раздела слоев. Шероховатая поверхность приводит к довольно сложной конфигурации магнитных полей рассеяния. Этим и объясняется замысловатый характер доменных структур в магнитной пленке композита, а также то, что в различных областях образца магнитная структура изменяется по-разному.

Значительно лучших результатов в плане контроля поверхностей удалось достичь при изготовлении гетероструктур на основе магнитоэлектрика феррита висмута и ферромагнитного сплава. В них удастся управлять намагниченностью феррита кобальта с помощью электрического поля. Это стало возможным потому, что феррит висмута обладает сегнетоэлектрическим и антиферромагнитным упорядочением при комнатных температурах.

Проблема состоит в том, что магнитные моменты антиферромагнитных подрешеток практически полностью компенсируют друг друга и суммарная намагниченность невелика. Усилить ее можно путем напыления поверх кристалла феррита висмута слоя ферромагнетика – феррита кобальта, обменно-связанного с ним так, что переключая электрическим полем электрическую поляризацию феррита висмута и меняя, тем самым, оси анизотропии, можно поворачивать спины антиферромагнитных подрешеток, значит, можно посредством обменной связи слоев управлять большой намагниченностью в слое феррита кобальта.

Механизм действия большинства полупроводниковых устройств и приборов, например, широко распространенных транзисторов и других, основан на регулировании потока электронов, т.е. создании процесса «включено – выключено». Транзисторы имеют в настоящее время размеры в несколько мкм и управляют движением «потока», содержащего от сотен тысяч до 1 миллиона электронов. Перспективным направлением совершенствования аппаратных средств вычислительной техники является разработка малоэлектронных (возможно, одноэлектронных) транзисторов, в управлении которыми используется принцип квантовой точки.

Квантовая точка – некоторая искусственно созданная область вещества, представляющая трехмерную структуру с размерами в несколько десятков нанометров, способная удерживать электроны, что обеспечивает возможность их хранения в небольших количествах. Квантовые точки управляют движением лишь очень небольшого числа электронов вплоть до управления одиночными электронами. Важной особенностью технологий, основанных на квантовой точке, является то, что они могут образовываться в результате процессов самосборки.

Использование малоэлектронных транзисторов обеспечит существенную миниатюризацию полупроводниковых устройств, снижение их энергопотребления, создание приборов и устройств совершенно новых типов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Третьяков Ю.Д. Проблема развития нанотехнологии в России и за рубежом // Альтернативная энергетика и экология, 2007. – № 1(45). – С. 13-19.
2. Waldner Jean-Baptiste. Nanocomputers and Swarm Intelligence. – N.Y.: Wiley-Blackwell, 2008. – 288 p.
3. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию: пер. с японск. – 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 134 с.
4. Seel Peter Benjamin. Digital Universe: The Global Telecommunication Revolution. – N.Y.: Wiley-Blackwell, 2012. – 278 p.

### **Полухин Олег Николаевич**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород

Доктор политических наук, профессор, ректор

Тел.: 8 (4722) 30-12-11

E-mail: Rector@bsu.edu.ru

### **Рытов Михаил Юрьевич**

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Системы информационной безопасности»

Тел.: 8 (4832) 58-83-89  
E-mail: rmy@tu-bryansk.ru

**Третьяков Олег Владимирович**  
Академия ФСО России, г. Орел  
Кандидат исторических наук, доцент  
Тел.: 8 903 883 17 37  
E-mail: olegtr02081962@gmail.com

---

**O.N. POLUXIN** (*Doctor of Political Science, Professor, Rector*)  
*Belgorod National Research University, Belgorod*

**M.Yu. RY'TOV** (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor,*  
*Head of the Department «Information security system»*)  
*Bryansk State Technical University, Bryansk*

**O.V. TRET'YaKOV** (*Candidate of Historical Science, Associate Professor*)  
*Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel*

#### **FUNDAMENTAL AND APPLIED ASPECTS OF HARDWARE COMPUTERS**

*The prospects and main lines of improvement of computer engineering hardware in the context of nanotechnology development are described. The role of modern fundamental studies in the area of solving problems of recording and storing information, and semiconductor device miniaturizing is presented.*

**Keywords:** *philosophy of science and technology; nanotechnology; computer hardware.*

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

1. Tret'yakov Yu.D. Problema razvitiya nanotexnologii v Rossii i za rubezhom // *Al'ternativnaya e'nergetika i e'kologiya*, 2007. – № 1(45). – S. 13-19.
2. Waldner Jean-Baptiste. *Nanocomputers and Swarm Intelligence*. – N.Y.: Wiley-Blackwell, 2008. – 288 p.
3. Kobayasi N. *Vvedenie v nanotexnologiyu: per. s yaponsk.* – 2-e izd. – M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2008. – 134 s.
4. Seel Peter Benjamin. *Digital Universe: The Global Telecommunication Revolution*. – N.Y.: Wiley-Blackwell, 2012. – 278 p.

УДК 004.9

Е.Ю. СЕМЕНОВ

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОРГАНАХ

*Проводится анализ современного состояния и перспектив внедрения свободного программного обеспечения в органы государственной власти Российской Федерации. Кроме того, анализируется зарубежный опыт и возможные проблемы, возникающие при его внедрении и использовании.*

**Ключевые слова:** свободное программное обеспечение; открытый код; государственный сектор; информационное общество.

В настоящее время достаточно остро стоит вопрос выбора наиболее подходящего программного обеспечения для органов государственной власти. Очень часто в связи с различными объективными и субъективными условиями возникают ситуации, когда с момента составления технического задания до непосредственной поставки продукта проходит длительное время и сам продукт поставляется уже недостаточно актуальным или с очень маленьким сроком технической поддержки. Отсутствие технической поддержки делает продукт устаревшим и приводит к невозможности его использования на более новых компьютерах из-за несовместимости или соображений безопасности.

Так, например, 8 апреля 2014 года была прекращена поддержка Windows XP. Всем пользователям было рекомендовано переходить на новые версии Windows, естественно, за дополнительную плату. Проблема заключается даже не в том, что нужно приобрести лицензию на каждое рабочее место, а в том, что многие работающие программные продукты не совместимы с более новыми версиями Windows и обновление программного обеспечения во многих случаях требует разработки прикладных решений заново.

Представляется, что внедрение свободного программного обеспечения (СПО) позволит сократить расходы на закупку и содержание информационных систем. СПО – программное обеспечение, пользователи которого имеют права («свободы») на его неограниченную установку, запуск, а также свободное использование, изучение, распространение, изменение (совершенствование) и распространение копий и результатов изменения [1].

Свободное программное обеспечение является достаточно безопасной, надежной и финансово привлекательной платформой для построения информационных систем в государственном секторе, оно обеспечивает технологическую независимость разработки и использования программного обеспечения от монополиста, независимость в выборе аппаратной платформы. Дополнительные плюсы – низкая начальная стоимость оборудования, раннее обнаружение дефектов в программном обеспечении и возможность быстрого их исправления, отсутствие обязательной платы за право использования продуктов.

То есть существует возможность взять за основу программный продукт, имеющий свободную лицензию и открытый исходный код, доработать его под определенные задачи и использовать, сохранив при этом возможность бесплатно получать обновления для его модулей из репозитория СПО. Это применимо и к операционным системам, и к отдельным программным продуктам.

Свободное программное обеспечение использует принципы открытых систем, которые в настоящее время являются основной тенденцией развития области

информационных технологий, систем, а также средств вычислительной техники, поддерживающих эти технологии. Идеологию открытых систем реализуют в своих последних разработках все ведущие фирмы – поставщики средств вычислительной техники, передачи информации, программного обеспечения и разработки прикладных информационных систем [2].

Программное обеспечение с открытым кодом имеет ряд преимуществ перед проприетарным ПО. Во-первых, это дешевизна и антикоррупционность. СПО не требует лицензионных выплат за каждый установленный экземпляр программы. Государство может провести открытый конкурс, однократно заплатить фирме-разработчику за поставку программного обеспечения и затем тиражировать его без ограничений. Таким образом, для обычных пользователей оно будет практически бесплатным. Ожидается, что отсутствие сверхприбылей у разработчиков ПО и прозрачность системы платежей будет способствовать оздоровлению атмосферы на IT-рынке. Во-вторых, СПО более безопасно. Многие проприетарные приложения от известных производителей содержат недокументированные функции, что является потенциальной угрозой. Доступ к исходным кодам программы дает возможность контролировать этот аспект. В-третьих, СПО легко адаптируется: большое количество доступных свободных приложений позволяет приспособлять их под конкретные нужды пользователей и создавать на их основе новые необходимые программы. В-четвертых, использование СПО учитывает национальные интересы. Несмотря на то, что создание свободных программ неотделимо от мирового сообщества разработчиков, сервисные услуги по их адаптации, внедрению, поддержке и развитию оказывают, как правило, национальные фирмы, что более выгодно государству и обществу [3].

Следует отметить, что процесс внедрения и использования СПО в государственных организациях на уровне отдельных государственных организаций и органов местного самоуправления начался давно и активно идет как в зарубежных странах, так и в Российской Федерации. Существуют определенные успехи проникновения СПО и в российский государственный сектор. Одним из самых известных является проект оснащения российских школ решениями на базе открытого исходного кода. Эталонный пакет свободного школьного ПО был создан в конце 2007 года. В течение 2008 года он был доработан и вместе с методическими и справочными материалами и учебными курсами направлен в 50% городских и 20% сельских школ республики Татарстан, Пермского края и Томской области. В этот пакет вошли операционная система Linux, программное обеспечение для создания и редактирования электронных таблиц, презентаций, системы управления базами данных, почтовый клиент, софт для обеспечения безопасности, работы с музыкой, графикой, а также язык программирования Pascal и ряд других программ [4].

Ряд свободных приложений, качество которых уже давно признано на мировом уровне, активно используются практически в каждой организации. Примером может послужить свободный браузер Mozilla Firefox, СУБД MySQL, веб-сервер Apache и прочие широко известные свободные программные продукты. Один из примеров стопроцентно свободного проекта – это дистрибутив GNU/Linux-Debian. Это очень качественный и стабильный продукт, однако он развивается по своим законам, не имеющим ничего общего с потребностями государственных заказчиков Российской Федерации.

Еще один пример успешного внедрения СПО на государственном уровне – дистрибутив Ubuntu Kylin. Эта бесплатная операционная система, сделанная специально для Китая, помимо всех основных элементов, включенных в стандартную поставку Ubuntu, включает в себя свободные программы, созданные специально для жителей Китая.

Представляется, что использование свободного программного обеспечения наряду с отечественным проприетарным программным обеспечением – наиболее эффективный путь

создания российской программной платформы, которая может стать основой возрождения отечественной отрасли программирования, но не стоит рассчитывать на то, что свободный проект будет полностью удовлетворять нуждам государственного заказчика по функциональности, скорости обновлений и качеству поддержки.

Повышенное внимание к данной теме и возможные экономические перспективы привлекли внимание руководства Российской Федерации и в 2010 году был утвержден «План перехода федеральных органов исполнительной власти и федеральных бюджетных учреждений на использование свободного программного обеспечения на 2011-2015 годы» [5]. Документ предусматривал комплекс мероприятий, которые нужно выполнить для развития IT-отрасли в указанный период, однако в Минкомсвязи России столкнулись с рядом сложностей и на данный момент сообщается, что документ нуждается в актуализации.

Существенное уменьшение цены на продукты, к которым уже привыкло подавляющее число государственных служащих – заманчивое предложение, однако при рассмотрении подобных предложений необходимо тщательно оценивать, работают ли они со всеми целями государственного учреждения или всей страны. Например, если для прочтения документов, издаваемых органами государственной власти, необходимо приобрести коммерческую программу (например, Microsoft Word), это вынуждает граждан либо покупать ПО, либо устанавливать нелегальные копии данного коммерческого продукта. Сокращение уровня пиратства и упрощение развития информационного общества посредством использования свободных программных продуктов дает возможность гражданам свободно взаимодействовать с государственными организациями.

Внедрение СПО в госсекторе неизбежно сопряжено с целым рядом проблем. Во-первых, это проблема совместимости решений не только внутри ведомств, но и на межведомственном уровне. Во-вторых, отсутствие государственного репозитория протестированных стандартных решений. В-третьих, отсутствие единой базы данных разработчиков, хорошо зарекомендовавших себя на этом рынке. Кроме того, ведомства, решившиеся на внедрение СПО, неизбежно столкнутся с нехваткой специалистов по внедрению и администрированию, особенно в регионах.

Надо понимать, что СПО во многом является конкурентом ряда коммерческих продуктов, лицензии на которые продаются часто по сильно завышенным ценам. При достаточном развитии свободных программных продуктов в определенной области они могут сильно ограничить сверхприбыли международных IT-корпораций, что они целенаправленно лоббируют.

Планы о создании государственного репозитория свободного программного обеспечения уже заявлены в нормативных правовых актах, однако стоит отметить некоторые основополагающие факторы, способствующие успеху таких репозиторий:

1. В репозитории должны размещаться все приложения, разработанные по заказу органов государственной власти (такие приложения должны разрабатываться только под свободной лицензией), а также свободные приложения общего назначения (операционные системы, СУБД, офисные пакеты), которые отвечают требованиям государственных организаций.

2. Необходимо привлекать государственных служащих к участию в разработке и формированию требований к доработке программных продуктов.

3. Необходимо стимулировать независимых разработчиков к участию в создании и доработке свободного программного обеспечения, входящего в государственный репозиторий. Среди мер поощрения разработчиков может быть предоставление грантов на разработку СПО, предоставление специальных стипендий студентам, участвующим в СПО-проектах, и т.д. [6].

Созданные в соответствии с такими принципами репозитории пополняются, в работе по их обновлению принимает участие сообщество разработчиков, они пользуются популярностью у государственных служащих и действительно приводят к экономии государственного бюджета. Но и в этом случае есть определенный минус – проекты, связанные с СПО, особенно реализуемые на основе исключительно энтузиазма, бывают сильно зависимы от их наиболее активных участников, которые могут сменить работу, эмигрировать, перестать интересоваться проектом, не приносящим им прибыли или морального удовлетворения (например, от использования проекта пользователями). Поэтому при масштабном использовании в органах государственной власти каких-либо свободных программных продуктов государству нужно не только брать эти программные продукты, но и отдавать что-то сообществу – например, гранты на доработку СПО.

Кроме того, могут возникать юридические препятствия перед успешным функционированием фондов ПО и внедрениями СПО. В некоторых неудачных проектах они были связаны с запретом открытой публикации ПО, разработанного за государственный счет, а также с какими-то специфическими требованиями к ПО, используемому в государстве (последнее может быть решено просто доработкой СПО).

Таким образом, качественное внедрение свободного программного обеспечения, безусловно, оказывает положительный эффект, а средства, затрачиваемые при его использовании, инвестируются не в зарубежных производителей проприетарного программного обеспечения и их представителей, а идут на развитие отечественной ИТ-отрасли: на поддержку, внедрение, доработку программного обеспечения, которые обеспечиваются отечественными разработчиками.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свободное программное обеспечение [Электронный ресурс]. – URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Свободное\\_программное\\_обеспечение](http://ru.wikipedia.org/wiki/Свободное_программное_обеспечение) (дата обращения: 24.09.2014).
2. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 54593-2011 «Информационные технологии. Свободное программное обеспечение. Общие положения» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 декабря 2011 г. № 718-ст).
3. Свободное программное обеспечение // Министерство связи и массовых коммуникаций [Электронный ресурс]. – URL: <http://minsvyaz.ru/ru/directions/?direction=29> (дата обращения: 24.09.2014).
4. Рудичева Н. Государство переходит на Linux? [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cnews.ru/reviews/free/gov2009/articles/spo.shtml> (дата обращения: 24.09.2014).
5. Распоряжение Правительства РФ от 17 декабря 2010 г. № 2299-р «Об утверждении плана перехода федеральных органов исполнительной власти и федеральных бюджетных учреждений на использование свободного программного обеспечения на 2011-2015 гг.» // Собрание законодательства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 52 (часть I) ст. 7181.
6. Аронова Л., Матюшонок И. Исследование российского рынка СПО. Часть 3. «Тенденции развития рынка СПО в России» [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.opennet.ru/docs/RUS/fss\\_history3/](http://www.opennet.ru/docs/RUS/fss_history3/) (дата обращения; 24.09.2014).

#### Семенов Евгений Юрьевич

Орловский юридический институт МВД России им. В.В. Лукьянова, г. Орел

Кандидат юридических наук, преподаватель кафедры информационных технологий в деятельности органов внутренних дел

Тел.: (4862) 41-45-50

E-mail: itdovd@gmail.com



E.Yu. SEMYONOV (*Candidate of Engineering Science,  
Teacher of the Department of Information Technologies in the Activities of Internal Affairs*)  
*Law Institute of the Russian Interior Ministry named V.V. Luk'yanov, Orel*

#### PROSPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF FREE SOFTWARE IN GOVERNMENT

*In the article the analysis of modern state and prospects of free software implementation in the Russian Federation government is given. Moreover, the foreign experience the possible problems associated with its implementation and use are analyzed.*

**Keywords:** *free software; open source; government agencies; information society.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Svobodnoe programmnoe obespechenie [E'lektronny'j resurs]. – URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Svobodnoe\\_programmnoe\\_obespechenie](http://ru.wikipedia.org/wiki/Svobodnoe_programmnoe_obespechenie) (data obrashheniya: 24.09.2014).
2. Nacional'ny'j standart RF GOST R 54593-2011 «Informacionny'e tekhnologii. Svobodnoe programmnoe obespechenie. Obshhie polozheniya» (utv. prikazom Federal'nogo agentstva po texnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 6 dekabrya 2011 g. № 718-st).
3. Svobodnoe programmnoe obespechenie // Ministerstvo svyazi i massovy'x kommunikacij [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://minsvyaz.ru/ru/directions/?direction=29> (data obrashheniya: 24.09.2014).
4. Rudicheva N. Gosudarstvo perexodit na Linux? [E'lektronny'j resurs]. – [URL: <http://www.cnews.ru/reviews/free/gov2009/articles/spo.shtml>] (data obrashheniya: 24.09.2014).
5. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 17 dekabrya 2010 g. № 2299-r «Ob utverzhdenii plana perexoda federal'ny'x organov ispolnitel'noj vlasti i federal'ny'x byudzhjetny'x uchrezhdenij na ispol'zovanie svobodnogo programmnoego obespecheniya na 2011-2015 gg.» // Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii ot 27 dekabrya 2010 g. № 52 (chast' I) st. 7181.
6. Aronova L., Matyushonok I. Issledovanie rossijskogo ry'nka SPO. Chast' 3. «Tendencii razvitiya ry'nka SPO v Rossii» [E'lektronny'j resurs]. – URL: [http://www.opennet.ru/docs/RUS/fss\\_history3/](http://www.opennet.ru/docs/RUS/fss_history3/) (data obrashheniya: 24.09.2014).

УДК 658.51:001.891

Д.И. ЗЮЗИН

### АНАЛИЗ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МОДУЛЯХ НАСТРОЙКИ СИСТЕМЫ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

*В работе представлены особенности анализа законов распределения для использования в модулях настройки лингвистического управления.*

**Ключевые слова:** закон распределения; разрядность чисел; модули настройки; система лингвистического управления.

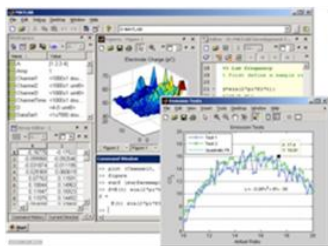
В случае формирования таблицы опыта в системе лингвистического управления может потребоваться взять в качестве показаний датчика значения, полученные с помощью какого-либо закона распределения с конкретными параметрами [2]. Однако просто выбрав какой-либо закон, мы не сможем точно говорить о том, при каких условиях он будет удовлетворять нашим требованиям. При заполнении таблицы опыта не исключены ситуации, что ее объемы могут влиять на конкретные параметры распределения и на конкретное количество целых и дробных разрядов. В одном случае нам достаточно будет взять 1000 значений, при которых мы сможем окончательно идентифицировать распределение, в другом это количество будет слишком мало. Однако уменьшив количество разрядов, мы сможем однозначно говорить о том, какое распределение было использовано. Взяв системное равномерное распределение от 0 до 1, с помощью алгоритмического способа задания закона распределения можно получить случайное значение, которое будет подчиняться определенному закону распределения, на основании которого был построен алгоритм преобразования системного случайного значения. Данное значение может храниться в какой-либо существующей структуре данных, предоставляемой языком программирования. В таком случае разрядности дробной и целой частей будут определены параметрами конкретного типа данных. Например, тип `double` в языке `C#` имеет точность 15-16 знаков [5]. Таким образом, сгенерированные алгоритмическим способом значения без предварительной обработки будут иметь определенные данные в целой и дробной частях, эти данные будут иметь строго определенную размерность. Заменяв тип `double` на `decimal`, можно получить точность уже в 28-29 знаков [6]. Возможна реализация собственного типа данных, который будет содержать большее или неограниченное (ограниченное возможностями памяти) количество знаков. В любом случае, количество разрядов у уже сгенерированной последовательности случайных чисел может быть уменьшено. Таким образом, график, на котором будут отражены все сгенерированные значения, будет видоизменен, так как одинаковых чисел в связи с уменьшением количества разрядов станет больше. Получив такой инструмент, можно с точностью определить тот закон распределения случайной величины и те его параметры, при которых определенное количество элементов выборки будет полностью удовлетворять поставленной задаче моделирования числового сигнала датчика в соответствии с желаемым законом распределения. Программный комплекс, позволяющий выбрать известные распределения, задать их параметры и вывести полученные значения в виде графика, представляет практический интерес для системы лингвистического управления [2], так как может способствовать созданию режимов

имитации заполнения таблицы опыта для последующего моделирования функций лингвистического управления. Предварительный просмотр графика, возможность изменения количества разрядов полученных случайных значений и вывод нового графика позволит получить контроль в каждой точке сгенерированной последовательности случайных величин соответствующего закона распределения.

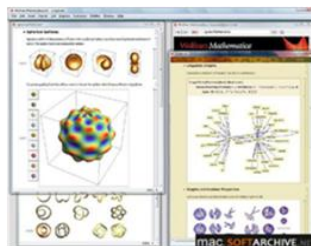
Системы, благодаря которым можно настроить числовой входной сигнал, зачастую идут в составе более емких комплексов, обладающих высокой стоимостью. Общедоступные похожие системы обладают ограниченным функционалом и отсутствием возможности проверки достоверности полученных результатов.

Таким образом, создание средств, благодаря которым можно анализировать законы распределения прежде, чем использовать их в модулях настройки системы лингвистического управления, является актуальным.

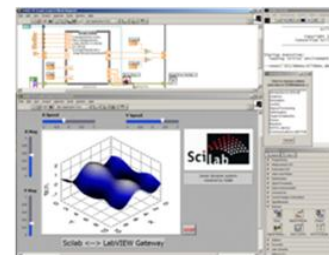
### СУЩЕСТВУЮЩИЕ АНАЛОГИ



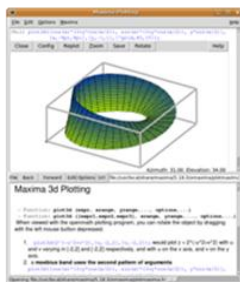
MATLAB



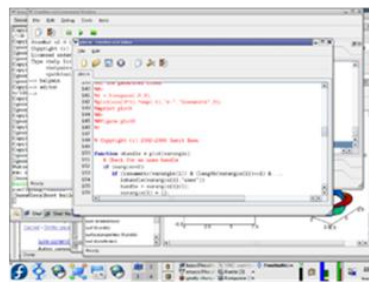
WOLFRAM MATHEMATICA



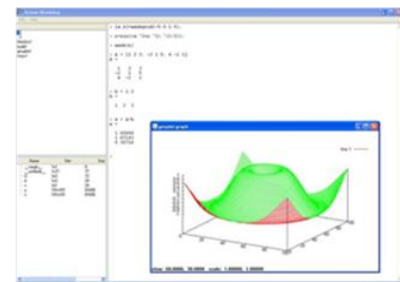
SCILAB



MAXIMA



FREEMAT



GNU OCTAVE

*Рисунок 1 – Программные аналоги*

Представленные программные комплексы (рис. 1) в случае их коммерческого распространения имеют высокую стоимость. В рамках поставленной задачи их функционал слишком велик и не представляет значимого интереса. Русскоязычная поддержка зачастую отсутствует, что предъявляет к лицу, использующему данные комплексы, наряду с умением программировать и знанием особенностей конкретной среды дополнительные требования на знание иностранного языка. Сложность интерфейса, обусловленная большим набором функций, предоставляет широкие возможности для решения тех задач, ради которых данные комплексы были созданы. Однако подключение этих комплексов к сторонним программным продуктам может вызвать дополнительные усилия. В таких условиях их использование требует дополнительной подготовки. Некоторые виды известных распределений в некоторых комплексах отсутствуют. Средства выведения фактических значений в виде

графика не представлены. Нет возможности манипулировать данными конкретной выборки без создания дополнительных оболочек и подключения дополнительных модулей. Программа анализа законов распределения для использования в модулях настройки лингвистического управления в связи с вышеуказанными данными имеет преимущество, т.к. реализует исключительно те функции, которые необходимы для решения конкретных задач. Интерфейс и логика формирования распределений не требуют дополнительных манипуляций.

### СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ



Рисунок 2 – Схема взаимодействия модулей программы



Рисунок 3 – Структура главного модуля



Рисунок 4 – Схема модуля распределений

### ПРИМЕР КОДА ОСНОВНЫХ МОДУЛЕЙ ПРОГРАММЫ

Исходный код структуры файла:

```

using System;using System.Collections.Generic;using System.Linq;using System.Text;
namespace FindRankDistribution
{
    public class DataMain
    {
        /// Путь к файлу
        public String Path = "";
        /// Имя файла
        public String Name = "New Project";
        /// X координаты графиков
        public List<double[]> xList = new List<double[]>();
        /// Y координаты графиков
        public List<double[]> yList = new List<double[]>();
        /// Информация о графиках (распределение, параметры, разрядность)
        public List<string> labelList = new List<string>();
        /// Уникальные значения последнего графика
        public double[] arraysCurrentAdvancedValue;
        /// Соответствующее количество уникальных значений
        public double[] arraysCurrentAdvancedCount;
        /// Значения параметров распределения
        public decimal[] param1 = new decimal[3];
        /// Количество рандомных значений
        public decimal testsCount;
        /// Разрядность целой части
        public decimal IntegerRank;
        /// Разрядность дробной части
        public decimal FractionalRank;
        /// Разрядность целой части для обработки
        public decimal IntegerRankTable;
        /// Разрядность дробной части для обработки
        public decimal FractionalRankTable;
    }
}
  
```

Исходный код пересчета координат и отрисовки нового графика:

```

/// Список информации о графиках (распределение, параметры, разрядность)
List<string> labels = new List<string>();
/// X координаты графиков
List<double[]> xlist = new List<double[]>();
  
```

```

/// Y координаты графиков
List<double[]> ylist = new List<double[]>();
/// Пересчет координат нового графика и его отрисовка
private void NewGraph() {
    /// Выбор распределения и установка параметров
    SetDistribution();
    ///Инициализация массива случайных значений
    double[] arraysCurrentValue = new double[(int)numericUpDownTests.Value];
    ///Установка значения дробных разрядов
    int rank = 15;
    if (numericUpDownFractionalSens.Value >= 0)
        rank = Convert.ToInt32(numericUpDownFractionalSens.Value);
    ///Заполнение массива случайными значениями с учетом указанных разрядов целой
    ///и дробной части
    for (int i = 0; i < numericUpDownTests.Value; i++)
    { double d = formingDistribution.currentDistribution.NextDouble() % Math.Pow(10,
(int)numericUpDownIntegerSens.Value);
        arraysCurrentValue[i] = Math.Round(d, rank); }
    arraysCurrentMainValue = arraysCurrentValue; int i2 = 0;
    ///Подсчет количества повторяющихся значений
    var g = arraysCurrentValue.GroupBy(i => i);
    double[] x = new double[g.Count()];
    double[] y = new double[g.Count()];
    ///Заполнение координат графика
    foreach (var k in g)
    { x[i2] = k.Key;
      y[i2] = k.Count();
      i2++; }
    arraysCurrentAdvancedValue = x;
    arraysCurrentAdvancedCount = y;
    ///Формирование строки с информацией о распределении
    string label = comboBoxDistribution.SelectedItem.ToString();
    for (int index = 0; index < 3; index++)
        { label += (" " + formingDistribution.valueParametr[index]); }
    graphLabel = label;
    label += (" " + numericUpDownIntegerSens.Value.ToString() + "." + rank.ToString() + " ");
    if (labels != null)
        labels.Add(label);
    /// Вывод одного графика на экран
    ShowGraphic(x, y, label);
    xlist.Add(x); ylist.Add(y); x = null; y = null; }

```

Исходный код применения новой разрядной сетки:

```

/// Применение новой разрядной сетки к значениям, заполнение таблицы с данными,
///вывод нового графика
private void buttonChangeValues_Click(object sender, EventArgs e) {
    if (arraysCurrentMainValue != null)
        if (arraysCurrentMainValue.Count() > 0)
            { dataGridViewRandomValuesChange.Rows.Clear();
              double[] arraysChangeAdvancedValue = new
double[arraysCurrentMainValue.Count()];
                int rank = Convert.ToInt32(numericUpDownFractionalRank.Value);
///Заполнение массива новыми значениями с учетом указанных разрядов целой и дробной части
                for (int i = 0; i < arraysCurrentMainValue.Count(); i++)
                    { double d = arraysCurrentMainValue[i] % Math.Pow(10,
(int)numericUpDownIntegerRank.Value);
                      arraysChangeAdvancedValue[i] = Math.Round(d, rank); }
                int i2 = 0; var g = arraysChangeAdvancedValue.GroupBy(i => i);
                double[] x = new double[g.Count()];
                double[] y = new double[g.Count()];

```

```

foreach (var k in g)
{
    x[i2] = k.Key;
    y[i2] = k.Count();
    i2++;
}
string label = graphLabel + " (" +
numericUpDownIntegerRank.Value.ToString() + "." + rank.ToString() + ")";
if (labels != null) labels.Add(label);
/// Вывод одного графика на экран
ShowGraphic(x, y, label);
xlist.Add(x); ylist.Add(y);
///Заполнение таблицы новыми значениями и их количеством
for (int i = 0; i < x.Count(); i++)
{ dataGridViewRandomValuesChange.Rows.Add(i + 1, x[i], y[i]); }
x = null; y = null;
}
}

```

## СКРИНШОТЫ РАБОТАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

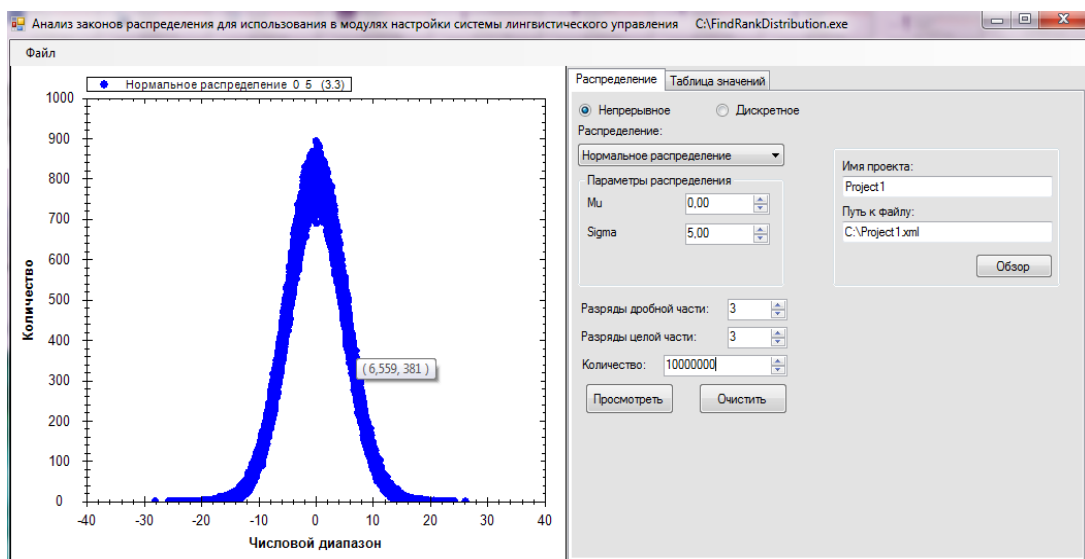


Рисунок 5 – Пример работы программы

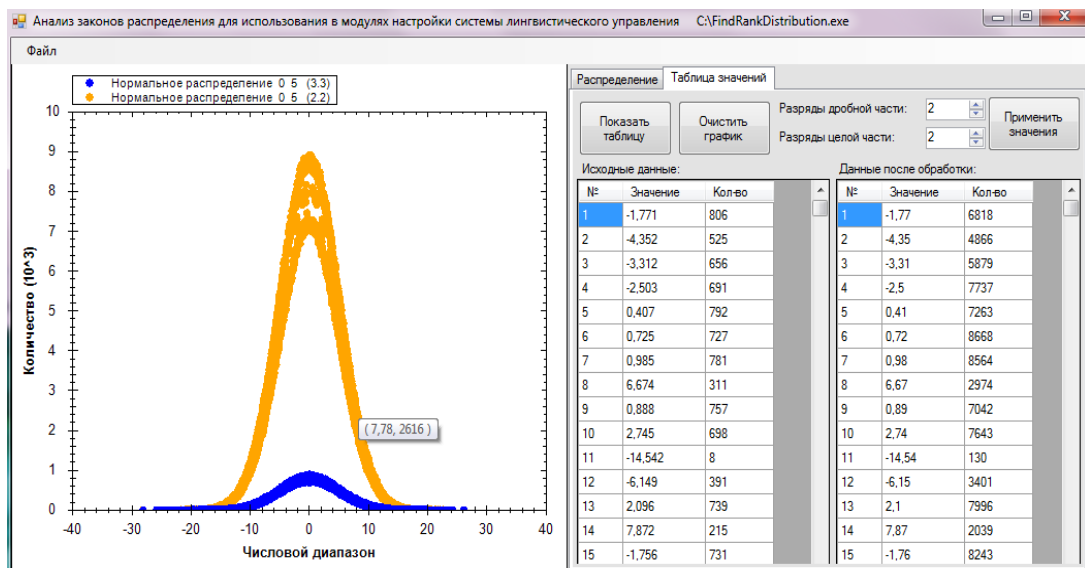


Рисунок 6 – Пример работы программы

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раков В.И. О некоторых преимуществах и возможностях лингвистического управления в интегрированных АСУ // Промышленные АСУ и контроллеры, 2007. – № 2.
2. Раков В.И., Чулков В.О. Нелинейность инфографического моделирования в управлении интеллектуальными инженерными объектами / под редакцией проф. В.О. Чулкова. – М.: Изд-во «Св-АРГУС», 2006. – 256 с.
3. Раков В.И. Вопросы лингвистического управления при проектировании интегрированных АСУ // Промышленные АСУ и контроллеры, 2006. – № 9.
4. Овчинников В.Г. Методология проектирования автоматизированных информационных систем. Основы системного подхода. – М.: Компания Спутник +, 2005.
5. [Электронный ресурс]. – URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/678hzkk9.aspx>.
6. [Электронный ресурс]. – URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/364x0z75.aspx>.

**Зюзин Дмитрий Иванович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант

Тел.: 8 906 569 20 20

E-mail: dizuzin@gmail.com

---

D.I. ZYUZIN (*Post-graduate Student*)

*State University – ESPC, Orel*

## ANALYSIS DISTRIBUTIONS FOR USE IN A SYSTEM OF LINGUISTIC CONTROL SETTINGS

*The paper presents the features of the of the analysis laws of distribution for use in the modules settings linguistic control.*

**Keywords:** *distribution law; bit numbers; setup modules; system linguistic control.*

## BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Rakov V.I. O nekotoryx preimushhestvax i vozmozhnostyax lingvisticheskogo upravleniya v integrirovannyx ASU // Promyshlenny'e ASU i kontrollery', 2007. – № 2.
2. Rakov V.I., Chulkov V.O. Nelinejnost' infograficheskogo modelirovaniya v upravlenii intellektual'ny'mi inzhenerny'mi ob'ektami / pod redakciej prof. V.O. Chulkova. – M.: Izd-vo «Sv-ARGUS», 2006. – 256 s.
3. Rakov V.I. Voprosy' lingvisticheskogo upravleniya pri proektirovanii integrirovannyx ASU // Promyshlenny'e ASU i kontrollery', 2006. – № 9.
4. Ovchinnikov V.G. Metodologiya proektirovaniya avtomatizirovanny'x informacionny'x sistem. Osnovy' sistemnogo podxoda. – M.: Kompaniya Sputnik +, 2005.
5. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/678hzkk9.aspx>.
6. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/364x0z75.aspx>.



УДК 621.9

Д.Ф. МАМЕДОВ, М.С. САЛМАНОВ, А.Г. АЛИЕВА

## ПЛАНИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

*Повышение эффективности и производительности исследований, получение высокоточных результатов экспериментов требует планирования и стандартизации этапов разработки схемы автоматизации производства. В этой связи в статье рассматривается вопрос разработки алгоритма планирования функций системы управления, ее экспериментального исследования на примере производства распылительной сушки. Предлагается архитектура автоматизированных процедур функционирования системы управления исследуемого производства.*

*При решении задачи по систематизации этапов планирования работы системы управления была предложена блок-схема интеллектуального моделирования с элементами информационного запроса, поиска, выбора, контроля и управления данными.*

**Ключевые слова:** компьютерное исследование; планирование производства; корпоративная информационная система; автоматизация проектирования.

### ВВЕДЕНИЕ

Разработка сложных технологических процессов должно сопровождаться поэтапным теоретическим исследованием и планированием динамических показателей системы управления проектируемого объекта и их экспериментальной проверкой на основе программных, технических средств компьютерной техники [1]. Предварительное планирование производственного процесса является основной проектной задачей проектировщика на этапе его эскизной разработки. При этом должны решаться комплексные работы по созданию корпоративной информационной базы с подсистемами технического, алгоритмического, программного обеспечения. Из анализа функций специальных программных и технических средств корпоративной информационной системы [2] следует отметить, что они в недостаточной мере обеспечивают проектные процедуры гибкого планирования автоматизированного производства из-за отсутствия информационно-поисковых запросов, оптимального выбора и необходимых компьютерных исследований для определения точных технологических параметров.

В этой связи в статье рассматривается вопрос создания архитектуры инструментария для обеспечения поэтапного выбора и проектирования системы управления и контроля технологических операций производства. Также в статье предусматривается решение вопроса реализации предлагаемой архитектуры интеллектуального моделирования информационно-поисковых операций [3] системы управления производства.

### РЕШЕНИЕ

Для достоверного экспериментального исследования производства осуществляется планирование автоматизированного производственного процесса с решением нижеследующих вопросов:

1. Выбор стандартных оборудований из существующих баз данных (рис. 1, СБД), технических средств и создание их новой базы данных (рис. 1, НБД) со статическими и динамическими показателями.

2. Планирование технологических операций на основе выбранных активных элементов производства.

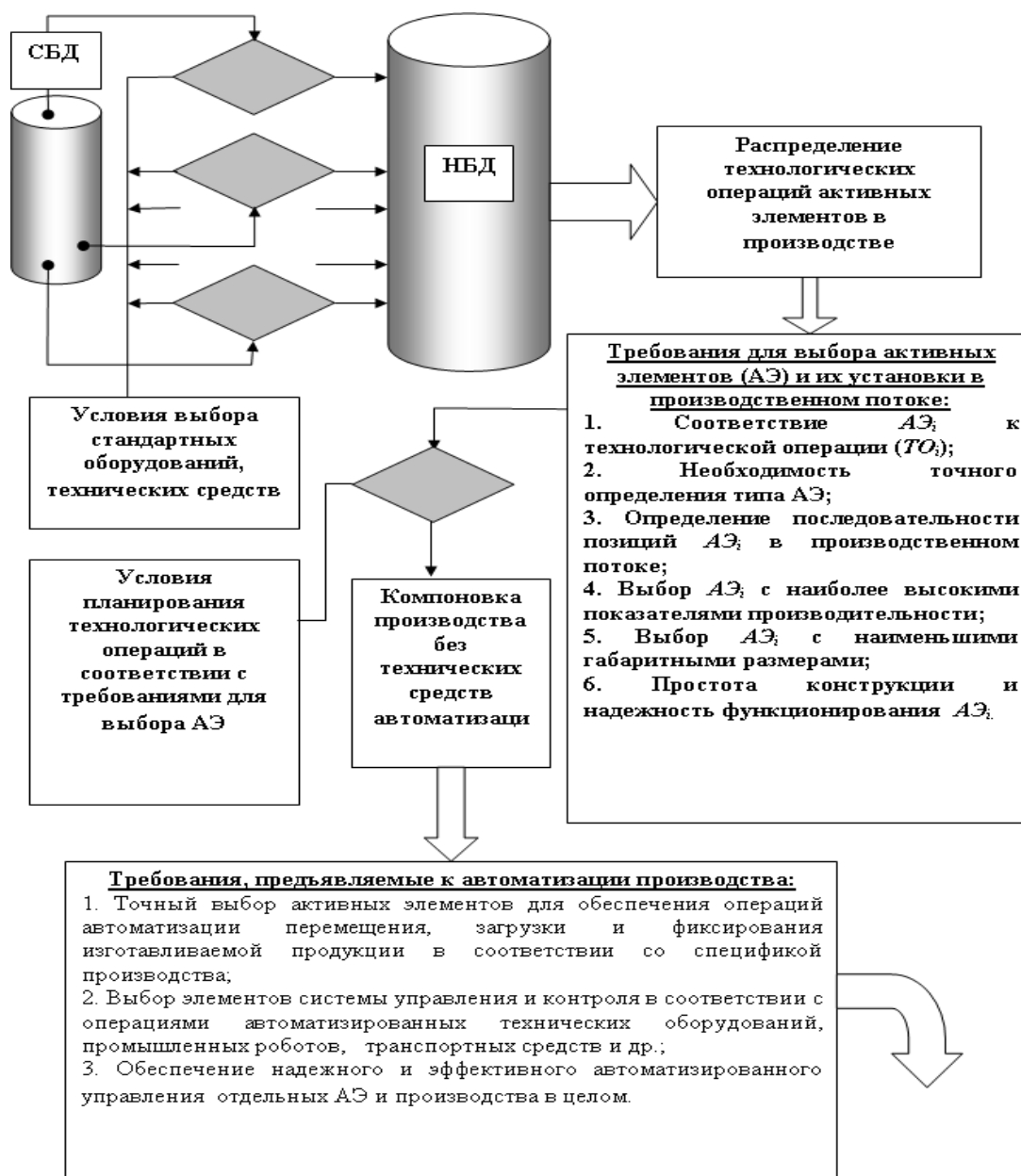
3. Эскизное конструирование компоновочной схемы производства из выбранных стандартных оборудования, технических средств в соответствии с требованиями и специфики данного производства.

4. Определение требований и условий автоматизации отдельных стандартных оборудования и технических средств, а также производства в целом.

5. Выбор стандартных элементов для обеспечения автоматизированных операций оборудования, транспортирования, загрузки, разгрузки, управления, контроля, диагностики и других функций в соответствии с требованиями производства [4].

6. Создание схемы автоматизации производства в соответствии с предлагаемой компоновочной схемой производства.

7. Планирование функций автоматизированной системы управления, контроля, диагностики отдельных оборудования и производства в целом.



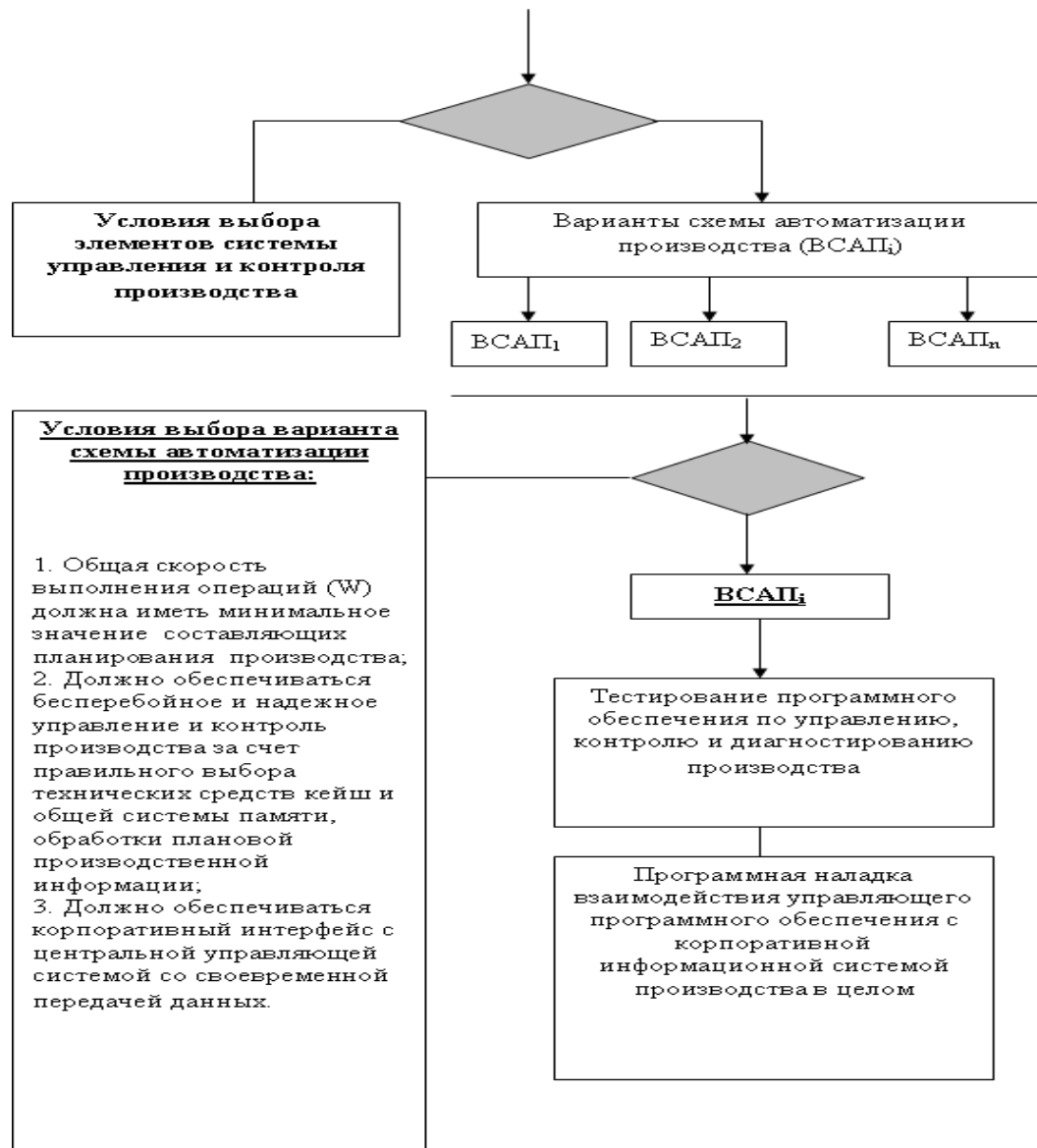


Рисунок 1 – Схема выбора стандартных оборудования из существующих баз данных

В качестве объекта исследования рассматривается производство распылительной сушки, обеспечивающей процесс тепло- и массообмена в дисперсной аэрированной среде. Для планирования технологического процесса предлагается компоновочная схема системы управления производства (рис. 2).

Функции системы управления данного производственного процесса планируются на основе следующих автоматизированных процедур: измерение температуры сушильного аппарата; измерение влажности композиции, которая поступает по входному трубопроводу; измерение влажности очистительной смеси; обработка измеряемых данных и вывод выходных сигналов со всех приборов на экран монитора оператора (рис. 3).

Для оперативности и гибкости выполняемых автоматизированных процедур система управления производства распылительной сушки подключается в центральный управляющий блок (ЦУБ) с общим диалоговым программным интерфейсом (рис. 3).

