

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА,  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ: РЕАЛИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

# **ФИИТМ-2014**

Материалы международной научно-практической конференции

Красноярск  
СФУ  
2014

УДК 004.9  
ББК 32.97к4  
Ф 947

**Редакционная коллегия:**

Ваганов Евгений Александрович – академик РАН, д-р биол. наук, ректор СФУ;  
Шайдуров Владимир Викторович – чл.-кор. РАН, директор ИВМ СО РАН;  
Верховец Сергей Владимирович – канд. с.-х. наук, проректор по науке и  
международному сотрудничеству СФУ;  
Подлесный Сергей Антонович – канд. техн. наук, проф., директор ВНОЦ  
«Информатика, информационные технологии, управление» СФУ;  
Кытманов Александр Мечиславович – д-р физ.-мат. наук, проф., директор ИМФИ  
СФУ;  
Олейников Борис Васильевич – к.филос.н., доцент ИМФИ СФУ.

Ф 947   Фундаментальная информатика, информационные технологии и системы  
управления: реалии и перспективы. ФПТМ-2014: материалы международной  
науч.-практич. конф. / отв. за вып. Б.В.Олейников – Красноярск : Сиб. федер. ун-  
т, 2014 . – 406 с.

Сборник содержит научные статьи, подготовленные на основе материалов  
Международной научно-практической конференции «Фундаментальная информатика,  
информационные технологии и системы управления: реалии и перспективы. ФПТМ-  
2014». Конференция проходила в городе Красноярске, в институте математики и  
фундаментальной информатики Сибирского федерального университета с 25 по 27  
ноября 2014 г.

Цель конференции: анализ состояния и перспектив развития информатики,  
информационных технологий и систем управления в постиндустриальном  
информационном обществе; знакомство с последними достижениями науки и  
практики; выработка рекомендаций по совершенствованию содержания  
образовательных программ; содействие укреплению связей между представителями  
различных академических и отраслевых научных центров, вузов, реального сектора  
экономики и профессиональных сообществ.

В статьях сохранен авторский стиль.

Полная версия материалов опубликована на сайте Научной библиотеки СФУ и  
РУНЭБ.

**УДК 004.9**  
**ББК 32.97к4**

© Сибирский федеральный  
университет, 2014  
© Институт математики  
и фундаментальной информатики, 2014

ISBN 978-5-7638-3152-8



## Уважаемые участники международной научно-практической конференции!

Проведение конференции «Фундаментальная информатика, информационные технологии и системы управления: реалии и перспективы» - ФПТМ-2014 актуально для научных сотрудников, специалистов различных отраслей, преподавателей вузов и студентов.

В настоящее время практически нет сфер деятельности, в которых бы широко не применялись информационные технологии. Все большее распространение получают интеллектуальные системы управления и поддержки принятия решений. Поэтому вопросы дальнейшего совершенствования информационных технологий, управления системами междисциплинарной природы и их эффективного использования имеют важное значение для экономики страны и ее регионов. Необходимо опережающее развитие научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, подготовки и повышения квалификации специалистов. Одна из приоритетных задач – формирование информационной культуры среди молодежи.

Сибирский федеральный университет совместно со своими стратегическими партнерами, как в нашей стране, так и за рубежом, проводит исследования и готовит кадры по рассматриваемым на конференции направлениям. Конференция дает возможность установить новые творческие контакты и развивать сотрудничество с университетами, академическими и отраслевыми НИИ, инжиниринговыми центрами и предприятиями.

Желаю всем успешной плодотворной работы и воплощения продуктивных научных идей. Пусть выработанные вами предложения будут осуществлены в ближайшем будущем.

Ректор Сибирского  
федерального университета  
академик  
Е. А. Ваганов

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB/SIMSCAPE

*Е.Д. Агафонов, А.Г. Миронов*  
Сибирский федеральный университет, Красноярск  
e-mail: [agafonov@gmx.de](mailto:agafonov@gmx.de), [surka2012@yandex.ru](mailto:surka2012@yandex.ru)

*В статье обсуждается специализированный инструмент для моделирования гидравлических систем Matlab/Simscapе. Изучаются возможности для построения динамических моделей магистрального нефтепровода. Приводятся некоторые приемы, позволяющие адаптировать среду моделирования для решения практических задач построения моделей.*

Магистральный нефтепровод – сложный технический объект, который относится к классу распределенных, динамических, многосвязных. В состав нефтепровода включены различные технологические элементы (линейные участки, запорная и регулирующая арматура, магистральные насосные агрегаты и т. д.), параметры работы и взаимодействие которых определяет режим работы нефтепровода в целом.

Эксплуатация магистрального нефтепровода, а именно управление режимами работы, обеспечение безопасности и энергоэффективности, требует привлечения математических моделей. Вопросы моделирования магистрального нефтепровода изучались, например, в работах [1-3]. Наибольшую сложность представляет построение динамических моделей нефтепровода для описания неустановившихся режимов его работы.

Неустановившимися процессами в нефтепроводах называются такие процессы, в которых характеристики потока нефти (давление, массовый расход, плотность, вязкость и т.д.) изменяются от сечения к сечению и в каждом сечении в зависимости от времени. Неустановившиеся процессы в трубопроводах возникают при пусках и остановках перекачке, включении и отключении отводов, работе запорной и регулирующей аппаратуры, а также в аварийных режимах – разрывах трубы и закупорах [4].

Для слабо сжимаемых жидкостей, каковыми является нефть и нефтепродукты, неустановившиеся течения при полном заполнении трубопровода жидкостью описываются дифференциальными уравнениями в частных производных, например [4]:

$$\begin{cases} \frac{\partial p(x,t)}{\partial t} + \rho_0 c^2 \frac{\partial v(x,t)}{\partial x} = 0, \\ \rho_0 \frac{\partial v(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial p(x,t)}{\partial x} + \lambda(\text{Re}, \varepsilon) \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{\rho_0 v(x,t)}{2} - \rho_0 g \cdot \sin \alpha(x) = 0, \end{cases} \quad (1)$$



где  $p(x,t)$  – давление;  $\partial v(x,t)$  – скорость течения жидкости;  $\rho_0$  – плотность жидкости;  $c$  – скорость распространения звука в трубопроводе;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\alpha(x)$  – угол наклона оси трубопровода к горизонту в сечении  $x$ .

Общей теории решения нелинейных уравнений в частных производных наподобие (1) не существует. В связи с этим широко распространен подход, предполагающий численное решение таких уравнений. В настоящее время существуют пакеты прикладных программ, предоставляющие возможности численного решения уравнений с учетом специфики описываемых гидравлических процессов (многосвязность, взаимосвязь физических параметров в гидравлической системе и т.д.). Одним из наиболее известных инструментов моделирования гидравлических процессов является пакет Matlab/Simscare.

Исследованию возможностей моделирования нестационарных режимов в Matlab/Simscare посвящено множество работ, в том числе [5, 6]. В Simscare уравнения, описывающие процесс, формируются средствами визуального программирования с использованием графических объектов (блоков) *Hydraulic Resistive Tube* [7], *Fluid Inertia* [8] и *Constant Volume Hydraulic Chamber* [9] (рисунок 1). Блок *Hydraulic Resistive Tube* учитывает падение давления из-за гидравлического сопротивления, разности геодезических отметок трубопровода и местных сопротивлений. Блок *Fluid Inertia* описывает инерционные свойства жидкости. Блок *Constant Volume Hydraulic Chamber* учитывает сжимаемость жидкости.

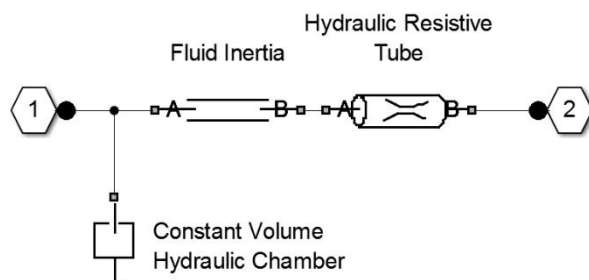


Рисунок 1 – Блоки, образующие сегменты линейной части трубопровода в модели Matlab/Simscare

Расположение блоков, представленных на рисунке 1, не обеспечивает устойчивость вычислительной процедуры, поэтому к сегментам добавляются еще два блока (рисунок 2). В совокупности эти блоки образуют стандартный блок *Segmented Pipeline*, который позволяет учитывать нестационарные режимы работы трубопровода.

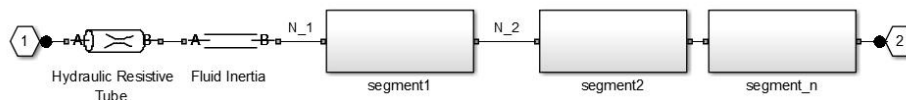


Рисунок 2 – Эквивалентная схема блока *Segmented Pipeline*

Для построения модели трубопровода необходимо включить в модель линейную часть трубопровода, используя блоки *Segmented\_Pipeline*. С помощью блоков, вводящих в модель источники давления, расхода, резервуары или насосы, задать граничные состояния в трубопроводе. Оставшиеся порты необходимо соединить с *Hydraulic\_Reference*. Неустановившиеся режимы в модели возникают вследствие подачи управляющих сигналов, которые реализуются в блоках задвижек, кранов, насосов, источников давления или расхода.

Построим модель участка трубопровода с параметрами: длина участка  $L = 2000$  м, внутренний диаметр  $D = 516$  мм, толщина стенки  $d = 7$  мм. Начальные условия предполагают нулевой объемный расход и одинаковое давление  $p = 3$  атм вдоль профиля трубы (рисунок 3).

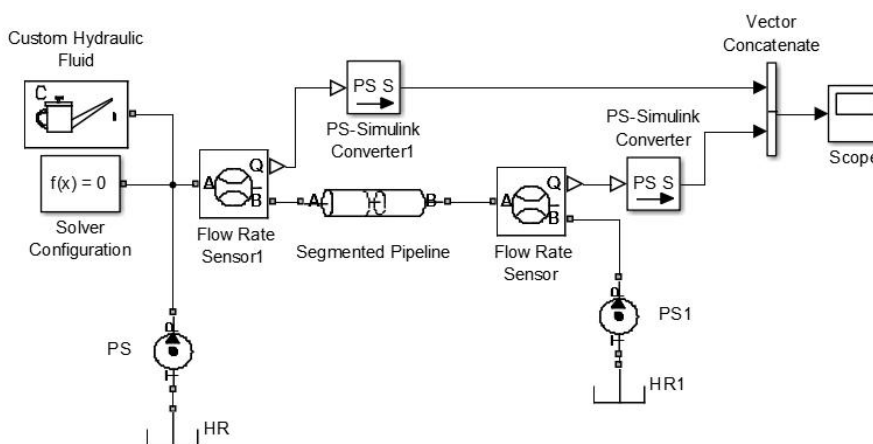


Рисунок 3 – Модель участка трубопровода

Граничные условия задаются следующим образом: в левой граници реализуется ступенчатое воздействие амплитудой 3 атм, в правой граници источник постоянного давления. Параметры жидкости:  $\rho = 850$  кг/м<sup>3</sup>,  $\nu = 25$  сСт,  $K = 1,4 \cdot 10^9$  Па ( $K$  – модуль сжимаемости жидкости). Для моделирования используем *Segmented\_Pipeline*. Результат моделирования представлен на рисунке 4.

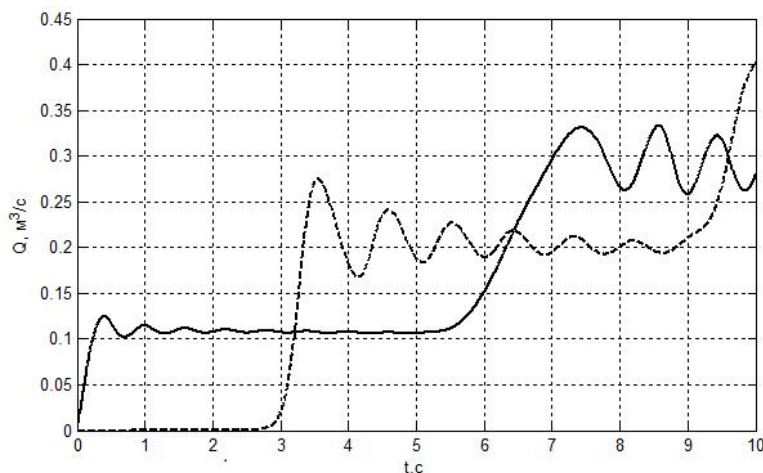


Рисунок 4 – Зависимость расхода от времени в начале и конце трубопровода

При использовании стандартного блока *Segmented\_Pipeline* не учитывается распределение параметров (давления, расхода и т.д.). Для рассмотрения распределенных процессов, происходящих в трубопроводе, можно составить цепь из нескольких сегментов труб. Для контроля распределенных процессов в трубопроводе предлагается разместить на каждом стыке по датчику давления или объемного расхода.

Составим из стандартных блоков подсистему *Segment\_standart*. Приведем пример гидравлической схемы, с использованием *Segment\_standart* (рисунок 5). Данный способ использования подсистемы не является эффективным с точки зрения масштабирования, поскольку в подсистеме необходимо вручную менять число сегментов. Результат моделирования представлен на рисунке 6-а.

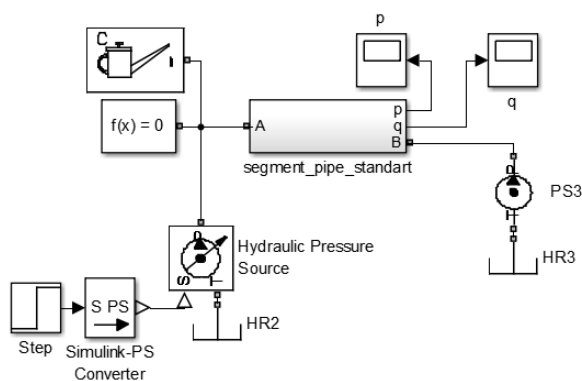


Рисунок 5 – Модель участка трубопровода с *my\_segment\_pipe*

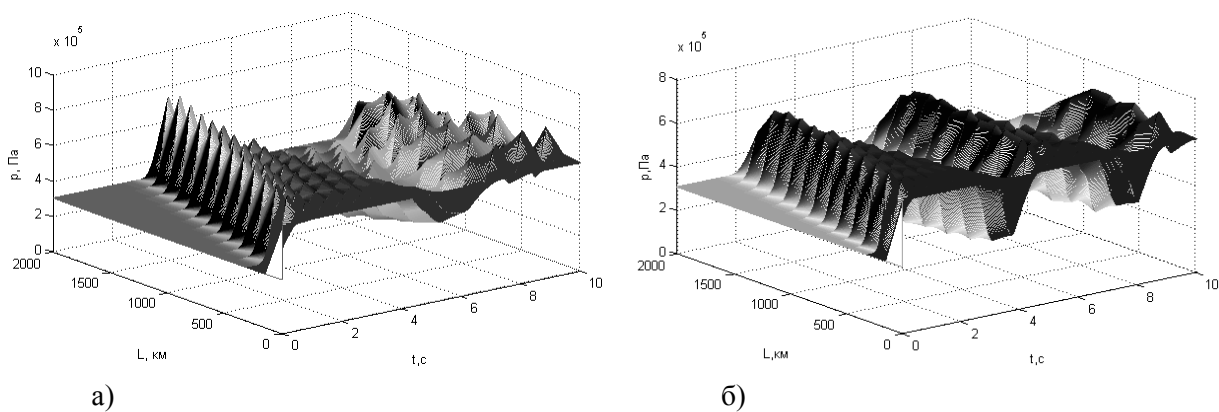


Рисунок 6 – Результаты моделирования моделей с рисунков 9-10,

а – зависимость давления от времени на разных участках трубопровода полученное с помощью подсистемы *segment\_standart*; б – зависимость давления от времени на разных участках трубопровода полученное с помощью маски *my\_segment\_pipe*

Используя Simscape Language [10] создадим собственные блоки, аналогичные стандартным, учитывающее гидравлические параметры согласно формулам из [11]. Используя данные блоки создадим маску *My\_segment\_pipe*. Заменив *Segment\_standart* на *My\_segment\_pipe*, результат получится аналогичный (рисунок 6-б).

Результаты моделирования (рисунок 6) демонстрируют, что волны возмущения давления, полученные с помощью модифицированных блоков и стандартных, отличаются периодом колебаний. В стандартных блоках задается время распространения волн возмущения, за которое волна преодолет путь равный длине трубы, однако настройка данного параметра не повлияла на результат. Следовательно, для моделирования нестационарных процессов предпочтительно использовать модифицированные блоки, поскольку в них имеется возможность регулирования скорости распространения волн возмущения.

При использовании блоков, моделирующих задвижки и краны, необходимо указывать минимальную площадь открытия. Минимальная площадь открытия составляет примерно  $10^{-9} \text{ м}^2$ . Таким образом, при закрытии задвижки расход через нее не будет равен нулю. Однако, расход настолько мал, что им можно пренебречь. При моделировании закрытия кранов или задвижек граничные состояния для трубопровода необходимо задавать с помощью источников давления и насосов. Если использовать источник расхода, то при закрытии задвижки расход не будет меняться.

Модели центробежных насосов включают в себя объемно-напорную характеристику  $H(Q)$ . В данной характеристике при  $Q = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$ , напор принимает максимальное значение. Поэтому при моделировании запуска трубопровода давление перед насосной станцией может принимать отрицательное значение. Для недопущения данного эффекта, необходимо ввести условие, чтоб насосы включались только в том случае, если напор перед ними обеспечивает безкавитационный режим работы.

Построим модель запуска участка магистрального нефтепровода (длина участка  $L = 260 \text{ км}$ , внутренний диаметр  $D = 516 \text{ мм}$ , толщина стенки  $d = 7 \text{ мм}$ ) с одной головной перекачивающей станцией и двумя промежуточными перекачивающими станциями, расположенными на расстоянии 80 км друг от друга. Параметры жидкости:  $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$ ,  $\nu = 25 \text{ сСт}$ ,  $K = 1,4 \cdot 10^9 \text{ Па}$  ( $K$  – модуль сжимаемости жидкости). Головная перекачивающая станция (ГНПС) состоит из одного подпорного насоса 20НДсН-М и двух основных последовательно соединенных насосов НМ1250-260. Первая промежуточная перекачивающая (НПС1) станция состоит из трех последовательно соединенных насосов НМ1250-260, вторая (НПС2) из двух последовательно соединенных насосов НМ1250-260. На рисунке 7 представим модель, построенную в Matlab/Simscapе.

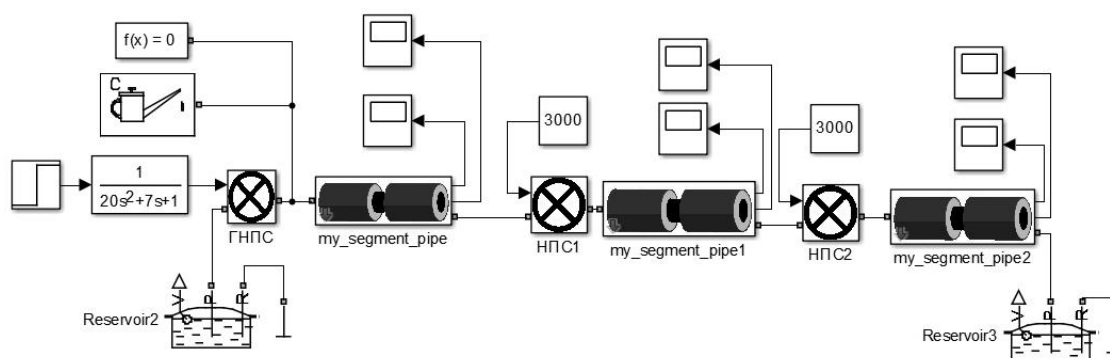


Рисунок 7 – Модель участка трубопровода

Начальные условия предполагают нулевой объемный расход и одинаковое давление  $p = 3$  атм вдоль профиля трубы. В начальный момент времени включаются насосы ГНПС. Когда давление перед НПС1 достигает 6 атм, включается один насос, когда этот насос разгоняется до частоты 3000 об/мин, включается следующий насос. НПС2 включается по такому же принципу как НПС1. Результат моделирования – зависимость давления от времени и координаты сечения на рисунке 8.

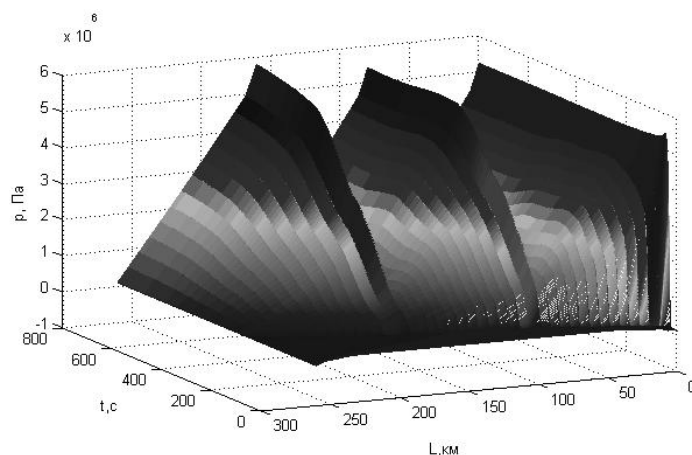


Рисунок 8 – Зависимость расхода от времени и координаты сечения трубопровода

На рисунке 8 заметен постепенный рост давления в сечениях с координатами  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 80$  и  $x_3 = 160$  км, что соответствует последовательному включению перекачивающих станций. Так же наблюдается падение давления в трубопроводе из-за гидравлического сопротивления. В момент времени  $t = 700$  с неустановившийся режим в трубопроводе становится стационарным.

В результате произведенных исследований были уточнены принципы построения моделей гидравлических сетей, в том числе магистральных трубопроводов в пакете Matlab/Simscapе. Стандартные блоки Matlab/SimHydraulics позволяют моделировать неустановившиеся режимы течения жидкости, однако отсутствует возможность регулирования скорости распространения волн возмущения в трубопроводе. Был сделан блок-маска *Mu\_segment\_pipe*, аналогичный стандартному блоку *Segmented\_Pipeline* и позволяющий регулировать скорость распространения волн возмущения в трубопроводе, учитывать распределение гидравлических параметров в трубопроводе, а также производящий расчет по принятым формулам [11].

Дальнейшие исследования планируется посвятить адаптации инструмента Matlab/SimHydraulics для моделирования последовательной перекачки нефтепродуктов. А также изучить, каким образом осуществляется оценивание параметров модели по данным измерений при помощи Simulink Design Optimization [12].

### Список литературы

1. Агафонов Е.Д., Безбородов Ю.Н., Миронов А.Г. Об особенностях использования системы Matlab/SimHydraulics в задаче построения моделей магистральных нефтепроводов// Вестник КузГТУ. – 2014. – № 3. – С. 76-81.

2. Логинов, К.В. Расчет, оптимизация и управление режимами работы больших гидравлических сетей / К.В. Логинов, А.М. Мызников, Р.Т. Файзуллин // Математическое моделирование. 2006. т.18. №9. С. 92-106.
3. Агафонов Е.Д. Адаптивные комбинированные модели в задаче идентификации процессов в магистральном нефтепроводе. Труды Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014, М., ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова, 2014, с. 3029-3037.
4. Лурье М.В. Задачник по трубопроводному транспорту нефти, нефтепродуктов и газа: Учеб. Пособие для вузов. – М.: ООО “Недра-Бизнес”, 2003. С. 65-70.
5. D. Himr. Numerical simulation of water hammer in low pressurized pipe: comparison of SimHydraulics and Lax-Wendroff method with experiment / D. Himr: EPJ Web of Conferences, 2013.
6. Lumir Hruzik. Non-stationary flow of hydraulic oil in long pipe: Non-stationary flow of hydraulic oil in long pipe / Lumir Hruzik, Adam Burecek, and Martin Vasina // Non-stationary flow of hydraulic oil in long pipe: Non-stationary flow of hydraulic oil in long pipe: EPJ Web of Conferences, 2014.
7. Mathworks/support/Documentation Center/Simscape/Physical Modeling/ Hydraulic Models/ Hydraulic Elements/ Hydraulic Resistive Tube [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/physmod/simscape/ref/hydraulicresistivetube.html>.
8. Mathworks/support/Documentation Center/Simscape/Physical Modeling/ Hydraulic Models/ Hydraulic Elements/ Fluid Inertia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/physmod/simscape/ref/fluidinertia.html?searchHighlight=Fluid%20Inertia>.
9. Mathworks/support/Documentation Center/Simscape/Physical Modeling/ Hydraulic Models/ Hydraulic Elements/ Constant Volume Hydraulic Chamber [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/physmod/simscape/ref/constantvolumehydraulicchamber.html?searchHighlight=Constant%20Volume%20Hydraulic%20Chamber>.
10. Simscape Language Guide // MathWorks. PDF Documentation for Simscape. – 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mathworks.de/help/pdf\\_doc/physmod/simscape/simscape\\_lang.pdf](http://www.mathworks.de/help/pdf_doc/physmod/simscape/simscape_lang.pdf).
11. Трубопроводный транспорт нефти Т.1. / Г.Г. Васильев [и др.]; отв. ред. С.М. Вайншток: Учеб. Для вузов. М.: ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2012. С. 123-147, 193-201, 326-338.
12. Mathworks/Products and Service/Simulink Design Optimization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/products/sl-design-optimization/>.

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРИГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПРИГОРОДНЫМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

*О.В. Адмаев, А.В. Казаков, Е.Н. Садомов, Е.О. Смольников, А.М. Ткаченко  
Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского  
государственного университета путей сообщения, Красноярск*

В настоящее время город Красноярск, как и многие мегаполисы нашей страны, испытывает большие неудобства, связанные с автомобильными пробками на городских улицах. При проведении анализа работы общественного транспорта стоит уделить большое внимание немаловажному звену – внутригородским перевозкам пригородным железнодорожным транспортом. Формирование внутригородских перевозок пригородным железнодорожным транспортом является проектом общегородского масштаба, который создаст новый жизненный уровень населения, новые перспективы развития для всех областей жизнедеятельности как в экономической и промышленной, так и в социально-культурной сферах.

Запуск пригородных электропоездов во внутригородском сообщении является одним из перспективных этапов решения проблем транспортной доступности города Красноярска, а также повышения прибыли компании перевозчика за счёт увеличения количества пассажиров.

В настоящее время внутригородское сообщение включает в себя железнодорожную линию, длиной 39,8 км, на которой расположено 13 остановочных пунктов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема станций и остановочных пунктов внутригородского сообщения

Реализация проекта запуска пригородных электропоездов во внутригородском сообщении предусматривает три этапа развития.

Мероприятия первого этапа нацелены на усиление имеющейся инфраструктуры, создание наиболее комфортных условий для пассажиров.

На втором этапе по существующей инфраструктуре предполагается курсирование 31 пары поездов внутригородского сообщения с 6-00 до 21-00 часов местного времени. С учетом электропоездов пригородного сообщения в час пик во внутригородском сообщении будет обеспечен интервал движения 10-30 мин, а в середине рабочего дня – 1 час.

На третьем этапе реализации проекта планируются мероприятия с более поздним сроком реализации.

В результате опроса, проведенного на сайте ОАО «Краспригород», подавляющее большинство пассажиров, рассматривает именно пригородный железнодорожный транспорт для совершения поездок в пределах 200 км – 73,5% опрошенных, на автомобиле предпочитает совершить поездку 20,6% респондентов, оставшиеся 5,9% опрошенных, предпочитают автобус всем перечисленным видам транспорта.

Развитие внутригородского железнодорожного движения, синхронизированного с общественным городским транспортом, позволит частично разгрузить город от автомобильных пробок и улучшить экологическую ситуацию в Красноярске.

Ежесуточно данным видом транспорта планируется перевозить около 17,5 тысяч пассажиров и населенность электропоездов имеет устойчивую тенденцию к росту в связи с увеличением числа населения города Красноярска, а также активной застройкой пригорода. В среднем в сутки при заданных размерах движения возможен проезд от 12 до 25 тысяч человек. При таких условиях предполагается получить безубыточный финансовый результат от организации данных перевозок.

УДК 004.75

## **СОЗДАНИЕ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ УНИВЕРСИТЕТА**

*Н. Д. Амбросенко*

*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск*

*e-mail: [it@kgau.ru](mailto:it@kgau.ru)*

*Рассматриваются концепция построения комплекса центра обработки и хранения данных, сформулированы основные требования к аппаратному и программному обеспечению, к инженерной инфраструктуре компьютерной сети. Обобщен опыт практического использования комплекса в информационных системах управления вузом и обучения с использованием ДОТ (дистанционных образовательных технологий).*

*Ключевые слова: центр обработки и хранения данных, консолидация оборудования и виртуализация серверов и приложений, телекоммуникационный узел, платформа 1С:Предприятие 8.2, обучение с использованием ДОТ.*



Изначально информатизация университета шла по пути создания локальных информационных подсистем, которые создавались в разное время, на основе различных информационных технологий. Университет испытывал значительные трудности, связанные с использованием разрозненных информационных систем (ИС), не позволяющих обеспечивать согласованную работу различных функциональных подразделений. И поэтому организация их взаимодействия представляет собой весьма сложную и самостоятельную задачу.

В последнее время стала понятна необходимость создания интегрированных информационных аналитических систем. При этом достигается:

- учет любого факта в единственном месте;
- оперативное информирование о любых изменениях ИС;
- учет взаимосвязей подсистем;
- возможность получения интегрированной аналитической информации;
- доступность информации;
- исключение потери данных, связанных с экспортом/импортом данных между подсистемами.

Новые экономические и юридические условия функционирования образовательного учреждения усиливают потребность в более совершенном управленческом контроле для получения конкурентных преимуществ. Студенты, преподаватели, сотрудники и другие заинтересованные стороны ждут от ИТ-службы университета оперативных, скоординированных ответных действий.

В 2011 году университет стал победителем в конкурсе инновационных проектов. На начальной стадии реализации «Программы инновационного развития Красноярского государственного аграрного университета и реализации инноваций в малом и среднем бизнесе Сибири» (далее ПРОГРАММА) были проведены научные и маркетинговые исследования комплексного решения этих задач. Сотрудники университета приняли участие в работе различных конференций и семинаров: «Технологический день IBM в Красноярске»; «Унифицированное хранение данных: новые решения IBM»; Международный Форум "Мир ЦОД 2011» и т.д. Проведен мониторинг Интернет сайтов и порталов по этой тематике. Изучен и обобщен опыт решения таких задач в Красноярске, России и за рубежом. На основании проведенных исследований было принято решение о создании распределенного центра обработки и хранения данных.

Сформулированы основные требования к ЦОХД:

1. Высокий гарантируемый уровень доступности выделенного канала связи и интернет соединения.
2. Гарантированная скорость восстановления работоспособности при авариях оборудования и сбоях в программном обеспечении.
3. Наличие системы резервного копирования, соответствующей требованиям по уровню сохранности данных и скорости их восстановления.
4. Наличие системы мониторинга аппаратно-программных средств (включая настройку, диагностирование и оперативный контроль).
5. Круглосуточная квалифицированная техническая поддержка оборудования и систем.

6. Наличие средств обнаружения и противодействия сетевым вторжениям.
7. Наличие системы защиты от несанкционированного доступа во внутренние помещения ЦОД.
8. Наличие системы энергопитания с резервированием энерговода, наличие источников бесперебойного питания.
9. Электростатическая защита всего оборудования и пола.
10. Наличие основной и резервированной системы кондиционирования и вентиляции.
11. Наличие системы обнаружения возгорания и газового пожаротушения [1].

Исходя из выше перечисленных требований, было разработано техническое задание. Проведена аудиторская проверка существующей серверной инфраструктуры университета и заказываемого оборудования на предмет актуальности и совместимости. Проведена закупка оборудования. Все приобретенные компоненты и узлы одного производителя и почти полностью обеспечивают интеграцию имеющегося серверного оборудования университета в структуру ЦОХД.

Физически приобретенное оборудование размещено на двух территориально распределенных площадках расположенных в главном корпусе университета по адресу пр. Мира, 90 и в учебном корпусе по адресу: ул. Е. Стасовой, 44 И. Предварительно был подготовлен проект и выполнена реконструкция выше перечисленных помещений согласно «Инструкции по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин СН 512-78». Каждая площадка имеет в своем составе:

- Серверную стойку с лезвийными шасси (IBM BladeChassis H).
- 12 блейд-серверов двух типов (IBM BladeCenter HS22V и HX5).
- Дисковая система хранения данных (IBM Storwize V7000 StorageSystem).
- источник бесперебойного питания (IBM 11000VA\*2 LCD 5U Rack UPS)

Единая система управления и мониторинга серверной подсистемы управляется с единого интерфейса и включает в себя функционал:

- мониторинг систем бесперебойного питания;
- управление системами бесперебойного электропитания;
- мониторинг микроклимата в серверной стойке и помещении серверной, в том числе замеры температуры и влажности;
- мониторинг текущего энергопотребления и температуры лезвийных шасси и серверов с покомпонентной детализацией;
- удаленное включение и выключение питания компонентов шасси, лезвийных серверов, ИБП;
- мониторинг процессов операционных систем каждого лезвийного сервера с возможностью их автоматического рестарта;
- управление системой хранения данных, в том числе внешним дисковым массивом;
- диагностика и управление модульными коммутаторами Ethernet и SAN встроенными в шасси.

Информация играет исключительную роль в повышении конкурентоспособности любой компании. В то же время рост объемов данных может стать существенной нагрузкой для ИТ-службы, создавая определенные трудности:

затраты на дополнительное оборудование, содержание персонала, необходимого для управления и администрирования, и простои в работе во время переноса данных из одной системы хранения в другую[2]. Если система хранения данных не обладает возможностями для защиты и использования данных, в таких условиях ее реальная ценность для бизнеса может оказаться весьма низкой.

Консолидация оборудования на blade-серверах IBM eServerBladeCenter (приобретенных по ПРОГРАММЕ) и виртуализация (используя соответствующее программное обеспечение) серверов и приложений повышают эффективность использования ресурсов и позволяют расширить и без того существенные возможности BladeCenter в области эффективности.

Существует несколько программных решений, позволяющих разместить на одном физическом сервере несколько виртуальных это ПО VMware, Virtuozzo, MicrosoftVirtualServer и т. д.

Не вдаваясь в подробные описания особенностей различных платформ виртуализации, к значимым преимуществам виртуализации можно отнести следующие:

- сокращение числа физических серверов и обслуживающей их инфраструктуры;
- возможность установки нескольких ОС на одном сервере;
- эффективное использование ресурсов;
- выделенный и общий доступ к физическим устройствам;
- полная изоляция и защита виртуальных машин;
- удобство администрирования;
- простота поддержки и масштабирования;
- уменьшение накладных расходов на резервное копирование/восстановление;
- простота и скорость развертывания серверов.

Потенциальные проблемы, которые могут возникнуть при внедрении технологии виртуализации на предприятиях, можно охарактеризовать следующим образом: снижение производительности, ограничение ресурсов выделяемых одному виртуальному серверу, снижение надежности и проблемы при переносе с одного физического сервера на другой.

Создание и функционирование распределенного центра обработки и хранения данных предъявляет высокие требования к инженерной инфраструктуре, к пропускной способности и высокой отказоустойчивости каналов передачи данных, которые должны быть дублированы и обеспечивать доступность данных и приложений. Необходимо также высокоскоростной доступ в сеть Интернет, желательно иметь не менее двух поставщиков услуг передачи данных. Все эти требования направлены на достижение высокого уровня надежности и доступности корпоративных информационных систем, сохранности данных, повышение управляемости ИТ-инфраструктуры. В рамках реализации ПРОГРАММЫ выполнены мероприятия по созданию телекоммуникационного узла университета:

1. модернизация кабельной сетевой инфраструктуры;
2. замена активного оборудования ядра сети и локальных сетей корпусов;

3. реализация трехуровневой структуры сети позволяющей повысить надежность и управляемость сети, внедрить механизмы мониторинга сети, обнаружения и предотвращения зловредных атак:

- уровень магистрали сети (коммутаторы Catalyst 6500),
- уровень дистрибуции в корпусах университета (коммутаторы третьего уровня Catalyst 3650E или HP ProCurve Switch 2900-48G),
- уровень доступа (коммутаторы Catalyst 2960 или AT-GS900/24),

4. Осуществление перевода магистрали сети и подключения всех корпусов на 1 Гбит/с(было 100 Мбит/с)и 10 Гбит/с - магистральный канал.

Приобретено оборудование для подключения удаленных пользователей (филиалов и региональных центров ДОТ КрасГАУ) к ресурсам компьютерной сети университета. Организованы выделенные каналы передачи. На рисунке 1 приведена единая информационно-образовательная среда университета на которой показаны каналы подключения центров ДОТ и филиалов.

Рост объемов информации и одновременно возрастающая потребность в оперативном принятии решений выдвинули на первый план дальнейшее развитие единой интегрированной автоматизированной информационной системы (ИАИС). Разработка и внедрение ИАИС, формирование банков электронной информации являются основой для создания единого информационного пространства университета. Создание соответствующей информационной инфраструктуры, внедрение информационных технологий в управление связано не только с внедрением соответствующих аппаратно-программных средств, но и с совершенствованием организационных механизмов системы управления, повышением уровня владения информационными технологиями управленческого и учебно-вспомогательного персонала.

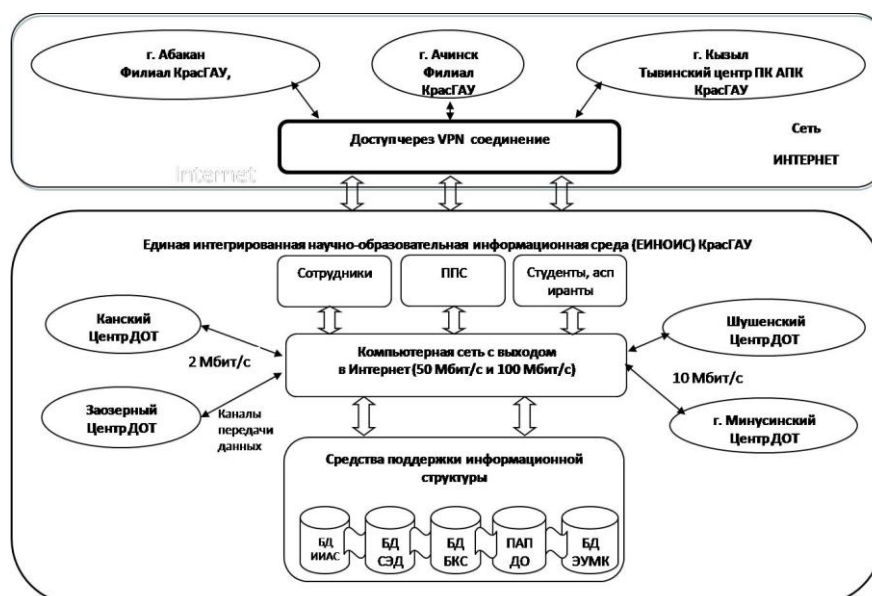


Рисунок 1 – Единая информационно-образовательная среда университета

Одним из приоритетных направлений информатизации университета является реализация на платформе 1С:Предприятие 8.2 ERP-системы университета

(EnterpriseResourcePlanning — управление ресурсами предприятия). Создан кластер из трех виртуальных серверов с операционными системами Windows Server 2008 R2, установлена конфигурация 1С: Предприятия 8.2, СУБД Microsoft SQL и информационные системы семейства 1С. Схема взаимодействия ИС приведена на рисунке 2. В настоящее время идет процесс настройки информационных систем, конвертация данных из других ИС и синхронизация ИС между собой.