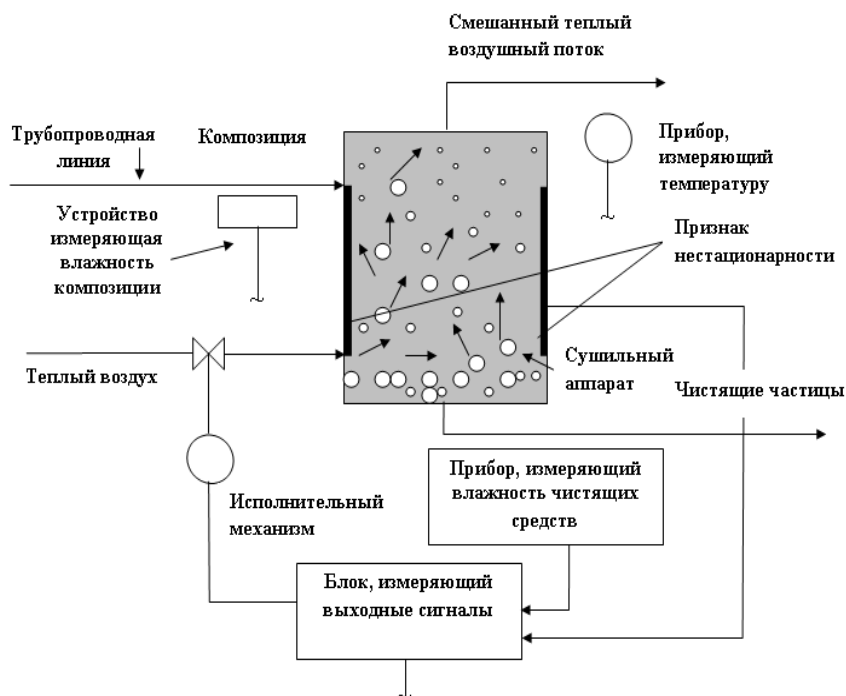


Рисунок 2 – Компонентная схема системы управления производства



Рисунок 3 – Диалоговый программный интерфейс

На основе специальной программно-информационной системы ЦУБ обеспечивает корпоративное взаимодействие с автоматизированными производственными модулями с целью получения данных о планировании всех технологических операций и надежности работы ее системы управления, о качестве изготавливаемой продукции и производительности сменной работы.

Надежная работа системы управления производства распылительной сушки блока обработки измеряемых данных и вывода выходных сигналов поддерживается системой мониторинга температуры и влажности. Автоматизация управления и контроля температуры и влажности производства осуществляется на основе технических и программных средств фиксирования, обработки, визуализации и передачи текущих данных. Данные от цифровых датчика температуры сушильного аппарата, датчика влажности композиции и датчика влажности очистительной смеси записываются на флеш-карту в таблицу за каждый временной отрезок. При этом датчики соединяются с программируемым логическим контроллером (ПЛК), цифровым и аналоговым вводом/выводом и аппаратным последовательным портом. Программирование реализуется через USB-порт без подключения дополнительных программаторов. На следующем этапе микроконтроллер соединяется с SD-модулем для сохранения данных, получаемых с датчиков температуры и влажности, на флеш-карту для последующей обработки.

Для обеспечения бесперебойной работы системы в ПЛК используется стандартная библиотека. При этом осуществляется подключение данных с датчиков температуры и влажности и запись их в текстовый файл. Датчики подсоединяются к аналоговому входу. В программный код системы вводятся данные аналогового порта, инициализируется SD-карта, открывается или создается новый файл записи данных с датчиков температуры и влажности, показания замеров температур и влажности, запись результатов в файл и в порт. Программный модуль для реализации этих процедур будет иметь следующий вид:

- полученные данные температуры и влажности производства распылительной сушки от датчиков выводятся на экран электронного планшета;
- при вводе значений температуры и влажности в последовательный порт компьютера определяются основные технические параметры датчиков в зависимости от специфики данного производства;
- вывод данных на экран электронного планшета управляется по интерфейсу;
- взаимодействия работы датчиков и экрана обеспечивается с помощью скетча, который измеряет и отправляет данные о состоянии температуры и влажности в данном производстве.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Можно выделить следующие основные результаты статьи:

1. Предложен алгоритм планирования процесса для выбора активных элементов системы управления производством распылительной сушки.
2. Для обеспечения надежной работы системы управления данного производственного процесса планируются автоматизированные процедуры с применением технических и программных средств его схемы автоматизации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. – М.: Наука, 2006. – 410 с.

2. Потрясаев С.А. Динамическая модель и алгоритмы комплексного планирования операций и распределения ресурсов в корпоративной информационной системе. – М.: Санкт-Петербург, 2009. – 159 с.
3. Затеса А.В. Инструментарий выбора информационной системы // «Креативная экономика», 2010. – №11.
4. Мамедов Дж. Ф., Тальбов Н.Г., Халилов С.А. Разработка инструмента автоматизированного выбора элементов измерения системы управления ГПС // Материалы международной научно-технической конференции «Измерение в современном мире», 16-18 октября 2007 г. – М.: Санкт-Петербург, 2007. – С. 37-40.

**Мамедов Джаваншир Фирудин-оглу**

Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит

Доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и программирование»

**Салманов Матлаб Сулейман-оглу**

Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит

Старший преподаватель кафедры «Техническая кибернетика»

**Алиева Арзу Г.**

Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит

Ассистент кафедры «Информационные технологии и программирование»

---

D.F.-OGLU MAMEDOV (*Doctor of Engineering Science,  
Professor of the Department «Information Technology and Programming»*)

M.S.-OGLU SALMANOV (*Senior Teacher of the Department «Technical Cybernetics»*)

A.G. ALIEVA (*Assistant Professor of the Department «Information Technology and Programming»  
Sumgait's State University, Sumgait*)

**PLANNING FUNCTION OF CONTROL SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PROCESS**

*Increase of efficiency and productivity of researches, receipt of high-fidelity results of experiments requires planning and standardization of stages of development of automation scheme of any manufacture. In this connection, the problem of development of algorithm of functions planning of control system functions, its experimental research on the example of manufacture of the dispersion drying is considered in the article. Architecture of the automated procedures of functioning of control system of the investigated manufacture is proffered.*

*At the decision of the problem of systematization of the stages of planning work of control system, the block-scheme of intellectual simulation with informative query, search, choice, control and management by data was proffered.*

**Keywords:** *computer research; manufacture planning; corporative information system; computer-aided design.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Oxtilev M.Yu., Sokolov B.V., Yusupov R.M. *Intellectual'ny'e texnologii monitoringa i upravleniya strukturnoj dinamikoj slozhny'x texnicheskix ob'ektov.* – М.: Nauka, 2006. – 410 s.
2. Potryasaev S.A. *Dinamicheskaya model' i algoritmy' kompleksnogo planirovaniya operacij i raspredeleniya resursov v korporativnoj informacionnoj sisteme.* – М.: Sankt-Peterburg, 2009. – 159 s.
3. Zatesa A.V. *Instrumentarij vy'bora informacionnoj sistemy' // «Kreativnaya e'konomika», 2010. – №11.*
4. Mamedov Dzh. F., Taly'bov N.G., Xalilov S.A. *Razrabotka instrumenta avtomatizirovannogo vy'bora e'lementov izmereniya sistemy' upravleniya GPS // Materialy' mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Izmerenie v sovremennom mire», 16-18 oktyabrya 2007 g. – М.: Sankt-Peterburg, 2007. – S. 37-40.*

УДК 66.042.36

А.И. СУЗДАЛЬЦЕВ, А.А. ТИМОШЕНКО, С.И. ПОПЛАВНЫЙ,  
Н.А. САФРОНОВА, В.О. АНДРЕЕВ

## НОВЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫПЕЧКИ ИЗДЕЛИЙ ПИЩЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЙ НА СОКРАЩЕНИЕ БРАКА

*В статье представлен новый подход к управлению выпечкой изделий пищевого назначения с использованием данных о влажности самого изделия в динамике и упреждающем изменении температуры теплоносителя. Описана сущность подхода с применением математического обоснования. Представлена структура управления и сформулированы научно-технические задачи практической реализации подхода.*

*Ключевые слова:* процесс выпечки; заготовки; теплоноситель; вес; влажность; температура; автоматизация; управление; математическая модель; алгоритм.

### ВВЕДЕНИЕ

При производстве изделий пищевого назначения все операции от сырых заготовок теста до окончания выпечки имеют важное значение, влияющее на качество готовых изделий. В поточном производстве таких изделий под воздействием теплоносителя в заготовках последовательно протекают достаточно сложные физико-химические процессы, основным и определяющим из которых является удаление влаги на операции выпечки или сушки [1, 2, 6]. Из-за невозможности определения влажности самого изделия в динамике управление технологическим оборудованием при выпечке осуществляется по косвенным параметрам, чаще всего по температуре теплоносителя. Так, на поточных линиях производства бараночно-сушечных изделий после операций расстойки и ошпаривания используются трехзонные печи с автоматическим поддержанием температуры теплоносителя в каждой зоне [3-5]. Качество изделий на выходе печи частично определяется оператором визуально по органолептическим параметрам (вид, цвет, вкус и т.д.) и при необходимости корректируются уставки температуры в соответствующей зоне печи. Фактически решения по управлению принимаются интуитивно и субъективно. Но более точное определение качества изделий на выходе печи осуществляется с помощью экспресс-контроля влажности изделия в специальных лабораториях, причем этот контроль занимает продолжительное время. И если влажность не соответствует требованиям ГОСТ, то, опять же, интуитивно корректируют уставки теплоносителя в той или иной зоне или во всех трех зонах. И в том, и в другом случаях вернуть процесс выпечки назад нельзя, отчего изделия поступают на пересортицу или просто бракуются. Процент брака в отдельных случаях от несоответствия требованиям стандарта достигает 18-20% суточного объема выпуска, что для средних и малых предприятий данного профиля является серьезной проблемой выживания [5]. Задачей данной статьи является сокращение времени обнаружения отклонения влажности изделия от заданной в процессе выпечки и повышение уровня автоматизации процесса управления выпечкой, приводящего к сокращению брака на выходе печи.

### СУЩНОСТЬ НОВОГО ПОДХОДА

Для решения поставленной задачи предлагается подход, базирующийся на следующих постулатах:

– основным контролируемым параметром является влажность заготовки, изменяющаяся в процессе ее перемещения по зонам печи под воздействием температуры теплоносителя;

– экспериментально при оптимальном режиме выпечки определяют оптимальные значения влажности заготовки на входах/выходах зон и оптимальные значения температур теплоносителя в каждой зоне, а полученные значения параметров используют как исходные заданные;

– оценку влажности заготовки осуществляют в динамике путем оценки изменения веса заготовки на входе и на выходе каждой зоны;

– рассчитывают относительное расхождение влажности на выходе соответствующей зоны по сравнению с заданными в этой зоне;

– по относительному расхождению влажности изделия на входе очередной зоны (на выходе предыдущей зоны) осуществляют корректировку графика изменения температуры теплоносителя для этой зоны печи;

– по скорректированному графику изменения температуры теплоносителя для соответствующей зоны осуществляют упреждающее управление температурой теплоносителя в этой зоне печи.

Для пояснения сущности сформулированного подхода для трехзонной печи примем следующие обозначения параметров:

$\sigma_1$  – измеренный вес заготовки на входе первой зоны печи;

$\sigma_2$  – измеренный вес заготовки на входе второй зоны печи (выходе первой зоны);

$\sigma_3$  – измеренный вес заготовки на входе третьей зоны печи (выходе второй зоны);

$\sigma_4$  – измеренный вес заготовки на выходе третьей зоны печи;

$W_1, W_2, W_3, W_4$  – влажность заготовки на входах первой, второй, третьей зон и на выходе третьей зоны (выход печи);

$T_1, T_2, T_3$  – температура теплоносителя в 1, 2, 3 зонах;

$T_{2к}, T_{3к}, T_{1к}$  – откорректированные температуры теплоносителя в зонах 2, 3, 1.

Поскольку  $W_1$  известно и продолжительное время остается в заданных пределах, то по измеренному значению  $\sigma_1$  можно определить сухой вес заготовки  $\sigma_c$  по формуле (1):

$$\sigma_c = \sigma_1 - \sigma_1 \cdot W_1 / 100 \quad (1)$$

Аналогично по измеренному весу  $\sigma_2$  и неизвестному значению  $W_2$  можно определить сухой вес заготовки по формуле (2).

$$\sigma_c = \sigma_2 - \sigma_2 \cdot W_2 / 100. \quad (2)$$

Приравняв правые части уравнений (1) и (2), определим  $W_2$  (расчетное значение):

$$W_2 = 100 - \frac{\sigma_1}{\sigma_2} (100 - W_1). \quad (3)$$

Подобным образом определяется  $W_3$  и  $W_4$ . На практике после нескольких экспериментов устанавливают близкие к оптимальным параметры теплоносителя в зонах, в частности – температуры  $T_1, T_2, T_3$  в соответствующих зонах, которые считаются допустимыми и поддерживаются регуляторами подачи теплоносителя с погрешностью  $\Delta T$ .

В процессе экспериментов возможно определение оптимальных значений влажностей на входах/выходах каждой зоны, т.е. они могут считать и в дальнейшем заданными ( $W_2', W_3', W_4'$ ) с соответствующими абсолютными отклонениями ( $\Delta W_2, \Delta W_3, \Delta W_4$ ) и



относительными значениями отклонений  $(\delta_2, \delta_3, \delta_4)$ , причем  $\Delta W_2 = \Delta W_3 = \Delta W_4 = \Delta W$ . Тогда

$$\begin{aligned} \delta_2 &= (W'_2 - W_2) / W'_2 = \Delta W_2 / W'_2; \\ \delta_3 &= (W'_3 - W_3) / W'_3 = \Delta W_3 / W'_3; \\ \delta_4 &= (W'_4 - W_4) / W'_4 = \Delta W_4 / W'_4. \end{aligned} \quad (4)$$

По получении относительного отклонения влажности корректируют температурный график по зонам, т.е.:

$$\begin{aligned} T_{2K} &= T_2 \pm \delta_2 \cdot T_2; \\ T_{3K} &= T_3 \pm \delta_3 \cdot T_3; \\ T_{1K} &= T_1 \pm \delta_4 \cdot T_1. \end{aligned} \quad (5)$$

Так как корректировка температуры теплоносителя должна происходить при нахождении заготовки в начале соответствующей зоны, то в каждом цикле выпечки еще возможно осуществлять изменение температуры теплоносителя в соответствующей зоне путем изменения потока теплоносителя в этой зоне, например, изменением положения заслонки подачи теплоносителя. Принцип предлагаемого подхода поясняется ниже (рис.1).

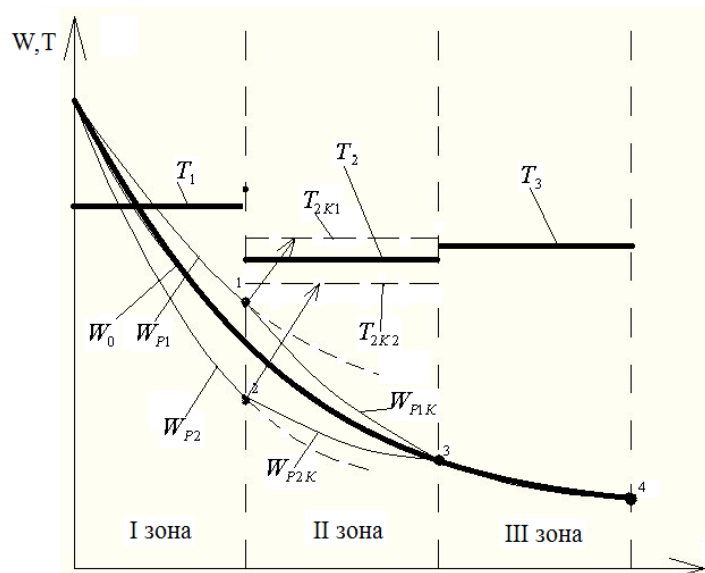


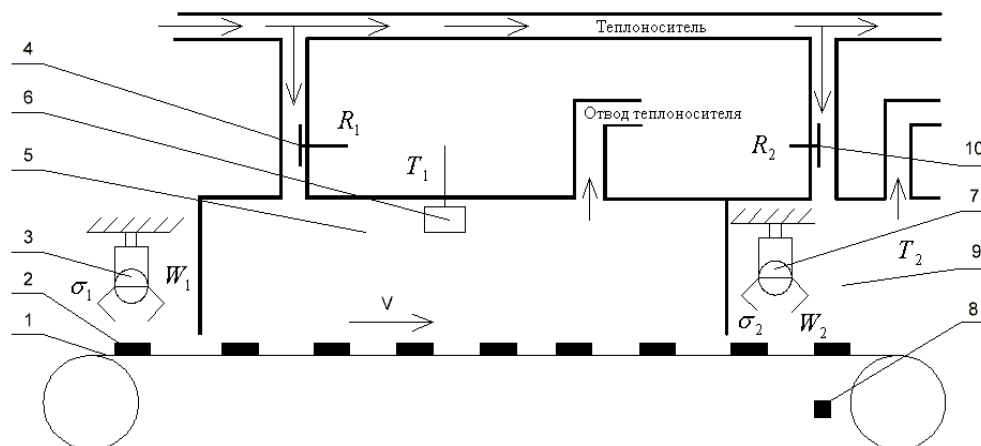
Рисунок 1 – Принцип управления влажностью заготовки во второй зоне печи при отклонении от заданной  $W'_2$

На рисунке 1 представлен принцип управления влажностью заготовки во второй зоне выпечки при отклонении от заданной влажности  $W'_2$ , причем реальная влажность  $W_{P1}$  в точке 1 в соответствии с предложенным подходом за счет изменения температуры  $T_2$  на  $T_{2K}$  изменит свой характер на  $W_{P1K}$  и в точке 3 достигнет значения  $W'_3$ . Аналогично отклонение влажности от  $W'_2$  в другую сторону  $W_{P2}$  в точке 2 изменит свой характер на  $W_{P2K}$  и в точке 3 достигнет значения  $W'_3$ .

Если  $W_{P1K}$  и  $W_{P2K}$  не попадают в точку 3, то в третьей зоне печи будет происходить процесс, аналогичный процессу в зоне 2. И если в точке 4 (на выходе печи) влажность не

будет соответствовать заданной, то произойдет коррекция температуры теплоносителя  $T_1$  в первой зоне по выражению (5).

На рисунке 2 представлена условная структурная схема процесса выпечки изделий пищевого назначения, на которой показаны фрагменты первой и второй зоны печи с индивидуальным управлением подачей теплоносителя с помощью заслонок 4, 10 и взвешивающими устройствами (минироботами 3, 7).

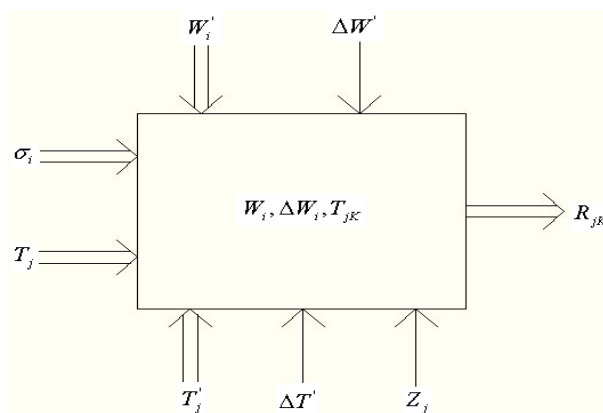


**Рисунок 2 – Условная структурная схема процесса выпечки изделий пищевого назначения:**

1 – сетчатый конвейер; 2 – заготовки выпекаемых изделий; 3, 7 – весовые минироботы; 4, 10 – заслонки; 5 – первая зона выпечки; 6 – обобщенный датчик температуры теплоносителя первой зоны; 8 – датчик скорости движения конвейера; 9 – вторая зона выпечки;  $\sigma_1, \sigma_2$  – вес заготовки на входе первой и второй зон выпечки;  $W_1, W_2$  – влажность заготовок на входах первой и второй зонах выпечки;  $T_1, T_2$  – температура теплоносителя соответственно в первой и второй зонах выпечки;

$R_1, R_2$  – параметр (поворот, перемещение) заслонок

На рисунке 3 приведена общая модель управления процессом выпечки изделий пищевого назначения по предлагаемому подходу. При этом выражение (6) отражает условия управления с учетом вычислительных алгоритмов, представленных выражениями (3), (4) и (5).



**Рисунок 3 – Общая модель управления процессом выпечки изделий пищевого назначения:**  
 $i=1,2,3,4$  – точки взвешивания;  $j=1,2,3$  – номера зон выпечки; штрих над параметрами

указывает на их заданные значения;  $z_j$  – заданный закон перемещения заслонки теплоносителя в  $j$ -ой зоне;  $T_{jk}$  – скорректированная уставка температуры в  $j$ -ой зоне;  $R_{jk}$  – сигнал управления заслонкой теплоносителя в  $j$ -ой зоне после скорректированной температуры, который определяется выражением (6)

$$R_{jk} \Rightarrow \begin{cases} 0, \text{ если } |\Delta W| \leq \Delta W' \\ +, \text{ если } |\Delta W| > \Delta W', \delta_j > 0, \\ -, \text{ если } |\Delta W_i| > \Delta W', \delta_j < 0 \end{cases} \quad (6)$$

где знаки «+» и «-» указывают направление перемещение заслонки.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управление процессом выпечки изделий пищевого назначения предложенным подходом является более объективным, так как управление происходит в динамике по главному параметру (по влажности) самого изделия с использованием упреждающего взвешивания, что позволяет скорректировать параметры теплоносителя уже в текущем цикле выпечки, чем и определяется предотвращение брака на выходе печи. Очевидно, что использование весовых минироботов в совокупности с алгоритмами управления заслонками подачи теплоносителя в каждой зоне делает процесс выпечки полностью автоматизированным, что и определяет повышенный уровень автоматизации данного процесса.

Однако для практической реализации необходимо решить ряд научно-технических задач, в первую очередь следующих:

- разработать конструкцию весового робота, сориентированного на динамическое взвешивание относительно малых весовых заготовок пищевого назначения;
- разработать автономную подсистему управления весовым роботом с передачей полученных данных в цифровом коде в основную систему управления;
- разработать конструкцию весового робота, работающего в повышенных температурных условиях внутри зон;
- поскольку температура теплоносителя в соответствующем цикле выпечки остается неизменной в каждой зоне, но может изменяться в следующем цикле в результате коррекции, то требуется создание программной имитационной модели для экспериментального уточнения коэффициентов коррекции для различных изделий пищевого назначения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов В.А. Автоматизация технологических процессов пищевой промышленности: учебник для ВУЗов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 445 с.
2. Тиняков С.Е. Синтез алгоритмов управления сушкой капиллярно-пористых материалов с прогнозируемой моделью финальной влажности и регулируемым транспортным запаздыванием: диссертация канд. техн. наук: спец. 05.13.06. – ОрелГТУ, 2006
3. Сафронова Н.А. Управление температурой паровоздушной смеси при производстве бараночно-сушечных изделий (БСИ) на основе текущего регрессивного анализа // Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2011. – №1. – 86-90 с.
4. Патент РФ № 2449215 на изобретение. Способ управления температурой паровоздушной смеси в камере ошпаривания при производстве бараночно-сушечных изделий / А.И. Суздальцев, Н.А. Сафронова, Вал.О. Андреев, П.Е. Сафронов; опубл. 27.04.2012, бюл. № 12.

5. Суздальцев А.И. Теоретические основы построения и моделирования систем тепловым режимом управления объектов промышленного и гражданского назначения: монография //А.И. Суздальцев, С.П. Петров, О.С. Петрова, Н.А. Сафронова: под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. А.И. Суздальцева. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2013. – 262 с.
6. Суздальцев А.И., Сафронова Н.А., Андреев Вал.О. Робототехнические принципы автоматизации поточного производства бараночно-сушечных изделий // Труды XI международной научно-практической конференции «Робототехника как образовательная технология». – Железногорск, 2010. – Красноярск: ИПК СФУ, 2011. – С. 59-62.