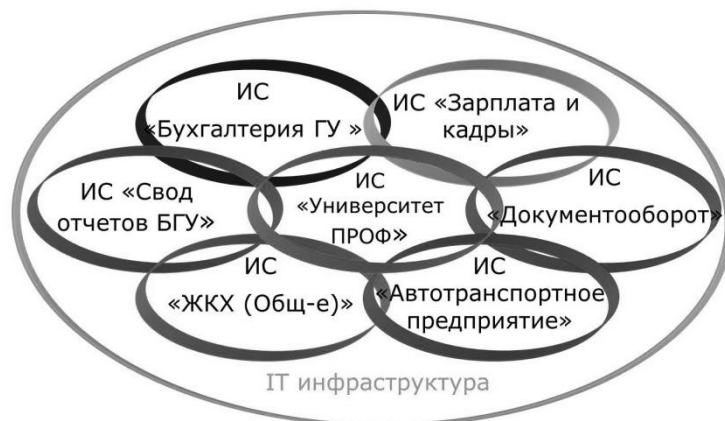


Рисунок 2 – Схема взаимодействия информационных систем 1С: Предприятие

Для внедрения и развития технологий «живого обучения» или онлайн обучения с использованием ДОТ были установлены два виртуальных сервера с операционной системой Windows Server 2008 R2.

1. MirapolisVirtualRoom (MVR) – это простая и удобная в использовании система для проведения веб-конференций, вебинаров, маркетинговых презентаций, онлайн обучения, совещаний и любых других видов совместной работы сотрудников, преподавателей и студентов режиме реального времени расположенных дистанционно друг от друга.

2. Moodle (модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда) —система управления обучением (LMS), предназначенная для:

- организации самостоятельной работы студентов очной и заочной форм обучения;
- проведения компьютерного тестирования;
- проведения курсов повышения квалификации.

Проведена настройка и тестирование основных модулей. В настоящее время, на постоянной основе, преподавателями университета проводятся вебинары между Красноярском - центрами ДОТ, расположенных в городах Минусинск, Шушенское, Заозерное и Канск. Идут работы по наполнению электронными ресурсами (ЭУМК, тесты) LMS Moodle. Ведется пробное тестирование студентов очной формы обучения.

### Список литературы

1. [Концер. Т.. «Облачные» вычисления: все как сервис.](http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=112879) [Текст] / Концер Т., <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=112879>
2. Калинин Д. Центры обработки данных: актуальные проблемы и подходы. [Текст] /Калинин В. - «ВУТЕ/Россия», №3 (123), март 2009 года.

## **К ВОПРОСУ ОТБОРА СОДЕРЖАНИЯ КУРСА «ИНФОРМАТИКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ НА ОСНОВЕ ПРОЕКТИВНО-РЕКУРСИВНОЙ СТРАТЕГИИ**

*И.В. Баженова*

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

*e-mail: arkad@ya.ru*

*В статье рассматриваются вопросы обучения базовому курсу программирования студентов математиков с позиций проективно-рекурсивной стратегии. Сформулированы цели проектирования курса, принципы отбора его содержания. Приведен пример практического задания по программированию, реализующего проективно-рекурсивный подход.*

*Ключевые слова: обучение программированию, проективно-рекурсивная стратегия, принципы отбора содержания курса*

В настоящее время перед высшей школой стоит задача эффективной, практико-ориентированной и системной подготовки специалистов, удовлетворяющих вызовам информационного общества и профессиональным требованиям работодателей. Происходящая в течение нескольких лет модернизация системы высшего образования нашла отражение в принятии Федеральных государственных образовательных стандартов 3 поколения, которые были доработаны и скорректированы как ФГОС ВПО 3+, вступившие в силу с 1.09.2014. Ключевой характеристикой новых стандартов является то, что они ориентированы на компетентностную модель подготовки и оценивания результатов обучения выпускников вуза.

Курс программирования является необходимым компонентом учебных планов, по которым происходит подготовка бакалавров физико-математических направлений. Так, в ФГОС ВПО 3+ по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» указана «способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения...» как базовый структурный элемент компетентностной модели выпускника (компетенции ОПК-3, ПК-7).

Формирование необходимых профессиональных компетенций у обучаемых в области программирования во многом будет зависеть от эффективности и продуктивности применяемой методики обучения. Цель данной статьи – рассмотреть вопросы, связанные с выбором подходов к обучению программированию, которые, наряду с целевыми установками, определяют содержание курса «Информатика и программирование» для студентов направлений подготовки 01.03.01 «Математика» и 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

Актуальность проблемы методического обеспечения и эффективной организации обучения программированию обусловлена многими причинами,

имеющими как объективный, так и субъективный характер. В таблице 1 сделана попытка классификации факторов, которые должны быть приняты во внимание при разработке методической системы обучения программированию студентов-математиков.

Таблица 1

	описание фактора		характер влияния (позитивный, негативный)
объективные факторы	общие	Интенсивное развитие вычислительной техники и программного обеспечения	+ –
		Разнообразие технологий и платформ программирования	+ –
		Сосуществование разных парадигм программирования	+ –
		Наличие интегрированных сред разработки	+
		Сложность изучения теории и практики программирования	–
	специфические	Математические основы программирования → пересечение тезаурусов математики и программирования	+ –
		Несогласованность курса программирования с математическими дисциплинами в учебных планах	–
субъективные факторы	общие ментальные характеристики обучаемых	Улучшение визуального восприятия и ориентации в пространстве	+
		Способность к быстрому принятию решений	+
		Способность к сетевой коммуникации и взаимодействию	+
		«Клипное» мышление	–
		Неготовность к самостоятельной учебной деятельности	–
	специфические характеристики обучаемых	Слабая профессиональная осведомлённость → низкая мотивация к обучению	–
		Неразвитые алгоритмическая культура и системное мышление	–

Дадим пояснения к таблице. Специфическими факторами названы те, которые имеют отношение к обучению программированию студентов математиков, общими – характерные для процесса обучения в целом. У ряда факторов можно выделить одновременно и позитивный, и негативный характер влияния, что помечено в таблице символами «+» и «–». Так, интенсивное развитие вычислительной техники и программного обеспечения – важный фактор технического прогресса, но, в то же

время, требует ускоренного усвоения большого объема новых знаний, необходимости учиться в течение всей жизни не только самих студентов, но и преподавателей.

Отметим двойственный характер тесной связи программирования и математики. С одной стороны, программирование, имеющее корни в математических дисциплинах, должно быть проще для понимания и усвоения студентами-математиками. С другой стороны, пересечение тезаурусов математики и программирования (например, понятия «функция», «переменная», «целое») вызывает определённые затруднения у обучаемых. Кроме того, к сожалению, низкий конкурс на математические специальности среди абитуриентов приводит к тому, что большое количество поступивших на 1 курс имеют низкий уровень практических навыков программирования, неразвитую алгоритмическую культуру и системное мышление. Эта наблюдаемая в последние годы тенденция подтверждается результатами входного тестирования по программированию, проводимого среди первокурсников в Институте математики и фундаментальной информатики СФУ.

Необходимость учета достаточно большого количества факторов, влияющих на разработку методической системы обучения программированию, требует интеграции различных подходов к обучению, таких как информационно-когнитивный, системно-деятельностный и компетентностный подходы. Эти универсальные научно-методические подходы к обучению должны стать фундаментом, на котором выстраивается методическая система обучения программированию студентов-математиков. Цель разработки такой системы – достижение результатов обучения, которые можно представить в виде следующей трёхуровневой схемы (рис. 1):

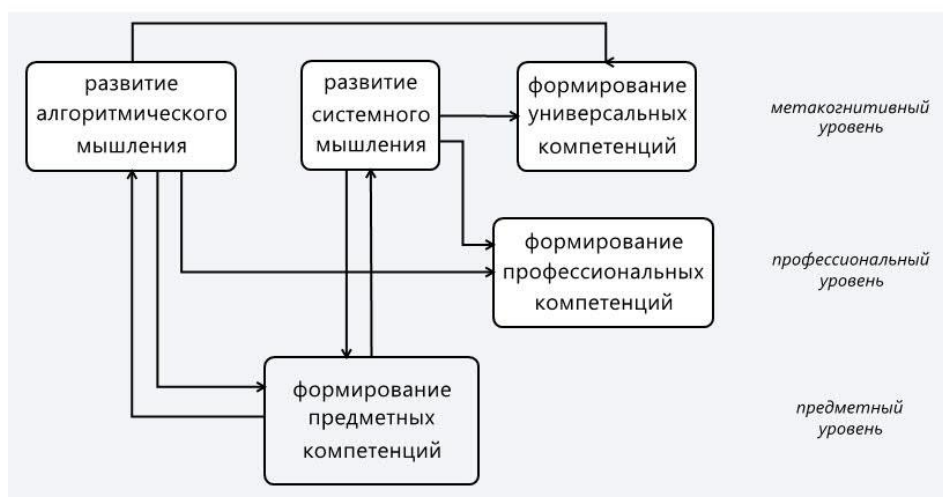


Рисунок 1

При реализации методической системы целесообразно использовать смешанную форму обучения, включающую традиционное аудиторное обучение (лекции, практические и лабораторные занятия, консультации) и электронное обучение, представленное электронным обучающим курсом (ЭОК), разработанным на базе СДО Moodle.

Интеграция различных подходов к обучению позволяет решить комплекс задач в ходе проектирования методической системы:



– информационно-когнитивный подход: используется для достижения поставленных целей – развития алгоритмического и системного мышления, отбора содержания методической системы, выбора методов и средств обучения;

– компетентностный подход: используется для формирования предметных компетенций в области программирования и оценивания результатов обучения;

– системно-деятельностный подход: используется для

а) развития системного мышления обучаемых,

б) формирования у обучаемых представления о междисциплинарных связях программирования с математическими дисциплинами,

в) разработки методической системы в виде комплекса, состоящего из взаимосвязанных модулей, объединенных с помощью единой проективно-рекурсивной стратегии.

Проективная стратегия обучения, подробно рассмотренная в [1, с.38-50], реализует принцип «будущее определяет настоящее», т.е. будущая профессиональная деятельность обучаемых проецируется на настоящий учебный процесс, в ходе которого моделируются условия для решения возможных профессиональных задач. Область профессиональной деятельности бакалавров математических направлений подготовки включает разнообразные виды деятельности: научно-исследовательскую, производственно-технологическую, организационно-управленческую, педагогическую [2]. В силу этого, существует широкий класс задач из сферы будущей профессиональной деятельности, который может быть реализован в процессе обучения программированию. Таким образом, принцип проективности будем рассматривать как один из критериев отбора содержания базового курса программирования. Проективная стратегия при разработке методической системы позволяет сделать её содержательный компонент динамичным и адаптивным. Студенты, принимая непосредственное участие в наполнении курса, становятся полноправными и активными субъектами учебного процесса.

Второй базовый принцип, положенный в основу проектирования методической системы – принцип рекурсивности [1, с.85]. Этот принцип предполагает, что необходимый компонент процесса обучения – создание и использование учебных ресурсов самими обучаемыми в этом же учебном процессе. В предметной области программирования данный принцип может быть реализован следующим образом: изучение языка программирования (в нашем случае, C/C++) происходит с помощью создания программ-тестов на знание синтаксиса и семантики языка программирования, при этом тесты кодируются на C/C++. Понятие рекурсии, присутствующее в онтологиях и математики, и программирования, выступает в качестве дидактического средства, инструмента обучения.

Для реализации системного подхода к отбору содержания курса программирования дополним систему дидактических принципов следующими:

– принцип итеративности (возвращение к задаче на более высоком уровне сложности);

– принцип вариативности (возможности выбора уровня сложности задач, последовательности выполнения и т.д.);

– принцип междисциплинарности (взаимосвязь с курсами математических дисциплин).

Рассмотрим, как данные принципы реализуются на конкретном примере. Студентам предлагается следующая задача: разработать, кодировать и отладить программу на языке C/C++, цель которой – тестирование обучаемых (например, своих сокурсников) по некоторому разделу курса программирования. Схема реализации принципов отбора содержания представлена на рис. 2.

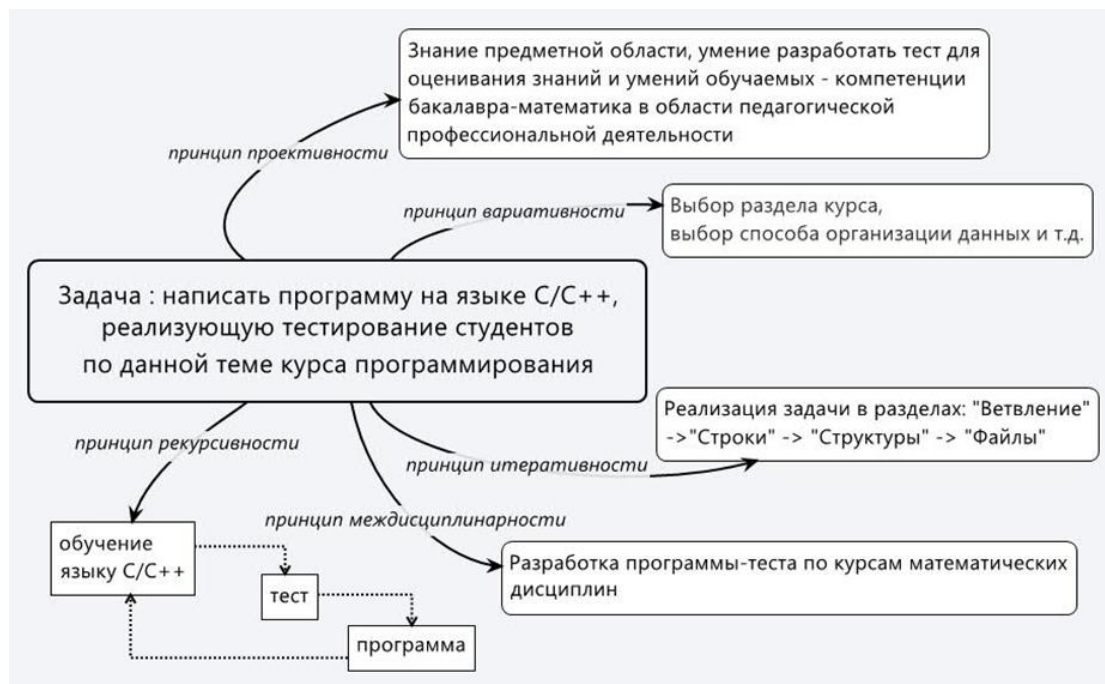


Рисунок 2

Апробация подобной задачи в реальном учебном процессе показала, что при этом достигаются следующие результаты обучения:

- у студентов формируются компетенции в области практического программирования;
- полученные знания сохраняются в долговременной памяти (гипотеза вербальной петли [3, с.368]);
- происходит осмысление и более глубокое понимание предметной области;
- развивается системное мышление, т.к. обдумывание и формулирование тестовых вопросов требует обобщения и структурирования предметных знаний.

Немаловажным фактором является формирование положительной мотивации к овладению знаниями и умениями в области программирования: наиболее качественные и релевантные заявленной теме программы-тесты размещаются (с указанием авторства) на электронном курсе в качестве обучающих электронных ресурсов. Ими могут воспользоваться не только сокурсники, но в будущем следующее поколение студентов.

Таким образом, проективно-рекурсивная стратегия применима не только к отбору содержания курса программирования, но и к проектированию самой методической системы. При этом наибольший эффект в повышении качества обучения и достижении приемлемых образовательных результатов может быть достигнут в

интеграции с информационно-когнитивным, системно-деятельностным и компетентностным подходами в обучении.

### Список литературы

1. Пак, Н.И. Проективный подход в обучении как информационный процесс: монография [Текст] / Н.И. Пак – Красноярск: РИО КГПУ, 2008. –112 с.
2. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.01 Математика (уровень бакалавриата): приказ Минобрнауки России от 07.08.2014 N 943 [Электронный ресурс] – Режим доступа [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_168629/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_168629/)
3. Величковский, Б.М. Когнитивная наука: Основы психологии познания: в 2 т. – т.1 /Борис М. Величковский. – М.: Смысл: Издательский центр «Академия», 2006. – 448 с.

УДК 004.9

## СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ И УЧЕТА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ ОТГРУЖАЕМОЙ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ООО «КРАСНОЯРСКИЙ ЦЕМЕНТ»

*Д.А. Безгачев, Н.С. Ярославцев*  
*Сибирский федеральный университет, Красноярск*  
*e-mail: [karamamburu.84@mail.ru](mailto:karamamburu.84@mail.ru), [n.yaroslavcev@sibcem.ru](mailto:n.yaroslavcev@sibcem.ru)*

*Проблема учета продукции отгружаемой автомобильным транспортом остро встает на каждом предприятии, внедрение системы автоматизации этого процесса позволит увеличить скорость отгрузки и оформления документации по погрузке.*

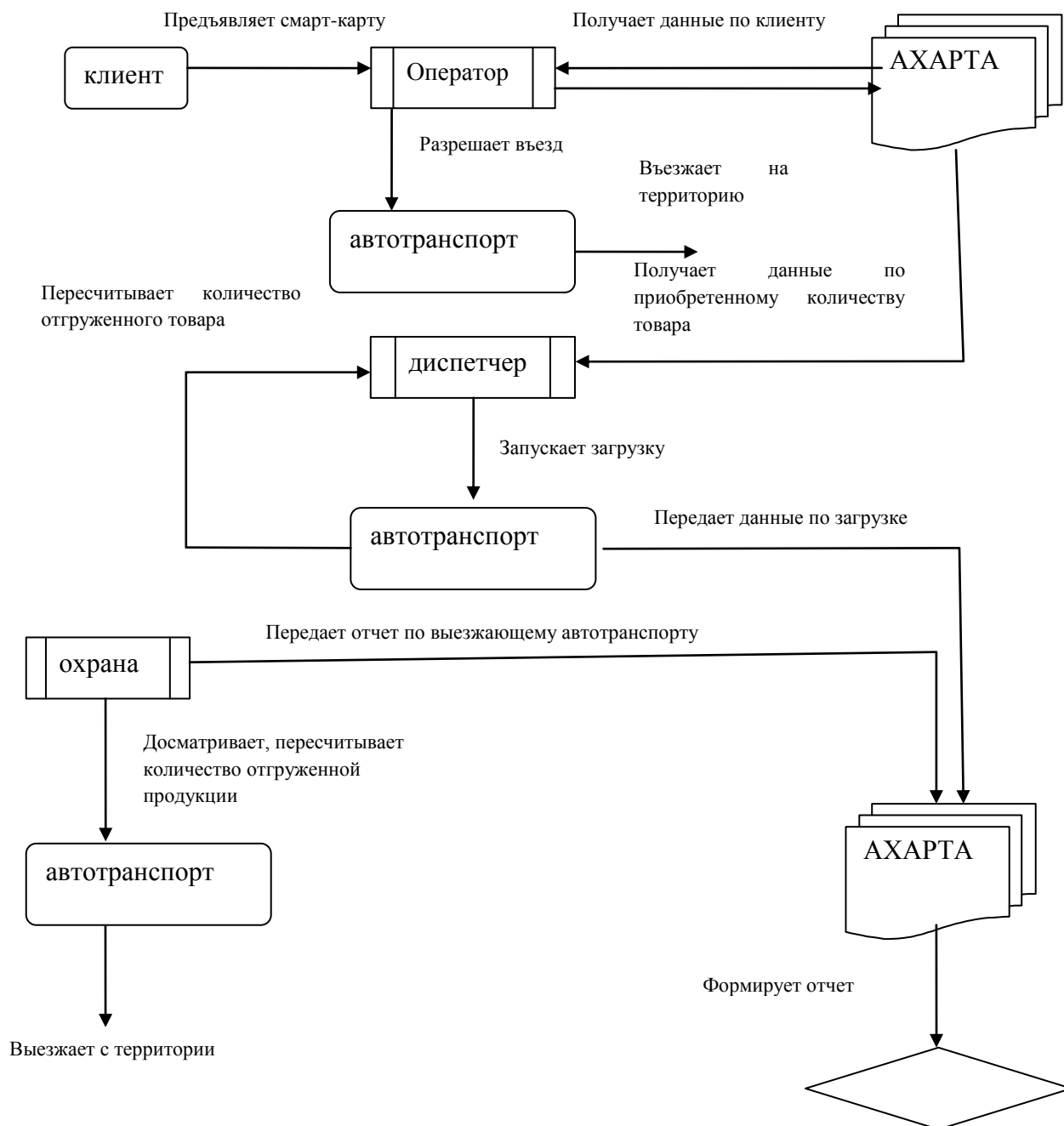
*Процесс учета готовой продукции отгружаемой автомобильным транспортом на ООО «Красноярский Цемент» в данный момент производится путем подсчета диспетчером количества мешков, отгруженных в автотранспорт. Этот процесс занимает длительное время и очень зависит от человеческого фактора, в связи с этим было принято решение о внедрении системы автоматического учета.*

В ходе выполнения технического задания был проведен анализ существующих решений:

- Система мониторинга техпроцесса APeL Control Center;
- Автоматизированная система весового и количественного учета готовой продукции ООО «Фирма ГАММИ»;
- Система «Видеосчетчик» ООО «ВИКО».

Система мониторинга техпроцесса APeL Control Center — это программа, работающая на персональном компьютере, подключенном к одному или нескольким счетчикам продукции МИС через интерфейсный блок ИБ-2, позволяющая в

реальном времени отслеживать количество продукции проходящей через установленные счетчики.



Автоматизированная система весового и количественного учета готовой продукции ООО «Фирма ГАММИ» предназначена для обеспечения сохранности материальных ценностей, автоматизации процесса взвешивания и учета готовой продукции на всех стадиях технологического процесса.

Программное обеспечение «ВИДЕОСЧЕТЧИК» предназначено для автоматического подсчета и видеофиксации мешков с сухими строительными смесями, проезжающих по фиксированному ленточному транспортеру в зоне контроля видеокамеры.

Проведенный анализ существующих решений позволил выявить в каждом из них недостатки, не позволяющие внедрить данное решение на ООО «Красноярский цемент», вследствие чего было принято решение разработать систему автоматизации учета готовой продукции, отгружаемой автомобильным транспортом, силами собственных специалистов.

#### **Постановка задачи:**

Создание приложения в среде разработки Microsoft Visual Studio 2010 с использованием набора библиотек OPENCV, способного взаимодействовать с системой охранного видеонаблюдения для обеспечения идентификации марки продукции, учета, составления отчета по погрузкам в файле формата .XML для дальнейшей интеграции в Microsoft Business Solutions Axapta.

#### **Описание программного обеспечения:**

За платформу создания системы был взят язык программирования C++ и набор библиотек OPENCV. OpenCV – библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом, доступная для загрузки на SourceForge.net. Библиотека написана на C и C++, работает под Linux, Windows и Mac OS X. Происходит активная разработка интерфейсов для Python, Ruby, MATLAB и других языков.

Для реализации идентификации марки продукции решено взять входящий в состав OpenCV каскадный классификатор или классификатор Хаара, имеющий довольно высокую точность распознавания. Для применения классификатора необходимо использовать одну из утилит opencv\_haartraining и opencv\_traincascade, входящих в состав пакета OpenCV, они служат для обучения каскадов. Так же для обучения каскадов необходима выборка фотографий с имеющимся объектом детектирования и без него.

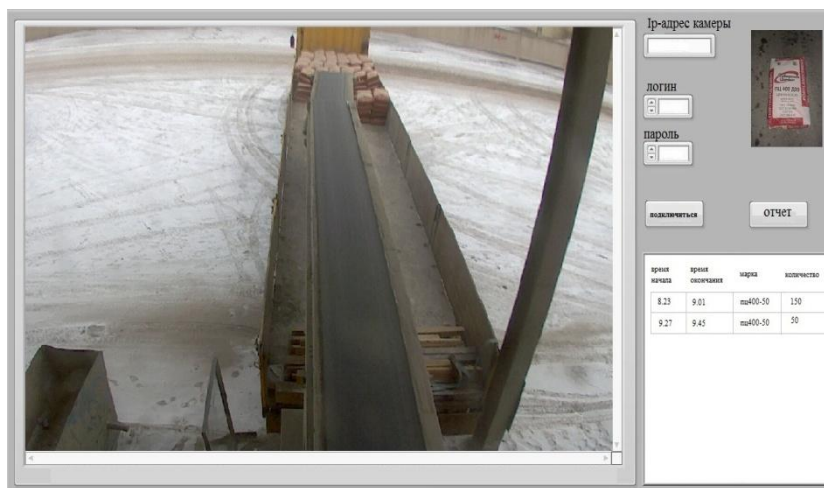


Рисунок 1 – графический интерфейс программы

#### **Основные характеристики программного обеспечения:**

- автоматизация процесса учета продукции, отгружаемой автомобильным транспортом;
- возможность идентификации марки продукции;

- возможность устанавливать программное обеспечение на любой компьютер в локальной сети предприятия, т.к. система охранного телевидения находится в той же сети;
- возможность устанавливать программное обеспечение на несколько компьютеров в локальной сети, для избежания пропадания данных в чрезвычайных случаях;
- возможность записи отдельного видеоархива процесса погрузки;
- возможность хранения данных в .XML файле для интеграции данных с АХАРТА или другой системой.

### **Заключение**

Данное решение позволит избежать затрат на приобретение дополнительного оборудования, так как может использовать существующие видеокamеры системы охранного телевидения, а так же при создании системы в неё заложен функционал интеграции выходных данных с внедренной на предприятии системой Microsoft Business Solutions Axapta.

Разработанная система позволяет автоматически отслеживать количество и марку продукции, отгруженной в автотранспорт заказчика, выводит актуальную информацию на монитор диспетчера, а так же ведет сохранение видеоархива всех погрузок продукции, который может быть предоставлен по требованию контролирующих органов предприятия.

Полученные навыки при разработке собственного ПО решено использовать на дальнейшее развитие системы охранного телевидения на предприятии, а так же для увеличения его функционала. Возможность использовать систему видеонаблюдения в автоматизации процессов учета на производстве имеет очень широкие возможности.

УДК 681.1:681.58

## **WEB-ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

*А.В.Белоусов, А.Г.Гребеник, Ю.А.Кошлич*

*БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород*

*e-mail: [ntl@intbel.ru](mailto:ntl@intbel.ru), [iitusnik@gmail.com](mailto:iitusnik@gmail.com), [koshlich@yandex.ru](mailto:koshlich@yandex.ru)*

*Рассмотрены проблемы диспетчеризации распределенных объектов управления и предложен вариант системы, предоставляющей web-базируемый доступ к своим ресурсам посредством Linux-маршрутизатора, выступающего в роли web-сервера и осуществляющего доступ в сеть internet при помощи 3G-модема.*

*Ключевые слова: автоматизированная система диспетчерского управления, АСДУ, web-диспетчеризация, web-базируемый доступ, маршрутизатор, TP-Link MR3020, CyberWrt.*

Среди современных тенденций в области построения автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ) с возможностью удаленного доступа выделяется интенсивное внедрение web-технологий, связанное с их всё более широким проникновением во все сферы управления и автоматизации инженерных систем. Данный подход представляет собой логическое развитие идеи использования тонких клиентов на стороне оператора. Дополнительные преимущества обеспечены активной экспансией web-технологий - следование стандартам World Wide Web Consortium (W3C) делает возможным построение АСДУ с минимальными требованиями к оборудованию на стороне клиента. Следование этой парадигме подразумевает оперативное предоставление технологической информации о состоянии управляемого оборудования/процесса пользователю средствами протоколов стека TCP/IP, при том, что запросы и отображение информации осуществляются web-браузером на клиентской машине. Последний факт делает возможным анализ технологических параметров оборудования/процесса, а так же осуществление управления им с любого, в том числе мобильного устройства, оснащённого средствами коммуникации, достаточными для подключения к web-серверу [1].

Как правило, АСДУ распределенными объектами имеют многоуровневую иерархическую структуру (рис. 1).

Можно выделить несколько проблем в построении систем, обладающих подобной структурой, а именно:

- привязка части программного обеспечения верхнего уровня к аппаратному обеспечению, устанавливаемому на нижнем уровне;
- проблемы, связанные с ограничениями и ненадежностью соединений, коллизии;
- стоимость систем, связанная с дороговизной устройств сбора и передачи данных (УСПД), цена на которые может сильно колебаться в зависимости от аппаратной платформы и сложности программного обеспечения;
- часто проблемы возникают с самими УСПД, что особенно неприятно при большой удаленности объектов диспетчеризации [2].

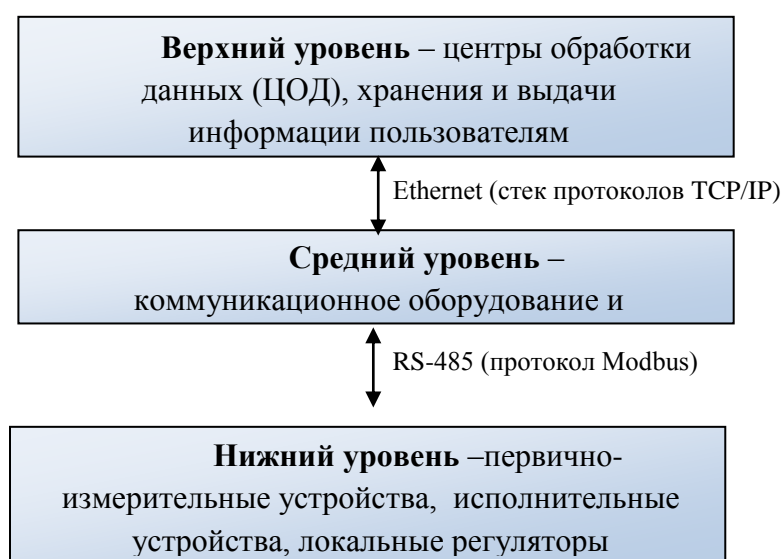


Рисунок 1 – Структура АСДУ



В системах, объекты управления которых достаточно далеко удалены друг от друга и зачастую находятся вне территории предприятия, использование локально-вычислительных сетей предприятия в качестве линий связи не всегда представляется возможным. В таких случаях в роли каналов передачи данных могут выступать радиоканалы и наиболее приемлемой становится web-диспетчеризация [3,4], осуществляемая по протоколам GPRS/3G/LTE.

В качестве web-сервера в системе, предоставляющей web-базированный доступ к своим ресурсам небольшому числу клиентов, может выступать не полноценный ПК, а, например, маршрутизатор с установленной на нем системой Linux. Данный подход позволяет сэкономить достаточно большое количество денежных средств и минимизировать размеры разрабатываемого устройства. Подобные маршрутизаторы обладают следующими характеристиками:

- Совместный доступ к мобильному 3G/4G-подключению, совместимость с большим числом UMTS/HSPA/EVDO 3G USB-модемов
- Компактный размер и легкий вес
- Высокая скорость беспроводного подключения
- Несколько рабочих режимов для различных ситуаций: 3G/4G-маршрутизатор
- Непрерывное соединение с интернет благодаря автоматическому переключению между 3G/4G и WAN
- Компактный размер и порт Mini USB, с помощью которого для подачи питания можно подключать ноутбук или адаптер питания.

Примером такого маршрутизатора может служить TP-Link MR3020 [5], изображенный на рис.2.



Рисунок 2 – TP-Link MR3020

На данный маршрутизатор устанавливается прошивка CyberWrt, основанная на Linux, в которой организована полная поддержка файловой системы JFFS2, позволяющей использовать для управления пакетами менеджер пакетов opkg, что делает CyberWrt легко настраиваемой и адаптируемой системой. Другим достоинством данной прошивки является наличие в ней встроенного полноценного сервера и возможность использования PHP и MySQL, а так же других модулей, которые устанавливаются опционально, что позволяет сэкономить память устройства (рис.3). Кроме того, несомненным плюсом является возможность настройки маршрутизатора через web-интерфейс. Так же доступен классический способ подключения через telnet, SSH, SCP.



На маршрутизаторе после прошивки CyberWrt доступно 1,2МБ свободного места. Для расширения пространства памяти в системе можно использовать обычный USB-накопитель, для чего необходимо доустановить несколько системных модулей, отвечающих за:

- собственно поддержку mass storage;
- поддержку файловой системы на накопителе;
- поддержку кодировок, в которых написаны имена файлов.

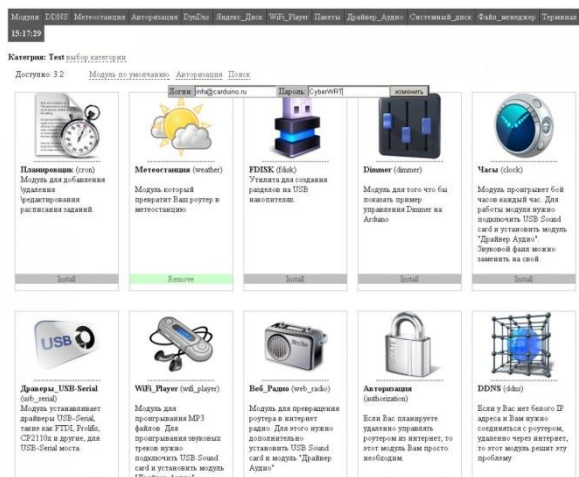


Рисунок 3 – Работа с модулями в CyberWrt

Для обеспечения доступа в сеть интернет задействуется обычный 3G USB-модем с SIM-картой, имеющей «белый» IP адрес. Для работы модема необходимо установить следующие пакеты:

- opkg update;
- opkg install comgt;
- opkg install kmod-usb-core;
- opkg install kmod-usb-serial;
- opkg install kmod-usb-serial-option;
- opkg install kmod-usb-uhci;
- opkg install usb-modeswitch;
- opkg install usb-modeswitch-data;

и, например, посредством редактора vi, сконфигурировать файлы network, wireless, dhcp и firewall [6].

Устройство управления проще всего подключить к web-серверу через USB-hub, к которому так же подключены и 3G USB-модем с USB-накопителем в силу наличия на маршрутизаторе только одного USB-разъема. Применение таких расширений требует установки пакетов для моста и библиотеки для FTDI [7,8]. Схема web-базируемого доступа отображена на рис.4.

Таким образом, не осуществляя затрат на приобретение полноценного компьютера, играющего роль scada-сервера, сервера баз данных и web-сервера, а так же программного обеспечения SCADA-систем, при создании АСДУ, обеспечивающих web-базируемый доступ к распределенным ресурсам предприятия, можно минимизировать как материальные затраты, так и размеры серверной части системы посредством использования вместо персонального компьютера маршрутизатора с

установленной на нем платформой Linux и web-сервером Apache, что позволяет значительно снизить себестоимость систем и применять данный подход при проектировании АСДУ, мобильных платформ и роботов.

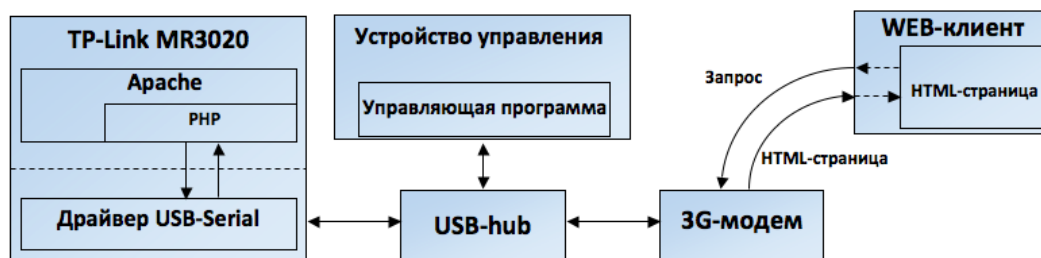


Рисунок 4 – Схема web-базированного доступа

### Список литературы

1. Белоусов, А. В. Реализация WEB-базированного доступа в системе мониторинга распределенных объектов электропотребления / А. В Белоусов, С. Н. Глаголев, Ю. А. Кошлич // Инновационные информационные технологии: Материалы междунар. научн-практ. конф., Москва, 2012 г./ Москва, Изд-во МИЭМ, 2012. – С. 373–375.
2. ЦРСА URL: [www.dev-center.ru/dev/gprs.html](http://www.dev-center.ru/dev/gprs.html) (дата обращения: 05.06.2014)
3. Информационно-технологическое обеспечение виртуальных лабораторий с удаленным доступом / А.В.Белоусов, С.Н.Глаголев, А.И.Рыбакова, Ю.А.Кошлич // Дистанционное и виртуальное обучение. 2013. № 12 (78). С. 49-57.
4. Система визуализации и мониторинга технологических параметров распределенных объектов энергопотребления на основе WEB-базированного доступа / А.В.Белоусов, С.Н.Глаголев, Ю.А.Кошлич, А.Б.Быстров // Информационные системы и технологии. 2012. № 6. С. 108-113.
5. Умный дом. URL: <http://cyber-place.ru/showpost.php?p=2880&postcount=28> (дата обращения 02.03.2014)
6. Embedder's life URL: <http://embedderslife.wordpress.com/2013/08/11/tl-mr3020-install-openwrt/> (дата обращения 05.03.2014)

УДК 004.77

## ЭЛЕКТРОННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА УНИВЕРСИТЕТА НА БАЗЕ СЕТИ СЕРВЕРОВ MOODLE

*В.В. Белошапкин, Д.А. Груздев, О.Н. Кучер*

*НОУ ВПО «Университет Российской академии образования», Красноярский филиал*

*e-mail: [it@krasurao.ru](mailto:it@krasurao.ru), [admin@krasurao.ru](mailto:admin@krasurao.ru), [kucher@krasurao.ru](mailto:kucher@krasurao.ru)*

*Рассматриваются технические, организационные и методические аспекты формирования и эксплуатации единой информационно-образовательной сети дистанционного образования университета на базе серверов Moodle.*

*Ключевые слова: LMS Moodle, Moodle hub, Single Sign-On (SSO) сервер, система дистанционного обучения, электронная информационно-образовательная среда, организационная структура.*

Одним из инновационных и стратегических направлений развития негосударственного образовательного учреждения «Университет Российской академии образования» в соответствии со «Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации» и государственной программой «Информационное общество (2011—2020 годы)» является внедрение в образовательный процесс электронных сервисов на основе информационных и телекоммуникационных технологий. Основная цель – максимальное приближение образовательных услуг к местам проживания обучающихся через использование электронных, дистанционных образовательных технологий.

Это направление развития вуза позволит решить одну из важнейших задач социального развития регионов — обеспечить равные возможности всем жителям в получении качественного образования независимо от места проживания и социального положения их семей.

Использование дистанционных образовательных технологий в университете РАО с его широкой сетью филиалов на территории России (университет имеет 19 филиалов на всей территории РФ) позволяет напрямую реализовывать программы бакалавриата, специалитета, магистратуры во всех регионах России и оперативно реагировать на их потребности в образовательных услугах.

Деятельность в данном направлении имеют большое значение в том числе и для территорий Красноярского края и Республики Тыва с их большой удаленностью населенных пунктов от мегаполисов, в которых сконцентрированы учебные учреждения высшего профессионального образования. Далеко не все жители регионов, желающие получить образование в университете, имеют возможность, в силу различных причин, сделать это в очной форме. Использование дистанционных образовательных технологий позволяет сгладить образовательное неравенство между жителями крупного мегаполиса и удаленных территорий и увеличить количество жителей, получающих образовательные услуги.

Остановимся на особенностях коммерческого вуза и обоснуем актуальность обращения руководства университета к данному вопросу.

Среди основных особенностей негосударственных вузов чаще всего выделяют[1]:

- Высокую мобильность. Изменение образовательного запроса на рынке труда порождает быстрый отклик, например, открытие новых специальностей и направлений подготовки, программ переподготовки и повышения квалификации работников. Использование в учебном процессе электронного обучения, дистанционных образовательных технологий является одним из механизмов достижения мобильности и позволяет удовлетворить потребности разных категорий граждан в получении высшего образования, повышении профессиональной квалификации.

- Высокую мотивированность преподавательского состава. Коммерческий вуз, заинтересованный в привлечении студентов, имеет возможность «отбирать» лучших преподавателей, осуществлять их смену по требованию обучающихся.
- Тесное взаимодействие с потенциальными работодателями.
- Благоприятные и более комфортные условия обучения, более современная техническая база.
- Отсутствие разветвленной бюрократической организационной структуры.

Обрисовывая настоящие условия существования коммерческого вуза, можно согласиться с высказыванием Майкла Хаммера, что «сегодня вместе и по отдельности действуют три силы. Мы называем эти силы «три К» (С): клиенты (customers), конкуренция (competition), коренные изменения (change)» [2].

Перечислим условия, в которых находится коммерческий вуз в настоящее время:

- естественная конкуренция образовательных учреждений;
- «демографическая яма»;
- повышение уровня требований, декларируемых государством, и, как следствие, расширение функционала образовательной организации без ресурсной поддержки;
- отсутствие стабильности в требованиях или тенденциях;
- отсутствие фактической «поддержки» государства в развитии негосударственного сектора.

Таким образом, коммерческий вуз можно рассматривать как индикатор наиболее общих тенденций происходящий сейчас в образовании.

Одним из реальных механизмов сохранения коммерческой образовательной организации с широкой сетью филиалов мы считаем формирование и развитие единой электронной информационно-образовательной сети университета (в том числе ее сегментов на территориях Красноярского края и республики Тыва), что позволит решить две актуальных проблемы, стоящих перед университетом в последние годы — расширение контингента обучающихся и повышение качества заочного обучения.

Речь идет о создании электронной системе управления обучением (системе дистанционного обучения) университета в условиях распределенных серверов и распределенных баз знаний для совместного функционирования всех филиалов.

Создание подобной сети предполагает решение трех взаимосвязанных задач: технической, организационной, методической.

Решение задач организовано в рамках *трех проектов*:

1. Создание полифункциональной информационно-телекоммуникационной сети для реализации дистанционных образовательных технологий в университете и его филиалах.
2. Создание и развитие единого координационного центра информационного обеспечения образовательной, научно-исследовательской и инновационной деятельности УРАО и его филиалов.
3. Формирование и развитие электронной информационно-образовательной среды УРАО и его филиалов на базе системы управления обучением Moodle.

Создание полифункциональной информационно-телекоммуникационной сети, в рамках *первого проекта*, предполагает:

- разработку технического задания для проектирования сети;
- разработку проекта полифункциональной информационно-телекоммуникационной сети дистанционного образования УРАО;
- проектирование и оборудование центров управления сетью;
- заключение соглашений с администрациями муниципальных образований о сотрудничестве в области создания информационно-телекоммуникационной сети и о выделении помещений для монтажа базовых ресурсных центров сети;
  - монтаж базовых ресурсных и вещательных центров сети в филиалах университета, районных центрах и городах Красноярского края и республики Тыва и их подключение к центру управления сетью;
  - заключение соглашений с операторами связи по обеспечению сети магистральными и внутрирайонными каналами доступа;
  - создание на базе опорно-транзитных пунктов внутренних информационно-телекоммуникационных сетей intranet муниципальных образований (через подключение к сети администрации и учебных заведений района или города);
  - подготовку технического задания для разработки портала сети;
  - разработку портала полифункциональной информационно-телекоммуникационной сети для реализации обучения с применением дистанционных образовательных технологий в УРАО и его филиалах.

Чаще всего проектирование информационно-телекоммуникационной сети, осуществляющей поддержку обучения с применением дистанционных технологий, базируется на архитектуре клиент-сервер, которая позволяет осуществлять доступ многих клиентов к одному централизованному ресурсу сервера. Однако распределенная структура вуза с широкой сетью филиалов и центров предполагает более сложные технические и организационные решения при объединении своих ресурсов.

В условиях Сибирского региона с его недостаточно развитыми и дорогими средствами доставки образовательного контента до удаленных территорий актуальной задачей является максимальное приближение серверов с образовательным контентом к местам проживания обучающихся с созданием локальных (районных или филиала университета) центров поддержки дистанционного образования.

В нашей статье мы рассматриваем возможность создания распределенной сети дистанционного образования на базе серверов, использующих программный пакет «Moodle».

LMS Moodle - это система управления обучением (система дистанционного обучения) или виртуальная обучающая среда. Программный продукт представляет собой свободное (распространяющееся по лицензии *GNU GPL*) веб-приложение, предоставляющее возможность создавать сайты для онлайн-обучения [3].

Сложность решения технической задачи обусловлена особенностью организации управления обучением в университете. Основные «организационные» положения это:

1. Централизованное управление университетом (территориальное расположение - Москва)

2. Единая информационная база университета, обеспечивающая прием (зачисление) и движение контингента студентов (на базе программного продукта 1С).

3. Широкая сеть обособленных структурных подразделений – филиалов, которые самостоятельно осуществляют все функции университета, имеют свои кадровые и материально-технические ресурсы, позволяющие им реализовать образовательные программы в полном объеме.

Техническая задача сводится к построению информационно-телекоммуникационной (корпоративной) сети, которая соответствовала бы возможностям организационной структуры университета (синхронизация, единая информационная база и самостоятельные функции управления), и позволяла оптимизировать ряд подпроцессов основных процессов, в частности, описывающих различные этапы процесса реализации образовательных программ с применением дистанционных технологий обучения.

Оптимизация возможна в подпроцессах основных процессов вуза таких как: «Проектирование и разработка основных образовательных программ», «Проектирование и разработка дополнительных образовательных программ», «Реализация основных образовательных программ» и «Реализация дополнительных образовательных программ».

Например, в процессе «Проектирование и разработка основных образовательных программ» возможна оптимизация подпроцесса «Проектирование и разработка электронных учебно-методических комплексов дисциплин (ЭУМКД)». В соответствии с внутренним стандартом университета СМК СТО 2.5.-01 «Электронный учебно-методический комплекс дисциплины. Общие требования» и на основе конкурсного отбора осуществляется разработка учебного контента с последующим размещением в корпоративной сети. При этом повышается качество учебно-методического обеспечения и исключается его дублирование менее качественными версиями.

В основном процессе «Реализация основных образовательных программ» возможна оптимизация подпроцессов: «Наполнение учебно-образовательной среды университета учебно-методическим и научным содержанием», «Реализация образовательных программ с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий».

Возможное техническое решение представлено на рисунке 1 в схеме распределенной сети дистанционного образования университета на базе пакета «Moodle».

На центральном сервере сети устанавливается Moodle Hub server, являющийся хранилищем готовых к разворачиванию курсов и одновременно каталогом ссылок на курсы сети. Любой курс из Moodle Hub сервера может быть скачан на локальный Moodle сервер для организации функционирования локального (районного или филиала университета) центра дистанционного обучения.

Списки обучающихся поступают из центральной 1С базы данных обучающихся в базу LDAP, через которую осуществляется аутентификация пользователей. Использование Single Sign-On (SSO) сервера позволяет обучающимся проходить

однократную авторизацию при использовании различными территориально распределенными сервисами сети [4].

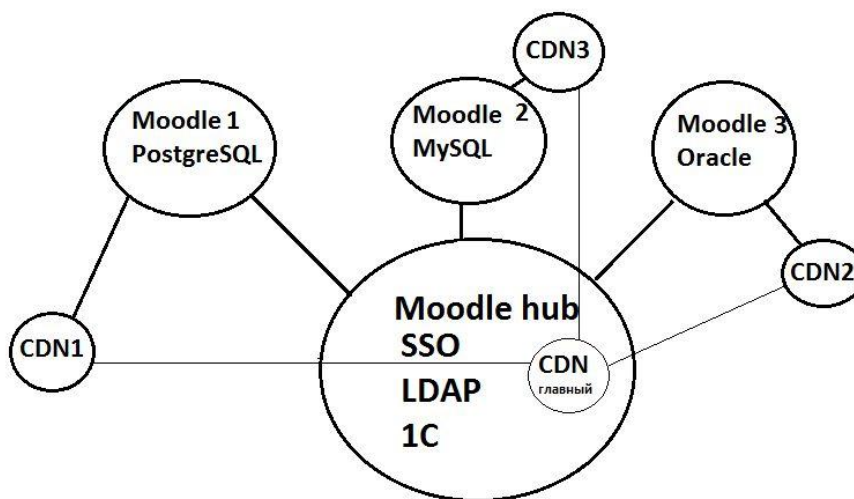


Рисунок 1 – Принципиальная схема распределенной сети дистанционного образования на базе пакета «Moodle»

Параллельно с сетью серверов Moodle создается Content Distribution Network (CDN). Эта сеть позволяет оптимизировать доставку тяжеловесного (мультимедийного) образовательного контента для пользователей локальных серверов.

Подобная организация сети университета, поддерживающая реализацию образовательных программ с применением дистанционных технологий позволяет оптимизировать расходы университета на разработку учебных материалов, штат преподавателей и использование интернет трафика обучающимися.

*Второй проект* направлен на создание единого (корпоративного) координационного центра информационного обеспечения образовательной, научно-исследовательской и инновационной деятельности университета и его филиалов, обеспечивающего координацию и синхронизацию всех «сквозных» подпроцессов.

Сложность управления в первую очередь мы связываем с тем, что «сквозные процессы» (горизонтальные процессы) не могут быть описаны линейной (вертикальной) организационной структурой университета. С одной стороны при наличии единого координационного центра университета, курирующего организацию обучения с использованием дистанционных образовательных технологий неизбежно возникает «двойное подчинение» персонала филиалов. С другой стороны обособленность филиала предполагает полную ответственность руководства филиала за реализацию образовательных программ, за «своих» студентов, «свои» кадры и материально-технические ресурсы.

В рамках данного проекта решаются задачи:

1. Разработка управленческой структуры, нормативной документации, регламентирующей деятельность центра, унификация «сквозных» процессов.

2. Разработка методик и технологий управления центром в условиях распределенного (виртуального) офиса.

3. Координация деятельности и выполнения решений межфилиального (виртуального) научно-методического Совета.

4. Управление образовательным процессом при реализации образовательных программ с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий в условиях распределенной группы (виртуального класса).

В настоящий момент мы видим два подхода к решению проблемы.

### **Подход 1: Матричная структура**

Матричная организация предполагает выделение структурного подразделения по функциональному признаку - Координационного центра информационного обеспечения образовательной деятельностью университета и его филиалов.

Деятельность центра предполагает решение двух функциональных задач:

- организация и руководство технической поддержкой обучения студентов университета с применением ДТО;

- организация и руководство методической поддержкой процесса разработки и заполнения учебным содержанием электронной образовательной среды.

Основные положения данной модели:

- Общее руководство – структурное подразделение университета «Координационный центр информационного обеспечения образовательной деятельности»;

- Единая учебная и информационно-методическая база университета;

- Распределенные кадровые и материально-технические ресурсы филиалов;

- Самостоятельная реализация филиалами образовательных программ с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (в зависимости от укомплектованности групп и степени разработанности ЭУМКД).

Организационные особенности:

1. Двойное подчинение персонала: руководителю функциональной службы филиала, техническому руководителю центра.

2. Централизованная организация создания и заполнения электронной информационно-образовательной среды. Единая организационная структура СУО Moodle

3. Самостоятельность филиала в определении степени использования дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ.

4. Усложненная схема финансирования деятельности центра и филиалов (с учетом процессов оптимизации).

Готовность филиала к реализации ООП с поддержкой ДОТ определяется:

- наличием рентабельных студенческих групп (базовых виртуальных групп) по изучению дисциплины с применением ДОТ;

- укомплектованностью штата преподавателей, готовых к реализации дисциплины с использованием ДОТ;

- наличием в штате филиала работника ответственного за организацию образовательного процесса с использованием ДОТ;



- полное обеспечение образовательной программы электронными учебно-методическими комплексами дисциплин, размещенными в Moodle.

Матричная организационная структура имеет ряд преимуществ. Это:

- Уменьшение числа уровней в иерархии, что повышает гибкость реакции в решении определенных задач и скоординированности работ, в частности, когда формируется или изменяется образовательный запрос. Тем самым повышается удовлетворенность потребителей (студентов) оказываемой образовательной услугой.

- Унификация технической политики университета, что даст возможность реализовать единую электронную информационно-образовательную среду университета.

- Четкое разделение функциональной ответственности. При этом руководители центра снимают с себя ряд полномочий и делегируют их специалистам «на местах» при сохранении единства координации и контроля за ключевыми решениями на высшем уровне.

- Эффективное использование интеллектуального потенциала профессорско-преподавательского состава при разработке электронных учебно-методических комплексов.

Таким образом, матричная организация позволяет реализовать совместные проекты в которых могут участвовать все филиалы в целях повышения эффективности улучшения конечного результата, а именно:

- экспертиза и апробация электронных учебно-методических комплексов дисциплин;

- наполнение электронной информационно-образовательной среды университета;

- разработка и утверждение организационных и учебно-методических материалов и др.

К числу недостатков этого подхода можно отнести нарушение принципа единоначалия и возможность возникновения конфликтов на почве распределения ресурсов.

## **Подход 2: Сетевая форма реализации образовательных программ<sup>1</sup>**

Будем рассматривать сетевую организацию, при которой каждый филиал использует в образовательном процессе дистанционные технологии в зависимости от степени его подготовленности в данном вопросе и коммерческой заинтересованности. При этом филиал действует в рамках единой политики университета по данному вопросу. Например, при разработке учебной и учебно-методической документации, обеспечивающий образовательный процесс, руководствуется едиными требованиями установленными университетом к электронным учебно-методическим комплексам дисциплин и аппаратно-программным обеспечению.

При таком подходе сетевая организация хорошо согласуется с обособленным статусом филиала, что позволяет каждому филиалу адаптироваться к своему

---

<sup>1</sup>ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Статья 15 Сетевая форма реализации образовательных программ

окружению. Такая организация в большей степени ориентирована на «рыночные» механизмы и зависит от региона, образовательного спроса в конкретном регионе и активности филиала в подготовке ресурсной базы.

Недостатки такого подхода налицо: качество и эффективность использования дистанционных образовательных технологий в образовательном процессе конкретного филиала напрямую зависит от кадрового состава: возрастут риски, связанные с текучестью кадров, невысоким уровнем качества разрабатываемых учебно-методических материалов. Возрастут затраты на обучение персонала и материально-техническое обеспечение.

Большую привлекательность сетевая организация обучения получает в условиях, когда появляется возможность освоения обучающимся образовательной программы с использованием ресурсов нескольких филиалов университета.

Особо стоит отметить, что при любом подходе к организации образовательного процесса может быть использована вышеуказанная схема организации сети. Политика синхронизации всех учебных серверов Moodle определяется центральным Moodle hub сервером.

Реализация *третьего проекта* «Формирование и развитие электронной информационно-образовательной среды университета и его филиалов на базе системы управления обучением Moodle» напрямую зависит от модели реализации первых двух проектов.

В рамках этого проекта решаются задачи:

1. Разработка и внедрение новых методик обучения в условиях распределенной группы (виртуального класса) с применением технологий электронного обучения и обучения с использованием ДОТ.

2. Наполнение электронной информационно-образовательной среды университета образовательными ресурсами:

- 2.1. Разработка и экспертиза электронных учебно-методических комплексов дисциплин.

- 2.2. Создание единой электронной информационной базы филиала – подготовка и издание электронных энциклопедий, электронных учебников и учебных пособий по всем направлениям подготовки, осуществляемым в университете.

3. Разработка методики и технологий организации контроля знаний, умений и компетенций обучающихся УРАО и его филиалов, для обеспечения качества обучения студентов и слушателей в условиях электронного обучения и применения дистанционных образовательных технологий независимо от места нахождения обучающихся (в условиях распределенной группы (виртуального класса));

4. Разработка, апробация и внедрение инновационных технологий межкафедрального взаимодействия работников УРАО и его филиалов в корпоративной (интегрированной) электронной информационно-образовательной среде УРАО и его филиалов.

Реализация всех трех проектов является необходимым условием, обеспечивающим развитие университета при решении стратегических задач, способных не только обеспечить университету стабильное функционирование, но и успешно развиваться в дальнейшем.

## Список литературы

1. Теоретико-методологические основания готовности выпускников университетского комплекса к инновационной деятельности: коллективная монография/ под общ. ред. академика РАО, д. экон. н., профессора, заслуж. деятеля науки РА А.И. Таюрского – Красноярск, 2014. С. 181.
2. Майкл Хаммер, Джеймс Чампи. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе; пер. с англ.; Издательство: Манн, Иванов и Фербер, 2011 г. URL: [http://royallib.ru/book/hammer\\_maykl/reinginiring\\_korporatsii\\_manifest\\_revolyuitsii\\_v\\_biznese.html](http://royallib.ru/book/hammer_maykl/reinginiring_korporatsii_manifest_revolyuitsii_v_biznese.html)
3. Официальный сайт проекта Moodle. URL: <https://moodle.org/>
4. Технология единого входа. Материал из Википедии. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F\\_%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE\\_%D0%B2%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B2%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0) (дата обращения 11.11.2014)

УДК 004.4'2

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ

*Б.И. Борде*

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

[bborde@sfu-kras.ru](mailto:bborde@sfu-kras.ru)

*For decision-making and synthesis of objects in complex software methodical COD SFU formalized description of objects are formed with automatic timing diagrams comparing perceived and actual signals and parameters table optimality criteria. The engineering design is converted to a specific system design.*

*Keywords: Conceptual Object Design, multivariate, synthesis, analysis, structures, conversion, formalized task, graphic displays.*

Многоуровневая САПР COD [3,4] служит для синтеза и анализа множества вариантов структур и автоматического их преобразования в множество проектных решений для промышленных САПР и множество моделей для оценки варианта и принятия решения. Промышленные системы ориентированы на техническое проектирование и были закрытыми [1,3]. Для обучения студентов и инженеров системотехников нужны были открытые учебно – исследовательские системы из небольших модулей.

Автором было предложено создание открытой учебно – исследовательской САПР вычислительных систем концептуального проектирования (COD – Conceptual Object Design). Министерство Образования России приказом 195 от 16.03.1987 года постановило создание учебно – исследовательских САПР в Вузах по отраслям, пункт 3.2.17 утвердил предложение автора.

Основой предлагаемого подхода является однократный ввод описаний объектов в виде формализованных заданий для различных уровней анализа и конструкторско-технологического проектирования. Привычные инженеру графические документы в виде временных диаграмм, схем и сборочных чертежей должны получаться автоматически в результате интерпретации формализованных заданий и решений (см. табл. 1). При этом повышается производительность труда студентов и инженеров и становится реальным активное обучение в проектной команде.

На верхнем уровне абстракции (рис. 1) рассматривают функциональные модели систем в целом, которые называются макромоделями и описываются функциями выходов и переходов. На следующем уровне абстракции находятся структурные модели, в которых отражается внутренняя структура компонентов. Такие модели будем называть микромоделями.

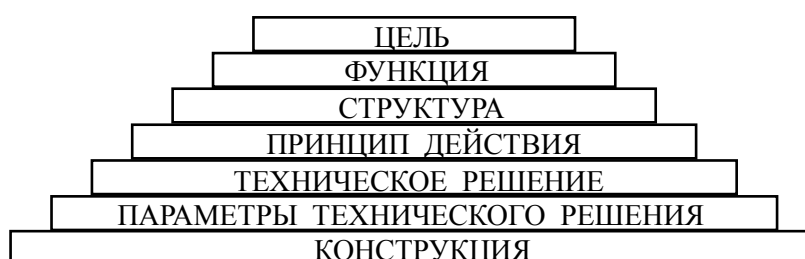


Рисунок 1 – Иерархия технических решений на различных уровнях абстракции

Таблица 1

Таблица результатов выполнения формализованных заданий

Имя подкоманды	Назначение	Вид результата	Представление результата
Command mode	Режим команд		
Modelling	Моделирование	name.lsg, name.msg	Диаграмма работы
Interface PCAD 85	Интерфейс PCAD 85	Table	Двоичный вариант схемы
		Command	Командный файл
Interface ORCAD	Интерфейс ORCAD	Command	Командный файл
Interface PCAD 2001-2006	Интерфейс PCAD 2001-2006	Command PCAD 2001-2006	Командный файл PCAD 2001-2006
Interface CATIA	Интерфейс CATIA	Command CATIA	Проект в CATIA
Interface VRML	Интерфейс VRML	name.wrl	Объемный образ (3D)
Interface X3D	Интерфейс X3D	name.x3d	Объемный образ (3D)
Interface WebGL	Интерфейс WebGL		Объемный образ (3D)
Format FZ COD	Формат ФЗ УИ САПР	FZ: C++, JAVA, PL/1	ФЗ на языках C++, JAVA, PL/1
Format STEP (EXPRESS)	Формат P ИСО 10303	name.stp, name.exp	Описание проекта
Format EDIF	Формат EDIF	name.edf	Описание проекта
Format PRAM 53	Формат ПРАМ 53	On components	По компонентам
		On Nets	По цепям
Format HTML	Формат HTML, XML	name.htm, name.xml	Принципиальная схема

Имя подкоманды	Назначение	Вид результата	Представление результата
Format CADDY	Формат CADDY		Принципиальная схема
Format TSCH	Формат варианта схемы	name.tsh	Таблица варианта схемы
Format ALT	Конструктив (ALT)	PCAD 45	PCAD 45
		PCAD 85	PCAD 85
		PCAD 2001-2006	PCAD 2001-2006

Одна и та же структура вычислительной системы может быть реализована с помощью компонентов с различными принципами действия. Возможно сравнение вариантов из компонентов с различными принципами действия. Обрабатывающая подсистема может быть реализована на одних физических принципах, а коммуникационная – на других. физических принципах действия [1, 2, 3, 5]. На уровне технического решения можно грубо оценить ресурсы: массу и габариты, статическую мощность и энергию переключения, тепловые характеристики, допустимую внешнюю среду и относительную стоимость. Возможные результаты выполнения формализованных заданий с микроэлектронными компонентами представлены в таблице 1 и относятся к различным дисциплинам. Микроэлектронные компоненты работоспособны в малом температурном диапазоне при низком уровне радиации. В противном случае нужно использовать струйные компоненты с большим временем переключения.

Международный стандарт ISO 15926 установил трехуровневую архитектуру моделей (см. рис.2). Внешний (External) уровень моделей представлен в таблице 2, внутренние (Internal) модели соответствуют таблице варианта схемы TSCH. Концептуальный уровень в программно – методическом комплексе представлен формализованным заданием на проектирование (ФЗ-FZ).

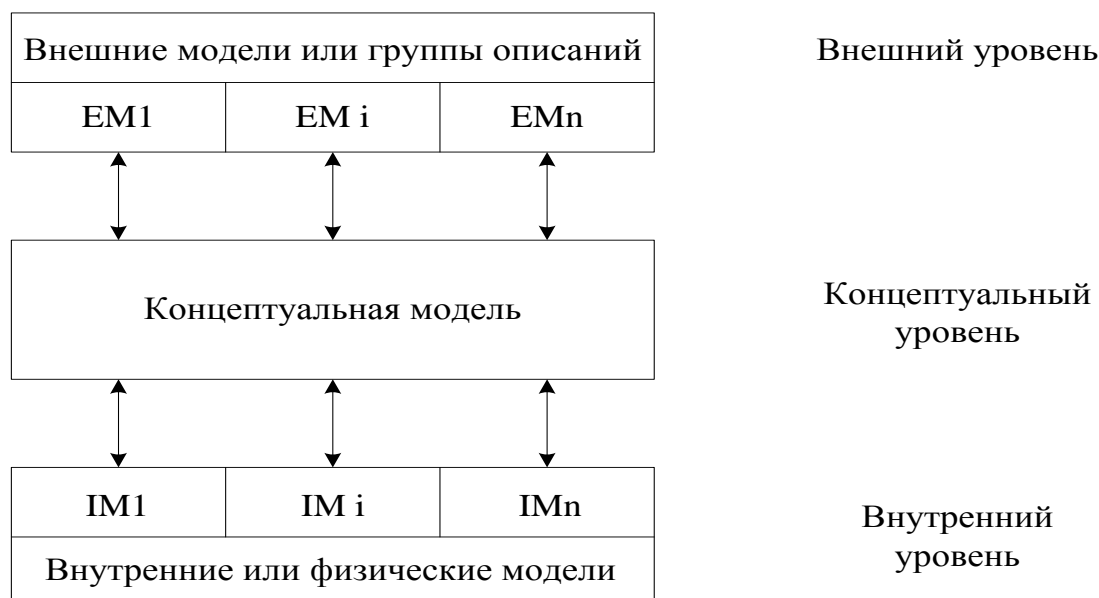


Рисунок 2 – Трехуровневая архитектура моделей по стандарту ISO 15926–2

Описание проектного решения, достаточное для автоматизированного ввода и интерпретации формальной системой, называется формализованным заданием, используемым в САПР. Формализованные задания (FZ) состоят из множества разделов, а разделы (P<sub>i</sub>) из предложений соответствующего языка:

$$FZ = \{P_1, P_2, \dots, P_N\}. \quad (1)$$

Каждый раздел синтаксически и семантически однороден и соответствует определенному отношению. В качестве примера рассмотрим исследовательскую САПР COD, в которой формализованное задание состоит из разделов, представленных в табл. 2. В разделе INPUT описываются отношения между номерами цепей, типом сигнала, тактами начала и конца изменения сигнала. Информацию раздела можно представить в текстовой форме.

Таблица 2

Разделы формализованного задания

Имя раздела	Описание раздела
INIT	Начальная установка
INPUT	Описание внешних воздействий
UNIT	Описание устройства
CTRL	Управление
MOD	Модели новых компонентов

В разделе UNIT описываются отношения между типами и номерами компонентов, номерами цепей, подключенных к выходам и входам, причем описание производится покомпонентно. Информацию раздела также можно представить в текстовой форме.

Функциональные модели компонентов MFComp состоят из разделов PMF:

$$MFComp = \langle PMF1, PMF2, \dots, PMF5 \rangle.$$

Разделы описания функциональных моделей приведены в табл. 3.

Таблица 3

Разделы функциональной модели компонента

Имя раздела	Имя раздела (метка)	Описание раздела
1	FINIT	Проверка допустимости параметров, размещение структур данных и их заполнение
2	FTYP	Контроль типов компонентов и выбор возможных реализаций
3	FS	Восстановление состояний компонентов
4	FOUT	Формирование и контроль выходных сигналов
5	FEND	Освобождение ресурсов

Текстовая форма на языках низкого уровня позволяет описать один вариант конкретного технического решения и эквивалентна табличной форме. Текстовая форма с использованием языка высокого уровня позволяет описывать как конкретные технические решения, так и множество технических решений. Примеры описаний на языках высокого уровня PL/1, C++, JAVA и ADA приведены [3,4, 5], а на языке VHDL в [1].

Однако полная конкретизация компонентов и соединений не позволяет представить множество проектных решений одним описанием. Введение переменных видов компонентов и соединений позволяет объединить множество вариантов проектных решений в одном формализованном задании.

Анализ устройств с изменяемой структурой выполнен в зависимости от неопределенности внешней среды [4]. Структура устройства может изменяться статически (путем смены модулей, выполняющих различные функции) или динамически (в зависимости от условий и ситуаций). Статические изменения структуры устройства или системы можно внести в описание заранее и проанализировать все варианты. Динамическое изменение структуры реализуется аппаратно (с помощью управляемых коммутационных элементов) и программно (в разделе описания соединений). Например, можно описать условное соединение, соответствующее разрыву или замыканию цепей. Условия временные, сочетания значений сигналов или сравнения сигналов можно реализовать с помощью операторов условий и выбора универсальных языков программирования [4]. Примеры формализованных заданий приведены в работах [3,4], на серверах приложений и сервере e.sfu-kras.ru.

Объектами формализованного задания на проектирование могут быть: система на кристалле, схема из аналоговых и цифровых микросхем, локальная сеть вычислительных машин и серверов, кампус университета.

Процесс проектирования и испытаний нового объекта является итерационным. В каждом итерационном цикле выполняются проектные процедуры синтеза, анализа и принятия решения. Результатом синтеза является описание объекта, результатом анализа - оценка характеристик и диаграмма поведения объекта при определенных внешних воздействиях [3, 4, 5, 6].

Для простых объектов анализ поведения проще его описания, однако с увеличением сложности объектов анализ поведения становится очень трудной задачей по сравнению с его описанием. Управление итерационным процессом осуществляется с целью получения описания объекта, характеристики и поведение которого удовлетворяют заданию. Управлять можно описанием объекта, получаемым в результате синтеза, и внешними воздействиями на объект.

Созданы представления объектно-компонентных моделей множества технических решений вычислительных систем на различных уровнях абстракции на языках высокого уровня в различных синтаксических средах и алгоритмы их построения для различных приложений. В исследовании развивается объектно-компонентная методология описания систем для всех приложений. Новое совмещение в одном описании вычислительных систем на различных уровнях абстракции и алгоритмы их преобразования в различных синтаксических средах снижает объем

описаний, позволяет обеспечить концептуальное единство и снизить возможность ошибки среды.

Проектирование производится при неполной информации об объекте и внешней среде. Информация дополняется на каждой итерации проектирования объекта. Анализ различия предполагаемых и фактических результатов и критериев эффективности позволяет формировать правила синтеза объекта. Основное внимание следует уделить системам с прогнозом интервала сигналов или с моделью объекта. С накоплением знаний о сигналах и объектах уменьшается поток входной информации и увеличивается поток прогнозных оценок сигналов.

На схемотехническом уровне определяются энергия переключения и сквозные токи, температурный режим и анализ погрешности. На логическом уровне выполняется синтез и оптимизация вычислительных устройств. Проектирование неоднородной вычислительной системы производится с использованием двух уровней представления: логического и регистровых передач. Вычислительная система, включающая фрагмент сети, представляется на уровнях сервисов, сообщений или пакетов.

### **Список литературы**

1. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования. Учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 360 с.
2. Артамонов Е. И. Структурное проектирование систем. / Е.И.Артамонов // Информационные технологии в проектировании и производстве.2008. №2. С.3–10
3. Борде Б.И. Основы САПР неоднородных вычислительных устройств и систем, Красноярск, изд. КГТУ с грифом Минобразования, 2001г.- 352с.
4. Борде Б.И. Программно - методический комплекс "Основы САПР неоднородных вычислительных устройств и систем " Красноярск, КГТУ, 2008г.- CDROM (рус.,англ.) . Номер гос. регистрации НТЦ ИНФОРМРЕГИСТР 0320702238.
5. Борде Б.И. Многоуровневая структурная оптимизация неоднородных вычислительных систем. Вестник Красноярского государственного университета, Физико-математические науки, вып. 7, 2006, с. 155-161.
6. Борде Б. И. Сетевые сервисы проектирования неоднородных вычислительных систем. / Б. Борде //Труды международной конференции CAD/CAM/PDM – 2012. М.: ИПУ РАН, 2012-с.242-244.

УДК 004.4'2

## **ПРОГРАММНО МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ**

*Б.И. Борде*

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

[bborde@sfu-kras.ru](mailto:bborde@sfu-kras.ru)

С развитием вычислительных систем усложнялись модели и увеличивалось разнообразие компонент. Моделирование и проектирование локальных сетей ЭВМ



привело к появлению новых уровней абстракции, однако компоненты системы могли описываться в формализованном задании на моделирование и проектирование.

Неоднородные вычислительные системы являются сочетанием средств обработки и передачи информации с различными формами представления и носителями. При использовании мобильных компонент статического описания в формализованных заданиях недостаточно. Необходимо описание динамически изменяющейся структуры с учетом размещения мобильных компонент. Структура системы образуется из компонент с устойчивым обменом информации [1,2,4,5].

Процесс проектирования и испытаний нового объекта является итерационным с получением информации и обучением в каждом итерационном цикле. В каждом итерационном цикле выполняются процедуры синтеза, анализа и принятия решения. Процедура анализа решения для известных компонент выполняется автоматически, а синтез и принятие решения выполняются инженером или студентом.

Проектное решение, удовлетворяющее заданию, получается в результате итерационного процесса, включающего процедуры синтеза, анализа и управления. Результатом синтеза является описание объекта, а результатом анализа - оценка характеристик и предсказание поведения объекта при определенных внешних воздействиях.

Для простых объектов предсказание поведения проще его описания, однако с увеличением сложности объектов предсказание поведения становится очень трудной задачей по сравнению с его описанием. Поэтому автоматизация анализа должна опережать автоматизацию синтеза вычислительных систем.

Управление итерационным процессом осуществляется с целью получения описания объекта, характеристики и поведение которого удовлетворяет заданию. Управлять можно описанием объекта, получаемым в результате синтеза, и внешними воздействиями на объект.

Целью создания системы или устройства являются конечные результаты, получаемые после реализации объектов, которые должны выполнять функции в заданных интервалах изменения дестабилизирующих факторов. Формированием технического задания завершается этап внешнего проектирования [1,2,5].

Внутреннее проектирование включает этапы функционального и структурного синтеза. Синтез функциональных схем производится на основе алгоритма работы устройства. Переход к структурному описанию зависит от числа функций, выполняемых компонентами. Использование компонент, отличающихся выполняемыми функциями, приводит к покрытию функциональной схемы структурой операций компонент и синтезу управляющей части.

Переход к алгоритмически универсальному структурному базису [1,2,3,4] позволяет ограничить количество операционных компонент. Синтез структуры может выполняться различными методами. Если проектное решение, реализующее заданные функции, неизвестно, то производится синтез новой структуры. При одном и более известных проектных решениях выбирается наиболее близкая структура, в которую вносятся изменения с целью выполнения требований задания. Анализ полученного проектного решения позволяет оценить его допустимость. Алгоритм проектирования носит итерационный характер, причем отдельные проектные операции выполняются

инженером или автоматически. Как правило, творческие операции синтеза и интерпретации результатов анализа выполняет инженер, а трудоемкие операции анализа осуществляются автоматически при наличии формализованного задания (ФЗ). Для автоматизации последующих этапов проектирования вычислительных устройств и систем результаты структурного синтеза должны быть представлены в виде формализованного задания.

Пространственное размещение структурных компонент и соединений производится на конструкторском этапе проектирования. Модели геометрии компонент хранятся в общей или локальной базе данных. На следующем этапе выполняются проектирование технологии, изготовление и испытание объектов.

Для принятия решения и синтеза объектов в программно методическом комплексе COD СФУ из формализованного описания объектов (ФЗ) формируются временные диаграммы с автоматическим сравнением предполагаемых и фактических сигналов, таблицы параметров и критериев оптимальности, принципиальные схемы и образы объектов для всех вариантов. На конструктивах компонент могут отображаться цифровые сигналы и температура. Для перехода к техническому проектированию ФЗ преобразуется в формат конкретной системы проектирования.

Пользователь САПР COD выбирает требуемый результат проектирования или анализа с помощью подсистем PRJSEL, а не последовательность проектных процедур и операций для достижения цели. Таким образом, снижается нагрузка на пользователя и повышается уровень интеллекта комплекса. Формализуемая часть подсистемы управления проектированием представлена в форме оболочки САПР COD, которая может быть реализована различными средствами. Представлены реализации оболочки для различных операционных систем на базе многофункционального редактора LPEX, входящего в инструментальные средства IBM Visual Age, инструментальных средств Eclipse, входящих в комплекс Web Sphere, и сетевых программ просмотра Mozilla FireFox.

Многовариантный анализ, оценка и выбор требуемого решения возможны при управлении внешними воздействиями, видами компонент и их работоспособностью, наличием и отсутствием соединений. Средства универсального языка высокого уровня позволяют решать подобные задачи на этапах структурного и функционального проектирования.

Созданы специализированные программы для просмотра принципиальных схем и временных диаграмм в окне сетевых программ просмотра. Сетевые сервисы создаются на различных платформах и операционных системах для проверки результатов.

Многоуровневая САПР COD (Conceptual Object Design) служит для синтеза и анализа множества вариантов структур и автоматического преобразования формализованного задания в графические отображения для принятия решения, проектные решения для промышленных САПР. COD состоит из множества подсистем:

**COD = < HSC, COMM, SAT, AAT >**,

где:

**HSC** (Human Control) - подсистема управления проектированием, служит для снижения нагрузки на человека при переходе на второй уровень сложности задач проектирования;

**COMM** - коммуникационная подсистема проектирования. Обеспечивает возможность проектирования объектов в сети Интернет;

**SAT** (Synthesis Automation Tools) - инструментальные средства автоматизированного синтеза объектов;

**AAT** (Analysis Automation Tools) - инструментальные средства автоматического анализа поведения, оценки ресурсов и сравнения объектов.

Подсистема управления проектированием HSC состоит из множества подсистем

**HSC = < SETSEL, PRJSEL, RESSEL, RPRJ>**,

где:

**SETSEL** – подсистема выбора формализованного задания, языков описания проекта, выбора САПР и типа описания для импорта, выбора САПР и типа интерфейса для экспорта, языка сообщений и сервера в сети;

**PRJSEL** – подсистема выбора результатов проектирования;

**RESSEL** – подсистема выбора представления результатов;

**RPRJ** – правила, соответствующие маршрутам проектирования, определяющие выбор последовательности проектных процедур и операций для получения результатов проектирования и анализа. По мере развития комплекса увеличивается доля правил, реализуемая в подсистемах синтеза и анализа.