**Суздальцев Анатолий Иванович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Профессор кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 76-28-62

E-mail: aist39@yandex.ru

**Тимошенко Андрей Александрович**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 953 612 95 96

E-mail: heavil-audio@yandex.ru

**Поплавный Сергей Игоревич**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 915 503 99 32

E-mail: brain001@mail.ru

**Сафронова Наталья Анатольевна**

Академия ФСО России, г. Орел

Старший преподаватель кафедры № 12

Тел.: 8 (4862) 70-41-24

E-mail: sna\_19@mail.ru

**Андреев Валерий Олегович**

ООО «Воплощение», г. Орел

Ведущий инженер

Тел.: 8 910 307 30 45

E-mail: andreevtdpve@bk.ru

---

A.I. SUZDAL'CEV (*Professor of the Department  
«Electronics, Computer Science and Information Security»*)

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

S.I. POPLAVNY'J (*Post-graduate Student of the Department  
«Electronics, Computer Science and Information Security»  
State University – ESPC, Orel*)

N.A. SAFRONOVA (*Senior Teacher of the Department № 12  
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel*)

V.O. ANDREEV (*Chief Engineer  
LLC «Voploshhenie»*)

**A NEW APPROACH TO INCREASING THE LEVEL OF AUTOMATION OF THE BAKING PROCESS OF THE EDIBLE PRODUCTS AIMED AT THE REJECT REDUCTION**

*In the article a new approach to the dough baking process management is presented where it is supposed to use data about dough billets' humidity in the dynamics and to change the temperature of the coolant proactively. The description of the essence of this approach is given with the use of the mathematical modelling argumentation. The structure of the process control is shown and the scientific and technical problems of the approach's practical implementation are formulated.*

**Keywords:** *baking process; dough billets; coolant; weight; humidity; temperature; automation; process control; mathematical model; algorithm.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Sokolov V.A. Avtomatizaciya texnologicheskix processov pishhevoj promy'shennosti: uchebnik dlya VUZov. – M.: Agropromizdat, 1991. – 445 s.
2. Tinyakov S.E. Sintez algoritmov upravleniya sushkoj kapillyarno-poristy'x materialov s prognoziruemoj model'yu final'noj vlazhnosti i reguliruemy'm transportny'm zapazdy'vaniem: dissertaciya kand. texn. nauk: spec. 05.13.06. – OrelGTU, 2006
3. Safronova N.A. Upravlenie temperaturaj parovozdushnoj smesi pri proizvodstve baranochno-sushechny'x izdelij (BSI) na osnove tekushhego regressivnogo analiza // Informacionny'e sistemy' i texnologii. – Orel: OrelGTU, 2011. – №1. – 86-90 s.
4. Patent RF № 2449215 na izobretenie. Sposob upravleniya temperaturaj parovozdushnoj smesi v kamere oshparivaniya pri proizvodstve baranochno-sushechny'x izdelij / A.I. Suzdal'cev, N.A. Safronova, Val.O. Andreev, P.E. Safronov; opubl. 27.04.2012, byul. № 12.
5. Suzdal'cev A.I. Teoreticheskie osnovy' postroeniya i modelirovaniya sistem teplovy'm rezhimom upravleniya ob'ektov promy'shennogo i grazhdanskogo naznacheniya: monografiya //A.I. Suzdal'cev, S.P. Petrov, O.S. Petrova, N.A. Safronova: pod obshh. red. d-ra texn. nauk, prof. A.I. Suzdal'ceva. – Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK», 2013. – 262 s.
6. Suzdal'cev A.I., Safronova N.A., Andreev Val.O. Robototexnicheskie principy' avtomatizacii potochnogo proizvodstva baranochno-sushechny'x izdelij // Trudy' XI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Robototexnika kak obrazovatel'naya texnologiya». – Zheleznogorsk, 2010. – Krasnoyarsk: IPK SFU, 2011. – S. 59-62.

УДК 004.81

С.П. КОЛОСОВ

**РАЗРАБОТКА ПРАВИЛ АНАЛИЗА  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ СИСТЕМ  
НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ  
МОМЕНТАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ**

*В работе рассмотрен подход к формированию правил анализа информационных потоков в рамках СППР с применением модернизированного метода построения моментальных состояний. Также отображены способы моделирования протоколов для анализа информационных потоков с возможностью представления информации в виде фреймов и его ячеек.*

*Ключевые слова:* моделирование процессов; правила управления; получение «среза» состояния; фреймы; СППР; ИАД; ЭС.

**ВВЕДЕНИЕ**

Эксплуатация современного оборудования, задействованного в длительных техпроцессах, объединённого в программно-аппаратные комплексы систем, требует выполнения своевременной диагностики. Часто диагностику, контроль и анализ требуется выполнять в режиме реального времени. Обеспечение данной функциональности лежит на системах диспетчеризации – SCADA-системах. Примером такого техпроцесса могут являться нефте-, газо-, энерго- и другие комплексы.

Системы диспетчеризации частично включают функции средств поддержки принятия решений (СППР), но лишены функций анализа, обработки логики поведения, применения правил, накопления знаний в процессе эксплуатации систем.

Интегрирование систем СППР с системами диспетчеризации, а также другими средствами автоматизации, где необходимостью является факт принятия решения из возможных конкурентных, значительно повышает эффективность эксплуатации систем и результата функционирования. Функции выбора, анализа и предоставления конкурентных решений с необходимыми взвешенными коэффициентами как вариант оценки качества решений принадлежат системам СППР.

Реализация диагностики и анализа системы осуществляется установленным модулем, управление которым может быть выполнено через применение правил различных типов с заданными командами и параметрами.

Построение правил может быть выполнено различными способами:

- статическим способом, где сформированными командами задается поведение объекта;
- динамическим способом, где команды могут быть изменены.

В обоих случаях могут применяться параметры и другие переменные управления. Построение логики поведения правил относительно объекта анализа реально выполняется в виде представления символьных знаков и выражений, наиболее простым примером таких систем является система MathCAD, позволяющая статическим внутренним языком описывать процессы в виде модели и обеспечивать расчеты по установленным данным [MathCAD].

Но для динамических систем требуется функциональность в режиме реального

времени, а это уже тип систем с интерпретатором [2].

Математика, как известно, имеет дело с определением и использованием символических моделей. В свою очередь, математическая модель охватывает класс неопределяемых, абстрактных и символьных математических объектов, таких как векторы и отношения между ними [1].

Математическое отношение – гипотетическое правило, связывающее два или более символических объектов. Тогда модели, основанные на различных конструкциях, могут быть представлены как правила анализа, контроля, управления и далее над подчиненным объектом. Многие внутренние отношения, выстроенные в правиле, могут быть описаны при помощи математических операций, связывающих один или более объектов.

Учитывая возникающие проблемы при техническом сопровождении оборудования и систем, а также в связи с необходимостью их модернизации, выявляются задачи, пересекающиеся с необходимостью формирования и анализа структурной схемы взаимодействующих систем и происходящих процессов.

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА**

Целью применения метода построения моментальных состояний (МС) – необходимость формирования локального «среза» работы взаимодействующих систем в комплексе с последующей возможностью применения анализа, основанного на правилах различного типа, для обработки данных – как дополнительный функциональный элемент интеллектуального анализа данных (ИАД) в рамках СППР.

Задачи метода:

- формирование локального «среза» состояния работы системы или участка;
- интегрирование метода ИАД МС с механизмом формирования правил анализа данных на базе выстроенной объектно-ориентированной модели (ООМ);
- реализация применения правил анализа циклограмм работы систем как элементов информационных потоков (ИП) с установленным типом протокола взаимодействующих систем;
- наличие функций перехода на резервный канал ИП взаимодействующих систем при возникновении исключительной ситуации (ИС).

### **ФОРМИРОВАНИЕ ООМ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ СИСТЕМ**

Для решения перечисленных задач желательно выполнить комбинированный подход, основанный на математической и логической составляющих методов обработки знаний [2]. Для этого требуется формирование математической модели, которая могла бы воспроизводить требуемым образом выбранные стороны физической ситуации с последующей возможностью установки правилом анализа соответствия циклограмм работы оборудования с определенными математическими объектами и отношениями.

Рассмотрим возможность построения ООМ передачи данных и связь между элементами математической модели представления данных с приведенными типами обмена данными между взаимодействующими системами по установленным протоколам [6].

Функционирование модели и применяемых правил возможно с применением метода МС по выявлению явных и «повисших» связей, представленных в структурной схеме системы [7]. На базе этого целесообразно рассмотреть применение модернизированного метода МС в отношении самих связей и каналов взаимодействия с целью использования функций перехода в случае возникновения необходимости [3].

Применение СППР, включающих в себя методы ИАД, в интеграции с системой экспертного типа (СЭТ) позволяет решить комплекс задач.

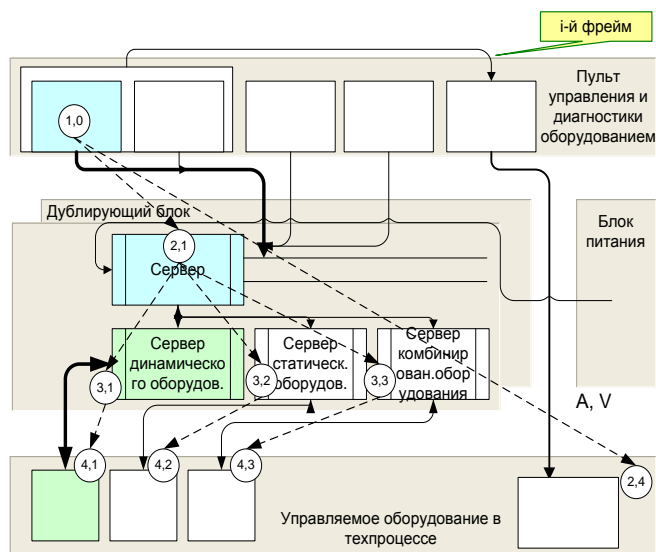


Рисунок 1 – Схема взаимодействующих систем ИП в виде графа  $G_{U_i}^{S_i}$

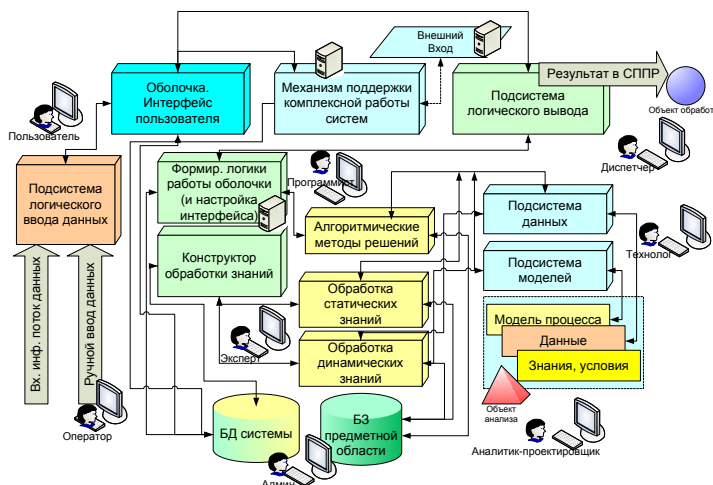


Рисунок 2 – Общая структурная схема гибридной ЭС как элемент СППР

Работа оборудования в сети может быть промоделирована и представлена в виде структурной схемы (рис. 1, 2), где каждый из уровней  $U_i^{S_i}$  (i-й уровень,  $S_i$  – оборудование) отвечает за свою группу выполняемых функций и содержит оборудование  $S_i^{eU_n}$  и ПО [4].

Формирование структурной схемы выполняется в результате применения алгоритма методов при анализе протоколов взаимодействия систем.

Получения локального «среза» функционирования систем через анализ ИП в виде команд обмена при работе оборудования, что достигается применением метода МС.

### МЕТОД МОМЕНТАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ И ЕГО ОПТИМИЗАЦИЯ

Модернизированный метод МС [3] применительно к данной задаче можно преобразовать и изложить в виде:

- определение  $S_n^{U_i}$  элементов в системе  $S_{U_i}$ ;



- определение  $n$  элементов  $m$  активных связей в системе  $S_{U_i}$  при  $m_i \neq 0$  сообщений между источниками и приёмниками, т.е.  $S_i^{U_i} \leftrightarrow S_{i \pm k}^{U_i \pm j}$ ;
- построение структурной схемы связей систем  $S_i^{U_i}$  исходя из циклического анализа единого протокола всех взаимодействующих систем с выявлением существующих и возможных «повисших» связей систем – как факт незадействованных команд  $com_i^{S_j}(\text{Pr}_{[0..k]})$ , выраженных в виде процессов  $p$ ;
- контроль данных по протоколу сообщений ( $com_i^{S_j}(\text{Pr}_{[0..k]})$ ) между системами  $S_i^{U_i} \leftrightarrow S_{i \pm k}^{U_i \pm j}$ ;
- установка или применение требуемых правил  $RF_i^{U_i, S_i}(f_{[0..n]})$ , где полученные данные узлом  $Y_{[i,j]}$  могут быть обработаны правилом  $RF_i^{U_i, S_i}(f_{[0..n]})$  с указанными функциями  $f_{[0..n]}$  управления оборудованием и применением ИАД принятым решениям;
- обработка данных правилами  $RF_i^{U_i, S_i}(f_{[0..n]})$  с целью отображения рабочей схемы циклограммы с привязкой к единице времени  $t_i^{C_i}(\Delta t_i)$  и заданной дискретностью шага по времени  $\Delta t_i$ ;
- отображение структурной схемы, связей, систем  $S_i^{U_i}$  с выстроенным каналом передачи данных  $k_i^n$  и выданными конкурирующими результатами  $R_{[i,j]}^{S_i}$  от СППР.

### СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Структурная схема взаимодействующих систем в виде ИП, состоящая из процесса передачи данных-команд, представлена в виде сформированного выражения элементного ряда.

Взаимодействие систем по передаче данных от системы к системе можно описать математическим способом в виде:

$$F(x) = c_1 x_1 + \dots + c_n x_n; \quad (1)$$

где  $c$  – передаваемое системой слово с заданными параметрами;  $x$  – значение контрольной суммы, передаваемого слова команды (в данной работе не рассматриваем).

$$c \in MOV \left[ \text{Слово} \left[ \text{параметры} : p1, p2, \dots, pn \right] \right]. \quad (2)$$

При этом передаваемая функция «Слово С» принимает заданную команду применяемого протокола (OPC, ModBus, BusNet, Fibre Channel и др.). Команда же содержит требуемые параметры управления, контроля объектом или системой. Слово, передаваемое с командой и значениями параметров, обеспечивает предоставление данных управления системой.

Представим передаваемый ИП команд системой к системе в виде объектного описания.

### СПОСОБ КОМАНДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Потоки информационного обмена между оборудованием могут быть представлены в виде алгоритмов, преобразованных далее в структурные схемы (ранее их представили в виде графа  $G_{U_i}^{S_i}$  с требуемым числом связей):

$$F(x) = c_1 x_1 t_1 + c_2 x_2 t_2 + \dots + c_n x_n t_n \text{ – от систем к оборудованию объекта};$$

$$F'(x) = c_1 x_1 t_1 + c_2 x_2 t_2 + \dots + c_n x_n t_n - \text{к системам управления.} \quad (3)$$

Как видим, записи одинаковы, разница будет только в службах, обслуживающих данное решение.

### СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ИДЕНТИФИКАТОРОМ

При идентификационном способе передачи данных слово содержит не саму команду, а идентификатор данной команды, которая будет определена системой после получения в процессе обработки:

$$c \in MOV[Ид.Команды[параметры: p1, p2, \dots, pn]]. \quad (4)$$

Применение данного подхода резко сокращает время передачи данных адресуемой системе по каналу, но несколько усложняет процесс обработки.

### СПОСОБ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ «КАДРОМ»

Применение отдельных современных протоколов обмена данными дает возможность передачи данных пакетами в виде «кадра». Линия передачи данных (канал k) соответствует передаче данных в виде одной команды.

В данном случае предлагается структура в виде:

- номер или имя кадра как идентификатор;
- идентификатор пакета;
- устанавливаемый размер кадра от 9 до 512 слов, величина динамическая;
- относительное смещение оперативной памяти;
- тип сообщения (с ид. протокола);
- информационные слова кадра (число слов в кадре варьируется от 0 до 528);
- EOF (End Of Frame);
- не менее 6 (шести) слов-наполнителей.

Данный подход, применяемый в технологии протокола Fibre Channel\*, будет выглядеть так:

$$R = MOV \begin{bmatrix} Com_{0 \rightarrow} [p1, \dots, pn] \\ Com_2 [p1, \dots, pn] \\ \dots \\ Com_{\rightarrow 528} [p1, \dots, pn] \end{bmatrix}. \quad (5)$$

В данном случае параметр  $c$  меняется на  $R$  с целью демонстрации, что передается уже не слово, а результат первого действия, т.е. кадр, в котором лежит группа данных.

### ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И АНАЛИЗА

Фрейм – кадр структурной схемы, полученный по взаимодействующим объектам (например, блоки оборудования, станки и т.д. в виде «среза», представленного как граф):

$$\Phi_{Si}^{Ui \leftrightarrow Ui+n} \in \sum_{U=n} \left[ U_i(S_i^{Ui}) \leftrightarrow \frac{U_{i/i+k}(S_i^{Ui/Ui+k})}{k_{S(BI)}} \right], \quad (6)$$

где  $\Phi_{Si}^{Ui \leftrightarrow Ui+n}$  – фрейм (рис. 3) из уровней  $U_i$ , содержащий заданный вид «кадра отношений» связей между объектами (систем  $S_i$ ) с возможностью распределения потоков команд (на данный момент без функций времени, где за прямую времени отвечает счётчик команд);  $U_i$  – уровень структурной схемы;  $S_i$  – система, принадлежащая уровню;  $i$  – счётчик объектов;

$k_{S(b_i)}$  – коэффициент количества блоков в системе или систем, распараллеливающих выходящий сигнал (команды) на число  $k$ .

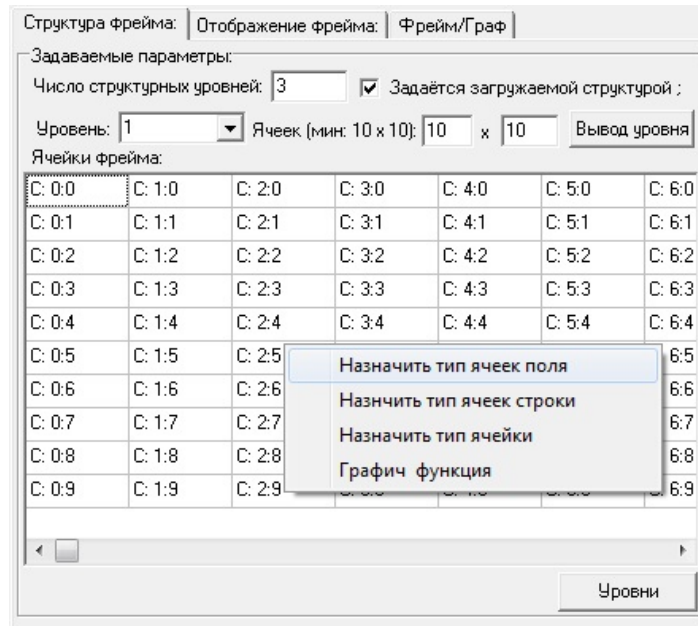


Рисунок 3 – Окно формирования структуры фрейма

Правило – установленный набор упорядоченных и выстроенных в заданной последовательности логических действий с целью описания выполнения ряда операций по отношению к рассматриваемому объекту или группе объектов с последующей обработкой данного объекта, где объектом может быть фрейм  $\Phi_i^{Gi}$  и граф  $G_{Ui}^{Si}$  с заданным набором свойств.

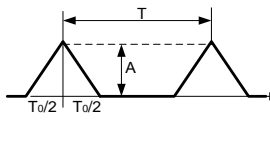
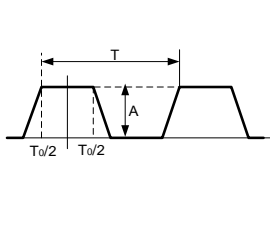
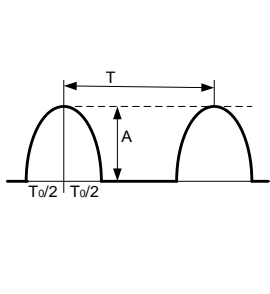
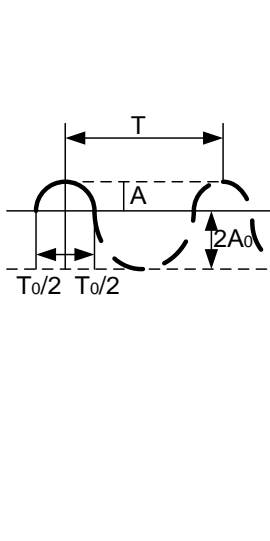
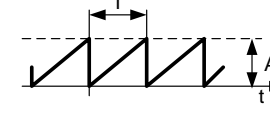
В свою очередь, правило может быть логическим, математическим, графическим, взаимодействующим, объектным или гибридным.

Далее в таблице приведены исходные данные для формирования шаблонных правил гибридного типа, полученного из математической и графической составляющей на основе функций рядов Фурье [1]. Данный подход имеет косвенное отражение в работе Т. Саати [5].

Данный подход дает возможность применения дополнительных алгоритмов по поиску связей и преобразованию элементов, что решает группу технологических проблем при программной реализации задачи [5].

Таблица 1 – Шаблоны правил графиков функций рядов Фурье

Периодическая функция $f(t) = f(t + T)$	Коэффициенты Фурье	Среднее значение $\langle f \rangle = \frac{a_0}{2}$	Среднее квадратическое значение $\langle f \rangle$
<p>Прямоугольный импульс</p>	$a_n = 2A \frac{T_0}{T} \text{sinc}\left(\frac{nT_0}{T}\right);$ $b_n = 0$	$A \frac{T_0}{T}$	$A^2 \frac{T_0}{T}$

Симметричный треугольный импульс		$a_n = A \frac{T_0}{T} s^2 \left( \frac{nT_0}{2T} \right);$ $b_n = 0$	$A \frac{T_0}{2T}$	$A^2 \frac{T_0}{3T}$
Симметричный трапецидальный импульс		$a_n = A \frac{T_0}{T} \times$ $\times s \left[ \frac{n(T_0 - T_1)}{2T} \right] \times$ $\times s \left[ \frac{n(T_0 + T_1)}{2T} \right]; \quad b_n = 0$	$A \frac{T_0 + T_1}{2T}$	$A^2 \frac{2T_0 + T_1}{3T}$
Полусинусоидальный импульс (*1)		$a_n = A \frac{T_0}{T} \times$ $\left\{ s \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{2nT_0}{T} - 1 \right) \right] + \right.$ $\left. + s \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{2nT_0}{T} + 1 \right) \right] \right\};$ $b_n = 0$	$\frac{2}{\pi} A \frac{T_0}{T}$	$A^2 \frac{T_0}{2T}$
Срезанная синусоида		$a_n = \frac{A_0 T_0}{T} \times \left\{ s \left[ (n-1) \frac{T_0}{T} \right] + \right.$ $\left. + s \left[ (n+1) \frac{T_0}{T} \right] - \right.$ $\left. - 2 \cos \frac{\pi T_0}{T} s \left( \frac{nT_0}{T} \right) \right\}$ <p>1.)</p> $\frac{1}{\pi} A_0 \left( \sin \frac{\pi T_0}{T} - \frac{\pi T_0}{T} \times \cos \frac{\pi T_0}{T} \right)$ <p>2.)</p> $\frac{1}{\pi} A_0^2 \left( \frac{\pi T_0}{T} - \frac{3}{2} \sin \frac{2\pi T_0}{T} + \right.$ $\left. + \frac{2\pi T_0}{T} \cos^2 \frac{\pi T_0}{T} \right)$	<p>1.) -//-</p> <p>2.) -//-</p>	
Треугольная форма сигнала		$\left\{ \begin{aligned} a_n &= 0; \\ b_n &= -\frac{A}{n\pi} \end{aligned} \right\} n = 1, 2, 3 \dots$	$\frac{A}{2}$	$\frac{A^2}{3}$

В нашей реализации в виде графа описываем ИП связей с блоками – команды протоколов, направление связей обеспечивается исходным и конечным адресом команд, ответ подтверждения о факте получения пакета (команды), есть обратная связь с узлами графа. Каждый узел  $u\Gamma_{i,j}$  – в отдельных работах или  $Y_{[i,j]}$  графа  $G_{U_i}^{Si}$ , есть оборудование с командами обмена  $c_i x_i t_i$ .