Пользователь САПР COD выбирает требуемый результат проектирования или анализа, а не последовательность проектных процедур и операций для достижения цели. Таким образом, снижается нагрузка на пользователя и повышается уровень интеллекта комплекса. Формализуемая часть подсистемы управления проектированием представлена в форме оболочки САПР COD, реализации оболочки для различных операционных систем на базе многофункционального редактора IBM Visual Age, инструментального комплекса Eclipse и сетевых программ просмотра (Mozilla).

Подсистема выбора формализованного задания и начальных значений параметров **SETSEL** представляется в виде

**SETSEL=<SETFZ, SETLD, SETLM, SETLIB, SETCADIN, SETSERV, SETLOC>**,

где:

**SETFZ** – множество имен формализованных заданий,

**SETLD** – множество допустимых языков описания,

**SETLM** – множество допустимых языков сообщений,

**SETLIB** – множество допустимых видов библиотек (статические – lib, динамические - dll),

**SETCADIN** – множество допустимых описаний для входных САПР,

**SETSERV** – множество доступных серверов для просмотра материалов или выполнения заданий,

**SETLOC** – имя диска (буква) размещения каталогов системы (COD, CODOS), примеров и библиотек объектов (FA) комплекса.

Подсистема выбора результатов проектирования **PRJSEL** представляется в виде

**PRJSEL=<SETCADOUT, SETINTF>**,

где:

**SETCADOUT** - множество допустимых выходных САПР,

**SETINTF** – множество используемых интерфейсов для выходных САПР.

Подсистема выбора представления результатов проектирования **RESSEL** представляется в виде

**RESSEL=< VIEWTXT VIEWAD, VIEWSCH, VIEWMOD, VIEWNET>**,

где:

**VIEWTXT** – программа просмотра сообщений для одного или множества вариантов,

**VIEWAD** – множество программ просмотра диаграмм цифровых и аналоговых сигналов для многовариантного анализа,

**VIEWSCH, VIEWMOD, VIEWNET** – множество программ отображения схем, модулей и сетевых объектов.

Множество правил проектирования **RPRJ** состоит из подмножеств

**RPRJ=<RNAMEVAR, RMCADIN, RMCADOUT, RFTSCH, RFTAB>**,

где:

**RNAMEVAR** – правила образования вариантов имен результатов проектирования,

**RMCADIN** – правила выбора модулей и функций заполнения таблицы варианта схемы,

**RFTSCH** – правила выбора модулей и функций извлечения данных из таблицы варианта схемы,

**RFTAB** – правила выбора модулей и функций извлечения данных из таблицы информации о компонентах схемы,

**RMCADOUT** – правила выбора модулей и функций заполнения варианта схемы конкретной САПР.

Основой предлагаемого подхода является однократный ввод описаний объектов в виде формализованных заданий для различных уровней анализа и конструкторско-технологического проектирования. Привычные инженеру графические документы в виде схем и сборочных чертежей должны получаться автоматически в результате интерпретации формализованных заданий и решений.

Однако вычислительная система, реализованная в соответствии с полученным описанием, под воздействием дестабилизирующих факторов в виде механических воздействий, циклических изменений температур может отличаться от первоначальной.

Причиной отличий является изменение фактического состояния структуры объекта относительно синтезированного описания. В соответствии с принятым составом формализованного задания отличия могут вызываться изменением состава компонент или выполняемыми ими функциями, а также изменением связей.

Процедуры анализа должны допускать реализацию изменений в описании объекта. Синтез варьируемых описаний объектов в отличие от основных можно назвать дифференциальным. Процедуры дифференциального синтеза позволяют получать описание объекта для многовариантного анализа, вносить изменения для получения нового описания из существующего. Описание отличий удобно использовать в многовариантном анализе вычислительных систем.

Рассмотрим процесс автоматизированного проектирования и сетевые сервисы. В процессе проектирования исходное описание преобразуется в требуемое описание проектного решения. Для конкретизации проектных решений требуется дополнительная информация. Исходным описанием в многоуровневой САПР является формализованное задание. Формализованное задание, использующее возможности языка высокого уровня, представляет описание множества технических решений. В промышленных САПР [2] проектом является одно техническое решение. Поэтому в многоуровневой САПР между верхним уровнем, в котором можно представить множество технических решений, и нижним уровнем, представляющим одно техническое решение, должен быть средний уровень с полной информацией о варианте технического решения и параметрах компонент. На рис. 1 представлена общая многоуровневая структура преобразования формализованного задания в проект промышленной САПР и импорта описаний из различных САПР.

	1. Формализованное задание (ФЗ)	
2. Модели поиска путей и имен ФЗ (CodRead)	Модели компонент (Comp)	Модели управляющих процедур и функций генерации сигналов (Control)
3. Структура данных варианта схемы (TSCH)		
4. Методы чтения библиотеки компонент добавления и записи структуры данных схемы или файла макрокоманд	Методы чтения, записи, поиска в таблице данных варианта схемы (TSCH)	Методы чтения, записи и поиска компонента в таблице соответствия (Table)
5. Методы чтения, добавления и записи структуры данных компонента, его выводов и цепей	Методы чтения, добавления и записи таблиц символов и конструктивов	Методы поиска, чтения и записи информации о контактах компонента и подключенных цепях
Файл проекта конкретной САПР или стандартная структура обмена данными		

Рисунок 1 – Обобщенная структура многоуровневой САПР

Основой автоматического преобразования формализованного задания в описании конкретных САПР являются многофункциональные модели компонент с общим интерфейсом [4]. Наличие моделей компонент с общим интерфейсом позволяет преобразовать формализованные задания в результаты для различных приложений. В зависимости от приложения синтезируются модели компонент и управляющие модули. Модели компонент и управляющих модулей объединяются в статические и динамические библиотеки и выбираются в зависимости от вида приложения. С целью снижения трудоемкости создания моделей компонент и управляющих модулей используются модели различных уровней. Модели верхнего уровня передают параметры моделям среднего уровня, а модели среднего уровня формируют разделы выходного файла с использованием модели нижнего уровня. Модели верхнего уровня не зависят от вида приложения. Вид приложения определяется моделями среднего и нижнего уровней.

В среде виртуальной реальности [2,3,4] могут быть представлены модули, блоки, вычислительные машины и системы, а также технологические процессы их изготовления. Основой представления виртуальной реальности являются описание множества объектов на языке VRML [2,3,4] или X3D и программы преобразования описаний в изображение, называемых программами просмотра VRML или X3D описаний. Формализованное задание может быть описано на любом из универсальных языков программирования PLI, C++, JAVA, ADA. Для преобразования формализованного задания в среде Windows, OS/2 или Linux в меню нужно выбрать язык описания, ввести имя формализованного задания и в меню выполнения (execute) выбрать пункт. Для отображения функциональных схем (пункт меню HTML) создаются два файла, из которых файл HTML содержит только имя задания и имя программы отображения. Информация о компонентах, выводах компонент и соединениях содержится в одноименных файлах типа XML. Количество файлов соответствует максимальному числу вариантов.

Информационное обеспечение подсистемы ААТ автоматического анализа поведения, оценки ресурсов и сравнения объектов представлено в табличной форме. Таблица BRD.dbt служит для представления конструктивов модулей, в таблице PAC.dbt находятся параметры конструктивов компонент, в таблицах UIPCAD.dbm (.dbt) находится основная информация об именах компонент, документах, параметрах, типах и выводах компонент. Информационное обеспечение используется в форме XML файлов.

Для формирования множества результатов используется единственное описание и создается таблица варианта составного объекта. Для специализированных САПР Altium Designer, PCAD формируются файлы схемы и командные файлы, а для комплексных САПР CATIA, REVIT, INFRAWORKS - только командные файлы построения объекта.

### **Список литературы**

1. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования. Учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 360 с.

2. Артамонов Е. И. Структурное проектирование систем. / Е.И.Артамонов // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2008. №2. С.3–10
3. Борде Б.И. Основы САПР неоднородных вычислительных устройств и систем, Красноярск, изд. КГТУ с грифом Минобразования, 2001 г.- 352 с.
4. Борде Б.И. Программно - методический комплекс "Основы САПР неоднородных вычислительных устройств и систем " Красноярск, КГТУ, 2008 г. - CDROM (рус.,англ.) Номер гос. регистрации НТИЦ ИНФОРМРЕГИСТР 0320702238.
5. Борде Б.И. Многоуровневая структурная оптимизация неоднородных вычислительных систем. Вестник Красноярского государственного университета, Физико-математические науки, вып. 7, 2006, с. 155-161.

УДК 519.81

## **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ МАНИПУЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ГОЛОСОВАНИЯ**

*Ю. А. Веселова*

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
Институт проблем управления РАН, Москва  
e-mail: [yul-r@mail.ru](mailto:yul-r@mail.ru)*

*В ситуациях, когда коллективу требуется принять решение на основе множества индивидуальных предпочтений, применяется тот или иной метод агрегирования, в частности, голосование. Одной из главных проблем для любой недиктаторской процедуры выбора является манипулирование - возможность у избирателей добиться более выгодного для себя исхода голосования при помощи искажения своих предпочтений. Один из подходов, используемых для сравнения процедур по степени манипулируемости, – выявление класса сложности задачи манипулирования при том или ином методе агрегирования. В настоящей работе представлен обзор литературы по исследованию классов сложности задач манипулирования при различных предположениях и ограничениях в модели.*

*Ключевые слова: манипулирование, вычислительная сложность, NP-полные задачи*

### **Введение**

Во многих современных системах управления, в функции которых входит согласование работы различных подсистем, встречается задача агрегирования. Ее частные формулировки могут быть разнообразны, а под элементами системы могут подразумеваться как частные лица, организации, так и некоторые модули компьютерной программы. Тем не менее, все ситуации, в которых на основе множества индивидуальных предпочтений требуется построить некоторое коллективное ранжирование или определить выбор из множества альтернатив, могут быть описаны в терминах голосований, а методы решения подобных задач - различные правила коллективного выбора.

На сегодняшний день существует множество процедур, однако у каждого метода есть свои недостатки. В частности, процедура может быть подвержена манипулированию со стороны избирателей, т.е. избиратели, действуя стратегически, могут намеренно исказить свои предпочтения с целью добиться более выгодного для них результата голосования.

Рассмотрим такой пример манипулирования: пусть два избирателя считают наилучшим кандидата  $a$ , еще два избирателя – кандидата  $b$ , и один избиратель – кандидата  $c$ . Применяется процедура относительного большинства, и при таких предпочтениях выигрывают кандидаты  $a$  и  $b$ . Однако для последнего избирателя кандидат  $b$  лучше кандидата  $a$  ( $c$  на первом месте,  $b$  на втором и  $a$  на третьем), и он голосует за кандидата  $b$ , а не за  $c$ , чтобы выиграл только кандидат  $b$ .

Первый теоретический результат, с которого началось изучение манипулируемости правил голосования с помощью математического моделирования, был получен в работах [1] и [2]. Доказанная авторами теорема утверждает, что любая недиктаторская процедура, в которой участвуют хотя бы три кандидата, является манипулируемой. При этом достаточно уже одного исхода, при котором какому-либо избирателю (или коалиции избирателей) было бы выгодно исказить свои предпочтения, чтобы правило коллективного выбора было подвержено манипулированию.

В связи с этим возникает вопрос о степени манипулируемости правил голосования. Один из подходов к решению этой задачи – вероятностный, – рассматривает степень манипулируемости как вероятность возникновения такой ситуации, при которой возможно манипулирование [3], [4]. В работе [5] был поставлен следующий вопрос: пусть многие правила допускают возможность стратегического поведения, но насколько трудоемка эта задача? Предположим, что две процедуры манипулируемы в одинаковом числе случаев. Однако для того, чтобы выбрать стратегию для манипулирования в первой процедуре, нужно составить бюллетень по определенному правилу. А для другой нужно осуществить перебор всех возможных вариантов расстановки кандидатов в бюллетене, потому что абсолютно неизвестно, как тот или иной вариант повлияет на результат голосования. Действительно, мы больше не можем считать эти две процедуры в равной степени манипулируемыми. А на вопрос о трудоемкости задачи может ответить теория вычислительной сложности.

Так, правила голосования, для манипулирования в которых существует полиномиальный алгоритм поиска стратегии, стали считать легко манипулируемыми. А те правила, где поиск манипулирующей стратегии принадлежит классу NP-полных задач – трудно манипулируемыми. Дальнейшее развитие этого направления заключалось в определении класса сложности для правил голосования при различной постановке задачи манипулирования. Перечислим эти постановки задачи.

1. Индивидуальное манипулирование или коалиционное? Индивидуальное манипулирование осуществляется одним агентом, который решает, какое предпочтение следует заявить процедуре, чтобы тем самым изменить исход голосования в лучшую для него сторону. При коалиционном манипулировании аналогично действует группа (коалиция) из нескольких агентов.

2. Конструктивное или деструктивное манипулирование? Здесь следует определить, что является целью манипулирования. При конструктивном



манипулировании цель – это добиться победы любимого кандидата. Деструктивное манипулирование направлено на то, чтобы избежать победы определенного кандидата.

3. Полная или неполная информация? Манипулирование результатом голосования имеет смысл только в том случае, когда избирателю заранее известно хотя бы что-то о предпочтениях других избирателей. И чем большим объемом информации он располагает, тем легче рассчитать то, как следует ему проголосовать. Предположение о наличии полной информации является, конечно, достаточно сильным. Однако если при наличии полной информации манипулирование достаточно сложно, то неполная информация может только усложнить задачу.

4. Одинаковый ли вес имеют голоса избирателей? Хотя равноправие избирателей на выборах является желательным свойством процедуры голосования, на практике довольно часто встречаются ситуации, когда вес голосов избирателей неодинаков, например, если один избиратель представляет на голосовании интересы некоторой группы людей. Другой случай – голосование среди владельцев акций некоторой компании, где вес голоса акционера пропорционален доле принадлежащих ему акций.

5. Ограничено ли множество кандидатов? Основополагающие результаты в области вычислительной сложности манипулирования получены в предположении, что множество кандидатов, как и множество избирателей, может быть неограниченно большим. Однако, как впервые показано в исследовании [6], при индивидуальном манипулировании без весов сложность экспоненциальна только по числу кандидатов и полиномиальна по числу избирателей. Поэтому достаточно ограничить множество кандидатов некоторой константой, чтобы задача поиска стратегии манипулирования решалась за полиномиальное время. Такая предпосылка не лишена и практической значимости. Действительно, в ситуациях, когда избирателям настолько важно, кто будет победителем голосования, что манипулирование имеет смысл, число кандидатов совсем небольшое. Если же множество кандидатов велико, то избирателям сложнее различать между ними, и поэтому нет большого стимула рассчитывать стратегию манипулирования.

В данной работе мы рассмотрим все эти аспекты по основным публикациям с целью определить границы уже исследованной области. Мы не стараемся придерживаться хронологического порядка публикаций, а рассматриваем результаты по мере усложнения модели манипулирования.

## **1 Модель коллективного выбора**

### **1.1 Термины и обозначения**

Пусть  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  - множество избирателей. Каждый избиратель имеет предпочтения на множестве альтернатив  $A$ , имеющем мощность  $m$ . предпочтения избирателя  $i$  представлены в виде линейного порядка  $P_i \in \mathcal{L}$  - бинарного отношения, обладающего свойствами: ацикличности ( $\neg \exists t \geq 1$  такого, что  $a_1 P_i a_2, a_2 P_i a_3, \dots, a_{t-1} P_i a_t, a_t P_i a_1$ ), транзитивности ( $\forall a, b, c \in A, a P_i b, b P_i c \Rightarrow a P_i c$ ), связности ( $\forall a, b \in A$ , либо  $a P_i b$ , либо  $b P_i a$ ). Если  $a P_i b$ , это означает, что альтернатива  $a$  более предпочтительна, чем альтернатива  $b$  для избирателя  $i$ .

Профилем предпочтений назовем вектор  $\vec{P}$ , элементами которого являются предпочтения  $n$  избирателей,  $\vec{P} = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ .  $\Omega$  - множество всех профилей

предпочтений (для  $n$  избирателей и  $m$  альтернатив).  $\vec{P}_i$  - профиль предпочтений всех избирателей, кроме  $i$ -ого, т.е.  $\vec{P}_i = (P_1, \dots, P_{i-1}, P_{i+1}, \dots, P_n)$ .

Коалиция избирателей –  $I \subseteq N$ . Профиль предпочтений членов коалиции обозначим через  $\vec{P}_I$ , а профиль предпочтений всех избирателей, кроме входящих в коалицию – через  $\vec{P}_{-I}$ . Профиль предпочтений всех избирателей из  $N$  можно также записать как  $\vec{P} = (\vec{P}_{-I}, \vec{P}_I)$ .

Обозначим через  $C_F(\vec{P}) \subseteq A$  выбор из множества альтернатив, осуществляемый по некоторому правилу голосования  $F$ , при данном профиле предпочтений  $\vec{P}$ .  $r_i(a, P_i) = |\{b \in A : aP_i b\}|$  - ранг альтернативы  $a$  в предпочтениях  $P_i$ ,  $V(a, b; \vec{P}) = \{i \in N \mid aP_i b\}$  – множество всех избирателей, для которых  $a$  предпочтительнее  $b$ .  $v_j(a, \vec{P})$  – вектор,  $j$ -ый элемент которого,  $v_j(a, \vec{P})$ , равен количеству избирателей, в предпочтениях которых альтернатива  $a$  имеет ранг  $j-1$ .

## 1.2 Правила коллективного выбора

1. *Правило относительного большинства.* Выбор по данному правилу определяется как множество альтернатив, являющихся наилучшими для наибольшего числа избирателей, т.е.

$$a \in C_{pl}(\vec{P}) \Leftrightarrow [\forall x \in A \quad n^+(a, \vec{P}) \geq n^+(x, \vec{P})],$$

где  $n^+(a, \vec{P}) = |\{i \in N \mid \forall y \in A \quad aP_i y\}|$ .

2. *Правило Борда* [7]. По данному правилу для каждой альтернативы  $a$  вычисляется ранг Борда – по всем избирателям суммируется количество альтернатив, которые хуже  $a$ .

$$r_i(a, \vec{P}) = |\{b \in A : aP_i b\}|,$$

- число альтернатив в предпочтении  $P_i \in \vec{P}$ , худших, чем  $x$ .

$$r(a, \vec{P}) = \sum_{i=1}^n r_i(a, \vec{P}),$$

- ранг Борда для альтернативы  $a$ . Альтернатива, имеющая максимальный ранг – входит в выбор.

$$a \in C_B(\vec{P}) \Leftrightarrow [\forall b \in A, \quad r(a, \vec{P}) \geq r(b, \vec{P})].$$

3. *Максиминная процедура.* Для каждой альтернативы  $a$  вычисляется минимальное количество избирателей, которые предпочитают эту альтернативу некоторой другой

$$\min_{b \in A} |V(b, a; \vec{P})|,$$

а затем выбирается альтернатива, для которой это значение максимально

$$c \in C_{\max \min}(\vec{P}) \Leftrightarrow c \in \arg \max_{a \in A} \min_{b \in A} |V(b, a; \vec{P})|.$$

4. *Правило Коупленда.* Выбирается альтернатива, для которой количество побед минус количество поражений в попарных сравнениях наибольшее, т.е.

$$CS(a, \bar{P}) = |\{b \in A \mid V(a, b; \bar{P}) > V(b, a; \bar{P})\}| - |\{b \in A \mid V(b, a; \bar{P}) > V(a, b; \bar{P})\}|$$

$$c \in C_{Copland1}(\bar{P}) \Leftrightarrow c \in \arg \max_{a \in A} CS(a, \bar{P}).$$

5. *Правило Коупленда второго порядка.* Сначала применяется правило Коупленда, а затем, в случае неоднозначности выбора, выбирается альтернатива  $a$ , для которой сумма очков  $CS(b, \bar{P})$  по всем альтернативам  $b$ , которых  $a$  доминирует по мажоритарному отношению. Т.е.

$$c \in C_{Copland2}(\bar{P}) \Leftrightarrow c \in \arg \max_{a \in A} CS(a, \bar{P}) \& c \in \arg \max_{a \in A} \sum_{b, aP_M b} CS(b, \bar{P}).$$

6. *Правило Доджсона* [8]. Выбирает победителя Кондорсе, если он существует. Если победителя Кондорсе нет, то для каждой альтернативы проверяется, сколько раз нужно произвести замену местами двух соседних альтернатив в предпочтениях избирателей, чтобы она стала победителем Кондорсе. После этого выбирается альтернатива, для которой нужно произвести минимальное количество таких замен.

7. *Правило Кемени* [9]. Введем сначала функцию расстояния по Кемени между линейными порядками  $P_1$  и  $P_2$ . Пусть  $\{d_{ij}^{(k)}\}$  - матрица бинарного отношения  $P_k$ : если  $aP_k b$ , то элемент этой матрицы  $d_{ab}^{(k)} = 1$ ,  $d_{ba}^{(k)} = -1$ . Расстояние между двумя предпочтениями вычисляется как сумма модулей разности элементов матриц

$$d(P_1, P_2) = \sum_{a \in A} \sum_{b \in A} |d_{ab}^{(1)} - d_{ab}^{(2)}|.$$

Результат правила Кемени – линейный порядок, для которого сумма расстояний до предпочтений всех избирателей минимальна, т.е.

$$P_K = \arg \min_{P \in \mathcal{P}} \sum_{i \in N} d(P, P_i).$$

Победитель – кандидат, занимающий первое место в найденном упорядочении.

8. *Процедура Болдуина* (обратная процедура Борда). Для каждой альтернативы подсчитывается ранг Борда  $r(a, \bar{P})$ , затем из всех предпочтений удаляется альтернатива, имеющая наименьший ранг Борда. Процедура исключения альтернатив продолжается до тех пор, пока не останутся неисключаемые альтернативы, которые и являются множеством выбора в процедуре Болдуина.

9. *Правило Нансона.* Аналогично процедуре Болдуина рассчитываются значения ранга Борда для каждой альтернативы, но на каждом шаге из профиля удаляются все альтернативы, имеющие ранг Борда ниже среднего ранга,

$$\bar{r} = \frac{1}{m} \sum_{a \in A} r(a, \bar{P}),$$

и процедура повторяется до тех пор, пока не останутся неисключаемые альтернативы.

10. *Турнир с выбыванием* (правило последовательных попарных сравнений). Правило определяется с помощью бинарного дерева и распределения кандидатов по конечным вершинам. В каждой неконечной вершине дерева ставится кандидат, ставший победителем в паре ее дочерних вершин.

## 2 Типы задач манипулирования

### 2.1 Индивидуальное манипулирование

Впервые вопрос о вычислительной сложности задачи манипулирования результатом голосования был поставлен в работе [5]. В ней исследуется самая простая формулировка задачи голосования: манипулирование индивидуальное, конструктивное, без учета весов избирателей и с предположением о наличии полной информации обо всех предпочтениях остальных избирателей. Дадим формальное определение соответствующей вычислительной задачи.

*Задача индивидуального манипулирования (ИМ).* Даны предпочтения всех избирателей, кроме манипулирующего,  $\vec{P}_{-i}$ . Дано правило голосования  $F$  и кандидат  $c$ . Требуется найти такое предпочтение  $\vec{P}_i$  для избирателя  $i$ , при котором  $c = C_F(P_i, \vec{P}_{-i})$  или доказать, что его нет.

В работе [5] показано, что для некоторых правил коллективного выбора (правило простого большинства, правило Борда, максиминная процедура и правило Коупленда) задача ИМ может быть решена с помощью простого жадного алгоритма, имеющего полиномиальную сложность. В то же время, даже при такой простой постановке задачи правило передачи голосов и правило Коупленда второго порядка трудно манипулируемы (задача ИМ для них является NP-полной). В [10] была доказана NP-полнота манипулирования результатом правил Болдуина и Нансона.

Для теории вычислительной сложности необычно то, что высокая сложность является положительным свойством. Однако по-прежнему желательно, чтобы результат правила голосования вычислялся легко, а манипулирование было достаточно сложным. Правила, для которых само определение победителя является сложной задачей, заведомо трудно манипулируемы. Такие правила были найдены в работе [11]: это правило Доджсона и правило Кемени. Оказалось, что задача определения победителя по этим правилам является NP-трудной, а потому неудобной в использовании. С точки зрения практического применения наиболее важными являются результаты, когда манипулирование представляет собой вычислительно сложную задачу, но результат правила вычислим за полиномиальное время.

### 2.2 Коалиционное манипулирование

При коалиционном манипулировании группа (коалиция) из  $k$  агентов решает, какой профиль предпочтений  $\vec{P}_I$  предъявить процедуре, чтобы получить выигрыш своего любимого кандидата. При этом предпочтения членов коалиции совсем не обязательно будут одинаковыми.

*Задача коалиционного манипулирования (КМ).* Даны предпочтения всех избирателей, кроме манипулирующей коалиции,  $\vec{P}_{-I}$ . Дано правило голосования  $F$  и кандидат  $c$ . Требуется найти такой профиль предпочтений  $\vec{P}_I$  для манипулирующей коалиции  $I$ , при котором  $c = C_F(\vec{P}_I, \vec{P}_{-I})$  или доказать, что его нет.

Все результаты о NP-полноте ИМ находят здесь применение, так как если индивидуальное манипулирование является NP-полным, то при переходе к коалиционной модели NP-полнота сохраняется. Примером может служить правило передачи голосов.

Сложность индивидуального и коалиционного манипулирования

	ИМ	КМ
Правило простого большинства	P [5]	P [6]
Турнир с выбыванием	P [6]	P [6]
Правило Борда	P [5]	NP-т [12]
Правило Коупленда	P [5]	P [14]
Правило Коупленда второго порядка	NP-п [5]	NP-п [5]
Правило Нансона	NP-п [10]	NP-п [10]
Правило Болдуина	NP-п [10]	NP-п [10]
Максиминная процедура	P [5]	NP-п [15]

Коалиционное манипулирование для правила Борда при отсутствии весов было исследовано в работах [12] и [13]. Несмотря на то, что правило Борда легко манипулируемо одним избирателем, оказалось, что двух избирателей в манипулирующей коалиции достаточно, чтобы задача поиска стратегии манипулирования коалицией стала NP-полной.

### 2.3 Коалиционное манипулирование с неодинаковым весом голосов

Теперь, в добавление к коалиционной манипулируемости, мы также вводим возможность назначения весов голосам избирателей. Пусть  $w = (w_1, \dots, w_n)$  - вектор,  $i$ -ый элемент которого означает вес голоса избирателя  $i$ .  $w_i$  обычно предполагают рациональным числом, т.е.  $w_i = \tilde{n}_i / \tilde{n}$ , где  $\tilde{n}$  - общий знаменатель  $w_1, \dots, w_n$ . Таким образом, избиратель с весом голоса  $w_i$  может представлять коалицию из  $\tilde{n}_i$  невидимых избирателей, имеющих одинаковые предпочтения  $P_i$ , а  $\tilde{n}$  - общее количество невидимых избирателей. Такая интерпретация удобна тем, что позволяет для анонимных правил коллективного выбора определить результат на профиле предпочтений, где заведомо отсутствует анонимность (равноправность избирателей). Взвешенный профиль предпочтений  $\vec{P}^w$ , можно записать в виде обыкновенного профиля

$$\vec{P}^w = (\tilde{n}_1 P_1, \dots, \tilde{n}_n P_n) = (\underbrace{P_1, \dots, P_1}_{\tilde{n}_1}, \dots, \underbrace{P_n, \dots, P_n}_{\tilde{n}_n}).$$

*Задача коалиционного манипулирования при взвешенном голосовании (КМВ).* Даны предпочтения всех избирателей, кроме манипулирующей коалиции,  $\vec{P}_{-I}$  и вектор весов всех избирателей  $w = (w_I, w_{-I})$ . Дано правило голосования  $F$  и кандидат  $c$ . Требуется найти такой профиль предпочтений  $\vec{P}_I$  для манипулирующей коалиции  $I$ , при котором  $c = C_F(\vec{P}_I^{w_I}, \vec{P}_{-I}^{w_{-I}})$  или доказать, что его нет.

Таблица 2

Вычислительная сложность конструктивного коалиционного манипулирования в голосовании с назначением весов

Коалиционное манипулирование	Конструктивное			
	2	3	4	$\geq 7$
Правило простого большинства	P	P [6]	P [6]	P [6]
Турнир с выбыванием	P	P [6]	P [6]	P [6]
Правило Борда	P	NP-п [6]	NP-п [6]	NP-п [6]
Правило Коупленда	P	P [6]	NP-п [6]	NP-п [6]
Правило Нансона	P	P [10]	NP-п [10]	NP-п [10]
Правило Болдуина	P	NP-п [16]	NP-п [16]	NP-п [16]
Максиминное правило	P	P [6]	NP-п [6]	NP-п [6]

Усложняя задачу таким образом, мы будем иметь сохранение результатов о NP-полноте. Более того, оказывается, что для подавляющего большинства рассматриваемых правил в такой формулировке манипулирование будет NP-полным. Поэтому вводится дополнительное предположение, на этот раз упрощающее манипулирование. Как впервые показано в исследовании [6], при индивидуальном невзвешенном манипулировании сложность экспоненциальна только по числу кандидатов и полиномиальна по числу избирателей. Поэтому достаточно ограничить множество кандидатов некоторой константой, чтобы задача поиска стратегии манипулирования решалась за полиномиальное время.

#### 2.4 Деструктивное манипулирование

При всех предыдущих постановках задачи целью манипулирования являлось достижение победы любимого кандидата. Такое манипулирование называют конструктивным. В противоположность ему, деструктивное манипулирование направлено на то, чтобы избежать победы определенного кандидата. Оно всегда проще конструктивного, а значит, правила голосования в большей степени подвержены стратегическому поведению такого типа со стороны избирателей [6]. Действительно, для того, чтобы решить проблему конструктивного манипулирования, нужно сделать так, чтобы по возможности ни один из кандидатов, кроме  $c$ , не был выбран. То есть необходимо решить  $m-1$  задачу деструктивного манипулирования.

**Задача деструктивного индивидуального/коалиционного манипулирования (ДИМ/ДКМ).** Даны предпочтения всех избирателей, кроме манипулирующей коалиции,  $\vec{P}_{-I}$ . Дано правило голосования  $F$  и кандидат  $d$ . Требуется найти такой профиль предпочтений  $\vec{P}_I$  для избирателей коалиции  $I$ , при котором  $d \notin C_F(\vec{P})$  или доказать, что его нет.

Таблица 3

Вычислительная сложность коалиционного деструктивного манипулирования в голосовании с назначением весов

Коалиционное манипулирование	Деструктивное			
	2	3	4	$\geq 7$
Правило простого большинства	P	P [6]	P [6]	P [6]

Турнир с выбыванием	P	P [6]	P [6]	P [6]
Правило Борда	P	P [6]	P [6]	P [6]
Правило Коупленда	P	P [6]	P [6]	P [6]
Правило Нансона	P	P [10]	NP-п [10]	NP-п [10]
Правило Болдуина	P	NP-п [10]	NP-п [10]	NP-п [10]
Максиминное правило	P	P [6]	P [6]	P [6]

## 2.5 Манипулирование при неполной информации

Наконец, последняя рассмотренная нами постановка задачи: манипулирование при неполной информации. Манипулирование результатом голосования имеет смысл только в том случае, когда избирателю заранее известно хотя бы что-то о предпочтениях других избирателей. И чем большим объемом информации он располагает, тем легче рассчитать то, как следует ему проголосовать. Однако даже при простых распределениях вероятностей на множестве предпочтений для каждого кандидата задача манипулирования при неполной информации по крайней мере так же трудна, как и задача КМВ [6].

### Заключение

В данной работе представлен обзор работ, исследующих алгоритмы построения предпочтений для манипулирующих избирателей. Мы рассмотрели принадлежность различных задач манипулирования классам сложности. Однако вычислительная сложность алгоритма в смысле  $O$ -большого и класс сложности задачи совсем не обязательно отражают трудоемкость манипулирования, они оценивают вычислительную сложность в наихудшем случае. Для того, чтобы понять, насколько быстро алгоритм работает в среднем, необходимо рассматривать математическое ожидание времени его работы для случайного набора данных [17]. Другой подход – экспериментальный – дает оценку среднего времени работы алгоритма путем проведения вычислительных экспериментов на множестве профилей предпочтений, сгенерированных случайным образом [18]. При этом алгоритм манипулирования может не быть точным и не давать ответ в некотором малом проценте случаев, но зато в большинстве случаев будет вычислять стратегию манипулирования за короткое время.

Таким образом, временная вычислительная сложность и, тем более, класс сложности дают лишь приближенное представление о трудоемкости решения задачи, и то на данных больших размеров, когда, например, экспоненциальный рост начинает играть важную роль. Поэтому рассмотрение задачи манипулирования в разных формулировках позволяет получить более целостную картину и понять, что необходимо для затруднения поиска стратегии манипулирования.

### Список литературы

1. Gibbard A. Manipulation of voting schemes: a general result //Econometrica: journal of the Econometric Society. – 1973. – С. 587-601.
2. Satterthwaite M. A. Strategy-proofness and Arrow's conditions: Existence and correspondence theorems for voting procedures and social welfare functions //Journal of economic theory. – 1975. – Т. 10. – №. 2. – С. 187-217.

3. Алескеров Ф. Т. и др. Оценка степени манипулируемости известных схем агрегирования в условиях множественного выбора //Журнал новой экономической ассоциации. – 2009. – №. 1-2. – С. 37-61.
4. Aleskerov F. et al. On the degree of manipulability of multi-valued social choice rules //Schriftenreihe des Münchner Instituts für integrierte Studien eV. – 1981. – С. 205.
5. Bartholdi III J. J., Tovey C. A., Trick M. A. The computational difficulty of manipulating an election //Social Choice and Welfare. – 1989. – Т. 6. – №. 3. – С. 227-241.
6. Conitzer V., Sandholm T., Lang J. When are elections with few candidates hard to manipulate? //Journal of the ACM (JACM). – 2007. – Т. 54. – №. 3. – С. 14.
7. Borda J.C. Memoire sur les elections au scrutiny. Histoire de l'Académie Royale des Sciences pour 1781. Paris. – 1784.
8. Dodgson C. A method of taking votes on more than two issues. Pamphlet printed by the Clarendon Press. – 1876.
9. Kemeny J. G. Mathematics without numbers //Daedalus. – 1959. – Т. 88. – №. 4. – С. 577-591.
10. Narodytska N., Walsh T., Xia L. Manipulation of Nanson's and Baldwin's Rules //AAAI. – 2011.
11. Bartholdi III J., Tovey C. A., Trick M. A. Voting schemes for which it can be difficult to tell who won the election //Social Choice and welfare. – 1989. – Т. 6. – №. 2. – С. 157-165.
12. Davies J. et al. Complexity of and Algorithms for Borda Manipulation //AAAI. – 2011. – Т. 11. – С. 657-662.
13. Betzler N., Niedermeier R., Woeginger G. J. Unweighted Coalitional Manipulation under the Borda Rule Is NP-Hard //IJCAI. – 2011. – Т. 11. – С. 55-60.
14. Faliszewski P., Hemaspaandra E., Schnoor H. Copeland voting: Ties matter //Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems-Volume 2. – International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2008. – С. 983-990.
15. Xia L. et al. Complexity of Unweighted Coalitional Manipulation under Some Common Voting Rules //IJCAI. – 2009. – Т. 9. – С. 348-352.
16. Coleman T., Teague V. On the complexity of manipulating elections //Proceedings of the thirteenth Australasian symposium on Theory of computing-Volume 65. – Australian Computer Society, Inc., 2007. – С. 25-33.
17. Procaccia A. D., Rosenschein J. S. Junta distributions and the average-case complexity of manipulating elections //Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems. – ACM, 2006. – С. 497-504.
18. Walsh T. Where Are the Really Hard Manipulation Problems? The Phase Transition in Manipulating the Veto Rule //IJCAI. – 2009. – С. 324-329.

### **Благодарность**

Автор выражает благодарность Ф.Т. Алескерову, В.И. Вольскому и У. Эндриссу за обсуждения и ценные комментарии. Работа выполнена в рамках проекта МЛАНР «Теоретическое и численное исследование современных математических моделей в социально-экономической, политической и финансовой сферах» Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2014 году.



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ОБЛАЧНЫЙ СЕРВИС МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.В.Волков<sup>(1)</sup>, А.В.Бурлаков<sup>(2)</sup>, А.М.Епихин<sup>(2)</sup>

<sup>(2)</sup>СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН, <sup>(2)</sup>ООО «СМАРТ СИТИ», Красноярск

e-mail: [vdv@kis.krasnoyarsk](mailto:vdv@kis.krasnoyarsk), [burlakov\\_a\\_v@mail.ru](mailto:burlakov_a_v@mail.ru), [AndrewE@dmdevelopment.ru](mailto:AndrewE@dmdevelopment.ru)

*В статье рассматривается новый подход к построению автоматизированных систем для мониторинга и управления распределенными удаленными объектами различного назначения на основе специализированного облачного сервиса. Рассмотрены принципы построения, архитектура и функции системы. Предложена методология быстрого создания, ввода в эксплуатацию и эффективного сопровождения прикладных систем на основе специализированного портала поддержки жизненного цикла прикладных решений. Приведены примеры прикладных систем на основе облачного сервиса, информация о текущем состоянии проекта и перспективах его развития.*

### 1. Актуальность

В настоящее время разработано и используется множество прикладных информационных систем, решающих задачи мониторинга и управления для распределенных удаленных информационных объектов. Такие системы, как правило, проектируются как заказные, сложны и дороги в эксплуатации. Для обеспечения их работы необходимо приобрести, развернуть и поддерживать дорогостоящее оборудование, содержать штат квалифицированных специалистов.

Вместе с тем аналитики выражают уверенность, что наступает эра «интернета вещей». Так специалисты Gartner прогнозируют к 2020 году появление полностью оснащенных «умных домов», и в каждом здании будут находиться более 500 объединенных в сеть приборов, работающих по принципу беспроводной связи [1]. Рынок «интернета вещей» огромен и привлекателен [2].

Курс на массовое применение взаимодействующих через Интернет автоматических или автоматизированных устройств с элементами интеллекта – общемировой тренд. Замена ручных технологий автоматическим или автоматизированными устройствами даст новый импульс массовому применению автоматизированных систем для решения самых разнообразных задач.

Эти тенденции формируют потребность в реализации новой парадигмы создания информационных систем, характеризующихся низким уровнем затрат на разработку и эксплуатацию, простотой использования, богатыми возможностями настройки и развитыми интеллектуальными сервисами эксплуатации. Для решения этой задачи необходимо иметь возможность просто, быстро, с минимальными затратами развернуть для распределенных в пространстве объектов и субъектов (пользователей и специалистов участвующих в эксплуатации объектов)

интеллектуальную Систему, позволяющую обеспечить информационную поддержку всех участников процессов взаимодействия с объектом. Наиболее эффективно это можно решить на основе специализированного интеллектуального облачного сервиса поддержки мониторинга и управления для сложных объектов. Обобщенная схема предлагаемой Системы представлена на рис. 1.

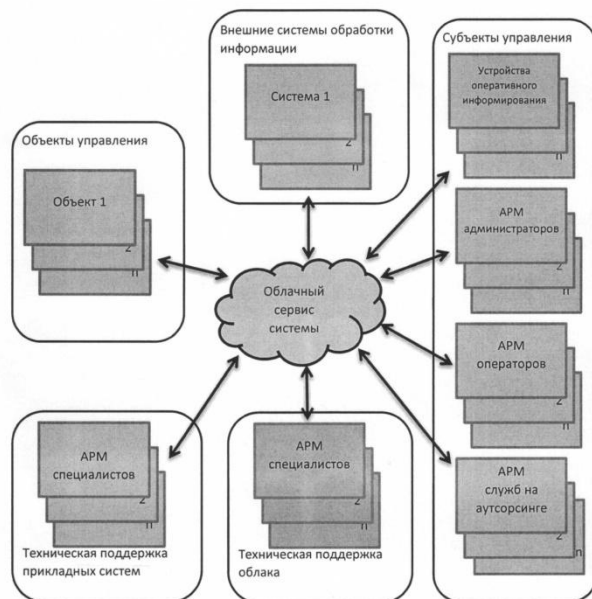


Рисунок 1 – Обобщенная схема взаимодействия компонент системы на основе облачного сервиса

Компоненты Системы: объекты управления (ОУ), облачный сервис, служба технической поддержки облачного сервиса, служба сопровождения прикладных систем (отраслевых решений), субъекты управления – администратор Системы, оператор управления – сотрудник, имеющий автоматизированное рабочее место (АРМ) доступа к Системе, организации, выполняющие часть функций обслуживания объектов на аутсорсинге по соглашению с владельцем.

Обобщенная блок-схема работы системы управления работающей на стороне объекта управления ПАК управления удаленным объектом представлена на рис.2.

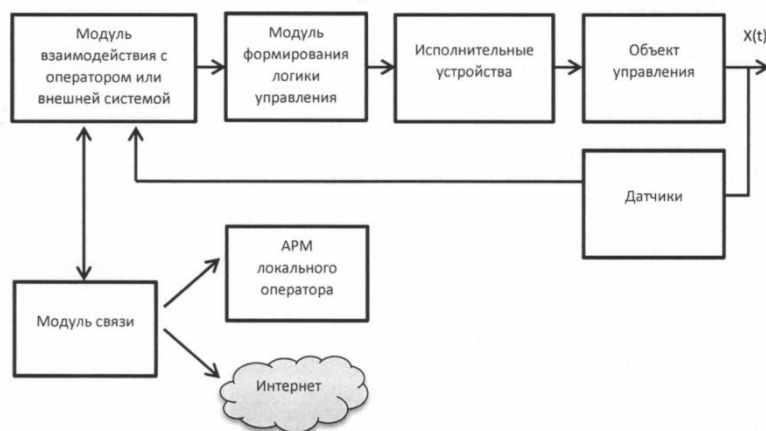


Рисунок 2 – Блок-схема контура управления на стороне объекта управления

## **2. Характеристика объектов автоматизации**

Определим объект, как квазистационарную организационно-техническую систему, состояние которой в каждый момент времени характеризуется набором значений параметров (вектором состояния). Термин организационно-техническая означает, что обязательным элементом системы, обеспечивающим ее функционирование, является человек – оператор. Термин квазистационарная означает, что объект может быть как недвижимым в пространстве, так и подвижным, но существенно, что параметры траектории его движения не являются целями управления.

Объект, для которого необходимо решить задачу контроля параметров в процессе функционирования, определим, как объект мониторинга. Объект, для которого необходимо решить задачу управления параметрами в процессе функционирования, определим, как объект управления. Объект, для которого необходимо одновременно решить задачи контроля параметров и управления параметрами в процессе функционирования, определим, как объект мониторинга и управления. Текущее состояние объекта описывается вектором состояния, а его изменение во времени описывается траекторией в пространстве состояний.

Объект и его подсистемы характеризуются ассоциированными с ними наборами параметров. Каждый параметр принимает значения из множества возможных для заданного параметра значений. Часть параметров может определяться как уставки (целевые состояния). Для целей построения алгоритмов управления можно программировать логические высказывания, используя параметры в качестве переменных. Момент принятия высказыванием значения «истина» или «ложь» определим, как момент наступления события, ассоциированного с этим высказыванием.

Параметры объекта, которые измеряются с помощью датчиков, определим как наблюдаемые. Элемент объекта, который может изменять свое состояние под воздействием управляющей команды, определим, как исполнительный механизм. Возможны различные типы исполнительных механизмов.

Стационарные объекты имеют измеряемые и/или управляемые параметры, микропроцессорную систему, позволяющую управлять датчиками/или исполнительным оборудованием. Могут работать в автономном, автоматическом или полуавтоматическом (с локальным оператором) режимах. При наличии онлайн соединения могут взаимодействовать с внешней диспетчерской (центром управления) или другими внешними системами обработки информации. Существует возможность периодически или на постоянной основе организовать канал связи удаленного объекта или субъекта с облачным сервисом через интернет.

## **3. Облачные сервисы мониторинга и управления**

Облачный сервис предназначен для организации взаимодействия объектов, субъектов, внешних систем и вспомогательных служб в процессе решения задач автоматизированного удаленного мониторинга и управления объектами.

В облачной среде размещается специализированное программное обеспечение, которое позволяет решать следующие задачи:

1. Организовать каналы передачи данных для взаимодействия с объектами управления, субъектами управления и внешними системами.
2. Настроить (сконфигурировать) Систему.
3. Принимать, хранить и обрабатывать данные, поступающие от объектов управления и внешних систем в соответствии с заданной логикой обработки.
4. Предоставлять субъектам управления сервисы по организации удаленного мониторинга и управления объектами посредством специализированных АРМ.
5. Предоставлять субъектам управления и сотрудникам Службы сопровождения сервисы по взаимодействию (контрактинг, биллинг, техподдержка и проч.).

Для решения указанных задач специализированное облачное ПО предоставляет зарегистрированным субъектам управления функциональные сервисы через специализированное ПО поддержки клиентского рабочего места – консоль администрирования.

Консоль администрирования позволяет выполнить следующие функции:

1. Зарегистрировать/редактировать параметры нового ОУ.
2. Настроить (конфигурировать) систему управления ОУ (задать параметры, логику функционирования, условия применения, правила распознавания и обработки нештатных ситуаций и др.).
3. Зарегистрировать пользователей и настроить (сконфигурировать) рабочие среды пользователей.
4. Настроить среду и правила взаимодействия объекта и субъекта.
5. Зарегистрировать специалистов Служб сопровождения и правила их взаимодействия с Системой.

АРМ пользователя позволяет выполнить следующие группы функций:

1. Вносить разрешенные изменения в конфигурацию Систему (настройки пользователя):
  - задать/изменить закон управления,
  - задать/изменить правила взаимодействия объекта и субъекта,
  - ввести в рабочую среду пользователя с ограниченными правами, задать/изменить его функциональные возможности (только смотреть, смотреть и реагировать, устанавливать правила реагирования и проч.).
2. Осуществлять визуальный, звуковой контроль на виртуальных мониторах.
3. Распознавать штатные или нештатные ситуации, требующие вмешательства, и формировать соответствующие им команды управления.
4. Формировать отчеты о процессах мониторинга и управления.
5. Осуществлять взаимодействие со Службами сопровождения облачного сервиса и прикладного решения (зарегистрировать инцидент, сформировать запрос на его обработку, решить вопросы по договору и оплате и проч.).

Предполагается следующий порядок работы в Системе:

- Регистрация пользователя в сервисе (заведение аккаунта).
- Установка настройка ПАК на объекте.
- Подключение (настройка каналов обмена данными).
- Конфигурирование системы управления.

- Штатная эксплуатация системы управления пользователем (группой пользователей).
- Периодическое взаимодействие пользователя со Службой сопровождения по вопросам техподдержки, контрактинга, оплаты и проч.

#### 4. Архитектура программно-аппаратного комплекса на стороне объекта управления

На стороне удаленного объекта используется программно-аппаратный комплекс, который позволяет осуществлять съем информации о параметрах состояния объекта или формировать управляющие воздействия на исполнительное оборудование.

Блок–схема программно-аппаратного модуля представлена на рис.3. На схеме представлен пример развертывания ПАК для учета и диспетчирования инженерных подсистем объекта недвижимости. Аналогичные решения можно применять для производственных и других сфер.

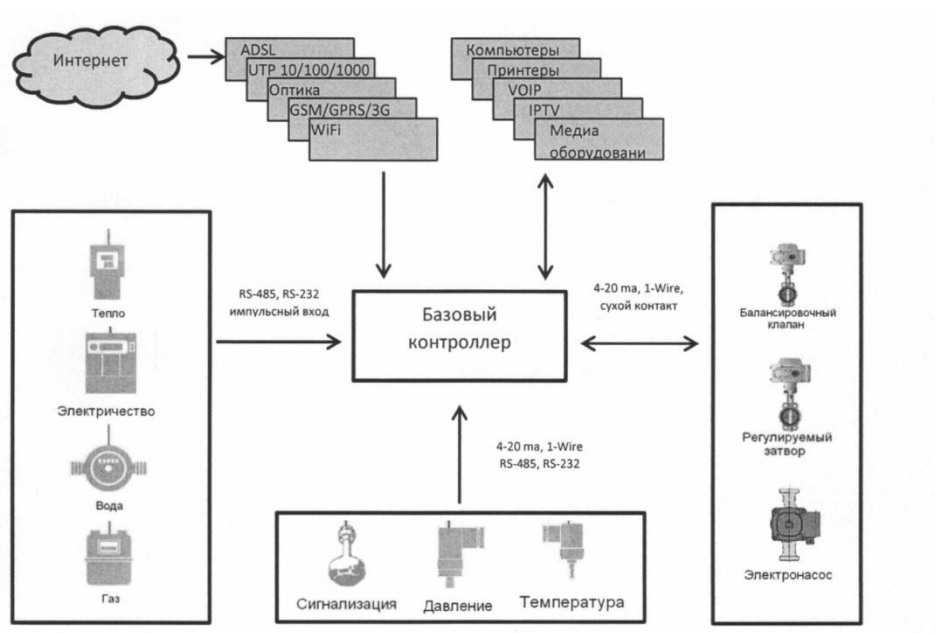


Рисунок 3 – Блок–схема программно-аппаратного комплекса (пример)

Система мониторинга/управления строится на основе базового вычислительного модуля контроллера. Блок процессора: ARM Cortex-A8 800MHz, FPU, VPU, 3D&2D graphics processors, DDR2, SATA, SD, Ethernet, LCD, 2 x LVDS, 2 x HS USB, RS232, I2C, SPI); ОЗУ 256M DDR2, диск 256M NAND flash (LZO компрессия ФС); USD holder; Ethernet 100/10M; I/O: SATA, USB, Ethernet, LCD, LVDS, CSI, SD, Audio, CAN, UART, SPI, I2C, External bus.

Интерфейсы контроллера приведены на рис. 4.

Контроллеры поддерживают следующие интерфейсы:

- USB;
- 1Wire;
- RS-232;

- 6 цифровых выходов типа сухой контакт (нормально открытый/нормально закрытый) 15 А, 250В с датчиком тока на основе эффекта Холла;
- 8 цифровых/аналоговых входов типа сухой контакт 24В или аналоговый вход 4-20 (0-20) мА (задается программно);
- подключение монитора или сенсорного экрана по одному из: HDMI/DVI/VGA интерфейсу (сенсорный HDMI экран 8").

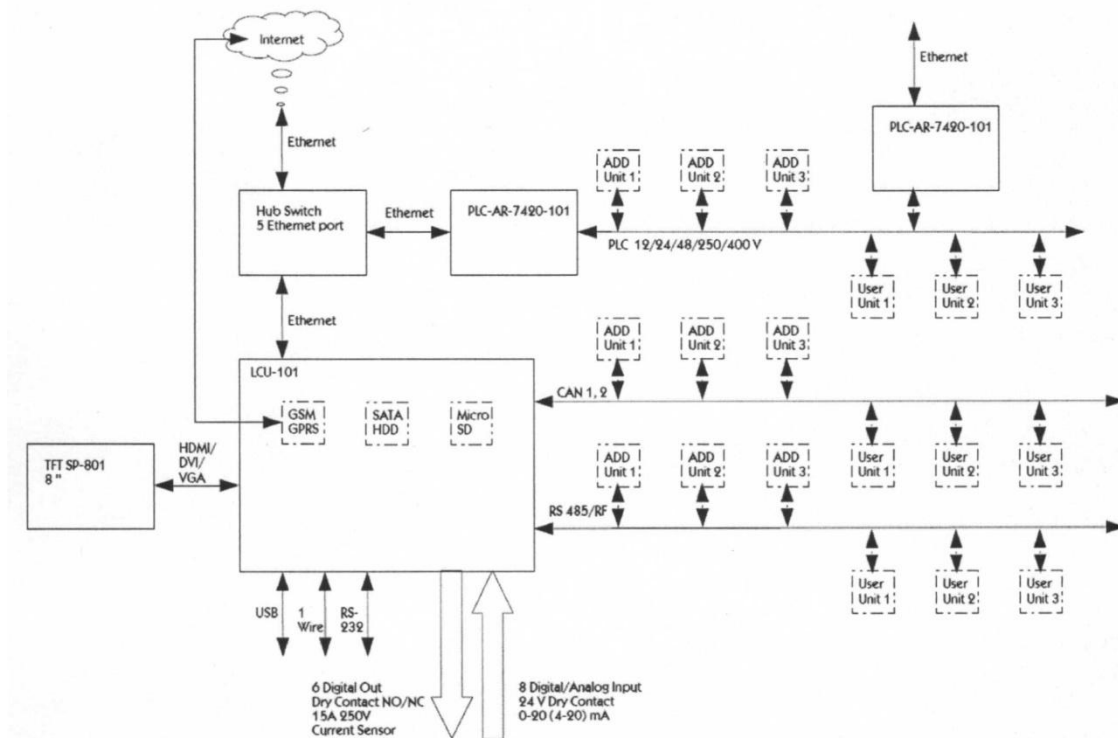


Рисунок 4 – Интерфейсы контроллера

Для подключения устройств пользователя и дополнительных модулей расширения используются:

- две шины CAN;
- шина RS 485 либо беспроводной интерфейс RF с протоколом RS 485;
- PLC модемы для организации передачи по проводам питания 12/24/48/250/400В.

Дополнительные опции:

- GSM/GPRS модем как резервный канал связи;
- SATA для подключения SSD/HDD;
- слот для MicroSD.

Модули расширения имеют различные интерфейсы (PLC, 1Wire, RS-232, RS-485, CAN, Dry Contact, 4-20 mA e.t.c.) ввода/вывода и базируются на линейке ARM-7 микроконтроллеров ST Microelectronics 20, 44, 60, 100 выводов (в зависимости от потребностей).

Предполагается, что ПАК управления объектом способен работать автономно на объекте. Внутренние накопители позволяют вести запись критически важных параметров состояния и истории работы объекта при отсутствии гарантированного соединения с облачным сервисом. При восстановлении соединения происходит передача значимых данных в облачное хранилище.

Реализована функция удаленного перепрограммирования ПАК для изменения логики функционирования при изменении условий работы.

Реализованы функции: формирования отчетов, изменения законов управления, изменения логики логику и правила информационного взаимодействия компонент Системы.

Под интеллектуальностью будем понимать реализованную в Системе функциональность, позволяющую реализовать принципы ситуационного управления. Предусмотрена возможность описывать набор ситуаций набором предикатов на встроенном языке. В процессе функционирования вычислительный модуль может распознавать ситуацию путем проверки предикатов на истинность. В Системе реализована возможность настроить для каждой ситуации обработчик, формирующий воздействия в виде сигналов информирования и/или управления для любого компонента системы. Так же предусмотрена возможность подключения внешних систем обработки информации, действующих на принципах искусственного интеллекта.

## **5. Примеры прикладных систем на основе сервиса**

У предлагаемого сервиса просматривается множество возможных применений. Для примера рассмотрим три варианта: система диспетчирования тепловых пунктов многоквартирных домов, обслуживаемых управляющей компанией, автоматизированная система диагностики сложного оборудования в процессе эксплуатации, система мониторинга состояния сложных инженерных сооружений.

Система диспетчирования тепловых пунктов многоквартирных домов, обслуживаемых управляющей компанией. Поддерживает сервисы контроля доступа к объекту, съема показателей с приборов учета тепловой энергии, контроля параметров работы автоматизированных систем, обеспечивающих регулирование отбора тепла от теплоносителя на уровне возмещения теплопотерь дома, контроль других важных параметров теплового контура дома и проч.

Автоматизированная система диагностики сложного оборудования в процессе эксплуатации. Система позволяет обеспечивать контроль нахождения параметров оборудования в установленных пределах в процессе функционирования, распознавать и обрабатывать нештатные ситуации. Информировать специалистов о возникновении нештатных ситуаций, требующих вмешательства (остановки оборудования, обслуживания или перевода в другой безопасный режим функционирования). Информирование о нештатной ситуации сервисной службы позволяет своевременно предпринять необходимые действия и предотвратить потери, связанные с неуправляемым развитием аварийной ситуации и выходом оборудования из строя.

Система мониторинга состояния сложных инженерных сооружений: мостов, эстакад, гидротехнических сооружений и проч. Накопление информации,

распознавание нештатных ситуаций, информирование обслуживающего персонала, диспетчерские службы.

## **6. Методология разработки прикладных систем на основе облачного сервиса**

Важной особенностью является то, что несмотря на возможность выделить типовые решения для определенных групп объектов, реально необходимо признать, что каждое решение будет достаточно уникальным и по сути заказным. Поэтому для снижения издержек и уменьшения входного барьера пользователей в «интернет вещей» предполагается реализовать специализированный портал, обеспечивающей дистанционную поддержку потенциальных заказчиков. На всех этапах жизненного цикла заказчику будет предоставлена возможность изучить как работают аналоги и пообщаться со службой эксплуатации, получить поддержку эксперта на этапе сбора исходных данных, формирования требований и конфигурирование ПАК.

## **7. Перспективы развития**

Авторы рассматривают проект как инновационный стартап. Это предполагает, что заказчика нет, и система должна создаваться по методу наращиваемого и очищаемого прототипа. В настоящее время создана первая версия ПО, имитирующая функции облачного сервиса, идет создание и апробация ряда прикладных информационных систем. По результатам апробации и опытной эксплуатации будет подготовлена спецификация на рабочую версию системы и запущен проект ее создания. Прорабатываются вопросы обеспечения информационной безопасности, как критически важной характеристики для систем рассматриваемого класса [4]

### **Список литературы**

1. Agregator.PRO. Очень «умный дом». Разработчики обещают объединить все бытовые приборы в сеть: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.agregator.pro/ochen-umnyiy-dom-razrabotchiki-obeschayut-ob-edini.2750302.html>.
2. Карасюк Е. Онлайн на ощупь. Пять идей об интернете вещей от «Яндекса»: [Электронный ресурс]. URL: <http://slon.ru/insights/1133571/>.
3. Основы Облачных вычислений (по рекомендациям NIST): [Электронный ресурс]. URL: [http://cloud.sorlik.ru/reference\\_architecture.html](http://cloud.sorlik.ru/reference_architecture.html).
4. Марк Браун, Пять шагов к обеспечению безопасности встраиваемых систем// Современные технологии автоматизации 2013, №3, с. 14-22.

УДК 621.396

## **РАЗРАБОТКИ ВОЕННО-ИНЖЕНЕРНОГО ИНСТИТУТА В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Е.Н. Гарин, С.П. Панько, В.Н. Тяпкин, Г.Я. Шайдуров*

*Сибирский Федеральный университет, Военно-инженерный институт, Красноярск*

*Изложены результаты НИОКР 2013÷2014г. в направлениях радионавигации, радиосвязи, радиофизики, геофизики и медицинской электроники в рамках научно-образовательного центра «Иридий» ВИИ.*



Лаборатория радионавигации, руководители д.т.н. Гарин Е.Н., проф. Тяпкин В.Н. в сотрудничестве с ИСС им. Решетнева, в соответствии с федеральной целевой программой, проводит разработки алгоритмов и программ работы наземных контрольно-управляющих станций космической радионавигационной системы «Глонасс», обеспечивающих повышение надёжности и точности функционирования системы за счёт использования оптимальных методов цифровой обработки сигналов, управляемых антенных решеток, совершенствования каналов передачи информации.

Лабораторией радиосвязи (рук. д.т.н. проф. Панько С.П.) разрабатывается автоматизированная система телемеханики для контроля и управления системами космической связи как для стационарных, так и нестационарных орбит с высокой степенью помехозащищенности от преднамеренных помех.

Фундаментальные и прикладные исследования проводятся в лаборатории радиофизики (рук. Засл. деятель науки и техники РФ, д.т.н. Шайдуров Г.Я.) в области исследования явлений параметрического взаимодействия электромагнитных и акустических волн в ионно-проводящих средах типа морской воды, Земли, плазмы.

С финансовой поддержкой грантов РФФИ были получены следующие результаты:

1. Теоретически подтверждено и экспериментально обнаружено явление генерации электромагнитного поля акустическим излучением в слабых электролитах, подтверждающие теоретические предпосылки Р.Дебая (1933г.) о возможности существования подобного рода эффектов.

2. Теоретически и экспериментально в лабораторных условиях доказано существование параметрического эффекта демодуляции электромагнитных волн ультразвуком в морской воде, запатентован новый метод дальней морской связи с подводными аппаратами без использования буксируемых антенн.

3. Запатентован и прошел экспериментальную проверку радиолокационный метод дальнего обнаружения мин и минных полей на основе параметрического взаимодействия сейсмических и электромагнитных волн на границе раздела земля – воздух.

4. Впервые на газоконденсатном месторождении Ново-Михайловском (респ. Хакасия) в 2014 г., с использованием разработанного в лаборатории приборов ВПЕ МПЗ-М1, подтверждена возможность поиска углеводородов путем извлечения информации из естественных электромагнитных и сейсмических шумов Земли без использования искусственных источников сейсмических возмущений.

5. На железорудном месторождении «Самсон» (респ. Хакасия) впервые, с использованием прибора ВПЕ МПЗ-М1, экспериментально проверена возможность поиска полиметаллических руд путем выделения потенциалов вызванной поляризации из естественных электромагнитных полей Земли в диапазоне частот 1÷20Гц. Прибор и метод защищены патентами РФ.

6. Впервые в России разработаны и прошли экспериментальную проверку аппаратный комплекс сейсмической связи АСС-1 для передачи информации через горную породу в аварийных шахтах.

7. Научно-технический центр РЭ «Мезон» выиграл ряд тендеров на разработку и поставку комплексов автоматизированного контроля гидротехнических сооружений

Саяно-Шушенской, Бурейско, Усть-Илимской, Красноярской, Богучанской, Зейской ГЭС в составе подсистем: Струна 5 – для контроля напряженно-деформационного строения бетона; ИКСО-100 – для контроля плановых смещения платин; ОДГН-1 – автоматизированных гидронивелиров. Все комплексы защищены патентами РФ, являются полностью отечественными разработками.

8. Создается инжиниринговый центр медицинской электроники с задачами двойного назначения в области дистанционной диагностики и управления живыми объектами.

УДК 681.518

## **ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

*В.В. Гаркуша<sup>(1)</sup>, В.М. Гилев<sup>(2)</sup>, А.С. Мишнев<sup>(1)</sup>, С.И. Шпак<sup>(2)</sup>, В.В. Яковлев<sup>(1)</sup>*

*<sup>(1)</sup>Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН,*

*<sup>(2)</sup>Институт теоретической и прикладной механики*

*им. С.А. Христиановича СО РАН, Новосибирск*

*e-mail: [vy82@mail.ru](mailto:vy82@mail.ru)*

*В данной работе рассматриваются вопросы построения систем управления и сбора данных в высокоскоростных научных экспериментах. Предложена структура системы автоматизации и сбора данных экспериментов в гиперзвуковой аэродинамической трубе АТ-304 ИТПМ СО РАН.*

*Ключевые слова: гиперзвуковые аэродинамические трубы, системы сбора данных, управление экспериментальной установкой.*

Институт теоретической и прикладной механики (ИТПМ) им. С.А. Христиановича СО РАН совместно с Конструкторско-технологическим институтом вычислительной техники (КТИ ВТ) СО РАН ведут совместные работы по созданию новых аэродинамических установок для проведения аэродинамических исследований в сверх- и гиперзвуковом диапазоне [1,2].

К одной из таких установок относится аэродинамическая труба адиабатического сжатия АТ-304 ИТПМ СО РАН, работы по созданию которой ведутся в настоящее время. Создаваемая установка позволит моделировать обтекание летательных аппаратов вплоть до космических скоростей полета. Данная установка будет иметь рекордные аэродинамические характеристики, существенно превосходя по ряду параметров многие не только отечественные, но и зарубежные установки подобного класса по таким перспективным направлениям в области гиперзвуковой аэродинамики:

- экспериментальное исследование режимов обтекания гиперзвуковых летательных аппаратов;
- аэротермодинамика летательных аппаратов в гиперзвуковых режимах полета;

- экспериментальное исследование сверхзвуковых струйных течений газа;
- экспериментальное изучение процессов горения в перспективных двигательных установках при гиперзвуковых режимах обтекания.

По отношению к предшествующей установке АТ-303, созданной в ИТПМ СО РАН в 2000г, новая АТ-304 отличается существенной модернизацией источника рабочего газа (рис.1). Установка предназначена для получения рабочего газа (воздуха) с давлением 3000 атм и температурой 3000 К в объеме не менее 4 дм<sup>3</sup>.

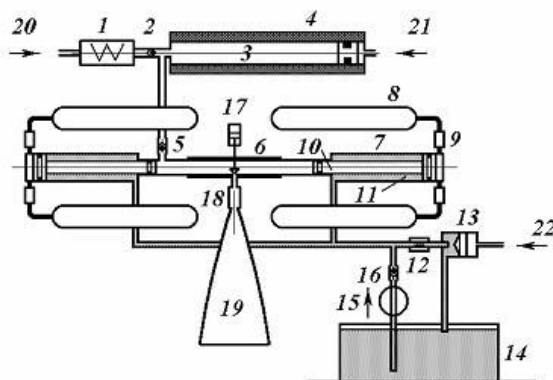


Рисунок 1 – Принципиальная схема источника рабочего газа для аэродинамической трубы АТ-304. 1 – электрический подогреватель; 2 – обратный клапан; 3 – адиабатический нагреватель; 4 – теплоизоляция; 5 – обратный клапан; 6 – силовой цилиндр; 7 – толкающий цилиндр; 8 – баллоны толкающего газа; 9 – регулятор давления; 10 – поршень; 11 – демпфирующая жидкость; 12 – дроссель; 13 – затвор; 14 – сливной бак; 15 – подкачивающий насос; 16 – обратный клапан; 17 – сопловой затвор; 18 – двойная форкамера; 19 – профилированное сопло; 20 - подача рабочего газа; 21 – подача газа для адиабатического нагревателя; 22 – подача газа на управление затвором

*Справка:* Рабочий газ перед началом эксперимента подается через электрический подогреватель 1 и обратный клапан 2 в адиабатический нагреватель (АН) 3 и в силовой цилиндр (СЦ) 6. В процессе заполнения давление рабочего газа составляет 20 – 30 атм, а температура 600 К. Адиабатический нагреватель представляет собой цилиндр с теплоизолированными стенками 4 и поршнем внутри. При заполнении нагревателя поршень свободно движется вправо, обеспечивая заполнение нагревателя рабочим газом. Для адиабатического нагрева и сжатия рабочего газа поршень приводится в движение подачей толкающего газа 21 с давлением до 200 атм. Скорость движения поршня регулируется расходом толкающего газа 21. После прохода поршня по цилиндру адиабатического нагревателя весь рабочий газ оказывается в силовом цилиндре 6 диаметром 100 мм с объемом около 30 дм<sup>3</sup>. При этом его давление возрастает до 200 атм, а температура до 1300 – 1400 К.

В рамках нового проекта по созданию распределенного информационно-измерительного комплекса для сбора данных гиперзвуковой аэродинамической трубы адиабатического сжатия группой авторов была предложена структура системы сбора данных, построенная по идеологии распределенных систем создаваемых на базе АПК[4,5], а так же план развития АПК для обеспечения требуемых технических характеристик. Новый информационно-измерительный комплекс получил сокращенное

наименование ИИК (Рисунок 1) и позволит экспериментатору при подготовке и проведении эксперимента решать следующие задачи:

- получать большое количество данных (до 2 млн. значений с одного сигнала), измеренных за время проведения эксперимента (на установках подобного типа время эксперимента составляет 0.1 – 0.5 секунды) с возможностью синхронизации измерений;
- конфигурировать как программные, так и аппаратные средства под задачу текущего эксперимента;
- применять серийно-выпускаемое оборудование или оборудование собственной разработки без использования дополнительных драйверов для доступа к этому оборудованию.

### Структура ИИК

ИИК состоит из следующих элементов (рис.2):

- подсистема подготовки рабочего газа на базе АПК;
- подсистема сбора данных в ходе эксперимента на базе АПК;
- подсистема многоканального измерителя давления на базе МИД10;
- автоматизированное рабочее место оператора и сервер базы данных экспериментов;
- рабочее место удаленного наблюдателя.

Все подсистемы ИИК объединены между собой и АРМ операторов по локальной сети Ethernet, что совместно с примененной идеологией АПК позволяет получить высокую производительность сбора данных, гибкость и конфигурируемость под конкретную задачу научного эксперимента на данной установке.

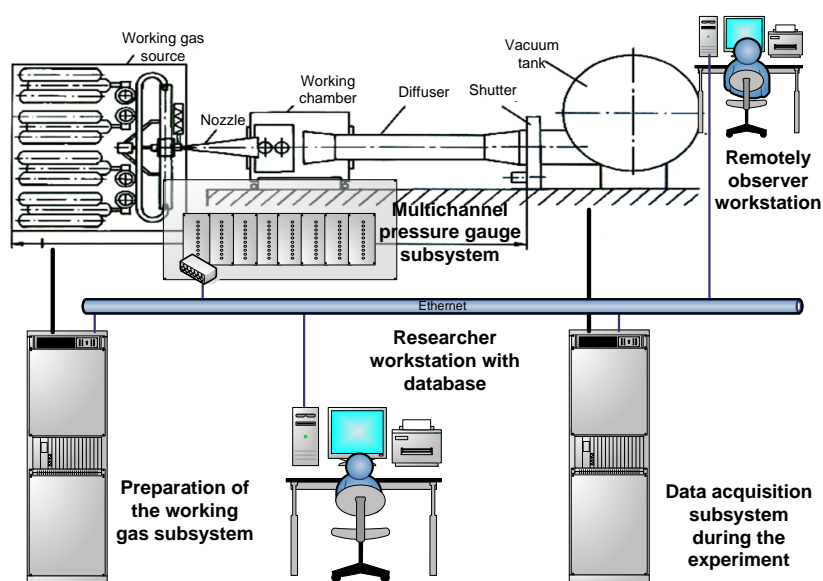


Рисунок 2 – Общая структура ИИК АТ-304

### Подсистема подготовки рабочего газа и подсистема сбора данных

Данные подсистемы выполнены на основе каркаса Аппаратно-программного комплекса (АПК) разработки КТИ ВТ СО РАН. Для удобства пользователя оборудование размещается в стандартных 19-и дюймовых шкафах фирмы Schroff

(рис.3). АПК в каждой подсистеме имеет свой набор модулей УСО, разработанных на основе базовой платформы модуля ввода-вывода.



Рисунок 3 – Шкаф подсистемы сбора данных в ходе эксперимента

Аппаратно программный комплекс (рис.4) разрабатывался на основе магистрально-модульного подхода [5] на смену морально устаревшему КАМАК и дорогих в эксплуатации CompactPCI и VME. Для реализации модулей ввода-вывода была разработана универсальная базовая платформа (БП МВВ) (рис.5), предназначенная для размещения от 1 до 8 портов УСО с индивидуальной гальванической изоляцией. Контроллер управления каркасом (КУ) осуществляет управление модулями УСО и функцию связи с АРМ оператора.

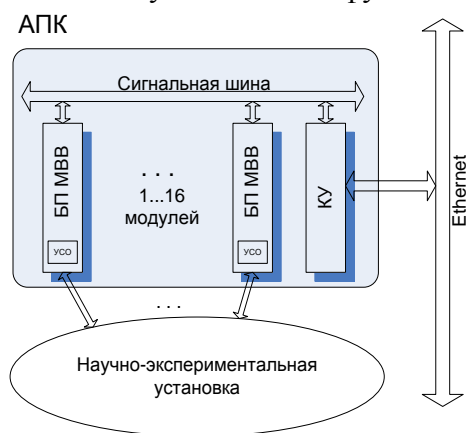


Рисунок 4 – Структура АПК

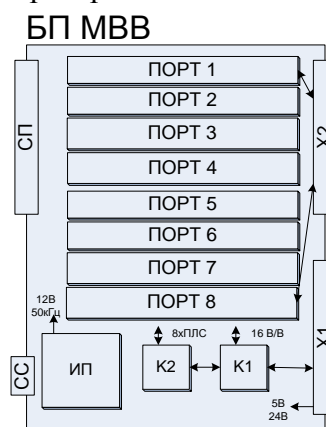


Рисунок 5 – Структура базовой платформы модуля ввода-вывода.

На данной платформе уже разработано большое количество типов модулей УСО, начиная от 16-канальных модулей дискретного ввода-вывода, вплоть до двухканальных модулей быстрых АЦП с частотой дискретизации до 5МГц и буферной памятью 2`000`000 слов на канал.

### Подсистема многоканального измерения давления

Подсистема МИД (рис.6) строится на базе измерительных десятиканальных блоков МИД10, позволяющих за 25 мс получить значения измеряемого давления по всем каналам с погрешностью до 6 мм.вод.ст.

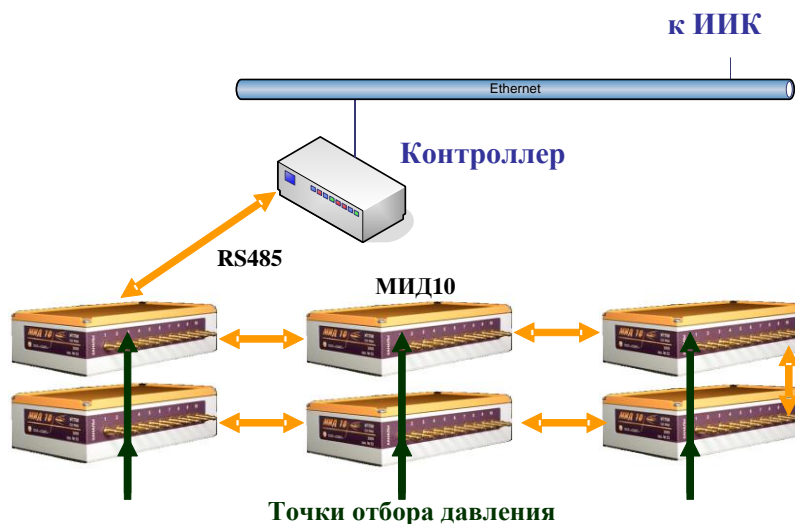


Рисунок 6 – Структура подсистемы МИД

Контроллер выполняет функцию концентрации и синхронизации данных, получаемых от МИД-10. Полученные данные доступны из АРМ оператора по унифицированному с АПК протоколу. Каждый блок МИД10 представляет собой 10-канальный измеритель с независимыми интегральными датчиками, размещенными внутри герметичного корпуса (рис.7) вместе платой контроллера, предназначенной для передачи данных с измерительных каналов внешнему устройству по последовательному интерфейсу RS-485.

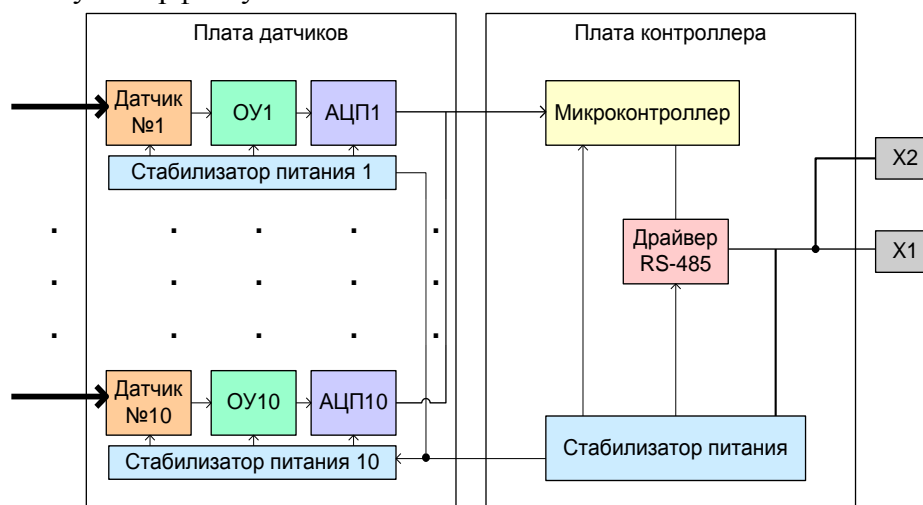


Рисунок 7 – Структурная схема МИД10

Автоматизированное рабочее место оператора и удаленного наблюдателя, базы данных

АРМ оператора представляет собой программный комплекс, разработанный сотрудниками ИТПМ СО РАН (рис.8), позволяющий оператору-экспериментатору полностью управлять процессом конфигурирования оборудования ИИК, создавать экспериментальные последовательности команд, следить за проведением эксперимента и анализировать полученные в ходе экспериментов данные (рис. 9)

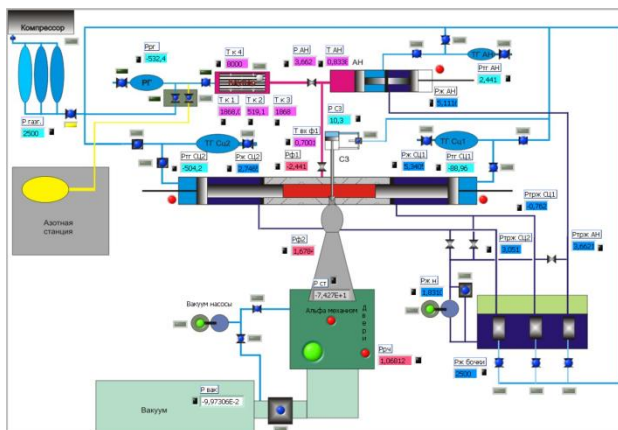


Рисунок 8 – Пример реализации АРМ оператора подсистемы подготовки рабочего газа

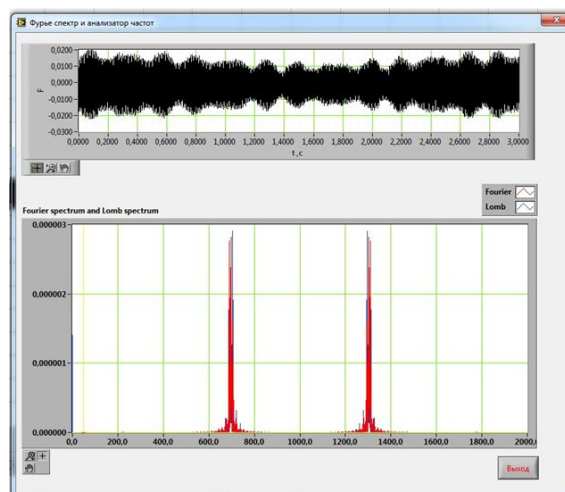


Рисунок 9 – Пример частотного анализа экспериментальных данных

Проведенные предварительные эксперименты показали высокую надежность и гибкость ИИК, высокие показатели точности измерения. Используемые при проектировании ИИК решения позволили синхронизовать процесс измерения модулями УСО и обеспечить привязку данных к базовой точке начала эксперимента. Программный комплекс АРМ оператора разработан на ПК с ОС Windows сотрудниками ИТПМ СО РАН без использования нестандартных программ-драйверов.