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ И ПЕРЕХОД ИП НА ДРУГОЙ КАНАЛ

Формирование метода требуемого графического отображения функций при обработке команд и вычисления требуемого параметра времени  $t_{был}$  и периода  $T$  зависит от нескольких факторов:

- количество циклов повторов выполнения функций;
- количество прерываний;
- смена приоритетности;
- сбои в принятии команд или при обработке (ситуация повтора).

Все перечисленные факторы влияют на получение или обработку команд в конечном счете на увеличение времени обработки команды управления и выполнения требуемых действий, а также блокирование команды:

$$F(t_i) = T_0 + \Delta t; \quad \text{при } T_0 \rightarrow \infty, T_{ожид} = T_0 + \Delta t; \quad \text{при } n = i \Rightarrow IRQ, \quad (7)$$

где  $t_i$  – значение времени ожидания на выполнение команды и ответа системой-исполнителем (здесь подключается функция алгоритма анализа ожидания, при этом время  $t_i \neq t_{i+m}$ );  $nk_i$  – указатель перехода на номер канала, допустим, что в данном случае до  $n = 3, n \in [1...3]$ .

Решение по переходу на другой канал принимается в ряде случаев при:

- программно-аппаратных ИС;
- переполнении очереди команд текущего канала;
- другой необходимости смены применяемого канала.

Процесс выполнения перехода может быть отображаемым или нет, но сама математическая модель должна включать в себя возможность условия выполнения перехода на запасной канал, т.е. на  $k \in [1...n]$ , где функцию обеспечения перехода берёт на себя решатель  $F$  (рис. 4).

### ФОРМИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРАВИЛ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА

Данный тип правил осуществляется в виде применения математического и графического методов с последующим заданием первичных шаблонов графиков функций с методами построения графического отображения процесса выполнения в двух линиях (рис. 5).

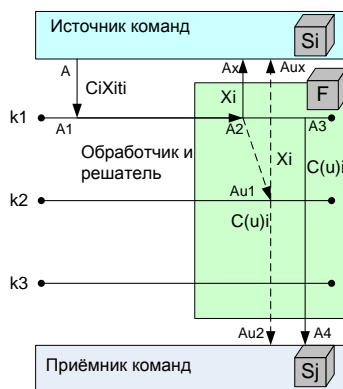


Рисунок 4 – Схема перехода ИП с канала на канал

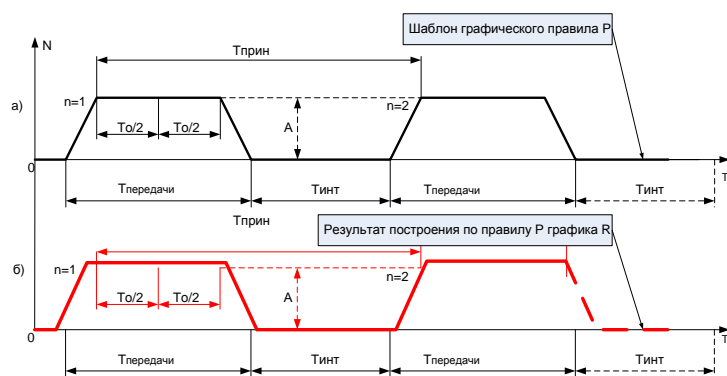


Рисунок 5 – Сравнение трафиков передачи и обработки команд управления: а) – по шаблону правила; б) – по данным систем передачи

Определение участка расхождения данных и выявление ошибки выполняется в соответствии с выстроенной функциональной зависимостью [9].

Каждый из приведенных вариантов периодической функции требуется представить в виде правил и связать с функциями построения трафика – работы решателя **F** системы.

Обладая требуемым выражением функциональной зависимости, можно построить график выполнения команд по этапам во времени и сравнить с шаблоном правила графика функции, где значение параметра  $t_{\text{вып}}$  определяется из зависимости задействованных параметров правила  $R$ . Расхождение зависимостей, значений времени  $t_{\text{вып}}$ , циклов повторов  $n$  передачи данных и других параметров между применяемым правилом и выполняемыми процессами построения периодической функции (табл. 1) по протоколу команд взаимодействия оборудования при управлении.

1) Определение математических зависимостей между параметрами функции Фурье на требуемом интервале входных данных потоков, представленных в виде графиков.

2) Определение интервалов функций неудовлетворяющих условиям минимизации параметрам времени  $t_{\text{вып}}$  и количества циклов передачи данных.

3) Представление полученных графиков (табл. 1) в виде правил в фреймах с целью применения алгоритмов поиска кратчайших путей.

Сокращение общего времени на обработку информации является основной целью применения данного подхода и достижения положительной оптимизации процессов передачи и приема данных элементами системам.

Применение правил может быть выполнено с результатами вычислений с подключением других функций, например, с функцией установки определения заданной точности в рамках тестирования [11].

## ВЫВОДЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ

В результате реализации данного метода достигается функционал сравнения циклограмм работы оборудования с выстроенными правилами графиков функций, что дает возможность автоматизированным способом определять расхождения в работе систем и иметь инструмент для «сжатия» временной работы [12]. Реализация данного подхода реальна только в том случае, если обеспечивается аналитически выстроенный процесс с математическим обоснованием. Правила могут быть настроены на работу алгоритма отправки сообщений запросов на состояние оборудования и, как результат, отработки правила при изменении объема данных может быть уменьшено число циклов передачи команды или увеличено время ожидания ответа от диагностируемого оборудования в системе, пропорционально объема данных [8].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: «Наука», 1977. – 832 с.
2. Джордж Ф.Л. Искусственный интеллект, стратегии и методы решения сложных проблем // Нью-Мексикский университет, «Вильямс». – М: СПб – Киев, 2005. – 863 с.
3. Тель Ж. Введение в распределённые алгоритмы. – М.: «Издательство МЦНМО», 2009. – 616 с.
4. Джарротано Д., Райли Г. Экспертные системы, принципы разработки и программирование // Университет Хьюстон – Клиэр – Лэйк», «Вильямс». – М.: СПб – Киев, 2007. – 1056 с.
5. Саати Т. Принятие решений, метод анализа иерархий / перевод с английского Р.Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

6. [Электронный ресурс]. – URL.: [http://surgeon-07.narod.ru/naznachenie\\_klassifikatsiya\\_i\\_osobnosti\\_integrirovannih\\_sapr\\_cadcamcae-sistem\\_vzaimosvyaz\\_sistem\\_konstruktorskogo\\_tehnologicheskogo\\_proektirovaniya/obektno-orientirovannoe\\_modelirovanie\\_oom/](http://surgeon-07.narod.ru/naznachenie_klassifikatsiya_i_osobnosti_integrirovannih_sapr_cadcamcae-sistem_vzaimosvyaz_sistem_konstruktorskogo_tehnologicheskogo_proektirovaniya/obektno-orientirovannoe_modelirovanie_oom/).
7. Бушуев В.В. Практика конструирования машин: справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.
8. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
9. Телешевский Б. Е. Измерения в электро- и радиотехнике. – М.: Радио и связь, 1998. – 208 с.
10. Чеканин В.А., Ковшов Е.Е. Моделирование и оптимизация технологических операций в промышленном производстве на основе эволюционных алгоритмов // Технология машиностроения, 2010. – № 3. – С. 53-57.
11. Мартынов П.Н., Ковшов Е.Е. Разработка средств автоматизации тестирования интерфейсов пользователя в человеко-машинных системах управления // Информационные технологии, 2012. – № 7. – 42-46 с.
12. Кестер У. Аналогово-цифровое преобразование. – М.: «Техносфера», 2007. – 1015 с.

**Колосов Семен Петрович**

ООО «СфераПро», г. Курск

Ведущий инженер-аналитик, проектировщик

E-mail: SemKast@yandex.ru

S.P. KOLOSOV (*Senior Engineer Analyst, Projector*)

*LLC «SferaPro», Kursk*

#### THE DEVELOPMENT OF ANALYSIS RULES OF SYSTEM INFORMATION FLOWS ON THE BASE OF UPGRADED METHOD OF MOMENTARY STATES CONSTRUCTION

*In the article approach for generating rules of information flows analysis within DSS with application of modernization building method of momentary states of system is considered. Besides, protocol modelling methods for information flows analysis with the possibilities of information provision in the form of frame and its cells are presented.*

**Keywords:** modeling process; manager rules; local momentary states; frames; DSS; IAD; expert systems.

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike dlya nauchny'x rabotnikov i inzhenerov. – М.: «Nauka», 1977. – 832 s.
2. Dzhordzh F.L. Iskusstvenny'j intellekt, strategii i metody' resheniya slozhny'x problem // N'yu-Meksikovskij universitet, «Vil'yams». – М: SPB – Kiev, 2005. – 863 s.
3. Tel' Zh. Vvedenie v raspredelyonny'e algoritmy'. – М.: «Izdatel'stvo MCNMO», 2009. – 616 s.
4. Dzharratano D., Rajli G. E'kspertny'e sistemy', principy' razrabotki i programirovanie // Universitet X'yuston – Klie'r – Le'jk», «Vil'yams». – М.: SPB – Kiev, 2007. – 1056 s.
5. Saati T. Prinyatie reshenij, metod analiza ierarxij / perevod s anglijskogo R.G. Vachnadze. – М.: Radio i svyaz', 1993. – 278 s.
6. [E'lektronnyj resurs]. – URL.: [http://surgeon-07.narod.ru/naznachenie\\_klassifikatsiya\\_i\\_osobnosti\\_integrirovannih\\_sapr\\_cadcamcae-sistem\\_vzaimosvyaz\\_sistem\\_konstruktorskogo\\_tehnologicheskogo\\_proektirovaniya/obektno-orientirovannoe\\_modelirovanie\\_oom/](http://surgeon-07.narod.ru/naznachenie_klassifikatsiya_i_osobnosti_integrirovannih_sapr_cadcamcae-sistem_vzaimosvyaz_sistem_konstruktorskogo_tehnologicheskogo_proektirovaniya/obektno-orientirovannoe_modelirovanie_oom/).
7. Bushuev V.V. Praktika konstruirovaniya mashin: spravochnik. – М.: Mashinostroenie, 2006. – 448 s.
8. Mel'nikov G.N., Voronenko V.P. Proektirovanie mexanosborochny'x cexov. – М.: Mashinostroenie, 1990. – 352 s.
9. Teleshevskij B. E. Izmereniya v e'lektro- i radiotexnike. – М.: Radio i svyaz', 1998. – 208 s.

10. Chekanin V.A., Kovshov E.E. Modelirovanie i optimizaciya texnologicheskix operacij v promy'shlennom proizvodstve na osnove e'volucionny'x algoritmov // *Texnologiya mashinostroeniya*, 2010. – № 3. – S. 53-57.
11. Marty'nov P.N., Kovshov E.E. Razrabotka sredstv avtomatizacii testirovaniya interfejsov pol'zovatelya v cheloveko-mashinny'x sistemax upravleniya // *Informacionnye texnologii*, 2012. – № 7. – 42-46 s.
12. Kester U. Analogovo-cifrovoye preobrazovanie. – M.: «Texnosfera», 2007. – 1015 s.



УДК 654.172

И.Ю. ЛЫСАНОВ, А.Н. ОРЕШИН

**МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ КАДРА-ВСТАВКИ  
В ПОТОКЕ ВИДЕОДАНЫХ  
НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ГИСТОГРАММ  
ИЗОБРАЖЕНИЙ КАДРОВ  
С ДИНАМИЧЕСКИМ ПОРОГОМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ**

*В статье рассматривается методика идентификации кадра-вставки в потоке видеоданных, основанной на вычислении коэффициента корреляции гистограмм изображений последовательности кадров и динамического вычисления порога принятия решения.*

**Ключевые слова:** кадр-вставка; поток видеоданных; гистограмма изображения; коэффициент корреляции, динамический порог.

Возросшие требования к современным системам контроля и управления доступом на предприятиях оборонно-промышленного комплекса предполагают повышение эффективности их функционирования, в том числе и за счет значительного увеличения числа наблюдаемых объектов при незначительном расходовании финансовых ресурсов. Одним из возможных направлений решения данной проблемы является разработка и внедрение в автоматизированные системы контроля и управления доступом современных методов формирования и обработки потока видеоданных, основанных на методах образования и идентификации кадра-вставки в потоке видеоданных.

Концепция идентификации видеовставок в мультимедийном потоке информации многогранна. В большинстве существующих методов в качестве статистического признака для выявления вставки в видеопотоке используется интегральная яркость двух последовательных кадров и ее последующее сравнение с заданным пороговым значением.

С целью уменьшения ошибок принятия решения, связанных с идентификацией кадров вставки сюжетной линии и их пропуском, предлагается использовать метод, основанный на вычислении коэффициентов корреляции гистограмм изображений последовательности кадров, при этом порог принятия решения вычисляется динамически.

Для оценки яркостных характеристик кадра, его контраста, площади изображения, которую занимают светлые, темные и другие яркостные элементы, используется гистограмма. Гистограмма кадра – это функция, характеризующая частоту встречаемости на изображении пикселей одинаковой яркости. Для 8-битового полутонового изображения с цветовыми составляющими  $R, G, B$  гистограмма яркости представляет собой одномерный целочисленный массив из 256 элементов.

Гистограммы двух кадров  $\omega_l^p$  и  $\omega_{l+1}^p$  для цветовых составляющих  $R, G, B$  представлены на рисунке 1. Гистограммы первого кадра  $\omega_l^p$  каждой цветовой составляющей  $R, G, B$   $p$ -го сюжета представим в виде зависимостей частоты появления яркостных составляющих  $\tilde{O}$  от их уровней  $n$ , а второго –  $\omega_{l+1}^p$ ,  $Y$  – от  $n$ .

Корреляционная метрика, а именно коэффициент корреляции, позволяет по гистограммам, соответствующим конкретным цветовым составляющим Red, Green, Blue, сравнить два кадра видеопотока.

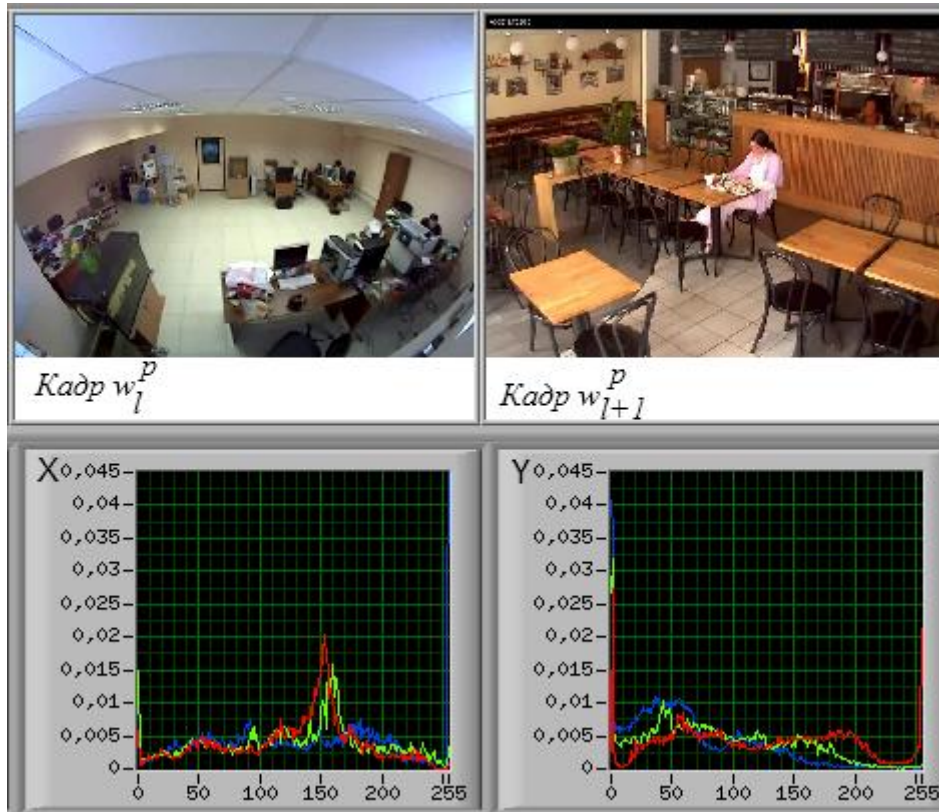


Рисунок 1 – Кадры видеопотока и их гистограммы

Для вычисления коэффициента корреляции рассмотрим корреляционный момент как второй смешанный центральный момент, характеризующий рассеивание случайных величин  $\tilde{O}$ ,  $Y$ , и зависимость между ними:

$$\hat{E}_{xy}^p(\omega_{l, l+1}) = M \begin{bmatrix} \tilde{X} & \tilde{Y} \end{bmatrix} = M[(X - m_x)(Y - m_y)] = \sum_i \sum_j (x_i - m_x)(y_j - m_y) p_{ij}.$$

Так как интервал изменения яркостных характеристик кадров видеопотока конечен, то будем оперировать не математическим ожиданием и дисперсией случайных величин  $\tilde{O}$ ,  $Y$ , а их точечными оценками (приближенными значениями), отвечающими требованиям состоятельности, несмещенности и эффективности:

$$\tilde{m}_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad \tilde{D}_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{m}_x)^2}{n-1};$$

$$\tilde{m}_y = \frac{\sum_{j=1}^n y_j}{n}, \quad \tilde{D}_y = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j - \tilde{m}_y)^2}{n-1};$$

$$\tilde{E}_{xy}^p(\omega_{l, l+1}) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{m}_x)(y_i - \tilde{m}_y)}{n-1},$$

где  $x_i, y_i$  – значения случайных величин  $\tilde{O}, Y$ , наблюдаемые в  $i$ -м уровне яркости;  $n$  – число уровней яркости.

Определим точечные оценки математических ожиданий  $\tilde{m}_x, \tilde{m}_y$ , дисперсий  $\tilde{D}_x, \tilde{D}_y$ , средних квадратичных отклонений  $\tilde{\sigma}_x, \tilde{\sigma}_y$  и корреляционного момента  $\tilde{E}_{xy}^p(\omega_{l,l+1})$  случайных величин  $\tilde{O}, Y$  по гистограммам первого  $\omega_l^p$  и второго  $\omega_{l+1}^p$  кадров видеопотока:

$$\begin{aligned} \tilde{m}_x &= \frac{\sum_{i=0}^{255} x_i}{256}, \quad \tilde{D}_x = \frac{\sum_{i=0}^{255} (x_i - \tilde{m}_x)^2}{255}, \quad \tilde{\sigma}_x = \sqrt{\tilde{D}_x}; \\ \tilde{m}_y &= \frac{\sum_{i=0}^{255} y_i}{256}, \quad \tilde{D}_y = \frac{\sum_{i=0}^{255} (y_i - \tilde{m}_y)^2}{255}, \quad \tilde{\sigma}_y = \sqrt{\tilde{D}_y}; \\ \tilde{E}_{xy}^p(\omega_{l,l+1}) &= \frac{\sum_{i=0}^{255} (x_i - \tilde{m}_x)(y_i - \tilde{m}_y)}{255}. \end{aligned}$$

Для характеристики связи между случайными величинами  $\tilde{O}, Y$  перейдем от оценки корреляционного момента к безразмерной величине – оценке коэффициента корреляции:

$$\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l+1}) = \frac{\tilde{E}_{xy}^p(\omega_{l,l+1})}{\tilde{\sigma}_x \tilde{\sigma}_y}.$$

Оценка коэффициента корреляции стремится к нулю  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l+1}) \rightarrow 0$  одновременно с оценкой корреляционного момента; следовательно, случайные величины  $\tilde{O}, Y$  являются независимыми, о чем свидетельствует существенное расхождение гистограмм кадров видеопотока  $\omega_l^p$  и  $\omega_{l+1}^p$ .

При оценке коэффициента корреляции  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l+1}) \rightarrow 1$  наблюдается совпадение гистограмм, значит, это приближенные кадры одного сюжета.

Случай, при котором  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l+1}) \rightarrow -1$ , назовем «обратным контрастом».

Относительно  $\omega_l^p$  кадра видеопотока определим оценки коэффициентов корреляции  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-1}), \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-2}), \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-3})$  с тремя предыдущими кадрами  $\omega_{l-1}^p, \omega_{l-2}^p, \omega_{l-3}^p$  и вычислим их среднее арифметическое значение:

$$K_D^{*p}(\omega_l) = \frac{\sum_{i=-3}^{-1} \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l+i})}{3}, \quad i \in R.$$

Аналогичным образом произведем вычисления оценок коэффициентов корреляции  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l}), \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l-1}), \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l-2})$  и их среднее арифметическое значение относительно  $\omega_{l+1}^p$  кадра видеопотока:

Если

$$K_D^{*p}(\omega_{l+1}) = \frac{\sum_{i=-2}^0 \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1, l+i})}{3}, \quad i \in R.$$

$$K_D^{*p}(\omega_l) > K_D^{*p}(\omega_{l+1}) + \Delta_{\text{кор}},$$

то наблюдается переход на следующую сюжетную линию или идентифицируется первая граница подлежащих выделению кадров видеопотока, где  $\Delta_{\text{кор}}$  – допустимая погрешность оценки коэффициента корреляции, определяемая эмпирически.

С целью определения второй границы или убеждения в новом сюжете производим вычисления оценок коэффициентов корреляции  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1, l+2})$ ,  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1, l+3})$ ,  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1, l+4})$  последующих трех кадров видеопотока относительно  $\omega_{l+1}^p$  и их среднего арифметического значения:

$$K_U^{*p}(\omega_{l+1}) = \frac{\sum_{i=2}^4 \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1, l+i})}{3}.$$

При выполнении условия

$$K_U^{*p}(\omega_{l+1}) + \Delta_{\text{кор}} < K_D^{*p}(\omega_l)$$

осуществляем выделение  $\omega_{l+1}^p$ ,  $\omega_{l+2}^p$  и  $\omega_{l+3}^p$  кадров видеопотока, иначе переходим на исследование  $p+1$  сюжетной линии.

Сравнение средних арифметических значений оценок коэффициентов корреляции производится для группы кадров видеопотока по гистограммам с соответствующими цветовыми составляющими Red, Green и Blue.

Критерий выделения кадров видеопотока отражен в алгоритме на рисунке 2.

Анализ выделенных трех кадров и принятие решения о наличии или отсутствии кадра-вставки выполняется согласно алгоритму, представленному на рисунке 3.

В статье предложена методика идентификации кадра-вставки в потоке видеоданных, основанная на вычислении коэффициента корреляции гистограмм изображений последовательности кадров и динамического вычисления порога принятия решения. Реализация этой методики в системах контроля и управления доступом позволит идентифицировать кадр-вставку в потоке видеоданных с высокой достоверностью. Результаты исследования, проведенного на имитационной модели, показали, что при изменении яркостных характеристик анализируемых изображений ошибка принятия решения «первого» рода будет иметь меньшее значение по сравнению с известными методиками.