Выполнение представляемого проекта осуществляется при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты № 14-07-00426-а и 12-07-00548-а).

### Список литературы

1. Гаркуша В.В., Гилев В.М., Запрягаев В.И., Мишнев А.С., Яковлев В.В. Развитие систем автоматизации аэродинамического эксперимента // Южно-Сибирский научный вестник, 2013. Вып. № 2 (4). С. 23–27.
2. Гаркуша В.В., Гилев В.М., Мишнев А.С., Шпак С.И., Яковлев В.В. Программно-аппаратные средства для создания систем управления и сбора данных в высокоскоростном аэродинамическом эксперименте // Южно-Сибирский научный вестник, 2013. Вып. № 2 (4). С. 57–61.
3. Гилев В.М., Шпак С.И., Яковлев В.В. Организация доступа к базе данных аэродинамических исследований // В мире научных открытий, 2014. Вып. №4(52) ISSN 2072-0831 С. 8–12.
4. Яковлев В.В. Базовая структура модуля ввода-вывода сигналов аппаратно-программного комплекса для автоматизации научно-экспериментальных установок // В мире научных открытий, 2014. Вып. №4(52) ISSN 2072-0831 С. 13–21.
5. Гаркуша В.В., Гилев В.М., Мишнев А.С., Собстель Г.М., Шевченко Д.О., Яковлев В.В. Магистрально-модульный подход к созданию унифицированной системы автоматизации научных исследований и управления технологическими процессами // Сборник научных трудов Sworld. Материалы международной научно-практической конференции «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и



УДК 65.011.56

## РАЗРАБОТКА АСУ ТП ДЛЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПОНЕНТАХ

*С.К. Голушко<sup>(1,2)</sup>, Б.Н. Пищик<sup>(1,2)</sup>, Г.П. Чейдо<sup>(1)</sup>, С.Р. Шакиров<sup>(3)</sup>*

*<sup>(1)</sup>Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН,*

*<sup>(2)</sup>Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,*

*<sup>(3)</sup>Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск*

*e-mail: [dir@kti.nsc.ru](mailto:dir@kti.nsc.ru), [boris.pishchik@gmail.com](mailto:boris.pishchik@gmail.com), [cheido@kti.nsc.ru](mailto:cheido@kti.nsc.ru), [srsha@bk.ru](mailto:srsha@bk.ru)*

*Приводится описание принципов построения автоматизированных систем управления технологическими процессами, обладающих повышенной надежностью и живучестью. Обсуждаются вопросы использования имитационного моделирования, выбора операционной среды, технических средств и архитектуры. Приведены примеры реализаций подобных систем на крупных промышленных предприятиях, в том числе, на опасных производствах.*

*Ключевые слова: АСУ ТП, диспетчерское управление, автоматизация, SCADA, кибербезопасность, импортозамещение.*

### **Введение**

подавляющее большинство автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), разработанных в Конструкторско-технологическом институте вычислительной техники СО РАН (КТИ ВТ СО РАН), предназначено для работы на опасных производствах. Факторы опасности многообразны и обусловлены большими разрушительными потенциалами рабочей среды (сейсмические явления, пожаро- и взрывоопасность и пр.). В последние годы все более активно проявляется новый фактор риска, связанный с кибервоздействиями, как случайными, ненамеренными, так и целенаправленными.

Указанные факторы должны учитываться при построении автоматизированных систем управления, отвечающих повышенным требованиям надежности и безопасности. Они влияют практически на все технологические аспекты создания АСУ ТП: выбор операционной среды, архитектуру программных и технических компонент, выбор производителя компонент, причем выбор производителя приобретает стратегическое значение. Наряду с опасностью получения с компонентами различного рода «закладок», добавляется влияние внешнеполитических событий – затрудняется приобретение импортных компонент зарубежного производства. Эту ситуацию можно рассматривать и как обнадеживающий фактор – изменение сложившейся практики требований со стороны заказчиков по использованию импортных компонент, несмотря на их дороговизну и совсем не очевидные технологические преимущества. Есть



надежда, что отечественные компоненты станут более востребованными и получат стимул для дальнейшего совершенствования.

За последние два десятилетия в КТИ ВТ СО РАН создано большое количество автоматизированных систем, успешно внедренных на действующих производствах реального сектора экономики, в том числе на опасных производствах. Наши АСУ ТП работают на предприятиях ОАО «АК «Транснефть», ОАО «Мечел», ОАО РЖД, ГК «Росатом», ЕВРАЗ Групп, и др. Наиболее значимыми системами являются АСУ ТП Северо-Муйского тоннеля Байкало-Амурской железной дороги, АСУ ТП магистральных нефтепроводов, цифровые регуляторы возбуждения синхронных электродвигателей большой мощности.

Для горнодобывающей промышленности созданы комплексные системы шахтной автоматизации, включающие в свой состав системы контроля и управления конвейерным транспортом, канатно-кресельными дорогами, электроснабжением, вентиляторами главного проветривания, шахтную стволовую сигнализацию, систему наблюдения и оповещения персонала шахт и т.д.

### **Технология создания автоматизированных систем для опасных производств**

В условиях жёсткой конкуренции перед многими промышленными предприятиями остро встает проблема увеличения производительности труда и эффективности использования оборудования. Одним из путей решения данной проблемы является повышение уровня автоматизации производства за счёт внедрения систем, построенных на современной элементной базе с учётом последних достижений информационных технологий. Кроме экономической стороны вопроса на опасных производствах существует необходимость внедрения автоматизированных систем, напрямую прописанных в регламентирующих документах, без которых функционирование соответствующих производств является невозможным. Без работающей многофункциональной системы безопасности [1] ни одна угольная шахта не может быть допущена к эксплуатации *Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору*. Таким образом, автоматизация производственных процессов является не только инструментом повышения уровня безопасности, надежности и эффективности, но в некоторых случаях и непременным условием функционирования самого производства.

Основные задачи, решаемые при создании систем автоматизации в КТИ ВТ СО РАН, включают повышение энергоэффективности, обеспечение надежности и безопасности. Используемые принципы построения систем: применение контроллеров собственной разработки, распределенное управление, тщательно проработанная архитектура, специализированная операционная среда реального времени, затрудняющая посторонние вмешательства и воздействия.

**Операционная среда.** Важной отличительной особенностью АСУ ТП, созданных в КТИ ВТ СО РАН, является использование сетевых операционных систем (ОС). Для систем хранения и кластеров – ОС Solaris, для контроллеров и серверов – ОС реального времени QNX. Являясь ЮНИКС подобными системами, они обладают рядом преимуществ и широко используются в системах реального времени. Так, кроме

минимального объема ядра и рекордного быстродействия, QNX обладает еще и стойкостью к кибератакам. Эти качества обеспечиваются микроядерной архитектурой ОС. Микроядро, занимающее менее 8 КБ, обеспечивает встраиваемость ОС в ПЗУ микроконтроллеров, а так как ОС сетевая, открываются широкие возможности распределенного управления сотнями процессоров. Несмотря на свой размер, микроядро содержит все жизненно важные функции: межпроцессный обмен, сетевые коммуникации, обработку прерываний, диспетчеризацию процессов, сервисы стандарта POSIX и обеспечивает мощную сетевую технологию FLEET.

Система может работать с несколькими сетями одновременно. При отказе в одной из сетей пакеты автоматически направляются по альтернативной сети. Узлы могут добавляться к сети или удаляться из нее динамически, без переконфигурирования системы. Ядро ОС защищено от процессов, также как и процессы защищены друг от друга. Все эти уникальные свойства операционной системы обеспечивают рекордную надежность систем управления, исполняемых в ее среде.

Для обеспечения независимости от зарубежных поставщиков в КТИ ВТ СО РАН изучаются возможности использования в проектах АСУ ТП открытых ОС семейства ЮНИКС. Примером такого подхода является европейский проект TANGO [2], в котором реализована открытая SCADA для ЮНИКС подобных операционных систем.

**Архитектура системы.** В архитектуре программно-технических комплексов (ПТК) АСУ ТП, разработанных в КТИ ВТ СО РАН, можно выделить три традиционных уровня: *верхний уровень* – диспетчерское управление и архив системы (автоматизированные рабочие места и серверы); *средний уровень* – системы сбора данных (контроллеры); *нижний уровень* – системы измерения и управления (датчики, исполнительные механизмы). Однако разные АСУ ТП могут иметь свои архитектурные особенности. В качестве примера на рис. 1 приведена архитектура ПТК для автоматизации управления на шахтах и рудниках, в которой выделены два уровня иерархии. Используя свойства системного программного обеспечения, архитектура систем проектируется исходя из следующих принципов: открытость, расширяемость, отказоустойчивость и безопасность АСУ ТП.

Некоторые свойства архитектуры диктуются особенностями объекта управления. Например, пространственная протяженность, сложность коммуникаций и жесткие требования к скорости реакции вынуждают применять распределенное управление, когда часть автоматических управляющих воздействий реализуется программно-техническими средствами, установленными в непосредственной близости от объекта управления.

Подготовка к переходу на безлюдные, полностью автоматизированные технологии увеличивает вес локальной автоматики. В этом случае необходимо решать задачу размещения программ управления с учетом скорости выполнения команд управления и отказоустойчивости системы в целом. В общем случае информация должна быть генерализована на верхнем уровне в общей базе данных. Локальная автоматика отчитывается перед верхним уровнем о произведенных действиях и о причинах, стимулировавших эти действия. На верхнем уровне, на базе обобщенной

информации вырабатываются решения, касающиеся не только оперативного, но и стратегического управления технологическим комплексом.

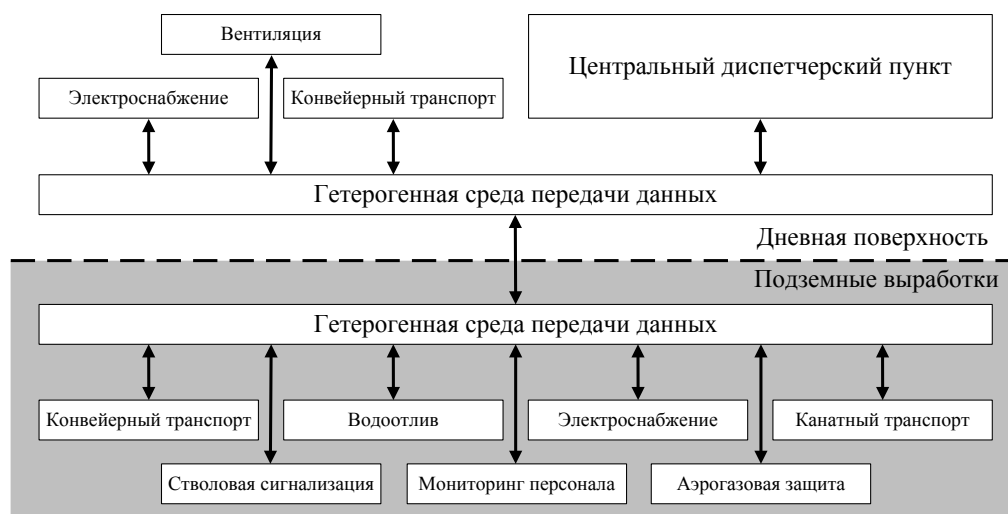


Рисунок 1 – Архитектура комплексной системы автоматизации

Однако отказ в сети может привести к изоляции верхнего уровня и отказу всей системы. Решением проблемы может стать изменение в архитектуре управления и переход на распределенное управление, когда информация для принятия решения генерализуется на уровне контроллеров, а сетевая ОС позволяет динамически менять узел, ответственный за результат выполнения группового управления. Отказоустойчивость системы может быть достигнута за счет репликации данных и программ управления, а также реализации подходящего алгоритма синхронизирующего выполнение программ управления.

**Технические средства.** Использование контроллеров собственной разработки значительно облегчает оптимизацию структуры системы управления под конкретный проект. Контроллеры построены по модульному принципу и содержат широкий ассортимент модулей ввода/вывода, что обеспечивает структурную и ценовую оптимизацию, позволяя избегать избыточности оборудования. Использование в контроллерах стандартных открытых внешних интерфейсов связи (RS-485, Industrial Ethernet, CAN и т.п.) делает структуру АСУ ТП ещё более гибкой с точки зрения интеграции в неё оборудования сторонних производителей.

В качестве примера можно привести универсальный шахтный модульный контроллер - проектно-компонруемая система, архитектура которой адаптируется к кругу и объему задач управления конкретным технологическим объектом. Контроллер создан на основе принципа распределенного сбора данных и распределенного управления. Количество и функциональность локальных периферийных элементов Контроллера (модулей ввода-вывода) определяются количеством и типами сигналов, которые должны быть обработаны. Структурная схема Контроллера приведена на рис. 2. Центральный процессор Контроллера размещается в Блоке контроля и

управления БКУ[3], а модули ввода-вывода размещены в Блоке Модулей Ввода-Вывода (БМВВ).

Модули ввода-вывода связаны между собой контроллерной шиной CAN 2.0. Этой же шиной они могут быть подключены к центральному процессору, если физическое расстояние от них до центрального процессора не превышает установленной величины (10 м). Блоки БМВВ, размещаемые по требованиям проекта на расстояниях более 10 м, подключаются к центральному процессору по шине RS-485 (ModBus RTU). Также возможно подключение модулей ввода-вывода и групп модулей к центральному процессору с использованием модемов (беспроводных удлинителей RS-485).

Блок контроля и управления предназначен для:

- сбора информации о параметрах и состоянии оборудования технологических объектов;
- формирования команд операторов с помощью функциональных кнопок на передней панели и получения команд и подтверждений с помощью световой сигнализации;
- обработки и анализа полученной информации, обнаружения предаварийных и аварийных ситуаций, формирования сигналов и сообщений в аварийных ситуациях;
- хранения сообщений и информации о параметрах и состоянии оборудования;
- отображения текущих данных в удобной для восприятия форме;
- автоматической регистрации и сохранения информации о работе БКУ и сопутствующего оборудования, командах управления и настройках через интерфейс RS-485 на автоматизированное рабочее место диспетчера.

БМВВ применяется в случае, когда необходимо автоматизировать крупный технологический объект с большим количеством сигналов контроля состояния и узлов управления. В этом случае в систему включаются один или несколько БМВВ, укомплектованных модулями ввода-вывода в соответствии с требованиями проекта.

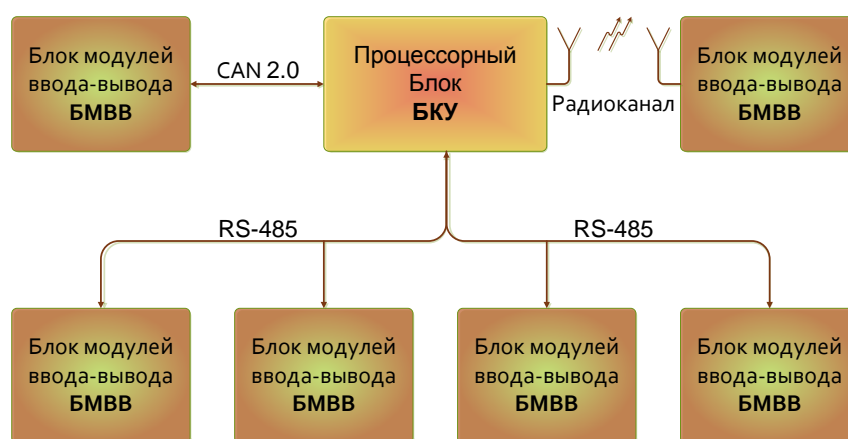


Рисунок 2 - Структурная схема универсального шахтного модульного контроллера

**Система сбора и представления данных (SCADA).** SCADA развернута на сетевой аппаратной архитектуре и сама имеет сетевую структуру. На рис. 3 показана структура межзадачных обменов [4].

В системе используется межзадачный обмен через кольцевые буферы в разделяемой памяти и обмен посредством транзакций передача/прием (системный механизм Send/Receive операционной системы QNX). Технологическая сеть объединяет QNX-машины, представляющие собой N персональных компьютеров верхнего уровня и M контроллеров на нижнем уровне. Рабочие станции АРМ операторов реализованы на персональных компьютерах. Один из этих компьютеров (любой) является основным, остальные – резервные. При необходимости переключение резервного компьютера на основной и обратно производится оператором с разрешения системного администратора динамически, без перезагрузки.

Программное обеспечение верхнего уровня реализует две основные задачи – задачу интерфейса оператора (на схеме – INT) и управление базой данных (DB). Целый ряд программ выполняет вспомогательные задачи. На каждой рабочей станции верхнего уровня имеется задача «IP-сервер» для взаимодействия с внешними АСУ, работающими в отличной от QNX рабочей среде. Эта задача работает в паре с задачей «IP-клиент», выполняющейся в смежной системе, тем самым обеспечивая обмен по технологии OPC на базе транспортного протокола TCP. Задача «IP-сервер» активируется только на основном персональном компьютере.

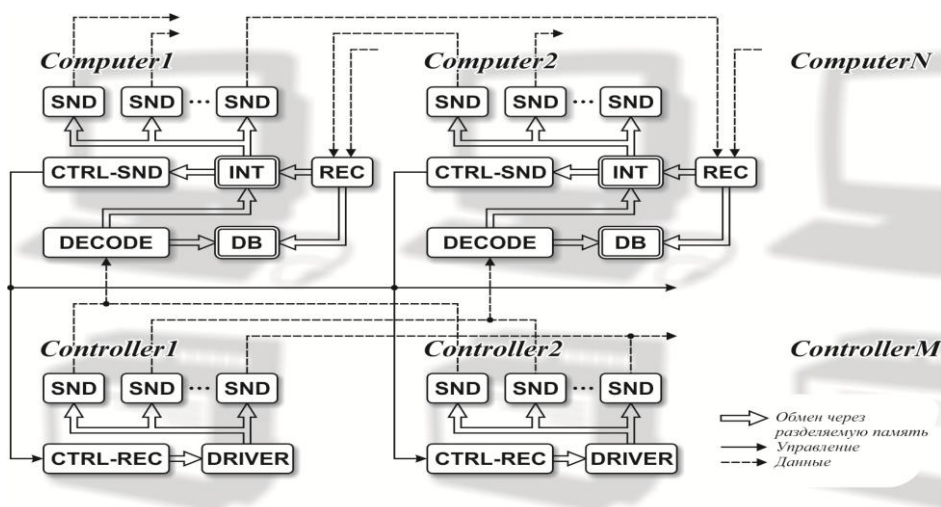


Рисунок 3 – Структура межзадачных обменов

Программное обеспечение нижнего уровня опирается на драйверы ввода/вывода (DRIVER), которые обеспечивают сопряжение с конкретным технологическим оборудованием для приема сигналов состояния и выдачи управляющих воздействий. Необходимая для драйверов информация содержится в конфигурационных файлах нижнего уровня. Устранение возможности блокировок драйверов при выполнении ввода/вывода и распараллеливание данных на все подключенные АРМ операторов обеспечивается программами буферизации данных.

Система SCADA содержит задачи диагностики состояния всех узлов (компьютеров и контроллеров), включенных в технологическую сеть, диагностики состояния программного обеспечения на всех узлах сети, диагностики устройств сопряжения с технологическими объектами и диагностики состояния самой сети. Результаты диагностики визуализируются на мониторах всех АРМ операторов и фиксируются во всех базах данных.

**Имитационное моделирование.** В процессе разработки, создания и наладки систем автоматизации в КТИ ВТ СО РАН применяются методы имитационного моделирования, т.к. постановка натуральных экспериментов – смена режимов работы, остановка действующего производства представляется малореальным. И тем более невозможно искусственное создание аварийных ситуаций. Используя вместо реальных объектов их имитационные модели, отлаживаются алгоритмы управления, тестируется программное обеспечение, обучается технический персонал, имитируя различные штатные, внештатные и аварийные ситуации. Разработан и применяется универсальный имитационный стенд, использующий модели работы оборудования и производственной среды и модель АСУ ТП (рис. 4).

При помощи стенда разрабатываются и отлаживаются алгоритмы управления и технические средства нижнего уровня (программируемые контроллеры). Модель АСУ ТП включает в себя имитатор сигналов первичных датчиков, модель SCADA-системы и модели технических средств нижнего уровня. Таким образом, для реального контроллера или компьютера со SCADA-системой, включенных в данный стенд, полностью имитируется все технологическое окружение с точки зрения внешних сигналов.

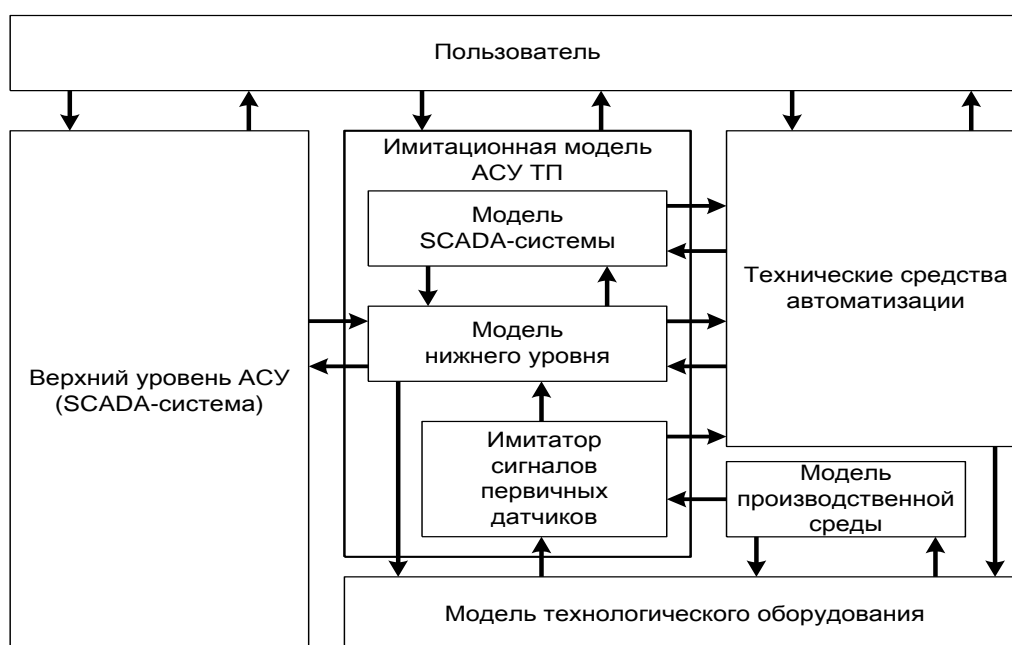


Рисунок 4 – Структура имитационного стенда

### Примеры созданных и внедренных систем автоматизации

*Автоматизированная система управления технологическими процессами Северо-Муйского тоннеля (АСУ ТП СМТ).* Северо-Муйский тоннель – это комплекс

тоннельных конструкций, дренажных и водоотводных устройств, вертикальных и горизонтальных выработок общей протяженностью более 35 километров, обеспечивающих его функционирование и безопасную эксплуатацию. Для обеспечения штатного функционирования Северо-Муйского тоннеля в КТИ ВТ СО РАН на базе собственной инструментальной системы разработана АСУ ТП СМТ, осуществляющая контроль и управление оснащением тоннеля: 33 вентиляционными системами; 45 калориферами; 7 управляемыми завесами; 2 порталными воротами; 8 тоннельными подстанциями; 4 системами подогрева отводимой воды; 3 системами пожарной сигнализации и пожаротушения.

**АСУ ТП магистральных нефтепроводов АК «Транснефть».** Район размещения нефтепроводов и 15 нефтеперекачивающих станций простирается на 500 км с севера на юг и примерно настолько же с запада на восток. На основе собственной инструментальной системы под ОС QNX разработана АСУ ТП для Урайского управления магистральных нефтепроводов, которая включает в себя систему управления транспортом нефти, автоматизированную систему контроля и управления электроснабжением, систему радиоконтроля устройств электрохимической защиты трубопроводов.

**АСУ ТП турбокомпрессорной станции ИТПМ СО РАН.** Турбокомпрессорная станция ИТПМ СО РАН – основной поставщик сжатого воздуха институтам Новосибирского научного центра. Годовая выработка сжатого воздуха на ТКС составляет 25 – 30 млн. куб. м., оборотной воды – 4.5 – 5 млн. куб. м. АСУ ТП ТКС предназначена для контроля и управления технологическими агрегатами ТКС, а также для обеспечения безопасности функционирования агрегатов ТКС за счет оптимального оперативного управления.

**Цифровые регуляторы возбуждения синхронных электродвигателей (ЦРВД)** предназначены для управления током возбуждения при пуске, останове, синхронной работе и аварийных режимах синхронных электродвигателей с напряжением питания 6 кВ либо 10 кВ и мощностью до 12,5 МВт [5]. ЦРВД позволяют работать с постоянным коэффициентом мощности при любых нагрузках двигателя, что обеспечивает снижение потребления реактивной мощности и приводит к экономии электроэнергии. ЦРВД имеют интерфейсы Ethernet и RS-485, что обеспечивает их включение в состав АСУ ТП.

**Автоматизированная система контроля и управления технологическими объектами угольных шахт и рудников (АСКУ ТО).** В КТИ ВТ СО РАН разработана распределенная система контроля и управления технологическими объектами с двухуровневой иерархией [6], включающая две основные структурные компоненты: подземное оборудование (нижний уровень) и наземное оборудование (верхний уровень). Подсистема верхнего уровня состоит из нескольких АРМ операторов и дублированного сервера, объединенных в локальную вычислительную сеть (ЛВС), жидкокристаллического экрана большого формата и устройств вывода на печать. Центральным звеном подземной части оборудования являются разработанные в КТИ ВТ СО РАН программируемые промышленные контроллеры, предназначенные для контроля и управления одним или несколькими технологическими объектами, и способные работать как в режиме дистанционного управления от АРМ диспетчера, так

и автономно в режиме местного управления. Всё оборудование нижнего уровня выполнено во взрывобезопасном и искробезопасном исполнении и полностью отвечает требованиям регламентов безопасности и требованиям надзорной и разрешительной деятельности в угольной промышленности.

АСКУ ТО – открытая модульная система, позволяющая интегрировать в нее оборудование сторонних производителей. Системы, созданные на базе АСКУ ТО, являются единым аппаратно-программным комплексом, обслуживаемым из одной диспетчерской и способным решать разнообразные задачи. Архитектура комплексной системы автоматизации, построенной на базе АСКУ ТО, представлена на рис. 1.

На базе АСКУ ТО реализованы следующие системы:

- Система контроля и управления канатно-кресельной дорогой;
- Система шахтной стволовой сигнализации;
- Система диспетчерского управления электроснабжением шахты;
- Автоматизированная система контроля и управления водоотливной установкой;
- Система автоматизированного контроля и управления вентиляторами главного проветривания;
- Система наблюдения и оповещения персонала [7];
- Система аэрогазового контроля;
- Система дистанционного мониторинга температуры в горных выработках [8].

К настоящему моменту коллективом КТИ ВТ СО РАН на базе АСКУ ТО разработано и введено в промышленную эксплуатацию 19 автоматизированных систем на 9 шахтах Кузбасса («Алардинская», «Кирова», «Усковская», «Осинниковская», «Костромовская», «Сибиргинская», «Грамотеинская», «Разрез «Инской» и «Кыргайская»), рудниках Хабаровского и Камчатского края (ЗАО «Многовершинное» и ЗАО "Тревожное зарево") и на Новосибирском метрополитене (станция «Березовая роща»).

### **Заключение**

В КТИ ВТ СО РАН разработана технология производства автоматизированных систем контроля и управления, использующая компоненты только отечественного производства, что избавляет от импортозависимости. Эти системы обеспечивают не только необходимый уровень технической надежности, но и высокую степень устойчивости к кибервоздействиям. На этой базе создано несколько серий автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами для различных отраслей промышленности, в том числе и для опасных производств.

Дальнейшим развитием работ в данном направлении является создание полностью автоматических производств с последующим переходом к безлюдным технологиям [9].

### **Список литературы**

1. ПБ 05-618-03 «Правила безопасности в угольных шахтах».



2. Коллективный проект TANGO. Welcome to the TANGO Controls website. TANGO. <http://www.tango-controls.org/>.

3. Гусев О.З., Колодей В.В., Мамаев А.С., Михальцов Э.Г., Шакиров С.Р. Блок контроля и управления в условиях опасного производства // Пат. №133951 Российская Федерация, заявитель и патентообладатель КТИ ВТ СО РАН - №2013126010; заявл. 05.06.2013; опубл. 27.10.2013, Бюл. №30 – 4 с.

4. Благодарный А.И., Каратышева Л.С., Чейдо Г.П. Программное обеспечение высоконадежной АСУ реального времени для предприятий горнодобывающей промышленности // Горная промышленность, 2009, № 2. - С. 58-64.

5. Абрамов А.И., Белоконов С.А., Золотухин Ю.Н., Колодей В.В., Михальцов Э.Г., Нестеров А.А., Собстель Г.М., Терентьев С.А., Ян А.П. Устройство регулирования возбуждения синхронного двигателя // Пат. №2289196 Российская Федерация, заявитель и патентообладатель КТИ ВТ СО РАН - №2005105104; заявл. 24.02.2005; опубл. 10.12.2006, Бюл. №34.

6. Благодарный А.И., Гусев О.З., Каратышева Л.С., Колодей В.В., Михальцов Э.Г., Чейдо Г.П., Шакиров Р.А., Шакиров С.Р. Применение открытых модульных систем автоматизации для предприятий подземной угледобычи // Проблемы информатики, 2009. №3. - С. 68-77.

7. Благодарный А.И., Гусев О.З., Журавлёв С.С., Золотухин Е.П., Зензин А.С., Каратышева Л.С., Колодей В.В., Михальцов Э.Г., Чейдо Г.П., Шакиров Р.А., Шакиров С.Р. Автоматизированная система наблюдения, оповещения и поиска персонала при авариях в шахтах // Горная промышленность, 2009. №1. - С. 30-40.

8. Голушко С.К., Харенко Д.С., Чейдо Г.П., Чуринов А.Е., Шакиров С.Р., Шелемба И.С. Мониторинг производственной среды угольных шахт волоконно-оптическими датчиками // Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции «Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности». Кемерово, 2012. - С. 83-85.

9. Голушко С.К., Чейдо Г.П., Шакиров С.Р. На пути к безлюдной шахте // Наука из первых рук, 2012. №1 (43). - С. 8-11.

УДК 004.4'2,004.49, 681.5

## **ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ АСУТП**

*С.К. Голушко, Б.Н. Пищик*

*Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН,*

*Новосибирский государственный университет, Новосибирск*

*e-mail: [s.k.golushko@gmail.com](mailto:s.k.golushko@gmail.com), [boris.pishchik@gmail.com](mailto:boris.pishchik@gmail.com)*

*Рассматриваются подходы к построению программного обеспечения инструментальной системы, предназначенной для создания автоматизированных систем управления технологическими процессами с учетом выполнения критериев функциональности и безопасности. Обсуждаются реализованные решения и проблемы для исследований.*

*Ключевые слова: АСУТП, структура инструментальной системы, информационная безопасность.*

От современных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) требуется реализация функций управления огромным количеством технологических операций. Эта объективная потребность вызывает разнообразные изменения в инструментальных системах разработки (ИС/SCADA) и архитектуре современных АСУТП.

Для достижения более быстрых результатов разработчики ИС используют распространенные инструментариумы и технологии (Microsoft Active X, .NET, WEB интерфейс) [1]. Кроме того, нередко ставятся задачи: интеграции данных АСУТП из разнообразных сетевых ресурсов (GRID) [2], интеграции с внешними подсистемами (MES, ERP) и обеспечения дистанционного доступа или обмена информацией. Таким образом, наблюдается рост числа модулей современных ИСР.

Расширение спектра цифровых устройств измерения и увеличение производительности программируемых логических контроллеров способствует перемещению программ управления на самые близкие к исполнительным механизмам уровни. Растет сложность программ управления и внутренняя интеграция компонент АСУТП.

Другой важной тенденцией современности стали участвовавшие кибератаки на промышленных объектах и возросшее внимание к обеспечению безопасности АСУТП [2-4].

Одним из важнейших направлений деятельности КТИ ВТ СОРАН является разработка инструментальных систем (ИС) для создания АСУТП объектов ответственного назначения. В рамках этого направления разработана ИС, на основе которой реализована АСУТП Северо-Муйского тоннеля (АСУТП СМТ)[5-6].

Инструментальная система имеет в составе набор компонентов, реализующих функциональность достаточно произвольной АСУТП. Однако ряд свойств системы были продиктованы Заказчиком и объектами использования – железнодорожными тоннелями.

В состав ИС входят традиционные для SCADA компоненты: редактор мнемознаков, редактор мнемосхем, система сбора и первичной обработки данных, система передачи данных между компонентами системы (шина данных), система сообщений о тревогах, система управления доступом, архив системы, система управления средствами автоматизации, система разработки алгоритмов управления, служба синхронизации времени в системе и ряд других служебных компонентов. Общий вид главного кадра АСУТП СМТ, реализованной с помощью указанной ИС, представлен на рис 1.

Отметим ряд особенностей реализации функциональности и безопасности:

а) в «редакторе мнемосхем» для управления технологическими объектами введены микропулты, состав команд управления которых можно *конфигурировать* в зависимости от типа технологического объекта;

б) оператор или инженер АСУТП, выделив на мнемосхеме технологический объект, могут получить доступ к информации о *состоянии всего канала* передачи данных: модуль ввода/вывода, контроллер, компоненты передающих сетей;

в) разработки алгоритмов управления ведутся на *языке технологического программирования высокого уровня*, ориентированного на инженеров из состава эксплуатационного персонала СМТ, не имеющих опыта программирования;

г) проверка полномочий *непосредственно перед выполнением* команд управления;

д) динамическая *проверка состава и работоспособности* программного обеспечения контроллеров.

Наряду с достигнутыми результатами часть проблем находится в стадии исследования и реализации.

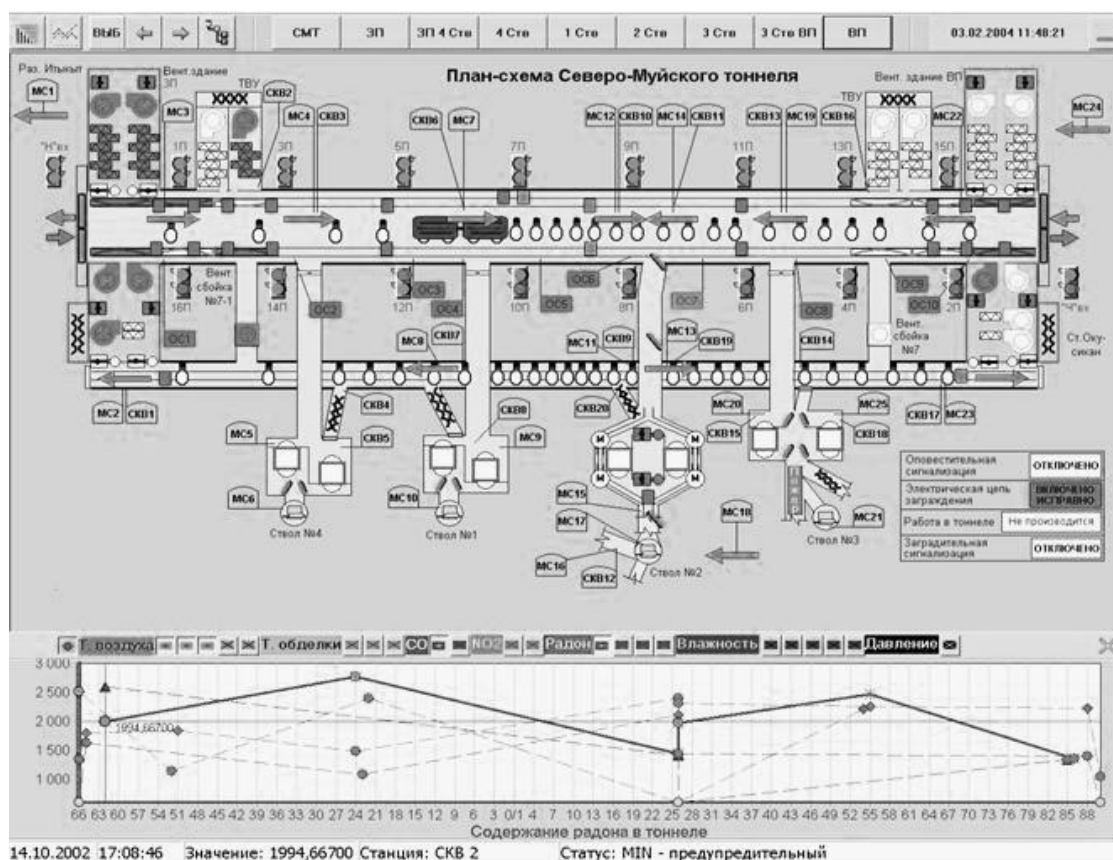


Рисунок 1 – Главная мнемосхема АСУТП СМТ на панели диспетчера

*Проблемы, связанные со структурой (распределенностью) объекта управления.*

Объекты управления в Северомуйском тоннеле вследствие его большой протяженности (15,3 км – самый длинный в России и 6-й по протяженности в мире) могут образовывать группу, управление которой не возможно в пределах программного обеспечения одного контроллера.

Таким образом, возникает задача реализации программы группового управления на сети контроллеров. С одной стороны, проблема состоит в определении самой структуры программного обеспечения, реализующего групповое управление, -

реализуется ли алгоритм с привлечением верхнего уровня системы или это делается только на уровне контроллеров. С другой стороны, необходимо учесть возможность отказа в локальной сети АСУТП и определить стратегию резервирования (данных, кода) для обеспечения отказоустойчивости выполнения программы управления. При этом реализация теоретически обоснованных алгоритмов должна удовлетворять ограничениям на время исполнения алгоритма группового управления для данной предметной области.

В АСУТП СМТ реализован двухуровневый алгоритм группового управления с учетом дублированной локальной сети и оптоволоконного кольца, а также кластера на верхнем уровне.

#### *Проблемы, связанные с безопасностью АСУТП.*

Будем говорить, что АСУТП является безопасной, если программно-аппаратный комплекс, выполняет заданные функции и обладает устойчивостью к отказам его компонентов и внешних несанкционированных воздействий.

Обзор состояния безопасности АСУТП, проведенный компанией Positive Technologies в 2012 году, показал довольно тревожную картину[3]. Резко увеличивается число обнаруженных уязвимостей. С 2010 по 2012 гг. обнаружено в 20 раз больше уязвимостей, чем за предыдущие 5 лет. Каждая пятая уязвимость устраняется дольше месяца, 50% уязвимостей позволяют хакеру запустить выполнение кода.

Основные проблемы информационной безопасности АСУТП, выделяемые экспертами проистекают из:

- слабой защиты от несанкционированного доступа (пароли),
- недеklarированных возможностей SCADA,
- отсутствия контроля управляющих воздействий (совокупность параметров),
- отсутствия четких границ между разными сегментами сети,
- несвоевременного или некорректного обновления программного обеспечения,
- дистанционных методов управления,
- веб-технологий, используемых на верхнем уровне АСУ ТП,
- распространения Windows в качестве основной операционной системы и для рабочих станций, и даже для серверов,
- разработки в расчете на выполнение в доверенной среде закрытых промышленных сетей,
- разработки систем без учета лучших практик разработки безопасного кода,
- человеческого фактора – слабой дисциплины сотрудников.

Перечисленные проблемы можно сгруппировать по трем классам: сетевые проблемы, проблемы системного программного обеспечения (ПО) и проблемы прикладного ПО.

Разработкой решений для обеспечения безопасности на уровне сетевого взаимодействия активно занимаются как поставщики сетевого оборудования [8], так и интеграторы. Для защиты верхнего уровня АСУТП от попыток несанкционированного доступа со стороны корпоративного сегмента ЛВС и сохранения при этом информационного взаимодействия между сегментами предлагаются аппаратно-

программные решения (системы одностороннего межсетевое взаимодействия [9], а для защиты на уровне контроллеров – специализированные промышленные полевые межсетевые экраны [9]). Основная задача на этом уровне – контроль допустимых команд (функций) прикладного уровня протокола. Активно ведущиеся в этом направлении как зарубежные, так и отечественные разработки показывают актуальность создания таких систем предотвращения атак.

В проекте АСУТП СМТ контроль команд управления производится на верхнем уровне, исходя из контекста вызова функции управления и текущей роли инициатора команды. Безопасность и корректность работы контроллера проверяется в соответствии с заданным составом программного обеспечения.

Безопасность прикладного программного обеспечения зависит от наличия уязвимостей среды исполнения (операционных систем, компиляторов, СУБД и т.п.). Поэтому активно ведутся работы по созданию защищенных операционных систем реального времени [11], способных стать доверенной средой исполнения для АСУТП. Как правило, основой таких операционных систем являются Юникс подобные операционные системы (ОС). Так в проекте АСУТП СМТ на контроллерах используется ОС QNX 4.25, а на кластере системы – ОС Solaris. В настоящее время в КТИ ВТ СОРАН ведется разработка инструментальной системы для построения АСУТП с определенной степенью безопасности. Такими критериями могут быть как набор уязвимостей, так и регламентирующие документы, например, приказ ФСТЭК № 31 [12]. В качестве основы для разработки выбрана открытая ОС Ubuntu, в которой реализуется дополнительное управление безопасностью для приложений класса АСУТП.

Традиционным подходом к обеспечению безопасности прикладных систем является технология, основанная на определении модели угроз [13] и обеспечения соответствующей защиты. Рекомендуемые в стандартах [7] и регламентирующих документах [13] меры безопасности реализуются посредством регламентов и иерархической системы технических и программных средств. Конечно, целью таких документов является описание самого полного набора требований, выполнение которых на момент выхода документа, способно максимально снизить уязвимость прикладной системы.

Другим подходом обеспечения защиты может быть определение модели штатного поведения системы. Тогда всякое отклонение от этой модели расценивается как нарушение ее безопасности. Важным является вопрос о способе реализации такой модели. Наиболее распространенный, но не единственный вариант, – представление модели в виде конфигурационных файлов. Защищенность системы в этом случае связана с решением проблемы *безопасного* (в определенном выше смысле) представления модели.

В проекте АСУТП СМТ безопасность работы системы поддерживается как на верхнем уровне, так и на уровне контроллеров.

Отказоустойчивость верхнего уровня, как составная часть безопасности, обеспечивается посредством кластера. Доступ в систему и права на управление реализуются с помощью парольной защиты и иерархии ролей. Надежность работы среднего уровня обеспечивается динамическим *контролем состава и*

*работоспособности* программного обеспечения контроллеров. Контроль реализуется агентами на основе данных о конфигурации ПО контроллеров, которые в случае необходимости производят перезапуск необходимых программных компонентов.

Набор функций обеспечения безопасности, алгоритмы группового управления для распределенных объектов, а также методы *безопасного* представления модели объекта управления развиваются в текущих проектах КТИ ВТ СОРАН.

### Список литературы

1. Wanderware Russia,Ukraine&Belarus. Wanderware InTouch HMI. [Электронный ресурс] 2012.- Режим доступа: <http://www.wonderware.ru/html/Wonderware%20InTouch%20HMI.htm>.
2. Воронцов, А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами [Электронный ресурс] / А. Воронцов // Вопросы безопасности. Информационный бюллетень компании «Инфосистемы Джет». Информационная безопасность промышленных объектов. - Режим доступа: [http://www.jetinfo.ru/jetinfo\\_arhiv/informatsionnaya-bezopasnost-promyshlennykh-obektov/2011/?nid=77f3dbdaa8dfb77077c0888a712a3e1a](http://www.jetinfo.ru/jetinfo_arhiv/informatsionnaya-bezopasnost-promyshlennykh-obektov/2011/?nid=77f3dbdaa8dfb77077c0888a712a3e1a).
3. Грицай Г., Тиморин А., Гольцев Ю., Ильин Р., Гордейчик С, Карпин А. Безопасность промышленных систем в цифрах v2.1\*. [Электронный ресурс] / Г. Грицай, А. Тиморин, Ю. Гольцев, Р. Ильин, С. Гордейчик, А. Карпин. Режим доступа: [http://www.ptsecurity.ru/download/SCADA\\_analytics\\_russian.pdf](http://www.ptsecurity.ru/download/SCADA_analytics_russian.pdf).
4. Пищик, Б. Н. Безопасность АСУ ТП / Б.Н. Пищик // Вычислительные технологии. – 2013. - Т. 18. - Специальный выпуск Труды Всероссийской конференции «Индустриальные информационные системы-2013».
5. Pishchik, V. N. Software structure of Process Control System for distant railway tunnel / V. N. Pishchik // Proceedings of the IASTED International Conference “Automation, Control and Information Technology”. – 2002. - С. 83-85.
6. Третьяков Ю.Н., Хабаров В.И., Пищик Б.Н., Пахомова Г.Ф., Молчанов В.В., Полянкин Г.Н., Злыгостев И.Н., Шабалин В.Н. Создание автоматизированной системы управления технологическими процессами Северо-Муйского тоннеля / Ю.Н. Третьяков, В.И. Хабаров, Б.Н. Пищик, Г.Ф. Пахомова, В.В. Молчанов, Г.Н. Полянкин, И.Н. Злыгостев, В.Н. Шабалин // Труды Международной научно-практической конференции «Тоннельное строительство России и стран СНГ в начале века: опыт и перспективы». - 2002. - С.249-253.
7. Лукацкий, А. Стандарты безопасности АСУТП [Электронный ресурс] / А. Лукацкий. - Режим доступа: <http://www.slideshare.net/CiscoRu/ss-8690963>.
8. Cisco Inc. Архитектура и стратегия информационной безопасности Cisco. [Электронный ресурс] / Cisco Inc. // Информационный бюллетень. - Режим доступа: [http://www.cisco.com/web/RU/downloads/Cisco\\_Security\\_Architecture.pdf](http://www.cisco.com/web/RU/downloads/Cisco_Security_Architecture.pdf).
9. Мальнев, А., Лежин, А. Применение систем одностороннего межсетевое взаимодействия в АСУ ТП: транспорт промышленного протокола OPC./ А. Мальнев, А. Лежин // Information Security/Информационная безопасность.- 2013. – N 2. – С. 35.
10. Мальнев, А. Защита АСУТП: от теории к практике / А. Мальнев // Information Security/Информационная безопасность. - 2012. – N 6. – С. 24-26.

11. ООО «СВД Встраиваемые Системы». ЗОСРВ «Нейтрино» КПДА.10964-01. СВД Встраиваемые Системы. [Электронный ресурс] / ООО «СВД Встраиваемые Системы». - Режим доступа: <http://www.kpda.ru/products/kpda10964/>.

12. ФСТЭК России. Приказ ФСТЭК России от 14.03.2014 N 31 «Об утверждении Требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами» [Электронный ресурс] / ФСТЭК России // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». - Режим доступа:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_165503/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165503/).

13. Руководящие документы ФСТЭК по защите ключевых систем информационной инфраструктуры (КСИИ). [Электронный ресурс] / ФСТЭК России// ISO27000.ru. - Режим доступа: <http://www.iso27000.ru/>.

УДК 004:007.5:303.09

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АРХЕОЛОГИЯ

*С.Н.Гринченко<sup>(1)</sup>, Ю.Л.Щапова<sup>(2)</sup>*

*<sup>(1)</sup>Институт проблем информатики РАН, Москва; <sup>(2)</sup>МГУ им. М.В.Ломоносова  
e-mail: [sgrinchenko@ipiran.ru](mailto:sgrinchenko@ipiran.ru), [y\\_schapov@mail.ru](mailto:y_schapov@mail.ru)*

*Место и роль информационных технологий (в широком смысле) в истории Человечества рассмотрены с позиций следующих моделей: а) Человечества как самоуправляющейся иерархической системы, в эволюционном развитии которой выделены моменты системно-информационных переворотов и технологических революций; б) интерпретации основных этапов его исторического развития (в археологическую эпоху) посредством ряда Фибоначчи. Модельные подходы сопоставлены между собой и с имеющимися эмпирическими данными. Сделаны выводы о ведущей роли информационных технологий в историческом развитии Человечества как целого, и о зависимости хода истории Человечества от фундаментальных законов Мироздания.*

*Ключевые слова: информационные технологии, самоуправляющаяся система Человечества, метаэволюция, иерархическая адаптивная поисковая оптимизация, ряд Фибоначчи, археологическая эпоха*

Принято считать: «информационные технологии являются интеллектуальными компонентами технологий проектирования, производства и управления сложными процессами и структурами» [1]. Проектирование и управление сложными процессами обычно не мыслят без использования средств вычислительной техники, поэтому информационные технологии (ИТ) часто понимают именно как технологии компьютерные. Это нашло своё отражение в ГОСТ 34.003-90: «приемы, способы и методы применения средств вычислительной техники при выполнении функций сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных» [2]. ИТ определяют и как «способ рациональной организации повторяющихся информационных процессов (в

частности, связанных с преобразованием, хранением и передачей определённых видов информации)» [3].

Как показывает практика, большинство перечисленных выше функций было успешно реализовано и до появления компьютеров – на основе рукописных и печатных книг, брошюр, журналов, газет, листовок, стандартов, инструкций, технологических карт, библиографических указателей, картотек, каталогов и других бумажных носителей. Они не исчезли и не потеряли своего значения в «электронный век», несколько понизив свой статус на фоне новых ИТ. Очевидно, что «привязка» ИТ конкретно к электронному носителю неоправданно сужает область их применения.

Эволюция существа и роли ИТ в контексте исторического развития Человечества<sup>2</sup> заслуживает внимания. Необходимо выявить моменты появления новых ИТ. К таким переломным моментам следует относить в ретроспективе изобретение книгопечатания, компьютеров и сетевых ИТ, создание письменности как таковой, возникновение членораздельной речи, появление языка мимики и жестов, формирование сигнальных звуков и поз – вплоть до цефализации позвоночных как начальной точки этого процесса [4].

Нам удалось установить, что периоды между переломными моментами формирования новых ИТ отнюдь не произвольны – напротив, они связаны простейшей математической закономерностью! Этот поразительный факт непосредственно свидетельствует: в основе эволюционного развития личностно-производственно-социальной системы Человечества лежат фундаментальные законы Мироздания<sup>3</sup> [4].

### **1. Подходы к изучению периодизации исторического процесса в археологическую эпоху**

Особое место в изучении развития Человечества занимает периодизация. Периодизацию можно строить разными способами: индуктивно и дедуктивно. Наиболее распространены индуктивные методы. Однако такие методы не исчерпывают всех подходов к периодизации исторического процесса. Их дополняют дедуктивные методы и подходы, которые опираются на междисциплинарные понятия «развития Человечества».

*Информатико-кибернетический* подход позволяет интерпретировать структуру и развитие Человечества в терминах структуры и приспособительного поведения иерархической адаптивной поисково-оптимизационной системы [4-5]. Длительности периодов между *смежными моментами* возникновения *новых ярусов* в иерархии личностно-производственно-социальной системы Человечества (т.е. моментами «системных переворотов» в его истории) *соотносятся* как  $e^e = 15,15426...$  к одному и образуют геометрическую прогрессию<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> Здесь и далее мы, рассматривая «Человечество» как *самоуправляющуюся систему*, пишем это слово с заглавной буквы.

<sup>3</sup> Мы рассматриваем понятия «*личностно-производственно-социальная система*» и «*(самоуправляющаяся) система Человечества*» как синонимы.

<sup>4</sup> Числовой ряд с этим знаменателем впервые получили А.В.Жирмунский и В.И.Кузьмин при исследовании критических уровней в развитии биологических систем [6].



*Числовой (математический)* подход также междисциплинарный. Важные этапы развития Человечества в археологическую эпоху (АЭ) в его рамках могут быть представлены с помощью ряда Фибоначчи (РФиб): 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, ... Каждый член РФиб, начиная с третьего, равен сумме двух предыдущих, соотношение его смежных членов стремится к «золотому сечению» (т.е. с ростом РФиб к  $\varphi_1 = 1,618034\dots$ , с уменьшением РФиб – к  $\varphi_2 = 0,618034\dots$ ). РФиб в числовой модели обозначает хронологические вехи и связывает их с содержанием эволюции в археологическую эпоху. Простые операции выстраивания ряда в обратном порядке, замены запятой на тире и введения размерности «тысячелетий до н.э.» превратили РФиб в числовую хронологическую модель [7-9].

## **2. Информатико-кибернетическая модель системы Человечества**

Структура и приспособительное поведение систем неживой, живой и личностно-производственно-социальной природы могут быть представлены на языке *теории управления*, в терминах структуры и приспособительного поведения *информатико-кибернетического иерархического механизма* поисковой оптимизации (экстремального управления) целевых критериев энергетического характера [4-5, 10].

Для уточнения понятия *Человечества* используем термины, введённые в работе [4]: *метаэволюция* – процедура наращивания числа уровней/ярусов в иерархической системе в ходе её формирования как таковой; *меташаг* – момент возникновения нового яруса в иерархии метаэволюционирующей системы; *метафаза* – период развития между моментами возникновения в метаэволюционирующей системе смежных ярусов в иерархии. Тогда Человечество представляем и рассматриваем как *Человечество- $n$* , находящееся на  $n$ -й метафазе своей личностно-производственно-социальной метаэволюции.

Основные предположения о структуре и закономерностях прогрессивного развития Человечества были сформулированы в работе [4]:

**I. Система «Человечество»** – это совокупность последовательно возникающих иерархических оптимизационных подсистем, реализующих его приспособительное поведение. Возникновение новых усложняющихся подсистем не означает элиминации ранее возникших, напротив, они существуют параллельно, коэволюционируя при этом как между собой, так и с Биосферой Земли.

**II. Каждый меташаг** – системный «переворот» в развитии Человечества. Он включает три основные составляющие: а) *интеллектуально-информационную* (реализуется на иерархическом ярусе личности/индивида); б) *инфраструктурно-коммуникационную* (реализуется на вышележащих по отношению к нему иерархических ярусах; в) *производственно-созидательную* (реализуется посредством нижележащих по отношению к нему иерархических ярусов). Таким образом, в историческом развитии Человечества возможны следующие системные перевороты, связанные с возникновением:

– одноярусной иерархической подсистемы «Задолго-до-Человечества-0» (и *цефализации* позвоночных);

- трёхъярусной иерархической подсистемы «Пред-пред-Человечества-1»<sup>5</sup>, в основе которой находятся использующие «пред-пред-ИТ» сигнальных звуков и поз «пред-пред-люди» *Hominoidea*);
- пятиярусного «Пред-Человечества-2», в основе которого находятся использующие «пред-ИТ» мимики и жестов «пред-люди» *Homo ergaster*);
- семиярусного Человечества-3, в основе которого находятся использующие ИТ речи и языка люди-«речевики» *Homo sapiens*’;
- девятиярусного Человечества-4, в основе которого находятся использующие ИТ письменности люди-«грамотеи» *Homo sapiens*’’;
- одиннадцатиярусного Человечества-5, в основе которого находятся использующие ИТ тиражирования текстов (книгопечатания) люди-«индустриалы» *Homo sapiens*’’’;
- тринадцатиярусного Человечества-6, в основе которого находятся использующие компьютерную ИТ люди-«юзеры» *Homo sapiens*’’’’;
- пятнадцатиярусного Человечества-7, в основе которого находятся использующие сетевую ИТ люди-«сетевики» (*Homo sapiens*’’’’’ – впервые вышедшие в Космос КОСМ1-люди);
- семнадцатиярусного Человечества-8, в основе которого находятся использующие перспективную информационную нанотехнологию люди-«нановики» (*Homo sapiens*’’’’’’ – КОСМ2-люди). И так далее.

**III. Длительность** каждой последующей метафазы меньше длительности предыдущей в  $e^e = 15,15426...$  раз. Именно эта закономерность развития иерархических систем живой природы определяет *периодизацию* истории Человечества: 28,23 млн. л. до н.э. – 1,86 млн. л. до н.э. – 121 тыс. л. до н.э. – 6,1 тыс. л. до н.э. – ~1446 г. н.э. – ~1946 г. – ~1979 г. – ~1981 г. – ~1981 г. – ~1981 г. – ... [4-5].

Математическое следствие: все возможные меташаги личностно-производственно-социальной метаэволюции уже состоялись (к началу 1980-х гг.). Эту критическую точку в истории следует интерпретировать как факт завершения начальных фаз развития Человечества (обозначим их фигурально «младенчество–детство–отрочество–юность») и перехода его в фазу «зрелости» (по многим свойствам и сложности организации кардинально превосходящую предыдущие).

**IV. Пространственные характеристики** ярусов в иерархии и живого, и личностно-производственно-социального по логике вещей должны совпадать<sup>6</sup>.

К этим основным утверждениям примыкает ещё одно:

**V. Технологические «революции» в истории Человечества** – это следствия системных «переворотов», и поэтому причины их возникновения также системны. Интервалы между системными переворотами и иницируемыми ими

<sup>5</sup> Эта терминология была разработана и опубликована в 2007 г. [4] в контексте понимания того факта, что человек набирает свой потенциал, даже ещё не будучи человеком.

<sup>6</sup> Из этого утверждения следует, что основные характеристики метаэволюции Человечества, достигаемые на каждой данной метафазе протяжённость  $Y_n$  инфраструктурно-коммуникационных объектов и точность  $X_n$  используемых при этом производственно-созидательных технологий, – согласно модельным расчётным оценкам составляют соответственно: 4,2 м-64 м-1 км-15 км-222 км-3,37 тыс.км-51 тыс.км-773 тыс.км-11,7 млн.км... и 4,2 м-28 см-1,8 см-1,2 мм-80 мкм-5 мкм-0,35 мкм-23 нм-1,5 нм...

антропологическими/технологическими «революциями» в историческом прошлом Человечества закономерно уменьшаются в  $e^e = 15,15426...$  раз [4].

Интерпретация ряда модельных иерархических структур личностно-производственно-социальной системы и расчётных значений их параметров – это некоторая «система координат» в «историческом пространстве-времени». Именно она и определяет фундаментальные системные свойства Человечества как целого. Это утверждение позволяет считать, что в ходе «воплощения» *реальные* значения пространственно-временных характеристик *стремятся* к своим *идеальным* модельным значениям. Таким образом, *идеальные* системные параметры соответствуют наиболее *энергетически эффективным* структурам. Именно поэтому степень отклонения «реальности» от «идеала» может отражать потенциальный дисбаланс такой эффективности.

Схемы *информатико-кибернетической модели* (ИКМ) позволяют нам иллюстрировать ход личностно-производственно-социальной метаэволюции Человечества (см. рис. 1-3, на которых приведены оценки типичных линейных размеров ярусов в иерархии с точностью до порядка).

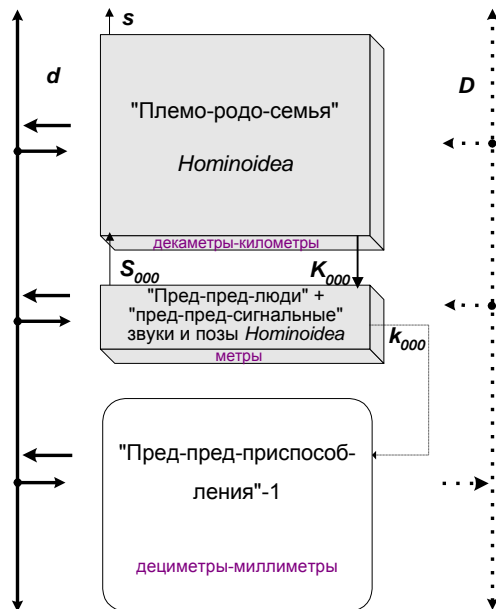


Рисунок 1 – Иерархическая подсистема «Пред-пред-Человечество»-1: лидировала с 28,23 до 1,86 млн. л. до н.э.

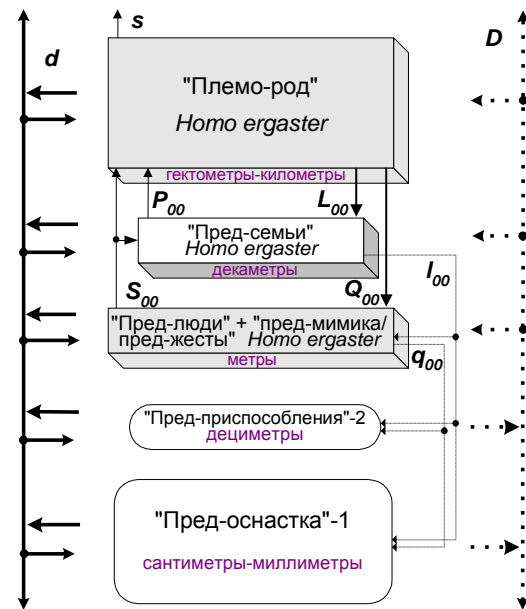


Рисунок 2 – Иерархическая подсистема «Пред-Человечество»-2: лидировала с 1,86 млн. до 121 тыс. л. до н.э.

Чтобы разобраться в этих схемах, нужно внимательно следить за направлением, нумерацией и толщиной стрелок. На рисунках использованы следующие обозначения. Восходящие стрелки (имеющие структуру «многие – к одному») отражают *первую* из пяти основных составляющих контура поисковой оптимизации – *поисковую активность* представителей соответствующих ярусов в иерархии, нисходящие сплошные (имеющие структуру «один – ко многим») отражают *вторую* – *целевые критерии поисковой оптимизации* энергетики системы Человечества, нисходящие пунктирные («один – ко многим») отражают третью – оптимизационную системную память социально-технологического (результат адаптивных влияний представителей

вышележащих иерархических ярусов на структуру вложенных в них нижележащих); полужирными стрелками в левой части схем показана четвёртая – антропогенная активность индивидов и их групп, которую целесообразно трактовать как «трудовую деятельность по созданию соответствующего инструментария и результатов его применения»; пунктирными полужирными стрелками в правой части схем пятая – антропогенная системная память личностно-производственно-социального (процессы вовлечения результатов антропогенной активности в структуру – «тело» – соответствующей иерархической подсистемы Человечества) (подробнее см. в [4-5, 10-12]).

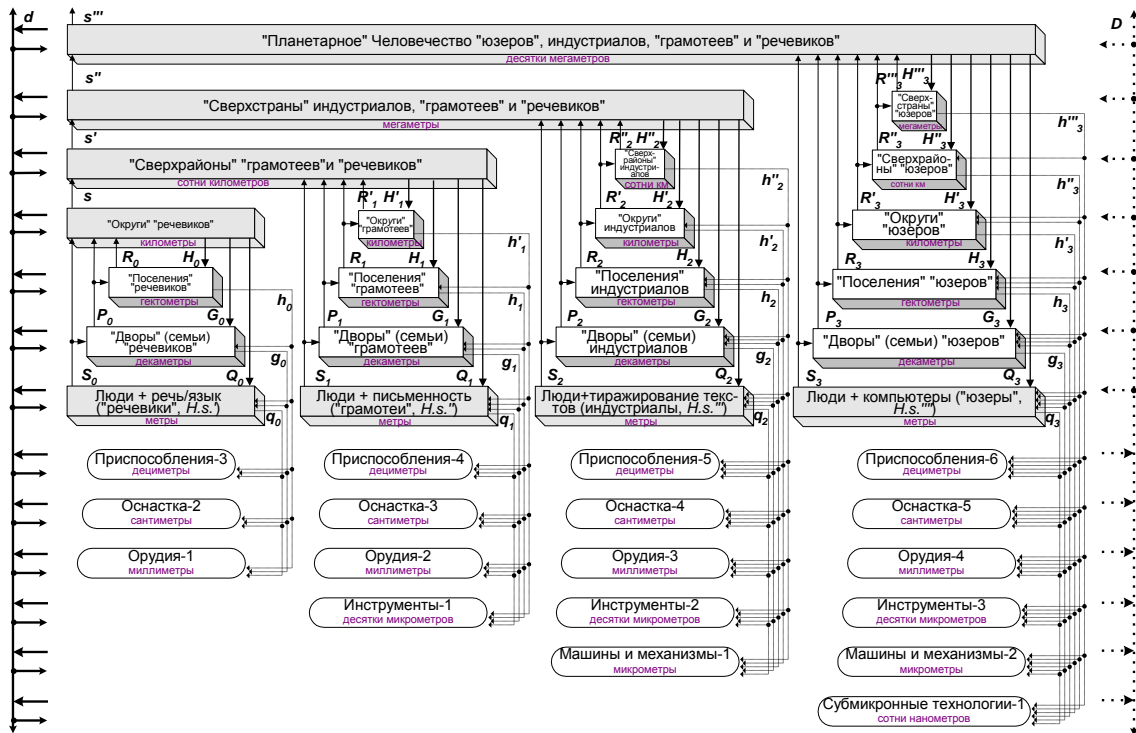


Рисунок 3 – Иерархические подсистемы Человечество-3 (лидировала с 121 до 6,1 тыс.л. до н.э.), Человечество-4 (лидировала с 6,1 тыс.л. до н.э. до ~1446 г.н.э.), Человечество-5 (лидировала в период ~1446 г.–1946 г.) и Человечество-6 (лидировала в период 1946 г.–1979 г.)

Как легко видно из этих схем, ИТ действительно занимают центральное/ведущее место в кибернетической системе Человечества на всех этапах её развития.

### 3. Числовая модель хронологии и периодизации археологической эпохи

В качестве *математической (числовой) модели* хронологии и периодизации археологической эпохи ранее мы предложили использовать ряд Фибоначчи (РФиб) [7]. Ряд Фибоначчи формально задаётся рекуррентным (итеративным) соотношением:  $F_1 = 1, F_2 = 1, F_{n+1} = F_n + F_{n-1}$ , что даёт последовательность: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, ... Соотношение соседних чисел в ряду Фибоначчи стремится к «золотому сечению», причём с ростом номера числа – со всё большей точностью. Если преобразовать форму записи РФиб, т.е. заменить запятую на

тире и добавить к безразмерным (натуральным) числам этого ряда размерность (наименование) «тысяч лет», то окажется, что ряд Фибоначчи приобретёт новый смысл.

Выстроенный в обратном порядке, РФиб моделирует, с достаточной точностью, известную археологическую хронологию «веков»: 1 тысячелетие н.э. – поздний железный век, 1 тысячелетие до н.э. – ранний железный век, 2 тысячелетие до н.э. – средняя и поздняя бронза, 3 тысячелетие до н.э. – ранняя бронза, 5 тыс. лет до н.э. – энеолит, 8 тыс. лет до н.э. – неолит, 13 тыс. лет до н.э. – мезолит, 21 тыс. лет до н.э. – пик верхнего палеолита, и т.д. Именно этот факт, привлекший в своё время внимание Ю.Л.Щаповой, инициировал продолжение ею исследований в этом направлении. Ряд Фибоначчи, преобразованный таким путем, в дальнейшем была названа нами «Фибоначчиевой» моделью хронологии и периодизации археологической эпохи (ФМАЭ). Построение такой модели требует принятия специальных мер. Традиционно используемый отсчёт времени – «до нашей эры» и «нашей эры» – обострил проблему направленности исторической хронологии.

Очевидно, что между соответствующими членами ФМАЭ – т.е. между двумя единицами – необходимо ввести обозначение-конструкт типа «0\*», где цифра «0» будет символизировать *начало* соответствующего периода <sup>7</sup> отсчёта в реальном ходе времени (т.е. цифру, расположенную слева от тире), а знак «\*» указывает на смену в этот момент направления счёта времени (известного как смена «эр»).

#### 4. Археологическая эпоха как исторический феномен

Словосочетание «*археологическая эпоха*» (АЭ) мы употребляем как термин [9]. Он соответствует крупномасштабной эволюции Человечества. Таким образом, базируясь на числовой модели РФиб, оказалось возможным дополнительно детализировать понятие «*археологическая субэпоха*» (АСЭ). Каждая АСЭ – макроединица измерения эволюционного процесса внутри АЭ. АСЭ в модельном представлении – это перекрывающиеся отрезки РФиб, которые имеют трёхфазную структуру, в состав которой входят две скрытые и одна явная фазы. Первая *скрытая* фаза содержит два периода – начальный и завершающий – *становление человека-носителя и создаваемого им материального производства*. Вторая фаза *явная* и содержит три периода – начало, кульминация и завершение – *эволюция человека-носителя и материального производства, а также становление и эволюция материальной, социальной и духовной культур*. Третья фаза *скрытая* и содержит один период – *инволюция человека-носителя и всех созданных им производств и культур*.

Представление об АСЭ обладает значительной эвристической силой, поскольку позволяет сравнивать между собой функционально аналогичные процессы, развёртывающиеся на совершенно разных исторических отрезках АЭ. Перекрывающиеся АСЭ и очевидная параллельность в их развитии можно считать некоторой аналогией параллельности функционирования иерархических структур ИКМ (рис. 4). Это даёт повод говорить о *многолинейности* археологического времени.

---

<sup>7</sup> «Периодом» будем далее называть промежуток времени, заключенный между двумя соседними числами ФМАЭ (обозначается длинным тире) [8-9].

Дополнительная строка: 28657–17711–10946–6765–4181–2584–1597 (тыс. лет) введена в ФМАЭ из высших соображений: Аристотель полагал, что нельзя последующее знать на основании предшествующего, для которого нет первичного [13]. Именно этот отрезок времени, естественно названный нами «предысторией АЭ», и есть то самое «первичное»<sup>8</sup>

28657-17711-10946-6765-4181-2584-1597	0) предыстория археологической эпохи
<i>Homo habilis</i> 6765-4181-2584-1597-987-610 -377	1) археолит
Архантроп 1597-987-610-377-233-144-89	2) нижний палеолит
Палеоантроп 377-233-144-89-55-34-21	3) средний палеолит
Неоантроп-1 89-55-34-21-13-8-5	4) верхний палеолит
Неоантроп-2 21-13-8-5-3-2	5) неолит
Неоантроп-3 5-3-2-1-0*	6) энеолит+бронза
Неоантроп-4 2-1-0*-1	7) железо

Рисунок 4 – Хронология и периодизация истории Человечества по ФМАЭ

Строка модели 6765–4181–2584–1597–987–610–377 объемлет предшествующий нижнему палеолиту процесс, который Ю.Л.Щапова назвала археолитом (что значит «более старший, чем палеолит»). От даты 2584 тыс. лет отсчитывают возраст олдувайской культуры.

Очередные три строки описывают палеолиты, соответственно нижний (1597–987–610–377–233–144–89), средний, или мустье (377–233–144–89–55–34–21) и верхний (89–55–34–21–13–8–5). Как видно, каждая из этих частей палеолита строго соответствует выделяемой нами АСЭ. С середины II млн. лет (согласно модели, 1597 тыс. л.) начинается ранний ашель.

Следующая строка модели, в составе лишь пяти периодов (21–13–8–5–3–2), отражает суммарно субэпоху неолита, частью которой является мезолит (13-8).

Ещё одна строка, редуцированная до четырех периодов (5–3–2–1–0\*), отражает энеолит плюс бронзовый век, т.е. начало исторической эпохи.

Наконец, последняя строка модели, редуцированная до трех периодов (2–1–0\*–1), включает лишь основную историю железного века, завершение которого во II тыс.л. нашей эры, т.е. скрытый период его инволюции, протекало в пределах экстраполяции возможностей ФМАЭ.

Явные фазы последовательно замещают друг друга, на таком замещении основана традиция номинативной периодизации АЭ – олдован, ашель, мустье, верхний палеолит, неолит и далее. Но явным фазам каждой АСЭ параллельны скрытые фазы инволюции предыдущих субэпох и становления последующих. Это существенно увеличивает принятые оценки продолжительности АСЭ и позволяет уточнить представления о «взаимодействии» номинативной и модельной периодизации АЭ.

Преимущественный предмет археологического изучения – три периода явной фазы эволюции каждой АСЭ, поскольку именно они соответствуют истории материальной культуры, будь то ашель, мустье, верхний палеолит и т.д. Относительно

<sup>8</sup> Строка «предыстории АЭ» хорошо соответствует времени формирования иерархической подсистемы Пред-пред-Человечество-1, которая, согласно ИКМ, лидировала с 28230 до 1860 (тыс. л.) – см. выше.

«забегания вперед» и «переживания своего времени» широко известно. Объяснение этому и даёт ФМАЭ.

Как показано выше, каждую АСЭ – её материальное производство и культуру – создаёт иной человек, более сложно организованный, чем его предшественник. Действительно, первый (из известных сейчас) полный вариант материальной культуры создал архантроп, материальную культуру среднего палеолита – палеоантроп, материальную культуру верхнего палеолита – неоантроп (*Homo sapiens*) и т.д. Экстраполируя эти данные, можно полагать, что «протоисторию» в неолите создавал человек, более сложно организованный, чем собственно неоантроп, и которого можно было бы называть неоантроп-2. В той же логике можно предложить называть создателя бронзового века, организованного ещё более сложно, неоантроп-3, а создателя железного века – неоантроп-4.

В чём-то сходный процесс для начальных этапов эволюции Биосферы отмечал Г.А.Заварзин: «...картину эволюции удобнее изобразить лестницей, а не деревом. Лестница блоков даёт наглядную картину крупномасштабной аддитивной эволюции» [14].

### 5. Сопоставление модельных подходов

Периодизация истории, полученная с помощью ИКМ, и ФМАЭ, – расчётная (см. рис. 5). Сопоставляя расчёт с эмпирикой, нужно иметь в виду приблизительность последней.

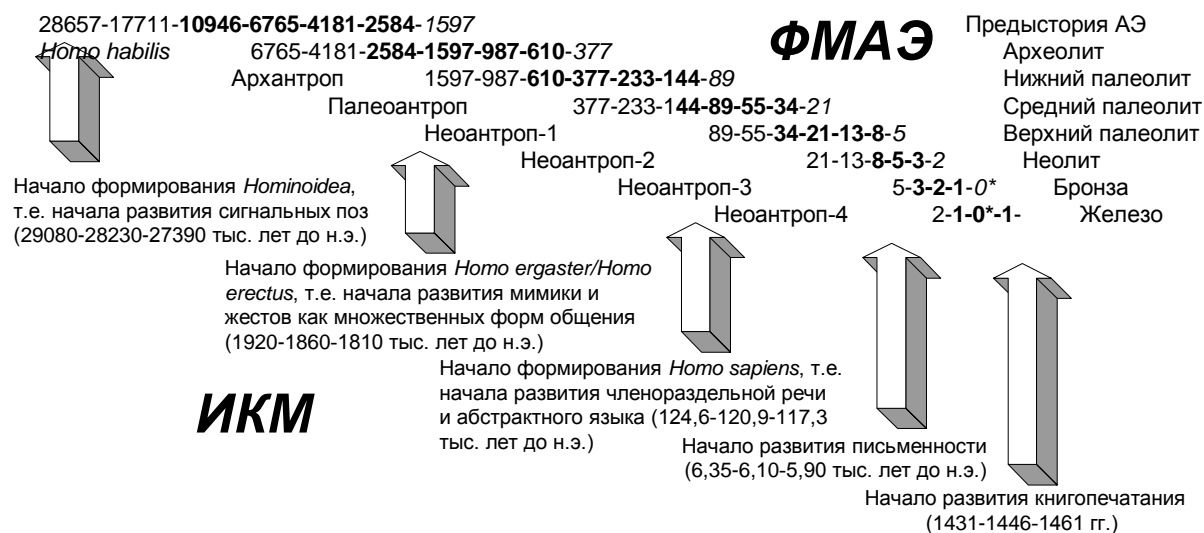


Рисунок 5 – Хронология и периодизация истории Человечества по ИКМ и ФМАЭ

Расчёты на основе ИКМ (использующие ряд Жирмунского-Кузьмина) относятся к длительностям лидирования последовательных метафаз в процессе развития Человечества. Расчёты на основе ФМАЭ (т.е. использующие РФиб) относятся к абсолютным возрастам соответствующих событий в АЭ. Однако последовательность разностей между смежными элементами в РФиб также представляют собою РФиб! Эта примечательная особенность ряда Фибоначчи сближает оба описываемых подхода настолько, что они не только описывают совпадающие тенденции, но и взаимно

дополняют друг друга. Некоторое рассогласование их синхронных элементов не превышает 15% – точности, вполне приемлемой в археологических исследованиях [15-18].