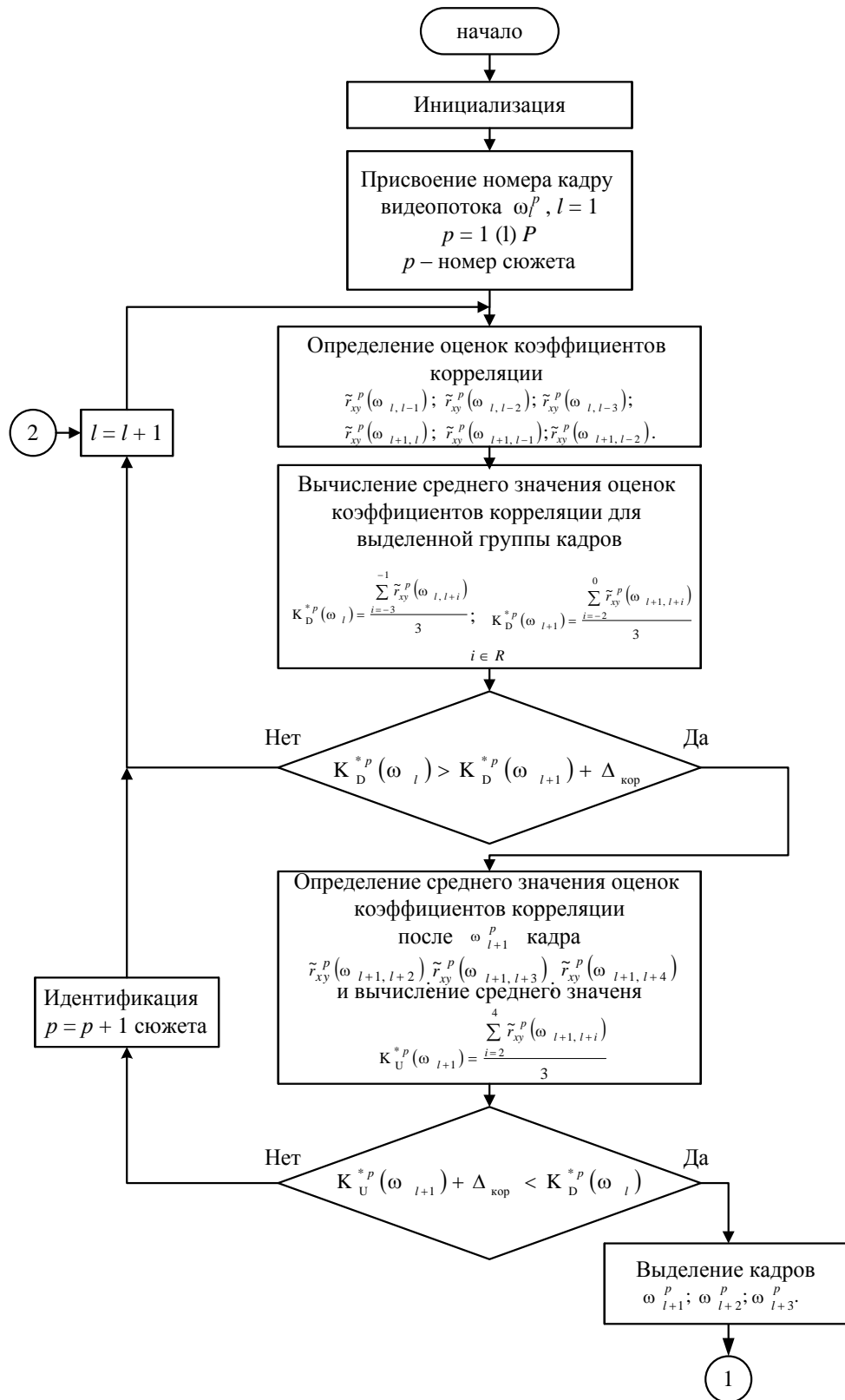


Рисунок 2 – Алгоритм выделения кадров видеопотока методом сравнения средних арифметических значений оценок коэффициентов корреляции гистограмм изображений кадров

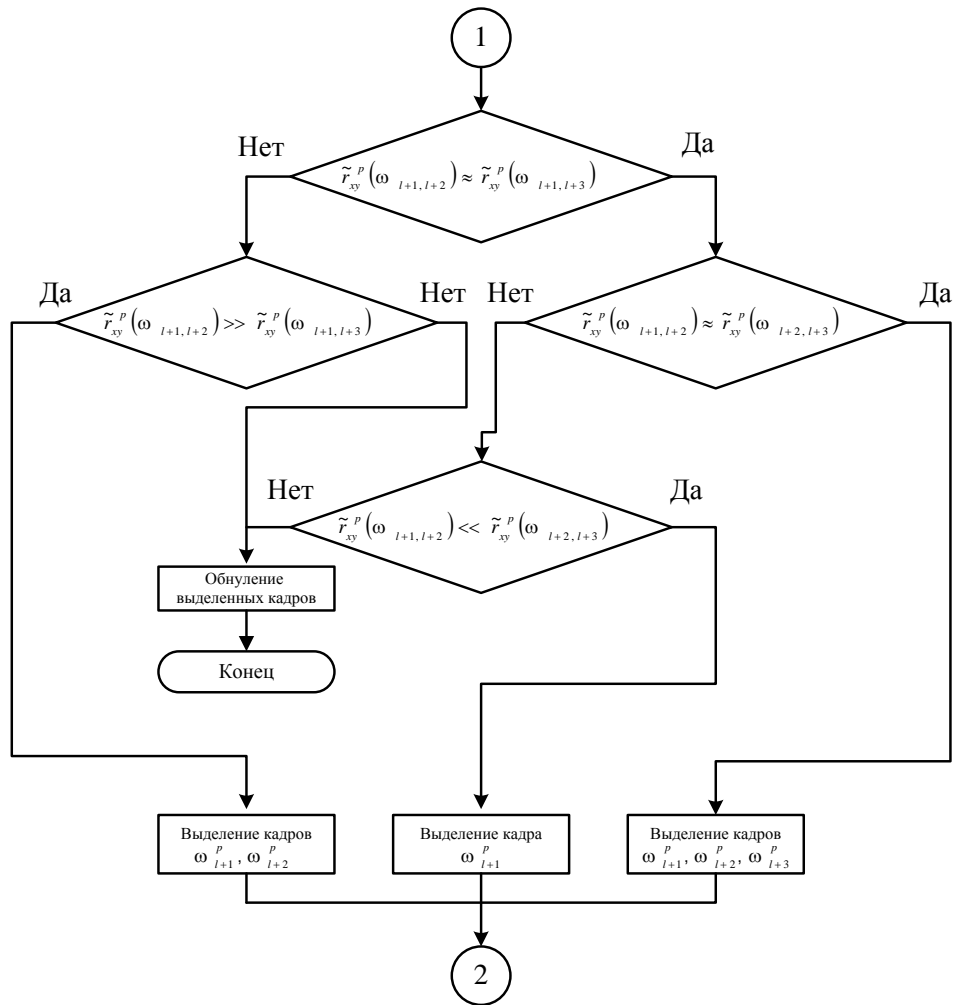
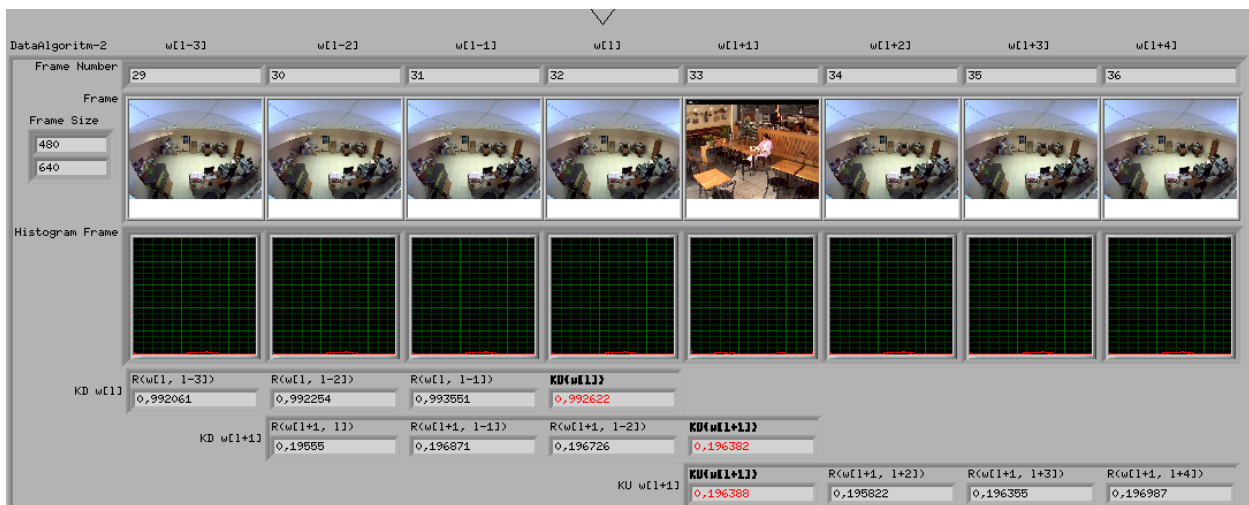


Рисунок 3 – Алгоритм выделения одного, двух и трех кадров видеопотока

Принцип работы методики, основанной на корреляционном анализе гистограмм, представлен на рисунках 4, 5, 6.



По Red-гистограммам

$$\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-1})=0,993551, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-2})=0,992254, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-3})=0,992061;$$

$$\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l})=0,19555, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l-1})=0,196871, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l-2})=0,196726;$$

$$K_D^{*p}(\omega_l)=0,992622,$$

$$K_D^{*p}(\omega_{l+1})=0,196382;$$

$$K_D^{*p}(\omega_l) > K_D^{*p}(\omega_{l+1}) + \Delta_{\text{св}} ,$$

идентифицируется первая граница.

$$\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+2})=0,195822, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+3})=0,196355, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+4})=0,196987;$$

$$K_U^{*p}(\omega_{l+1})=0,196388;$$

$$K_U^{*p}(\omega_{l+1}) + \Delta_{\text{кор}} < K_D^{*p}(\omega_l),$$

затем производится выделение  $\omega_{l+1}^p$ ,  $\omega_{l+2}^p$  и  $\omega_{l+3}^p$  кадров видеопотока.

**Рисунок 4 – Принцип работы методики, основанной на корреляционном анализе Red-гистограмм при одном кадре вставки**

Дальнейшее исследование направлено на определение потенциальных кадров вставок в выделенной тройке  $\omega_{l+1}^p$ ,  $\omega_{l+2}^p$  и  $\omega_{l+3}^p$  кадров видеопотока.

Условие, при котором значения оценок коэффициентов корреляции  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+2}) \approx \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+3})$ , соответствует одному кадру вставки  $\omega_{l+1}^p$  и трем кадрам вставки  $\omega_{l+1}^p$ ,  $\omega_{l+2}^p$  и  $\omega_{l+3}^p$ . При выполнении данного приближенного равенства и  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+2}) \approx \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+2,l+3})$  выделяем  $\omega_{l+1}^p$ ,  $\omega_{l+2}^p$  и  $\omega_{l+3}^p$  кадры видеопотока, а при  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+2}) \ll \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+2,l+3})$  осуществляем выделение  $\omega_{l+1}^p$  кадра.

При значительном превышении значения оценки коэффициента корреляции  $\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+2}) \gg \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+3})$  производим выделение  $\omega_{l+1}^p$  и  $\omega_{l+2}^p$  кадров видеопотока.



По Red-гистограммам

$$\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+2}) = 0,999515, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+3}) = 0,193931, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+4}) = 0,194408;$$

$$K_U^*p(\omega_{l+1}) = 0,462618;$$

$$K_U^*p(\omega_{l+1}) + \Delta_{\text{кор}} < K_D^*p(\omega_l),$$

производим выделение  $\omega_{l+1}^p$ ,  $\omega_{l+2}^p$  и  $\omega_{l+3}^p$  кадров видеопотока.



По Red-гистограммам

$$\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-1}) = 0,999278, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-2}) = 0,999079, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-3}) = 0,99903;$$

$$\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l}) = 0,186957, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l-1}) = 0,186629, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l-2}) = 0,186887;$$

$$K_D^*p(\omega_l) = 0,999129, K_D^*p(\omega_{l+1}) = 0,186824;$$

$$K_D^*p(\omega_l) > K_D^*p(\omega_{l+1}) + \Delta_{\text{сид}},$$

$$\tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+2}) = 0,999253, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+3}) = 0,998476, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+4}) = 0,188668;$$

$$K_U^*p(\omega_{l+1}) = 0,728799;$$

$$K_U^*p(\omega_{l+1}) + \Delta_{\text{кор}} < K_D^*p(\omega_l)$$

производится выделение  $\omega_{l+1}^p$ ,  $\omega_{l+2}^p$  и  $\omega_{l+3}^p$  кадров видеопотока.

**Рисунок 5 – Принцип работы методики, основанной на корреляционном анализе Red-гистограмм при двух и трех кадрах вставок**





По Red-гистограммам

$$\begin{aligned} \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-1}) &= 0,999468, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-2}) = 0,999549, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l,l-3}) = 0,999097; \\ \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l}) &= 0,141288, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l-1}) = 0,140703, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l-2}) = 0,140912; \\ K_D^{*p}(\omega_l) &= 0,999371, K_D^{*p}(\omega_{l+1}) = 0,140968; \\ K_D^{*p}(\omega_l) &> K_D^{*p}(\omega_{l+1}) + \Delta_{\text{сид}}, \end{aligned}$$

идентифицируется первая граница,

$$\begin{aligned} \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+2}) &= 0,589571, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+3}) = 0,998963, \tilde{r}_{xy}^p(\omega_{l+1,l+4}) = 0,589571; \\ K_U^{*p}(\omega_{l+1}) &= 0,726035; \\ K_U^{*p}(\omega_{l+1}) + \Delta_{\text{кор}} &> K_D^{*p}(\omega_l), \end{aligned}$$

осуществляется переход на  $p+1$  сюжет.

**Рисунок 6 – Принцип работы методики, основанной на корреляционном анализе Red-гистограмм при переходе на следующий сюжет**

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Мир цифровой обработки. Цифровая обработка изображений: перевод с англ. под. ред. П.А. Чочиа. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
2. Визильтер Ю. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision / Ю. Визильтер, С. Желтов, В. Князь, А. Ходарев, А. Моржин. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 464 с.
3. Еременко В.Т., Тютякин А.В., Семашко Е.А. Выбор операционных моделей обработки, архивирования и защиты изображений в распределенных системах технической диагностики // Информационные системы и технологии, 2011. – № 3. – С. 115-119.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник для студентов ВУЗов. – Изд. 7-е, стер. – М.: Высшая школа, 2001. – 575 с.
5. Еременко В.Т. Компьютерная графика: методы, модели и средства преобразования графической информации: монография / В.Т. Еременко, А.П. Фисун, И.С. Константинов, Д.В. Агарков, Е.А. Семашко. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – Т. 1. – 364 с.
6. Еременко В.Т. Моделирование процессов информационного обмена в распределенных управляющих системах: монография. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 224 с.

**Лысанов Иван Юрьевич**

Академия ФСО России, г. Орел  
Сотрудник  
Тел: 8 920 283 83 42

**Орешин Андрей Николаевич**

Кандидат технических наук, доцент  
Академия ФСО России, г. Орел  
Тел: 8 910 304 00 01

I.Yu. LY'SANOV (*Employee*)

A.N. OREShIN (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor*)  
*Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel*

TECHNIQUE OF IDENTIFICATION INSERT FRAME  
INTO THE VIDEO STREAM BASED ON THE CORRELATION ANALYSIS  
OF THE HISTOGRAM IMAGE FRAMES AND DYNAMIC DECISION THRESHOLD

*The technique identifying frame-insertion into the video stream based on the calculation of the correlation coefficient image histograms frame sequence and dynamic calculation decision threshold.*

**Keywords:** *insert frame; video flow; image histogram; correlation coefficient; dynamic threshold.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Gonsales R., Vuds R. Mir cifrovoj obrabotki. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij: perevod s angl. pod. red. P.A. Chochia. – M.: Texnosfera, 2006. – 1072 s.
2. Vizil'ter Yu. Obrabotka i analiz cifrov'y'x izobrazhenij s primerami na LabVIEW i IMAQ Vision / Yu. Vizil'ter, S. Zheltov, V. Knyaz', A. Xodarev, A. Morzhin. – M.: DMK Press, 2008. – 464 s.
3. Eryomenko V.T., Tyutyakin A.V., Semashko E.A. Vy'bor operacionny'x modelej obrabotki, arxivirovaniya i zashhity' izobrazhenij v raspredelenny'x sistemax texnicheskoy diagnostiki // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 3. – S. 115-119.
4. Ventcel' E.S. Teoriya veroyatnostej: uchebnyk dlya studentov VUZov. – Izd. 7-e, ster. – M.: Vy'sshaya shkola, 2001. – 575 s.
5. Eryomenko V.T. Komp'yuternaya grafika: metody', modeli i sredstva preobrazovaniya graficheskoy informacii: monografiya / V.T. Eryomenko, A.P. Fisun, I.S. Konstantinov, D.V. Agarkov, E.A. Semashko. – Orel: OrelGTU, 2010. – T. 1. – 364 s.
6. Eryomenko V.T. Modelirovanie processov informacionnogo obmena v raspredelenny'x upravlyayushhix sistemax: monografiya. – M.: Mashinostroenie-1, 2004. – 224 s.

УДК 004.728.3, 519.725, 621.391, 623.61

С.И. МАКАРЕНКО, К.Ю. РЮМШИН, Р.Л. МИХАЙЛОВ

**МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТА СЕТИ СВЯЗИ  
В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ КАНАЛОВ СВЯЗИ**

*В работе разработана оригинальная модель процесса функционирования объекта связи, произведена оценка влияния временных интервалов диагностики отказов каналов связи и коэффициента их готовности на его надежность по показателю вероятности нахождения в работоспособном состоянии. Показана возможность повышения надежности объекта сети связи путем динамического изменения временных интервалов диагностики.*

**Ключевые слова:** сеть связи; устойчивость связи; надежность каналов связи; протоколы сигнализации.

С развитием телекоммуникационных технологий и увеличением структурной сложности сетей связи актуализируются вопросы обеспечения устойчивости связи к отказам оборудования, а также к различного рода деструктивным воздействиям. Актуальность данных исследований подтверждается исследованиями в данной предметной области [1-5]. В настоящее время авторами проведено исследование функционирования различных протоколов резервирования каналов в сети [6], а также функционирования маршрутизаторов в сети в интересах обоснования направлений исследований по обеспечению устойчивости сетей связи [7]. Продолжая данное направление исследований, авторы предполагают развить модели, предложенные в работах [6-7], в направлении их обобщения моделью функционирования объекта сети связи в условиях ограниченной надежности каналов связи, которая обладает более широкой степенью абстракции и может быть применена для описания широкого класса процессов в сетях связи.

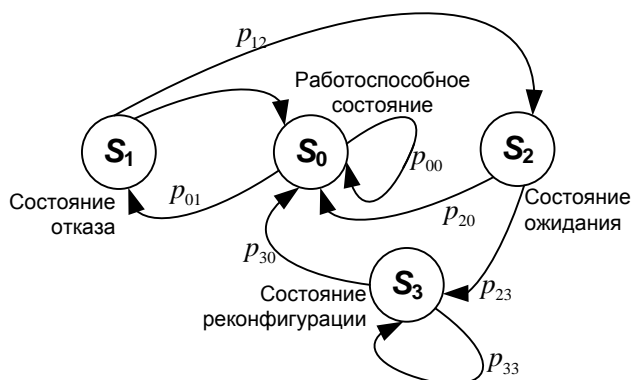
Рассмотрим объект сети связи, процесс функционирования которого определяется надежностью канала связи (КС). Примером такого объекта могут служить: узел сети, опрашиваемый по смежным каналам соседние узлы по протоколу Hello; сетевое многозвенное соединение между абонентами в технологии АТМ; сеть связи с маршрутизацией по протоколу состояния каналов [8]. В случае отказа канала связи объект сети проходит через следующую последовательность смены состояний: работоспособен – отказ канала связи – ожидание восстановления связи – изменение (реконфигурация/коррекция) собственных параметров в интересах восстановления работоспособности – работоспособен.

Введем следующие обозначения для формализации процесса функционирования объекта связи (при допущении о пуассоновском характере процесса отказов/восстановления КС):

- $S_0, S_1, S_2, S_3$  – состояния, в которых находится объект связи;
- $\lambda_{\text{отк}}$  – интенсивность отказов КС объекта связи;
- $\mu_{\text{вост}}$  – интенсивность восстановления КС объекта связи;
- $T_{\text{отк}}=1/\lambda_{\text{отк}}$  – средняя наработка на отказ КС объекта связи;
- $T_{\text{вост}}=1/\mu_{\text{вост}}$  – среднее время восстановления КС объекта связи;
- $K_{\Gamma}=T_{\text{отк}}/(T_{\text{отк}}+T_{\text{вост}})$  – коэффициент готовности КС объекта связи;
- $T_{\text{диагн}}$  – период диагностики состояния работоспособности КС объекта связи;

- $T_{ож}$  – временной интервал ожидания восстановления связи;
- $T_{рек}$  – время реконфигурации объекта связи в интересах восстановления работоспособности.

Формализуем рассматриваемый процесс функционирования объекта связи в виде марковского процесса смены состояний (рис. 1).



**Рисунок 1 – Формализованный марковский процесс функционирования объекта связи в условиях отказов каналов**

В представленной модели процесс функционирования объекта связи представлен в виде последовательности перехода между различными состояниями:

- $S_0$  – «работоспособное состояние» объекта;
- $S_1$  – «состояние отказа» КС, когда объект отказ не диагностировал и продолжает использовать канал связи как работоспособный;
- $S_2$  – «состояние ожидания», когда объект диагностировал отказ КС, но ожидает восстановления связи в нем;
- $S_3$  – «состояние реконфигурации», когда объект диагностировал, что восстановления связи в канале не произошло, и был запущен процесс изменения собственных параметров в интересах восстановления работоспособности.

В начальный момент времени объект находится в «работоспособном состоянии». В случае отказа канала связи он переходит в состояние «состояние отказа»  $S_0 \rightarrow S_1$ . Если за период диагностики  $T_{диагн}$  канал успел отказать и восстановиться ( $T_{диагн} > T_{отк} + T_{вост}$ ), то система возвращается в «работоспособное состояние»  $S_1 \rightarrow S_0$ . Если за время  $T_{диагн}$  канал не успел восстановиться ( $T_{диагн} < T_{отк} + T_{вост}$ ), то объект связи диагностирует отказ канала и переходит  $S_1 \rightarrow S_2$  в «состояние ожидания». Если за время ожидания канал восстановится ( $T_{диагн} + T_{ож} > T_{отк} + T_{вост}$ ), то объект переходит  $S_2 \rightarrow S_0$  в «работоспособное состояние», в противном случае ( $T_{диагн} + T_{ож} < T_{отк} + T_{вост}$ ) он переходит  $S_2 \rightarrow S_3$  в «состояние реконфигурации», после чего восстанавливает свое «работоспособное состояние»  $S_3 \rightarrow S_0$ .

Параметры переходов  $S_i \rightarrow S_j$  определяются вероятностями  $p_{ij}$ , зависящими от вероятности отказа  $P_{отк}(t)$  и вероятности восстановления  $P_{вост}(t)$  каналов связи за время  $t$ , а также от временных параметров объекта связи: времени диагностики отказа канала  $T_{диагн}$ , времени ожидания восстановления связи  $T_{ож}$ , времени изменения (реконфигурация/коррекция) собственных параметров в интересах восстановления работоспособности  $T_{рек}$ .

Для временных параметров:  $T_{отк}=1/\lambda_{отк}$ ,  $T_{вост}=1/\mu_{вост}$ ,  $T_{диагн}$ ,  $T_{ож}$ ,  $T_{рек}$ , введем допущение о пуассоновском потоке процессов отказа и восстановления и, соответственно, экспоненциальном распределении времени  $T_{отк}$  и  $T_{вост}$ , как это показано на рисунке 2.

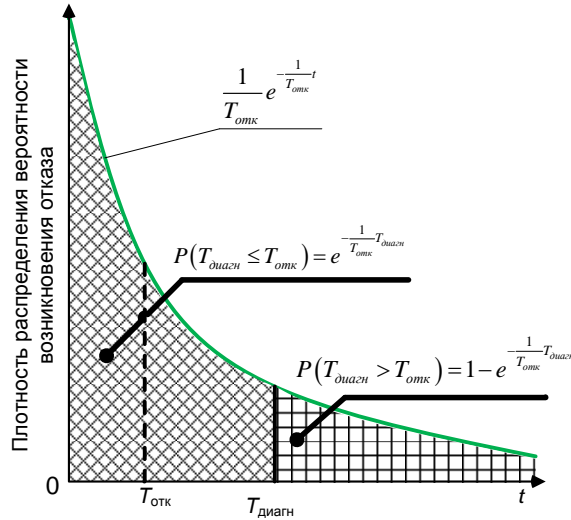


Рисунок 2 – Пояснение к допущению о пуассоновском потоке процессов отказа и восстановления

Для перехода от временных параметров  $T_{отк}=1/\lambda_{отк}$ ,  $T_{вост}=1/\mu_{вост}$  к безразмерному показателю – коэффициенту готовности  $K_{г} = T_{отк}/(T_{отк}+T_{вост})$  – через заранее определенное значение  $T_{отк}$  используем систему:

$$\begin{cases} T_{отк} = const \\ K_{г} = const \\ T_{вост} = \frac{T_{отк}}{K_{г}} - T_{отк} \end{cases} \quad (1)$$

С учетом этого допущения введем следующие функции для переходных вероятностей  $p_{ij}$  в зависимости от параметров отказа/восстановления канала  $T_{отк}$ ,  $T_{вост}$ ,  $K_{г}$ .

Вероятность  $p_{00}$  того, что интервал диагностики  $T_{диагн}$  меньше времени наработки до отказа  $T_{отк}$ , то есть канал связи за время диагностики не отказал и продолжает работать:

$$p_{00} = P(T_{диагн} < T_{отк}) = e^{-\frac{1}{T_{отк}} T_{диагн}} \quad (2)$$

Вероятность  $p_{01}$  того, что интервал диагностики  $T_{диагн}$  больше времени наработки до отказа  $T_{отк}$ , то есть канал связи за время диагностики  $T_{диагн}$  отказал и во время проведения диагностики объект установил этот отказ – система перешла в «состояние отказа»:

$$p_{01} = P(T_{диагн} > T_{отк}) = 1 - e^{-\frac{1}{T_{отк}} T_{диагн}} \quad (3)$$

Вероятность  $p_{10}$  того, что за интервал диагностики  $T_{диагн}$  канал успел и отказать, и восстановиться, в результате система вновь перешла в «работоспособное состояние»:

$$p_{10} = P(T_{диагн} > T_{отк} + T_{вост}) = 1 - e^{-\frac{1}{T_{отк} + T_{вост}} T_{диагн}} \quad (4)$$

Вероятность  $p_{12}$  того, что за интервал диагностики  $T_{диагн}$  канал успел отказать, но не успел восстановиться, и система перешла в «состояние ожидания» восстановления связи:

$$p_{12} = P(T_{\text{диагн}} < T_{\text{отк}} + T_{\text{вост}}) = e^{-\frac{1}{T_{\text{отк}} + T_{\text{вост}}} T_{\text{диагн}}} \quad (5)$$

Вероятность  $p_{20}$  того, что за время интервала диагностики  $T_{\text{диагн}}$  и время ожидания  $T_{\text{ож}}$  канал успел и отказать, и успел восстановиться, в результате система вернулась в «работоспособное состояние»:

$$p_{20} = P(T_{\text{диагн}} + T_{\text{ож}} > T_{\text{отк}} + T_{\text{вост}}) = 1 - e^{-\frac{1}{T_{\text{отк}} + T_{\text{вост}}} (T_{\text{диагн}} + T_{\text{ож}})} \quad (6)$$

Вероятность  $p_{23}$  того, что за время интервала диагностики  $T_{\text{диагн}}$  и время ожидания  $T_{\text{ож}}$  канал успел отказать, но не успел восстановиться, и система перешла в «состояние реконфигурации»:

$$p_{23} = P(T_{\text{диагн}} + T_{\text{ож}} < T_{\text{отк}} + T_{\text{вост}}) = e^{-\frac{1}{T_{\text{отк}} + T_{\text{вост}}} (T_{\text{диагн}} + T_{\text{ож}})} \quad (7)$$

Время реконфигурации принято распределенным по экспоненциальному закону с математическим ожиданием  $T_{\text{рек}}$ . В этом случае вероятность  $p_{33}$  того, что за время  $T_{\text{рек}}$  объект успел изменить свои параметры и система перешла в «работоспособное состояние»:

$$p_{30} = P(t > T_{\text{рек}}) = e^{-1}, \quad (8)$$

вероятность того, что за то же время  $T_{\text{рек}}$  продолжается реконфигурация:

$$p_{33} = P(t < T_{\text{рек}}) = 1 - e^{-1}. \quad (9)$$

Формализация функционирования объекта сети в виде марковского процесса с данными переходными вероятностями  $p_{ij}$  позволяет составить уравнения для состояний системы при допущении о стационарности процесса ее функционирования:

$$\begin{cases} P(S_1)p_{10} + P(S_2)p_{20} + P(S_3)p_{30} - P(S_0)p_{01} - P(S_0)p_{00} + P(S_0)p_{00} = 0 \\ P(S_0)p_{01} - P(S_1)p_{12} - P(S_1)p_{10} = 0 \\ P(S_1)p_{12} - P(S_2)p_{20} - P(S_2)p_{23} = 0 \\ P(S_2)p_{23} - P(S_3)p_{30} - P(S_3)p_{33} + P(S_3)p_{33} = 0 \\ P(S_0) + P(S_1) + P(S_2) + P(S_3) = 1 \end{cases}$$

Решение данной системы уравнений позволит получить вероятности нахождения системы в соответствующих состояниях в зависимости от переходных вероятностей:

$$\begin{cases} P(S_0) = \frac{P_{30}}{P_{01}P_{30} + P_{01}P_{12}P_{30} + P_{30} + P_{01}P_{12}P_{23}} \\ P(S_1) = \frac{P_{01}P_{30}}{P_{01}P_{30} + P_{01}P_{12}P_{30} + P_{30} + P_{01}P_{12}P_{23}} \\ P(S_2) = \frac{P_{01}P_{12}P_{30}}{P_{01}P_{30} + P_{01}P_{12}P_{30} + P_{30} + P_{01}P_{12}P_{23}} \\ P(S_3) = \frac{P_{01}P_{12}P_{23}}{P_{01}P_{30} + P_{01}P_{12}P_{30} + P_{30} + P_{01}P_{12}P_{23}} \\ P(S_0) + P(S_1) + P(S_2) + P(S_3) = 1 \end{cases} \quad (10)$$

Проведем исследование изменения переходных вероятностей  $p_{ij}$  в системе в следующих типовых ситуациях.

1. Период диагностики отказа  $T_{\text{диагн}}$  намного меньше наработки на отказ  $T_{\text{отк}}$  и времени восстановления КС  $T_{\text{вост}}$ , например,  $T_{\text{диагн}}=0,01$ ;  $T_{\text{отк}}=1$ ;  $T_{\text{вост}}=0,25$  ( $K_r=0,8$ ); в этом

случае вероятность того, что за время  $T_{\text{диагн}}$  канал откажет, очень низка, что обуславливает значение  $p_{00} \rightarrow 1$  и, соответственно, значение  $P(S_0) \rightarrow 1$ . Если же отказ КС наступает, то происходит своевременная его диагностика и система из работоспособного состояния  $S_0$  переходит в состояние отказа  $S_1$ , из которого без потерь времени на ожидание восстановления связи переходит в состояние реконфигурации системы  $S_3$  с последующим возвращением в работоспособное состояние  $S_0$  (рис. 3(а)).

2. Период диагностики отказа  $T_{\text{диагн}}$  сопоставим с наработкой на отказ КС  $T_{\text{отк}}$ , его временем восстановления  $T_{\text{вост}}$ , а также со временем ожидания восстановления связи  $T_{\text{ож}}$   $T_{\text{диагн}} \approx (1/\lambda_{\text{отк}}) + (1/\mu_{\text{вост}}) \approx T_{\text{ож}}$ , например, (рис. 3(б)):  $T_{\text{диагн}}=0,8$ ;  $T_{\text{ож}}=1,25$ ;  $T_{\text{отк}}=1$ ;  $T_{\text{вост}}=0,25$  ( $K_1=0,8$ ). В этом случае при отказе канала связи происходит своевременная его диагностика и система из работоспособного состояния  $S_0$  переходит в состояние отказа  $S_1$ . Из состояния отказа  $S_1$  после ожидания восстановления связи в течении  $T_{\text{ож}}$  система переходит в состояние реконфигурации  $S_3$  с последующим возвращением в работоспособное состояние  $S_0$  (в случае если система не успела восстановиться за время ожидания  $T_{\text{ож}}$ ). В случае если на время ожидания  $T_{\text{ож}}$  канал связи успел восстановиться, система сразу же переходит в состояние  $S_0$ .

3. Период диагностики отказа  $T_{\text{диагн}}$  намного больше наработки на отказ  $T_{\text{отк}}$  и времени восстановления канала связи  $T_{\text{вост}}$ , например:  $T_{\text{диагн}}=5$ ,  $T_{\text{ож}}=5$ ,  $T_{\text{отк}}=1$ ,  $T_{\text{вост}}=0,25$  ( $K_1=0,8$ ). В этом случае при отказе КС не происходит своевременная его диагностика и система из работоспособного состояния  $S_0$  переходит в состояние отказа  $S_1$ , из которого не может перейти в состояние реконфигурации  $S_3$  (через состояние  $S_2$ ), а, следовательно, и в работоспособное состояние  $S_0$ , ожидая, пока истечет очередной период диагностики. При этом существенно повышается вероятность  $p_{10}$ , что система за время  $T_{\text{диагн}}$  успеет самостоятельно восстановиться. Фактически такое состояние соответствует «необнаруженному отказу», так как при наступлении отказа до истечения периода очередного периода диагностики  $T_{\text{диагн}}$  система находится как бы в работоспособном состоянии и продолжает использовать отказавший канал (рис. 3 (в)).

Переходные вероятности  $p_{ij}$  и конечные вероятности  $P(S_i)$  нахождения в состояниях  $S_i$  для вышерассмотренных типовых ситуаций и при указанных ограничениях приведены на рисунке 3.

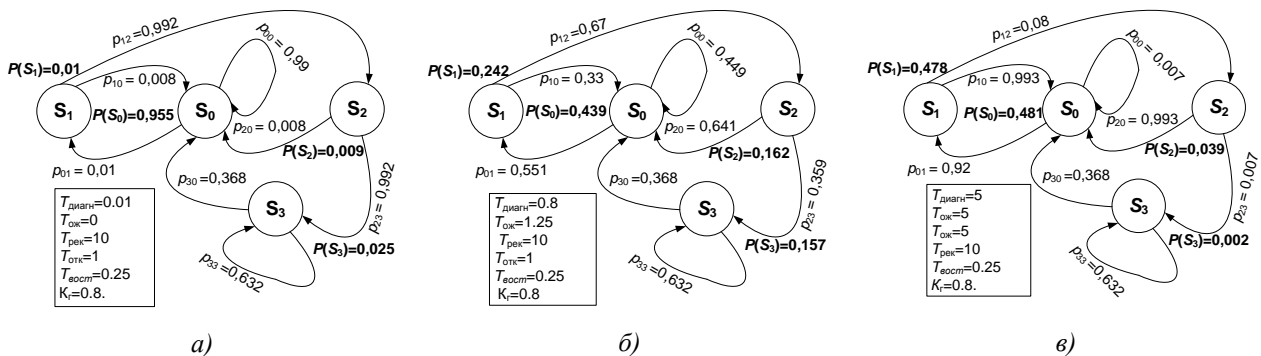


Рисунок 3 – Значения переходных вероятностей

Исследуем поведение конечных вероятностей состояний системы  $P(S_i)$ , определяемых в соответствии с выражениями (1-10). Результаты исследования зависимости  $P(S_i)$  от значений  $T_{\text{диагн}}$  и  $T_{\text{ож}}$ , нормированных к наработке канала связи на отказ  $T_{\text{отк}}=1/\lambda_{\text{отк}}$ , при различных значениях  $K_2$  с учетом следующих ограничений:  $T_{\text{отк}}=1$ ;  $T_{\text{диагн}}=1T_{\text{отк}} \dots 3T_{\text{отк}}$ ;  $T_{\text{ож}}=1T_{\text{диагн}} \dots 5T_{\text{диагн}}$ ;  $T_{\text{рек}}=10T_{\text{отк}}$ ;  $K_2=0,5, 0,8, 0,99$  приведены на рисунке 4.

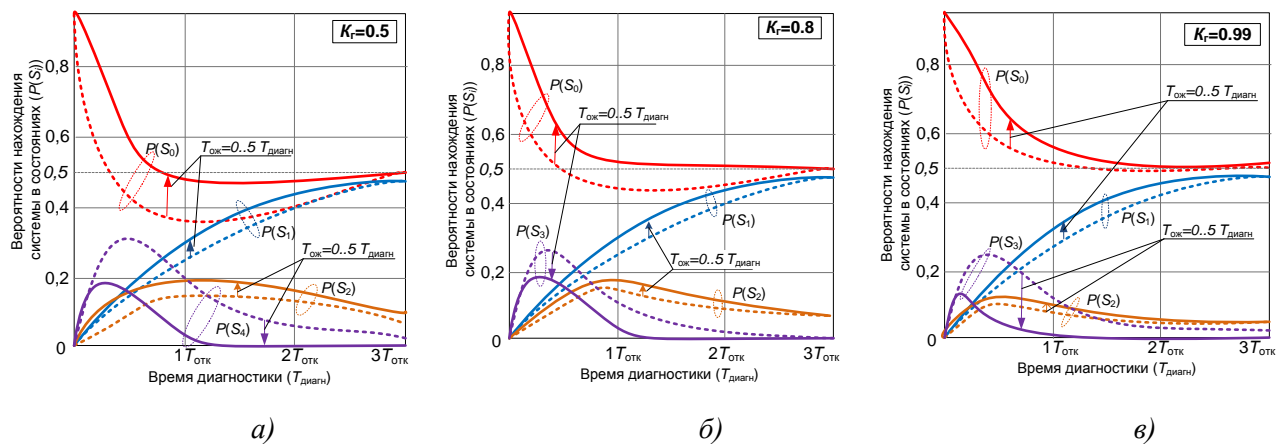


Рисунок 4 – Зависимости конечных вероятностей состояний системы  $P(S_i)$  от  $T_{\text{диагн}}$ ,  $T_{\text{ож}}$ ,  $K_2$

Анализ графических зависимостей, приведенных на рисунке 4, позволяет сделать следующие выводы:

1. Отношение  $T_{\text{ож}}/T_{\text{диагн}}$  влияет на быстроту схождения  $P(S_i)$  к предельному значению. При  $T_{\text{ож}} = 0T_{\text{диагн}}$ , значения  $P(S_0)$ ,  $P(S_1)$ ,  $P(S_2)$  достигают своего минимального значения, а  $P(S_3)$  – максимального.

2. При увеличении значений  $T_{\text{диагн}}$  вероятность работоспособного состояния  $P(S_0)$  снижается и стремится к своему предельному значению  $P(S_0) \rightarrow 0,5$ . При этом значения  $K_2$  определяют наличие и значение минимума функции  $P(S_0)$ .

3. При увеличении значений  $T_{\text{диагн}}$  вероятность нахождения в состоянии отказа  $P(S_1)$  повышается и стремится к предельному значению  $P(S_1) \rightarrow 0,5$ . При этом изменения значения  $K_2$  практически не оказывают влияния на вероятность нахождения системы в состоянии отказа  $P(S_1)$ .

4. График вероятности нахождения в состоянии ожидания восстановления связи  $P(S_2)$  является выпуклым и стремится к своему предельному значению  $P(S_2) \rightarrow 0$  при увеличении  $T_{\text{диагн}}$ , при этом в зависимости от значения  $K_2$  меняется расположение и значение максимума функции  $P(S_2)$ .

5. График вероятности нахождения в состоянии реконфигурации объекта связи ( $P(S_3)$ ) также является выпуклым и стремится к предельному значению  $P(S_3) \rightarrow 0$  при увеличении  $T_{\text{диагн}}$ . Аналогично  $P(S_2)$  в зависимости от значения  $K_2$  меняется максимально достигаемое значение  $P(S_3)$ .

6. Уже при значениях  $T_{\text{диагн}} = 0,3T_{\text{отк}}$  ( $T_{\text{ож}} = 5T_{\text{диагн}}$ ) значение вероятности нахождения в работоспособном состоянии  $P(S_0)$  принимает критическое значение  $P(S_0) = 0,8$ , а при меньшем значении  $T_{\text{ож}} < 5T_{\text{диагн}}$  происходит снижение значений вероятности до  $P(S_0) < 0,8$ , что является неприемлемым показателем для объекта связи.

Исследование поведения конечных вероятностей состояний системы  $P(S_i)$  при ограничениях на  $T_{\text{диагн}}$  и  $T_{\text{ож}}$  в зависимости от значений  $K_2$  и отношения  $T_{\text{диагн}}/T_{\text{отк}}$  с учетом следующих ограничений:  $T_{\text{отк}} = 1$ ;  $T_{\text{диагн}} = 0,01T_{\text{отк}}, 0,1T_{\text{отк}}, 0,3T_{\text{отк}}, 1T_{\text{отк}}$ ;  $T_{\text{ож}} = 0T_{\text{диагн}} \dots 5T_{\text{диагн}}$ ;  $T_{\text{рек}} = 10T_{\text{отк}}$ ;  $K_2 = 0 \dots 1$  приведены на рисунке 5.

Анализ графических зависимостей, приведенных на рисунке 5, показывает, что при уменьшении  $T_{\text{диагн}}/T_{\text{отк}}$  снижается влияние значения коэффициента готовности КС  $K_2$  на вероятности  $P(S_i)$ , а при  $T_{\text{диагн}} \leq 0,01T_{\text{отк}}$  вероятность нахождения системы в работоспособном состоянии  $P(S_0)$  практически от  $K_2$  не зависит. Таким образом, варьирование коэффициента готовности  $K_Г$  путем сокращения времени восстановления КС  $T_{\text{восст}}$  для повышения  $P(S_0)$  целесообразно лишь при значениях периода диагностики  $T_{\text{диагн}} \geq 0,08T_{\text{отк}}$ .



С ростом периода ожидания восстановления связи  $T_{ож}$  растет вероятность работоспособного состояния объекта  $P(S_0)$ , так как в этом случае возрастает переходная вероятность  $p_{20}$ , то есть увеличивается вероятность того, что система успеет перейти из состояния ожидания  $S_2$  в работоспособное состояние  $S_0$ , минуя состояние реконфигурации  $S_3$ . В отдельных случаях повышение значения  $T_{ож}$  от 0 до  $5T_{диагн}$  позволяет повысить вероятность работоспособного состояния на 15-20%.

Основным параметром, определяющим наиболее сложные условия функционирования объекта связи, являются значения наработки на отказ канала связи, удовлетворяющие условию  $T_{отк} \leq 10T_{диагн}$ . При этом значения  $T_{отк}$ , не превышающие значения времени восстановления канала связи  $T_{отк} \leq T_{восст}$ , снижают коэффициент готовности КС  $K_2$ . Условия функционирования, соответствующие значениям  $T_{отк} \leq 10T_{диагн}$ ,  $T_{отк} \leq T_{восст}$ , еще более усугубляют деструктивное воздействие отказов КС на объект связи и минимизируют значение вероятности нахождения системы в работоспособном состоянии  $P(S_0)$ .

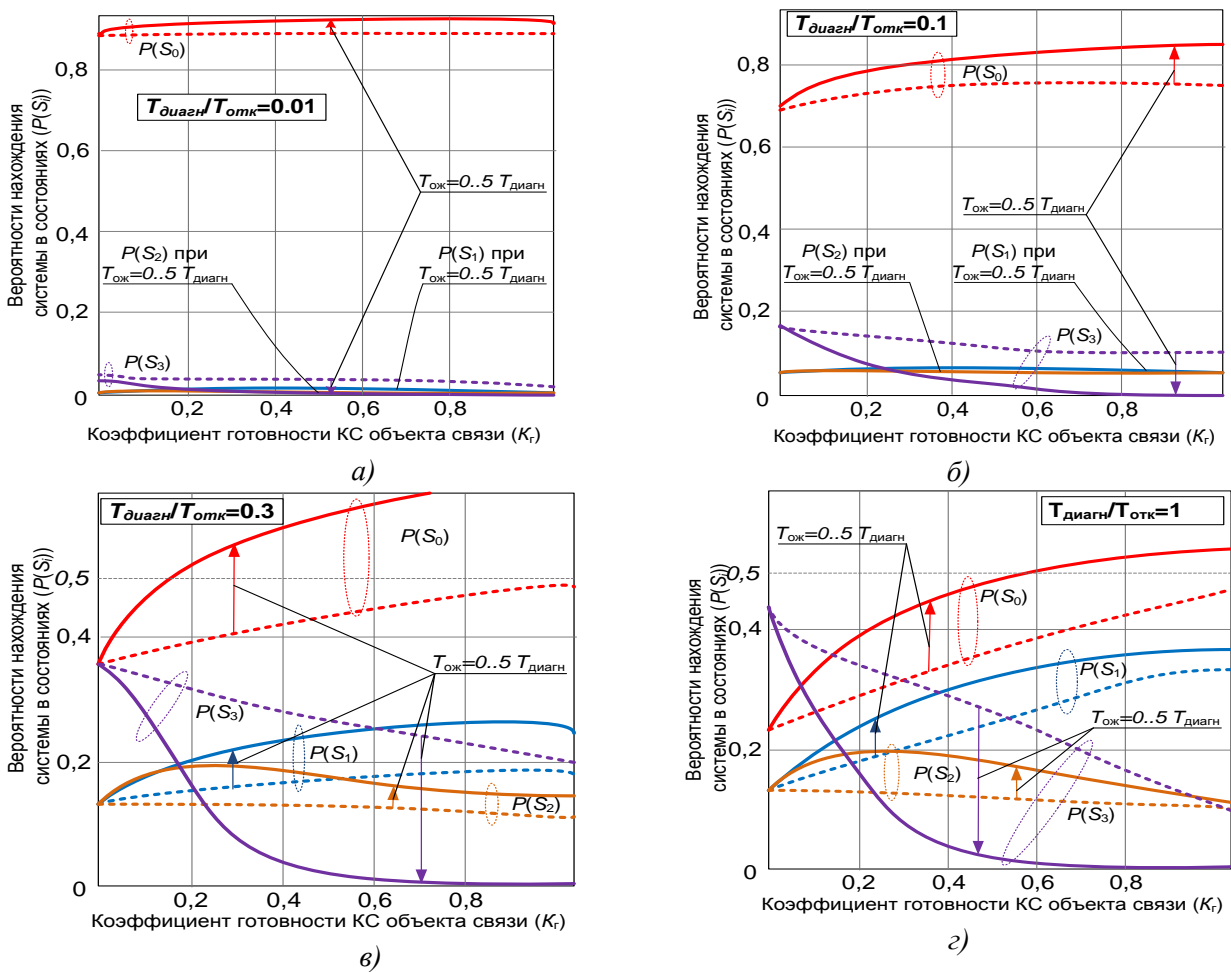


Рисунок 5 – Зависимость конечных вероятностей состояний от  $K_2$  при фиксированных значениях  $T_{диагн}/T_{отк}$

Для решения задачи обоснования временных параметров функционирования объекта связи из (10) с учетом (1-9), сокращая и приводя подобные, получим выражение для обеспечения заданного уровня вероятности  $P_{зад}(S_0)$ , который по своему физическому смыслу является коэффициентом готовности объекта связи:

$$P_{\text{зад}}(S_0) = \frac{1}{1 + e \left( 1 - e^{-\frac{T_{\text{диагн}}}{T_{\text{отк}}}} \right) \left( e^{-1} + e^{-\frac{T_{\text{диагн}} - T_{\text{отк}} - T_{\text{вост}}}{T_{\text{отк}} + T_{\text{вост}}}} + e^{-\frac{-2T_{\text{диагн}} - T_{\text{ож}}}{T_{\text{отк}} + T_{\text{вост}}}} \right)}.$$

Отличительной особенностью предлагаемой модели по сравнению с аналогами является ее универсальность применения для моделирования объектов связи, функционирование которого зависит от связанного с ним КС. Кроме того, в рамках предложенной модели впервые строго увязаны значения временных интервалов диагностики ( $T_{\text{диагн}}$ ) и ожидания ( $T_{\text{ож}}$ ) со временем отказа ( $T_{\text{отк}}$ ), а, следовательно, на основе данной модели возможна разработка методики повышения вероятности нахождения системы в работоспособном состоянии ( $S_0$ ) путем динамического изменения этих интервалов в зависимости от текущего значения  $T_{\text{отк}}$ , не связанная с избыточным количеством запросов состояния, увеличивающего долю служебного трафика в сети связи.

В дальнейшем в качестве объектов связи авторы планируют использовать: узел сети, опрашивающий по смежным каналам соседние узлы по протоколу Hello; сетевое многозвенное соединение между абонентами в технологии ATM; сеть связи с маршрутизацией по протоколу состояния каналов. Использование их в качестве объекта связи позволит на основе данной модели разработать методики решения следующих задач: обоснование временных параметров протокола сигнализации Hello в сети связи с ненадежными каналами; обоснование временных параметров протокола сигнализации и контроля параметров сетевого соединения в технологии ATM; обоснование временных параметров протокола сигнализации в составе протокола маршрутизации по состоянию каналов (OSPF).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гахов Р.П., Косенко И.В. Разработка метода повышения непрерывности функционирования сетей передачи данных // Инфокоммуникационные технологии, 2007. – Т. 5. – № 3. – С. 81-83.
2. Гахов В.Р., Гахов Р.П., Косенко И.В. Разработка математической модели маршрутизатора // Инфокоммуникационные технологии, 2007. – Т. 5. – № 3. – С. 52-55.
3. Красильникова О.С. Методы оптимизации времени сходимости открытых протоколов маршрутизации // Известия института инженерной физики, 2011. – Т. 4. – № 11. – С. 21-24.
4. Lichtwald G., Walter U., Zitterbart M. Improving Convergence Time of Routing Protocols [Электронный ресурс]. – URL: <http://telematics.tm.kit.edu/publications/Files/9/lichtwald-routing-convergence-icn2004.pdf> (дата доступа: 15.06.2014).
5. Макеев С.А., Алиев Т.И. Оптимизация конфигурируемых параметров маршрутизатора. – Информация и управление в технических системах. – Выпуск 10 // Научно-технический вестник СПбГИТМО (ТУ). – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2003. – С. 91-94.
6. Макаренко С.И., Михайлов Р.Л. Модель функционирования коммутатора в сети с использованием протокола покрывающего дерева STP и исследование устойчивости сети в условиях ограниченной надежности каналов связи // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2013. – № 2. – С. 61-68.
7. Михайлов Р.Л., Макаренко С.И. Оценка устойчивости сети связи в условиях воздействия на нее дестабилизирующих факторов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2013. – № 4. – С. 69-79.
8. ГОСТ 5311-2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. – М.: Стандартинформ, 2008. – 15 с.

**Макаренко Сергей Иванович**

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

Кандидат технических наук, доцент  
Тел.: 8 981 820 49 90  
E-mail: mak-serg@yandex.ru

**Рюмшин Константин Юрьевич**

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург  
Кандидат технических наук, докторант кафедры «Космического радиотехнического контроля»  
Тел.: 8 910 261 28 96  
E-mail: e8@mail.ru

**Михайлов Роман Леонидович**

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург  
Адъюнкт  
Тел.: 8 911 777 69 73  
E-mail: mikhailov-rom2012@yandex.ru

---

S.I. MAKARENKO (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor*)

K.Yu. RYiMShIN (*Candidate of Engineering Science, Doctorate Student of the Department «Cosmic radio engineering control»*)

R.L. MIXAJLOV (*Adjunct*)

*Military Space Academy named Mozhaiskij, St. Petersburg*

**MODEL OF FUNCTIONING OF TELECOMMUNICATION OBJECT  
IN THE LIMITED RELIABILITY OF COMMUNICATION CHANNEL CONDITIONS**

*The original model of functioning of the object of the communication net was developed and the influence of diagnostics time slot of faults of communication channels and the coefficient of their availability on it by the factor of serviceable condition probability was estimated. The capability of reliability of the object of the communication net enhancement by the way of dynamic variation diagnostics time slot was shown.*

**Keywords:** *communication net; operation stability of the network; reliability of communication channels; signaling protocols.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Gaxov R.P., Kosenko I.V. Razrabotka metoda povы'sheniya neprery'vnosti funkcionirovaniya setej peredachi danny'x // Infokommunikacionny'e tehnologii, 2007. – Т. 5. – № 3. – S. 81-83.
2. Gaxov V.R., Gaxov R.P., Kosenko I.V. Razrabotka matematicheskoy modeli marshrutizatora // Infokommunikacionny'e tehnologii, 2007. – Т. 5. – № 3. – S. 52-55.
3. Krasil'nikova O.S. Metody' optimizacii vremeni sxodimosti otkry'ty'x protokolov marshrutizacii // Izvestiya instituta inzhenernoj fiziki, 2011. – Т. 4. – № 11. – S. 21-24.
4. Lichtwald G., Walter U., Zitterbart M. Improving Convergence Time of Routing Protocols [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://telematics.tm.kit.edu/publications/Files/9/lichtwald-routing-convergence-icn2004.pdf> (data dostupa: 15.06.2014).
5. Makeev S.A., Aliev T.I. Optimizaciya konfiguriruemy'x parametrov marshrutizatora. – Informaciya i upravlenie v texnicheskix sistemax. – Vy'pusk 10 // Nauchno-texnicheskij vestnik SPbGITMO (TU). – SPb.: SPbGITMO (TU), 2003. – S. 91-94.
6. Makarenko S.I., Mixajlov R.L. Model' funkcionirovaniya kommutatora v seti s ispol'zovaniem protokola pokry'vayushhego dereva STP i issledovanie ustojchivosti seti v usloviyax ogranichennoj nadozhnosti kanalov svyazi // Radiotexnicheskie i telekommunikacionny'e sistemy', 2013. – № 2. – S. 61-68.
7. Mixajlov R.L., Makarenko S.I. Ocenka ustojchivosti seti svyazi v usloviyax vozdejstviya na neyo destabiliziruyushhix faktorov // Radiotexnicheskie i telekommunikacionny'e sistemy', 2013. – № 4. – S. 69-79.
8. GOST 5311-2008. Ustojchivost' funkcionirovaniya seti svyazi obshhego pol'zovaniya. – M.: Standartinform, 2008. – 15 s.

УДК 004.89

И.В. БИЗИН, Ю.В. ВАСИЛЕНКО, В.В. ВЛАСОВ,  
А.В. ДЕМИДОВ, Н.В. КАНАТНИКОВ, М.В. СМОЛЯКОВ

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИРОТОРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ НЕУВЕРЕННОМ ПРИЕМЕ СИГНАЛОВ ГНСС

*Развертывание и обслуживание стационарной системы мониторинга трафика требует больших финансовых затрат. Мультироторные беспилотные летательные аппараты (МР БПЛА) позволяют осуществлять мониторинг больших площадей в режиме реального времени с гораздо меньшими затратами по сравнению со стационарными системами мониторинга трафика. Одной из актуальных задач применения МР БПЛА для мониторинга трафика является проблема позиционирования в условиях плотной городской застройки.*

**Ключевые слова:** МР БПЛА; навигационная система; мониторинг трафика.

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема трафика на дорогах крупных городов и пригородных трасс как никогда актуальна. С каждым годом автомобильного транспорта на дорогах городов становится все больше. При этом и с дорожной инфраструктурой возникает ряд проблем (плохое качество дорожного покрытия, сложные автомобильные развязки, отсутствие надземных/подземных переходов, большое количество светофоров и т.д.) Для решения оперативных задач и сбора аналитических данных о состоянии автомобильных дорог по ряду причин целесообразно применение МР БПЛА [1, 2].

### ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МР БПЛА

Преимущества использования МР БПЛА по сравнению с другими средствами мониторинга:

- имеет малые габариты;
- не требует специально подготовленных взлетно-посадочных площадок;
- совершает оперативный мониторинг на заданном участке при удалении до 5 км с передачей фото- и видеосигнала в режиме реального времени;
- позволяет осуществлять мониторинг днем и ночью при любых погодных и климатических условиях;
- получает наиболее точные данные об исследуемых объектах городской инфраструктуры благодаря возможности зависания и приближения.

МР БПЛА способны предоставлять специальным службам информацию, благодаря которой эксперты в режиме реального времени могут оценивать общее состояние дорог, проводить регулярный мониторинг дорог, контролировать проводимые на дорогах работы, наблюдать за придорожной обстановкой.

Кроме того, МР БПЛА в автоматическом режиме могут обнаруживать правонарушителей, следить за ними и распознавать номера автомобилей, совершать оперативную разведку с места аварии или катастрофы на дорожном объекте, позволяя тем самым руководителям принять в кратчайшие сроки управленческие решения [3].

Мониторинг дорог МР БПЛА дает возможность специалистам создавать цифровую картографическую модель дорожно-транспортной структуры, разрабатывать ортофотопланы

при проектировании и строительстве дорог [4], обнаруживать дефекты дорожного покрытия, анализировать наличие и состояние растительности вдоль трассы.

### **ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МР БПЛА**

На эффективность выполнения целевых задач существенное влияние оказывает точность позиционирования МР БПЛА. Основой большинства навигационных систем МР БПЛА является глобальная спутниковая навигационная система (ГНСС). ГНСС отличается высокой точностью локации в условиях открытого неба, обеспечиваемая сравнительно недорогими одночастотными приемниками навигационных сигналов. Тем не менее, условия плотной городской застройки накладывают существенные ограничения на точность определения местоположения спутниковыми навигационными системами ГЛОНАСС и GPS, которые не преодолеваются применением даже дорогих двухчастотных приемников ГНСС. Причиной этого является затенение сигналов, их отражение и многолучевое распространение. Следовательно, в реальных условиях эксплуатации в плотной городской застройке велика вероятность недостоверного определения координат по сигналу ГНСС [5].

Таким образом, актуальной и практически важной является задача оценки координат МР БПЛА в условиях отсутствия либо искажения сигнала ГНСС. Оценка координат МР БПЛА в подобных условиях может быть выполнена с использованием:

- дополнительного бортового и/или наземного оборудования;
- штатного оборудования МР БПЛА.

Использование дополнительного оборудования ведет к снижению мобильности МРБЛА в целом и увеличению стоимостных и массогабаритных показателей. Последнее существенно влияет на дальность и время полета МР БПЛА. Использование штатного оборудования лишено подобных недостатков, но в настоящее время недостаточно проработано.

В состав штатного оборудования МР БПЛА входят интегральные датчики угловых скоростей, акселерометры, приемники ГНСС, вычислители, магнитометры, высотомеры, а также система наблюдения, включающая в свой состав визирные устройства, вычислители, приводы и пр.

Высокая скорость накопления ошибки в инерциальных системах позиционирования, вызванная погрешностью измерений используемых интегральных акселерометров и необходимостью вычисления первообразной, приводит к умножению ошибок и не позволяет получать точности позиционирования, сопоставимые с точностью ГНСС.

### **НАВИГАЦИЯ МР БПЛА В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**

Учитывая вышесказанное, в работе рассматривается возможность оценки координат и ориентации МР БПЛА с использованием дополнительной информации от бортовой системы наблюдения (рис. 1).

Позиционирование МР БПЛА в работе предлагается проводить на основе анализа расположения наземных объектов и заранее разработанной модели среды [6, 7].

На представленной схеме блок «Flight guidance and control» отвечает за сбор и обработку 2D-изображений, полученных благодаря бортовой камере, и решает три важные задачи:

- корректировка координат инерциальной системы позиционирования;
- стабилизация относительно заданной позиции;
- безопасная посадка МР БПЛА.

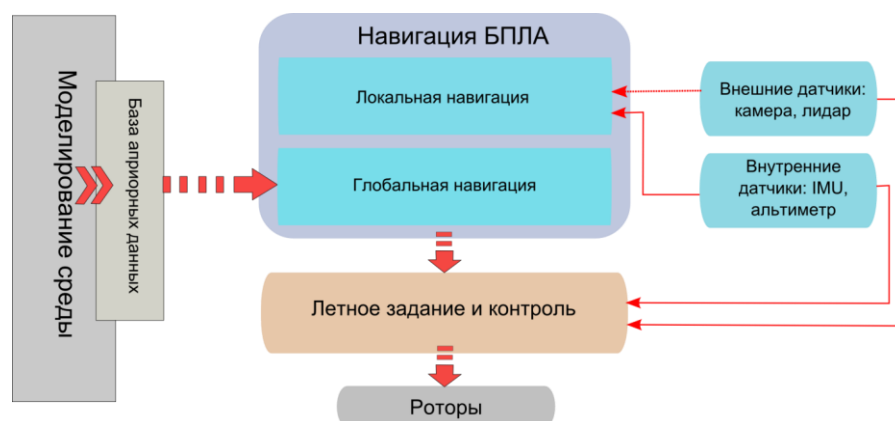


Рисунок 1 – Схема позиционирования МР БПЛА в условиях отсутствия сигналов ГНСС на основе целевого бортового оборудования

Функциональный блок «Local navigation» отвечает за самопозиционирование и 3D-моделирование окружающей среды относительно локальной системы координат [8]. На данном этапе происходит формирование 3D-информации на основе набора плоских изображений, таким образом, формируется 3D-карта исследуемой поверхности [9, 10]. В непосредственной связи с данным блоком находится «Global navigation», в котором происходит позиционирование МР БПЛА с помощью построенной 3D-модели внешней среды. Данная техника позволяет решить проблему позиционирования в условиях отсутствия сигналов ГНСС [11].

На рисунке 2 показано взаимодействие функциональных блоков МР БПЛА в условиях отсутствия сигнала ГНСС.

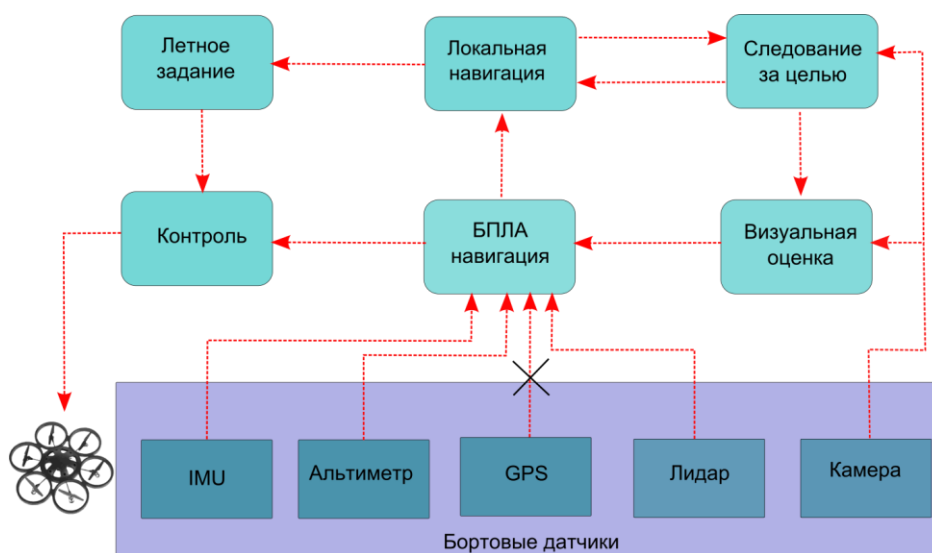


Рисунок 2 – Система контроля МР БПЛА при отсутствии сигналов ГНСС

Система локального позиционирования учитывает показания бортовых датчиков, внешних датчиков и данные изменения положения, полученные с камеры, которые после обработки фильтром Калмана-Бьюси позволяют решить проблему ориентации в пространстве плотной городской застройки [12, 13].

## ВЫВОДЫ

Применение программно-аппаратного комплекса, включающего в себя МР БПЛА, позволяет решать комплекс задач, связанных с контролем и мониторингом дорожной инфраструктуры, повышая эффективность этого процесса посредством интеллектуального управления, тем самым реализуя концепцию «Умного города».

В данной работе поставлена научно-практическая задача обеспечения точности движения и позиционирования МР БПЛА в условиях плотной городской застройки, решение которой позволит повысить надежность и автономность работы этих устройств.

Авторами предлагается решать эту проблему путем разработки адекватных математических моделей и программного обеспечения в задачах управления МР БПЛА, определения местоположения и обработки информации видеокамеры МР БПЛА при отсутствии сигнала ГНСС, неполных сенсорных данных, неопределенных и изменяющихся в процессе работы характеристик рабочего пространства, модели среды и самого МР БПЛА.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. SESAR – Reports D1, D2, D3, D4. Eurocontrol, 2008.
2. Malarski M., Manerowski J. Integrated system of transport management. *Transport problems*, 2008. – № 2. – Vol. 3 – P. 35-43.
3. Kapseong R., Jun-Seok O., Liang D. Lessons learned: application of small UAV for urban highway traffic monitoring [Электронный ресурс]. – URL: [http://uvs-international.org/phocadownload/03\\_5bc\\_Relevant\\_Information/Content\\_Lessons-Learned-Application-of-Small-UAV-for-Urban.pdf](http://uvs-international.org/phocadownload/03_5bc_Relevant_Information/Content_Lessons-Learned-Application-of-Small-UAV-for-Urban.pdf)
4. Khairul Nizam Tahar, Anuar Ahmad, Wan Abdul Aziz, Wan Mohd Akib, Wan Mohd Naim Wan Mohd. A new approach on production of slope map using autonomous unmanned aerial vehicle // *International Journal of Physical Sciences*, 2012. – Vol. 7(42). – P. 5678-5686.
5. Kulik A., Dergachov K., Lytvynenko T. Development and Research of Differential Mode GNSS for Intelligent Transport Functioning Providing // *Transport Problems*, 2012. – №4 – Vol. 7. – P. 71-77.
6. Herisse B., Russotto F., Hamel T., Mahony R. Hovering Flight and Vertical Landing Control of a VTOL Unmanned Aerial Vehicle Using Optical Flow // *Proceedings of International conference on Intelligent Robots and Systems*, 2008.
7. Herisse B., Hamel T., Mahony R., Russotto F.-X. A Terrain-Following Control Approach for a VTOL Unmanned Aerial Vehicle Using Average Optical Flow // *Autonomous robots*, 2011. – Vol. 29(3). – P. 381-399.
8. Wurm K.M., Homung A., Bennewitz M., Stachnis C., Burgard W. OctoMap: A Probabilistic, Flexible and Compact 3D Map Representation for Robotic Systems // *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2010.
9. Weiss S., Achtelik M., Kneip L., Scaramuzza D., Siegwart R. Intuitive 3D Maps for MAV Terrain Exploration and Obstacle Avoidance // *Journal of Intelligent Robotics systems*, 2011. – Vol. 61. – P. 473-493.
10. Watanabe Y. and al. AZUR: navigation Autonome en Zone Urbaine, Onera research project. [Электронный ресурс] – URL: <http://sites.onera.fr/azur>.
11. Watanabe Y., Fabiani P., Besnerais G. Simultaneous Visual Target Tracking and Navigation in a GPS-Denied Environment // *Proceedings of International Conference on Advanced Robotics*, 2009.
12. Weiss S., Scaramuzza D., Siegwart R. Monocular-SLAM-Based Navigation for Autonomous Micro Helicopters in GPS-Denied Environments // *Journal of Field Robotics*, 2011. – Vol. 28(6). – P. 854-874.
13. [Электронный ресурс]. – URL: <https://code.google.com/p/multiwii>.

**Бизин Илья Валерьевич**

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории специального программного обеспечения

E-mail: bizin@ostu.ru

**Василенко Юрий Валерьевич**

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

E-mail: vyuv-post@yandex.ru

**Власов Виктор Викторович**

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Аспирант, ассистент кафедры «Информационные системы»

E-mail: vlasv-viktr@rambler.ru

**Канатников Никита Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Лаборант кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

E-mail: nkanatnikov@yandex.ru

**Демидов Александр Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Информационные системы»

E-mail: a.demidov@ostu.ru

**Смоляков Максим Валерьевич**

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Студент кафедры «Информационные системы»

E-mail: maxim.smolyakov1993@yandex.ru

---

*I. V. BIZIN (Candidate of Engineering Science,  
Leading Researcher of the Research Laboratory of the Special Software)*

*YU. V. VASILENKO (Candidate of Engineering Science,  
Associate Professor of the Department «Design-engineering software engineering industries»)*

*V. V. VLASOV (Post-graduate Student, Assistant Professor of the Department «Information Systems»)*

*N. V. KANATNIKOV (Assistant of the Department «Design and Technology Software  
Engineering Industries»)*

*A. V. DEMIDOV (Candidate of Engineering Science,  
Senior Teacher of the Department «Information Systems»)*

*M. V. SMOLYAKOV (Student of the Department «Information Systems»  
State University – ESPC, Orel)*

**THE POSSIBILITIES OF MULTICOPTER APPLICATION AT POOR RECEPTION OF GNSS-SIGNALS**

*Deployment and maintenance of fixed traffic monitoring system is associated with great financial costs. Multicopters allow monitoring traffic on the large areas in the real-time processing at even lower costs compared to stationary systems of traffic monitoring. One of the actual tasks of multicopters application for traffic monitoring is positioning problem in conditions of dense urban area.*



**Keywords:** *multicopter; local position system; traffic monitoring.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. SESAR – Reports D1, D2, D3, D4. Eurocontrol, 2008.
2. Malarski M., Manerowski J. Integrated system of transport management. *Transport problems*, 2008. – № 2. – Vol. 3 – P. 35-43.
3. Kapseong R., Jun-Seok O., Liang D. Lessons learned: application of small UAV for urban highway traffic monitoring [E'lektronny'j resurs]. – URL: [http://uvs-international.org/phocadownload/03\\_5bc\\_Relevant\\_Information/Content\\_Lessons-Learned-Application-of-Small-UAV-for-Urban.pdf](http://uvs-international.org/phocadownload/03_5bc_Relevant_Information/Content_Lessons-Learned-Application-of-Small-UAV-for-Urban.pdf)
4. Khairul Nizam Tahar, Anuar Ahmad, Wan Abdul Aziz, Wan Mohd Akib, Wan Mohd Naim Wan Mohd. A new approach on production of slope map using autonomous unmanned aerial vehicle // *International Journal of Physical Sciences*, 2012. – Vol. 7(42). – P. 5678-5686.
5. Kulik A., Dergachov K., Lytvynenko T. Development and Research of Differential Mode GNSS for Intelligent Transport Functioning Providing // *Transport Problems*, 2012. – №4 – Vol. 7. – P. 71-77.
6. Herisse B., Russotto F., Hamel T., Mahony R. Hovering Flight and Vertical Landing Control of a VTOL Unmanned Aerial Vehicle Using Optical Flow // *Proceedings of International conference on Intelligent Robots and Systems*, 2008.
7. Herisse B., Hamel T., Mahony R., Russotto F.-X. A Terrain-Following Control Approach for a VTOL Unmanned Aerial Vehicle Using Average Optical Flow // *Autonomous robots*, 2011. – Vol. 29(3). – P. 381-399.
8. Wurm K.M., Homung A., Bennewitz M., Stachnis C., Burgard W. OctoMap: A Probabilistic, Flexible and Compact 3D Map Representation for Robotic Systems // *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2010.
9. Weiss S., Achtelik M., Kneip L., Scaramuzza D., Siegwart R. Intuitive 3D Maps for MAV Terrain Exploration and Obstacle Avoidance // *Journal of Intelligent Robotics systems*, 2011. – Vol. 61. – P. 473-493.
10. Watanabe Y. and al. AZUR: navigation Autonome en Zone URbaine, Onera research project. [Электронный ресурс] – URL: <http://sites.onera.fr/azur>.
11. Watanabe Y., Fabiani P., Besnerais G. Simultaneous Visual Target Tracking and Navigation in a GPS-Denied Environment // *Proceedings of International Conference on Advanced Robotics*, 2009.
12. Weiss S., Scaramuzza D., Siegwart R. Monocular-SLAM-Based Navigation for Autonomous Micro Helicopters in GPS-Denied Environments // *Journal of Field Robotics*, 2011. – Vol. 28(6). – P. 854-874.
13. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <https://code.google.com/p/multiwii>.

**ТРЕБОВАНИЯ**  
**к оформлению статьи для опубликования в журнале**  
**«Информационные системы и технологии»**

**ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

**ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ**

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

**ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ**

• Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

• **Обязательные элементы:**

- **УДК**
- **заглавие (на русском и английском языках)**
- **аннотация (на русском и английском языках)**
- **ключевые слова (на русском и английском языках)**
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

**ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ**

• Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

• **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

• **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате \*.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

• В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт).

Сведения об авторах предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.