### **Заключение**

Числовые модели – информатико-кибернетическая и «Фибоначчиева» – описывают начальную историю Человечества. При этом ИКМ выделяет наиболее крупные её этапы, а ФМАЭ её детализирует, разделяя на 7 ступеней. Именно эти семь ступеней, или археологические субэпохи (АСЭ), и составляют историческое восхождение Человечества из глубин биосферы к высотам ноосферы.

Предложенные модели позволяют нам сформулировать следующие выводы:

1. Синтез информатико-кибернетической и «Фибоначчиевой» числовых моделей позволил создать новый инструмент описания и изучения археологической эпохи, и в частности – роли и места информационных технологий в развитии Человечества.

2. Этот новый инструмент позволил не только выявить структуру археологических субэпох и параллелизм в их развитии, но и сформировать представление о многолинейности времени.

3. Самый факт того, что основные вехи событий в историческом развитии Человечества могут быть рассчитаны, согласно формальным числовым моделям, представляется важным, поскольку выявляет непосредственную зависимость наиболее общих этапов хода археологической истории Человечества – маркируемых, кроме прочего, и моментами кардинального усложнения информационных технологий общения между людьми (с их аппаратным окружением) – от фундаментальных законов Мироздания.

### **Список литературы**

1. Норенков И.П. Слово первого главного редактора журнала «Информационные технологии» – <http://www.novtex.ru/IT/glavn.htm>.
2. Информационные технологии // ГОСТ 34.003-90, п. 4, Прил. 1
3. Колин К.К. Теоретические проблемы информатики. – М.: КОС ИНФ, 2009. – 222 с.
4. Гринченко С.Н. Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы). – М.: ИПИРАН, 2007. – 456 с.
5. Гринченко С.Н. Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры). – М.: ИПИРАН, Мир, 2004. – 512 с.
6. Жирмунский А.В., Кузьмин В.И. Критические уровни в процессах развития биологических систем. – М.: Наука, 1982. – 179 с.
7. Щапова Ю.Л. Хронология и периодизации древнейшей истории как числовая последовательность (ряд Фибоначчи) // Информационный бюллетень Ассоциации «История и компьютер», № 25, март 2000
8. Щапова Ю.Л. Археологическая эпоха: хронология, периодизация, теория, модель. – М.: КомКнига, 2005. – 192 с.
9. Щапова Ю.Л. Материальное производство в археологическую эпоху. – СПб.: Алетейя, 2011. – 244 с.



10. Гринченко С.Н. История Человечества с информатико-кибернетических позиций: проблемы периодизации // История и Математика: проблемы периодизации исторических макропроцессов. – М.: КомКнига, 2006. – С. 38-52.
11. Grinchenko S.N. Meta-evolution of Nature System – The Framework of History // Social Evolution & History. – 2006. – V. 5 (No. 1). – p. 42-88.
12. Гринченко С.Н. Пространство и время с позиции кибернетики. Часть 1 // Пространство и время, 2010. – № 2. – С.43-54. Часть 2 // Пространство и время, 2011. – № 1 (3). – С. 51-62.
13. Аристотель. Аналитики. Первая и вторая. – М.: Госполитиздат, 1952. 437 с.
14. Заварзин Г.А. Начальные этапы эволюции биосферы // Вестник РАН. – 2010. – № 12. – С.1085-1098.
15. Гринченко С.Н., Щапова Ю.Л. История Человечества: модели периодизации // Вестник РАН. – 2010. – № 12. – С.1076-1084.
16. Grinchenko S.N., Shchapova Yu.L. Human History Periodization Models // Herald of the Russian Academy of Sciences, 2010, V.80, № 6, pp. 498-506.
17. Гринченко С.Н., Щапова Ю.Л. Информационные технологии в истории Человечества. – М.: Новые технологии, 2013. – 32 с. (Приложение к журналу «Информационные технологии», № 8/2013).
18. Гринченко С.Н., Щапова Ю.Л. Пространство и время в археологии. Часть 1. Хронология и периодизация археологической эпохи // Пространство и время. 2013. № 2. С. 72-81; Часть 2. Разветвления в модели периодизации археологической эпохи // Пространство и время. 2013. № 3. С. 54-65; Часть 3. О метрике базисной пространственной структуры Человечества в археологическую эпоху // Пространство и время. 2014. № 1. С. 78-89; Часть 4. Доминанты деятельности субъектов в структуре археологических субэпох // Пространство и время. 2014. № 3. С. 144-156.

УДК 681.3

## **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ РАФИНИРОВАНИЯ МЕДИ**

*Д.Н. Гронь, А.Ш. Любанова, С.В. Ченцов  
Сибирский федеральный университет, Красноярск,  
e-mail: gdn84@mail.ru, lubanova@mail.ru, svchen@mail.ru*

*В работе обсуждается система поддержки принятия решений для повышения эффективности управления процессом электролитического рафинирования меди. Она создана на основе математической модели и алгоритма управления данным процессом, разработанного авторами. Система включает в себя компьютерный тренажёр, который позволяет моделировать управление процессом электролитического рафинирования.*

*Ключевые слова: система поддержки принятия решений, электролиз меди, автоматизация управления процессом электролиза.*

Управление сложными объектами, как правило, осуществляется в условиях недостатка и неточности информации, что может привести к принятию ошибочных решений и серьёзным ошибкам в управлении. В такой ситуации наиболее рациональным является применение современных информационных технологий для автоматизированного управления сложными процессами с помощью системы поддержки принятия решений (СППР). СППР необходимо использовать, когда процесс принятия решений, ввиду необходимости учета субъективного мнения, не может быть полностью формализован и реализован на ЭВМ. Такая система выступает в роли помощника, который позволяет расширить возможности человека, но не заменяет его мнение или систему предпочтений. Таким образом, СППР можно определить как человеко-машинную информационную систему, используемую для поддержки действий в ситуациях, когда невозможно создать автоматическую систему представления и реализации всего процесса оценки и выбора альтернатив.

Одним из наиболее сложных технологических процессов является процесс производства цветных металлов, в частности меди. Помимо высокого уровня сложности, металлургические процессы характеризуются неопределённостью изменения параметров и трудностью получения данных. Существующие в настоящее время логические и математические модели не позволяют корректно управлять таким процессом с помощью АСУ.

Процесс электролитического рафинирования относится к гидрометаллургическим процессам. Существующие в настоящее время СППР используются преимущественно для пирометаллургических процессов, например, в алюминиевой промышленности. В частности СППР «Стабилизация состава электролита на базе математической модели» [5] рассчитывает для каждого электролизера добавки сырья  $AlF_3$  для корректировки криолитового отношения электролита, как важнейшего параметра его химического состава.

Что касается автоматизации гидрометаллургических процессов, в [2] была разработана математическая модель процесса электролитического рафинирования меди и структура информационно-управляющей системы, на основе которой создан компьютерный тренажёр. В качестве исходных данных для построения моделей используются экспериментальные зависимости выходных показателей от входных и управляющих воздействий [4]. По полученным массивам экспериментальных данных строились полиномиальные регрессионные уравнения. С помощью компьютерного тренажёра была также исследована проблема повышения технико-экономических показателей процесса электролиза.

Данная работа является продолжением исследования, начатого в [2]. Основной целью данной работы является разработка алгоритма управления процессом электролитического рафинирования меди и построение СППР, как основной части информационно управляющей системы, на базе математической модели данного процесса.

### **Математическая модель процесса и постановка задачи управления**

Процесс электролитического рафинирования ведут в электролизерах, которые называют ваннами. Ванны изготавливают монолитные из железобетона, собирая их в

блоки по 10–20 ванн, а затем в серии, состоящие, как правило, из двух блоков. Учитывая агрессивность электролита, содержащего серную кислоту высокой концентрации, внутреннюю часть ванн футеруют. Внутренние размеры ванны не стандартизованы. Примерные размеры ванн: длина от 3,5 до 5,5 м, ширина от 1 до 1,1 м и глубина 1,2–1,3 м. Размеры электродов на разных заводах различны. С введением механизации разгрузочных работ стали применять аноды больших размеров – 860x860 мм. Масса анодов на некоторых заводах достигает 350 кг., а их количество – в среднем 43 штуки. Толщина анодов равна 35–45 мм.

Входными параметрами данного процесса являются плотность тока ( $D$ , А/м<sup>2</sup>); содержание серной кислоты в электролите ( $C_{H_2SO_4}^{эл}$ , г/л); содержание сульфата меди в электролите ( $C_{CuSO_4}^{эл}$ , г/т); содержание меди в электролите ( $C_{Cu}^{эл}$ , г/л); скорость подачи электролита ( $V$ , л/мин), а выходными - выход по току и производительность.

Для осуществления управления необходимо иметь специальные инструментальные средства, позволяющие формировать управляющее воздействие. В качестве такого средства предложен виртуальный объект управления – компьютерный тренажер, разработанный на основе математической модели процесса электролитического рафинирования меди [2]:

$$\begin{aligned} \eta_{Cu} = & 885.52052 + 0.01869 \cdot V + 0.01048 \cdot D^2 - 5.79232 \cdot D + 1.43 \cdot 10^{-4} \cdot (C_{H_2SO_4}^{эл})^2 \\ & - 0.01231 \cdot C_{H_2SO_4}^{эл} + 0.09 \cdot 10^{-5} \cdot (C_{Cu}^{эл})^2 - 4.98 \cdot 10^{-3} \cdot C_{Cu}^{эл} + \\ & + 3.5 \cdot 10^{-4} \cdot (C_{CuSO_4}^{эл})^2 - 0.07688 \cdot C_{CuSO_4}^{эл}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} Пр_{Cu} = & -122.6664 + 0.0145 \cdot V - 2.4 \cdot 10^{-3} \cdot D^2 + 1.30096 \cdot D + 3.6 \cdot 10^{-4} \cdot (C_{H_2SO_4}^{эл})^2 - \\ & - 0.09653 \cdot C_{H_2SO_4}^{эл} + 4.4 \cdot 10^{-5} \cdot (C_{Cu}^{эл})^2 - 2.7 \cdot 10^{-3} \cdot C_{Cu}^{эл} + \\ & + 2.1 \cdot 10^{-4} \cdot (C_{CuSO_4}^{эл})^2 - 0.0436 \cdot C_{CuSO_4}^{эл}, \end{aligned} \quad (2)$$

$$D = I S_{ан}^{-1}, \quad (3)$$

где  $\eta_{Cu}$  - оценка математического ожидания выхода по току  $\eta$ , %;  $Пр_{Cu}$  – оценка математического ожидания производительности электролизёра  $Пр$ , тонн/сутки;  $I$  – сила тока, кА;  $S_{ан}$  – площадь анодов, м<sup>2</sup>.

Модели построены по данным основной технологической выборки, для которой было произведено 67 измерений на одном лабораторном агрегате за полный технологический цикл. Измерения производились на ЦЭМ-1 и ЦЭМ-3 электролизного цеха НГМК и КУЭМ. Средняя плотность тока по ЦЭМ-1 275 А/м<sup>2</sup> и по ЦЭМ-3 310 А/м<sup>2</sup>. А диапазон изменений выхода по току составлял 84 – 92%.

Проверка моделей (1) и (2) показывает, что корреляционное отношение между экспериментальными и расчётными значениями для выхода по току  $R=0.989$ , а для производительности –  $R=0.987$ . Средняя относительная невязка для выхода по току и производительности не превышает 2%. Оценка общего качества регрессии по критерию Фишера при уровне значимости равном  $\alpha = 0,05$  и объеме выборки  $n = 100$  показала,

что гипотеза о независимости выхода по току и производительности от параметров, указанных в уравнениях (1) и (2), отклоняется. В данном случае для модели выхода по току выборочное значение статистики  $F=454.324$  больше чем  $F_{кр}=1.394$ , аналогично для производительности  $F=305.513 > F_{кр}$ . Все коэффициенты в моделях (1) и (2) статистически значимы. О законе распределения ошибок можно судить по выборочному значению статистики  $\chi^2_{в}$ . При уровне значимости  $\alpha = 0.05$  для выхода по току  $\chi^2_{в} = 3.881$ , а для производительности  $\chi^2_{в} = 13.991$ . Поскольку критическое значение  $\chi^2_{кр} = 14.067$ , для обоих уравнений выполняется  $\chi^2_{в} < \chi^2_{кр}$ . Следовательно, гипотеза о нормальном законе распределения ошибок модели принимается.

Адекватность построенных моделей подтверждена также проверкой статистической гипотезы о равенстве коэффициентов регрессионных моделей построенных по основной и контрольной выборкам.

Управление технологическими процессами, как правило, осуществляется по схеме регулирования в режиме настройки. В устройстве управления сравнивается желаемое и действительное значения выходных параметров. Это позволяет определить, насколько состояние объекта отличается от требуемого (задаваемого программой). Управление строится на основе системы функций невязки

$$I(\eta, \text{Пр}) = f_1(\eta_3 - \eta; \text{Пр}_3 - \text{Пр}), \quad (4)$$

$$V(\eta, \text{Пр}) = f_2(\eta_3 - \eta; \text{Пр}_3 - \text{Пр}), \quad (5)$$

с помощью которой рассчитываются управляющие воздействия, а именно, сила тока  $I$  и скорость циркуляции электролита  $V$  в зависимости от отклонения текущего значения каждого из выходных параметров от заданного. Здесь индексом "з" обозначает заданное (предпочтительное) значение контролируемого параметра. Задача управления в этом случае формулируется так: при заданных значениях параметров:  $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{эл}}$ ,  $C_{\text{Cu}}^{\text{эл}}$ ,

$C_{\text{CuSO}_4}^{\text{эл}}$  найти значения  $I$  и  $V$ , удовлетворяющие ограничениям

$$24 \leq I \leq 25, \quad (6)$$

$$12 \leq V \leq 30, \quad (7)$$

при которых  $\eta_3 - \eta \rightarrow \min$ ,  $\text{Пр}_3 - \text{Пр} \rightarrow \min$ . На практике обычно последние требования заменяются условиями

$$\eta_3 - \eta \leq \varepsilon_1, \quad \text{Пр}_3 - \text{Пр} \leq \varepsilon_2, \quad (8)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  - некоторые достаточно малые величины,  $\varepsilon_1 \geq 0$ ,  $\varepsilon_2 \geq 0$ , и задача управления формулируется так: при ограничениях (6) - (7) и заданных значениях  $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{эл}}$ ,  $C_{\text{Cu}}^{\text{эл}}$ ,

$C_{\text{CuSO}_4}^{\text{эл}}$  требуется с помощью соответствующих управляющих воздействий  $I$  и  $V$  добиваться того, чтобы значения целевых функционалов, т.е. выходных параметров  $\eta$  и  $\text{Пр}$ , в любой момент времени находились в достаточно малой окрестности  $\eta_3$  и  $\text{Пр}_3$ .

Процесс электролитического рафинирования относится к стохастическим процессам. Кроме того используемая математическая модель (1) – (3) является статистической. Поэтому при реализации управления процессом электролиза в режиме

настройки необходимо учитывать, что условия (8) должны выполняться в смысле математического ожидания:  $M[\eta_3 - \eta] \leq \varepsilon_1$ ,  $M[\text{Пр}_3 - \text{Пр}] \leq \varepsilon_2$ . Очевидно, что имея пусть и оптимальные статистические оценки математических ожиданий, нельзя точно проверить выполнение данных условий. Однако для любого фиксированного набора значений входных и управляющих воздействий можно испытать статистические гипотезы относительно неизвестного условного среднего.

$$H_0 : M[\eta_3 - \eta] \leq \varepsilon_1 \text{ и } M[\text{Пр}_3 - \text{Пр}] \leq \varepsilon_2;$$

$$H_1 : M[\eta_3 - \eta] > \varepsilon_1 \text{ и } M[\text{Пр}_3 - \text{Пр}] > \varepsilon_2.$$

Принятие гипотезы  $H_0$  даёт достаточно оснований объявить значения управляющих параметров  $I$  и  $V$  допустимыми, а принятие гипотезы  $H_1$  – недопустимыми.

При любом критерии проверки гипотезы возможны ошибки, когда недопустимые значения  $I$  и  $V$  объявляются допустимыми, либо допустимые значения объявляются недопустимыми. Устранить указанные ошибки, связанные с неточностью статистической модели, невозможно, однако их можно минимизировать выбором подходящего критерия проверки гипотезы  $H_0$ .

Поскольку в соответствии с принципом недостаточного обоснования оценки коэффициентов моделей (1) – (2) и соответственно условных средних  $M[\eta]$  и  $M[\text{Пр}]$  распределены апостериори по нормальному закону, оптимальным для данного закона распределения является критерий максимального правдоподобия [1]. Согласно данному критерию суммарная вероятность ошибочного решения будет минимальной, если статистические оценки условных математических ожиданий (1) и (2) удовлетворяют неравенствам (8) независимо от значений условных дисперсий. Регулирование значений управляющих воздействий требуется только тогда, когда нарушается хотя бы одно из условий

$$\eta_{\text{Cu}} \geq \eta_3 - \varepsilon_1, \quad \text{Пр}_{\text{Cu}} \geq \text{Пр}_3 - \varepsilon_2. \quad (9)$$

Введём обозначения:

$$d_{\text{Cu}} = 885.52052 + 1.43 \cdot 10^{-4} \cdot (C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{эл}})^2 - 0.01231 \cdot C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{эл}} + 0.09 \cdot 10^{-5} \cdot (C_{\text{Cu}}^{\text{эл}})^2 - 4.98 \cdot 10^{-3} \cdot C_{\text{Cu}}^{\text{эл}} + \\ + 3.5 \cdot 10^{-4} \cdot (C_{\text{CuSO}_4}^{\text{эл}})^2 - 0.07688 \cdot C_{\text{CuSO}_4}^{\text{эл}}; \quad d_{11} = 0.01048; \quad d_{12} = -5.79232; \quad d_{13} = 0,01869.$$

С учетом этих обозначений уравнение (1) примет вид:

$$\eta_{\text{Cu}} = d_{\text{Cu}} + d_{11}D^2 + d_{12} \cdot D + d_{14} \cdot V. \quad (10)$$

Аналогично запишем уравнение (2):

$$\text{Пр}_{\text{Cu}} = d_{\text{пр}} + d_{21} \cdot D^2 + d_{22} \cdot D + d_{23} \cdot V, \quad (11)$$

где

$$d_{\text{пр}} = -122.6664 + 3.6 \cdot 10^{-4} \cdot (C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{эл}})^2 - 0.09653 \cdot C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{эл}} + 4.4 \cdot 10^{-5} \cdot (C_{\text{Cu}}^{\text{эл}})^2 - 2.7 \cdot 10^{-3} \cdot C_{\text{Cu}}^{\text{эл}} + \\ + 2.1 \cdot 10^{-4} \cdot (C_{\text{CuSO}_4}^{\text{эл}})^2 - 0.0436 \cdot C_{\text{CuSO}_4}^{\text{эл}}; \quad d_{21} = -2.4 \cdot 10^{-3}; \quad d_{22} = 1.30096 \quad d_{23} = 0.0145.$$

Управляющие воздействия достаточно выбрать такими, при которых неравенства (9) обращаются в равенства, т.е. являются решением системы уравнений

$$d_{\text{Cu}} + d_{11}D^2 + d_{12}D + d_{13}V = \eta_3 - \varepsilon_1,$$

$$d_{\text{пр}} + d_{21} \cdot D^2 + d_{22} \cdot D + d_{23} \cdot V = \text{Пр}_3 - \varepsilon_2.$$

Решая данную систему уравнений, с учётом (3) получаем формулы для расчёта  $I$  и  $V$ :

$$I = \frac{\left( -d_{12}d_{23} + d_{22}d_{13} + \left( (d_{12}d_{23} - d_{22}d_{13})^2 - 4(d_{11}d_{23} - d_{21}d_{13})(d_{13}b_2 - d_{23}b_1) \right)^{1/2} \right)}{2(d_{11}d_{23} - d_{21}d_{13})} S_{\text{ан}}, \quad (12)$$

$$V = \frac{b_2 S_{\text{ан}}^2 - d_{21} \cdot I^2 - d_{22} I \cdot S_{\text{ан}}}{d_{23} S_{\text{ан}}}. \quad (13)$$

Здесь  $b_1 = \eta_3 - \varepsilon_1 - d_{\text{Cu}}$  и  $b_2 = \text{Пр}_3 - \varepsilon_2 - d_{\text{Пр}}$ . Таким образом, использование соотношений (12)–(13) позволяет выбрать режим, в наибольшей степени отвечающий поставленным требованиям.

### Математическая модель принятия решения

Моделирование процессов принятия решения включает в себя формирование исходного множества альтернатив и построение функции выбора. Альтернативами в данном случае являются все возможные состояния  $S$  системы, которые определяются наблюдаемыми и управляющими параметрами процесса (рис.1). Эти параметры будем называть атрибутами состояния. Согласно постановке задачи управления выбор наилучшей альтернативы при заданных наблюдаемых параметрах эквивалентен выбору значений управляющих воздействий  $I$  и  $V$ , при которых выполняются условия (9) для выходных параметров. Поэтому атрибуты  $I$  и  $V$  являются критериями альтернативы. Таким образом, исходное множество альтернатив  $\Omega$  состоит из всех возможных пар  $(I, V)$  удовлетворяющих ограничениям (6), (7). Каждую пару снова будем обозначать буквой  $S$ .



Рисунок 1 – Формирование исходного множества альтернатив

Для построения функции выбора определим на исходном множестве альтернатив  $\Omega$  булеву функцию  $f(S)$ , значение которой на альтернативе  $S$  равно 1, если предикат  $P(S) = (\eta_{Cu} \geq \eta_s - \varepsilon_1) \wedge (Pr_{Cu} \geq Pr_s - \varepsilon_2)$  принимает значение "истинно". Если значение  $P(S)$  – "ложно", то  $f(S) = 0$ . Зададим на исходном множестве альтернатив бинарное отношение  $R_f$  по следующему правилу: для любых  $S_1, S_2 \in \Omega$  выполняется  $S_1 R S_2 \Leftrightarrow f(S_1) > f(S_2)$ . Отношение  $R_f$  порождает нормальную функцию выбора  $C^R$  такую, что для любого  $X \subseteq \Omega$

$$C^R(X) = \{S^* \mid \forall S \in X \quad f(S) \leq f(S^*)\}.$$

Она эквивалентна функции выбора

$$C(X) = \{S \in X \mid f(S) = 1\}. \quad (15)$$

В данном случае множество недоминируемых альтернатив состоит из всех пар  $(I, V) \in C(\Omega)$ .

Таким образом, математическая модель управления процессом электролитического рафинирования меди включает в себя модель технологического процесса (1) - (3), технологические ограничения (6), (7), (13) и математическую модель принятия решения, состоящую из исходного множества альтернатив  $\Omega$  и функции выбора (15). Условие  $f(S) = 1$  обеспечивается формулами для расчёта управляющих воздействий (12), (13).

### Алгоритм функционирования СППР

Построенная математическая модель управления технологическим процессом позволяет разработать алгоритм функционирования СППР. Обработка информации в СППР осуществляется как оператором-технологом, так и с помощью математической модели управления технологическим процессом электролитического рафинирования меди. Для разграничения функций модели и человека необходимо составить алгоритм обработки информации в СППР, который будет определять место математической модели и действий оператора в системе управления.

Схема функционирования СППР включает в себя следующие этапы.

1. Оператор вводит исходные данные: состав анодного сырья, состав электролита (содержание меди в электролите и анодах, содержание серной кислоты и сульфатов меди в электролите, сила тока и скорость циркуляции электролита).
2. Оператор указывает, нужно ли учитывать случайные возмущения. Если нужно, то осуществляется переход к блоку 3, в противном случае – к блоку 4.
3. Оператор вводит случайные воздействия.
4. Система осуществляется опрос одного из датчиков входных параметров (сила тока, скорость циркуляции электролита, состав анодного сырья и электролита).
5. Система проверяет условия управления. Если  $P(S)$ ="истинно", то осуществляется переход к блоку 11.
6. Система производит расчёт  $I$  и  $V$  по формулам (12) – (13);
7. СППР выводит рекомендации по управлению в случае, когда текущие значения выходных параметров не соответствуют эталонным.
8. Оператор вводит рекомендованные значения  $I$  и  $V$  в систему.

9. Система производит расчет прогнозируемого выхода по току и производительности по математическим моделям (1) – (3).

10. Система проверяет, соответствуют ли выходные показатели эталонному значению (решается задача принятия решения). В случае «да» осуществляется переход к блоку 11, а в случае «нет» к блоку 6.

11. Система выводит на экран прогнозируемые выходные показатели: выход по току и производительность.

12. Система проверяет, произведён ли опрос всех датчиков. Если «нет» осуществляется опрос следующего датчика – переход к блоку 4, если «да» – к блоку 13.

13. Система выводит отчёта об итогах работы СППР.

На основе данного алгоритма функционирования разработана СППР, реализующая как режим управления реальным объектом, так и режим компьютерного тренажера (экспертной системы) [3].

Система работает следующим образом. Значения управляющих параметров выбираются, исходя из имеющегося опыта, или рассчитываются по формулам (12) и (13) для идеальных условий функционирования процесса.

Эффективность выбранного значения управляющего воздействия проверяется с помощью компьютерного тренажера путем введения рассчитанного управления. Если реакция СППР по управляющим воздействиям устраивает оператора, то выбранное управление применяется к реальному объекту управления. В противном случае выбор управления необходимо продолжить.

Численный эксперимент проводился при данных полученных на промышленном электролизёре, где было установлено 43 анода и их суммарная площадь составляет 30 м<sup>2</sup>. Показатели сняты при следующих входных и управляющих параметрах:  $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}^{\text{эл.}} = 100$  г/л,  $C_{\text{Cu}}^{\text{эл.}} = 80$  г/л,  $C_{\text{CuSO}_4}^{\text{эл.}} = 198$  г/л,  $D = 272$  А/м<sup>2</sup> и  $V = 19$  л/мин. Средний показатель выхода по току повышается с 87,46, что соответствует среднему выходу тока на реальном агрегате до 88,99 % и производительности – с 0,0498 т./сут. до 0,0506 т./сут. за один технологический цикл. С учётом границ доверительного интервала для невязки модели выхода по току [0.24, 0.34] с вероятностью 0.95 можно утверждать, что абсолютная погрешность вычисления выхода по току не превышает 0.34%. Поэтому достигнутый экономический эффект для выхода по току составляет не менее 1.19% с той же доверительной вероятностью. Аналогично экономический эффект производительности составляет 0.0006 т/сут.

### **Заключение**

В данной статье разработаны математическая модель и алгоритм управления процессом электролитического рафинирования меди. На основе этого алгоритма создана СППР. Использование СППР приводит к стабилизации качества управления, так как уменьшается диапазон колебания выхода по току и производительности, позволяет решить задачу автоматизации процессом электролитического рафинирования и увеличить показатель выхода по току и производительность, т.е. улучшить качество управления электролизом.



### Список литературы

1. Вошинин А.П., Сотиров Г.Р. Оптимизация в условиях неопределённости / А.П. Вошинин, Г.Р. Сотиров. М.: Изд-во МЭИ, «Техника» (НРБ), 1989. 224 с.
2. Гронь Д.Н., Горенский Б.М. Информационно-управляющая система процессом электролитического рафинирования меди // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Техника и технологии», 2009. Т. 4. №3. С. 301-310.
3. Гронь Д.Н., Горенский Б.М., Озерова Е.Л. Система поддержки принятия решений «Электролитическое рафинирование меди» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ Роспатент № 2011610263, 11.01.2011.
4. Зотков О.М. Электроосаждение меди: технико-экономический аспект. Ч.1. Теория и практика электроосаждения меди / О.М. Зотков. Красноярск: Изд-во Красноярского ун-та, 1992. 200 с.
5. Манн В.Х., Юрков В.В., Пискажова Т.В., Требух О.А., Никандров К.Ф. Стабилизация состава электролита на базе математической модели // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ Роспатент №2003612185, 23.09.2003.

УДК 519.63,004.021, 004.942

### НАУКОЕМКИЙ ПРОГРАММНЫЙ WEB-ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИИ УГОЛЬНОГО РЕГИОНА

*А.М. Гудов, С.Ю. Завозкин, И.В. Григорьева, Л.В. Бондарева, Н.Н. Окулов*  
*Кемеровский государственный университет, Кемерово*  
*e-mail: [good@kemsu.ru](mailto:good@kemsu.ru), [shade@kemsu.ru](mailto:shade@kemsu.ru), [igriva@list.ru](mailto:igriva@list.ru), [l.v.kemerova@mail.ru](mailto:l.v.kemerova@mail.ru),  
[onick7@yandex.ru](mailto:onick7@yandex.ru)*

*Работа посвящена описанию прототипа информационно-вычислительного портала, создаваемого в Кемеровском государственном университете с целью предоставления доступа широкого круга инженерам, студентам, аспирантам и другим заинтересованным пользователям к решению прикладных задач экологии Кузбасса. В качестве элементов прототипа представлены: решение задачи движения примесей в затопленной шахте; виртуальная лаборатория по изучению параллельного программирования; система доступа к распределенным вычислительным ресурсам. Работа выполняется в рамках задания № 2014/64 на выполнение государственной работы «Организация проведения научных исследований».*

*Ключевые слова: информационно-вычислительный портал, математическое моделирование, метод сеток, виртуальная лаборатория, высокопроизводительные вычисления.*

Предприятия угольной промышленности оказывают существенное негативное влияние на все компоненты окружающей среды Кузбасса, вызывая нежелательное их изменение. Экологическая ситуация усугубляется высокой стоимостью природоохранных объектов, сложностью изыскания средств на финансирование, отсутствием в ряде случаев научно обоснованных рекомендаций по снижению

отрицательного воздействия горных работ на окружающую среду и ликвидации последствий этого воздействия. Большое влияние разработка угольных месторождений оказывает на состояние водных ресурсов региона. Увеличивается количество сточных вод на предприятиях угольной промышленности, которые являются серьезным источником загрязнения водных ресурсов. Многие из входящих в состав сточных вод компоненты способны накапливаться в водоемах, аккумулироваться водными организмами, вызывая необратимые последствия в водной среде.

По сравнению с другими, метод очистки сточных вод в отработанных горных выработках затопленных угольных шахт позволяет значительно сократить затраты. В Кузбассе впервые в мировой практике данную методику опробовали на шахте Кольчугинской для очистки сточных вод углеобогатительной фабрики Комсомолец. Предполагается, что закачанные в выработку жидкие промышленные отходы будут очищаться за счет отстаивания и разбавления фильтрующимися грунтовыми водами.

При всей экономической привлекательности применения такого метода очистки остается актуальной и важной проблема исследования и прогнозирования вероятных сценариев развития протекающих внутри процессов. Так наиболее опасным возможным сценарием может стать «залповый выброс» накопленных примесей, когда будет наблюдаться даже кратковременное увеличение концентрации и объема примесей в откачиваемой жидкости. Причинами возникновения данного явления могут стать изменения внутренней структуры выработки из-за обрушения верхней кровли или слеживания накопившегося осадка, сезонное изменение гидрологического режима в регионе, а как следствие увеличение объема фильтрующихся грунтовых вод и другие факторы. Т.к. обводненная выработка представляет собой «черный ящик», реальные измерения каких-либо параметров возможны лишь на входе и выходе, то численное моделирование процесса очистки промышленных стоков является практически единственным инструментом позволяющим оценить воздействие такого проекта на экологию нашей области.

Зачастую созданные в процессе развития наукоемких технологий программные средства остаются либо в распоряжении разработчиков, либо собираются в проблемно-ориентированные пакеты и используются только узким кругом специалистов. Это обусловлено, прежде всего тем, что такое программное обеспечение решает узкопрофессиональные задачи, является сложным в эксплуатации, постоянно требует доработки при расширении постановки решаемой задачи. Такое программное обеспечение является уникальным, лицензии на его использование обладают большой стоимостью (порядка 2500 \$ за процессор или 900 – 1500 \$ на пользователя). Современные информационные технологии позволяют резко удешевить стоимость проведения вычислительного эксперимента и расширить круг пользователей за счет создания облачных вычислений и специализированных WEB-сервисов.

Цель реализуемого проекта – создание наукоемкого web-ориентированного программно-технологического комплекса для решения экологических задач для угольного региона, доступного широкому кругу исследователей, инженеров, студентов, аспирантов.

В рамках выполнения проекта требуется решить следующие задачи:

- создать математические модели для решения поставленных прикладных экологических задач;
- провести вычислительные эксперименты на базе центра коллективного пользования по высокопроизводительным вычислениям;
- верифицировать результаты численных экспериментов на массиве статистических данных предприятий угольной промышленности Кемеровской области;
- создать прикладное программное обеспечение на основе web-приложения (информационно-вычислительный портал);
- создать виртуальный лабораторный практикум и методическое обеспечение для проведения образовательного процесса на его базе;
- запустить в тестовую эксплуатацию вычислительный портал, разработать нормативную базу для сдачи в аренду созданных математических моделей, алгоритмов, прикладного программного обеспечения.

Таким образом, реализация проекта ведется по следующим основным направлениям: 1) создание математических моделей и программных компонентов для решения задач затопления шахт и газификации углей; 2) моделирование и реализация программно-технологической web-платформы для предоставления набора сервисов по выполнению функций информационно-вычислительного портала; 3) создание образовательной компоненты в виде виртуального лабораторного практикума по параллельному программированию; 4) организация доступа к собственному вычислительному ресурсу (центр коллективного пользования высокопроизводительных вычислений) и другим вычислительным ресурсам, предоставляемым конечному пользователю на сторонних площадках или в облаке.

В рамках выполнения задач по первому направлению построена многопараметрическая математическая модель, основные положения которой приводятся ниже.

Будем предполагать, что: 1) в отработанную горную выработку подаются промышленные стоки, содержащие только нерастворенные примеси с известными концентрациями; 2) через верхнюю кровлю в выработку поступают грунтовые воды, не содержащие нерастворенные примеси; 3) частицы примеси не влияют на течение, но оседают под действием силы тяжести и распространяются по выработке за счет диффузии и переноса вместе с потоком воды; осевшие примеси могут накапливаться и «затвердевать» (слеживаться), если на протяжении некоторого времени не сносятся потоками воды; 4) так как скорость движения жидкости в затопленной горной выработке мала, то боковые стенки не оказывают существенного влияния на осаждение и подъем примеси, поэтому будем рассматривать только двумерную модель.

Задача о течении и распространении растворенных примесей рассматривалась в работах [1] - [5].

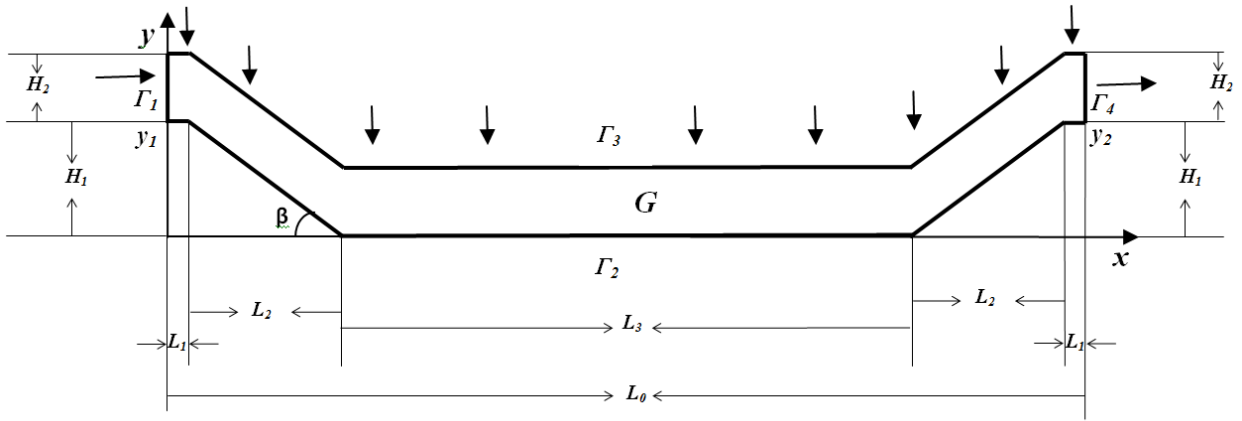


Рисунок 1 – Область решения для задачи об оседании примеси и слеживании осадка

Рассмотрим область решения  $G$ , характерной для затопленной горной выработки (Рисунок 1) с границей  $\partial G = \bigcup_i \Gamma_i$ ,  $i = 1, \dots, 4$ , где  $\Gamma_1, \Gamma_4$  - входное и выходное отверстия, соответственно, высоты  $H_2, H_1$ ,  $\Gamma_2, \Gamma_3$  - нижняя и верхняя границы, длины  $2L_1 + 2L_2 + L_3$ . Считаем, что жидкость является однородной, вязкой и несжимаемой. Течение такой жидкости описывается безразмерной системой уравнений Навье – Стокса в переменных «функция тока – вихрь» [6]

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial x} + v \frac{\partial \omega}{\partial y} = \frac{1}{\text{Re}} \Delta \omega; \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega. \quad (2)$$

Для системы уравнений (1) - (2) ставится следующие начальная и краевая задачи:

$$\begin{aligned} u|_{t=0} = 0, \quad v|_{t=0} = 0; \\ \Gamma_1 : u = u_0(t, x, y), \quad v = 0; \quad \Gamma_2 : u = 0, \quad v = 0; \\ \Gamma_3 : u = 0, \quad v = v_0(t, x, y); \quad \Gamma_4 : u = u_1(t, x, y), \quad v = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

В (1) – (3) используются следующие обозначения:  $\vec{U} = (u(t, x, y), v(t, x, y))$  - вектор скорости, заданный своими компонентами  $u, v$ ;  $u_0(t), u_1(t), v_0(t)$  - известные функции, определенные на границе области решения  $\partial G$ ;  $\text{Re} = \frac{\tilde{u} L_0}{\nu}$  - число Рейнольдса;  $\tilde{u}$  - характерная скорость, вычисляется как максимальная скорость входного потока;  $L_0$  - характерная длина;  $\nu$  - кинематическая вязкость;  $\Delta$  - оператор Лапласа.

Компоненты вектора скорости  $u, v$  связаны с вихрем  $\omega$  и функцией тока  $\psi$  соотношениями:

$$\omega = \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}, \quad u = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}.$$

Учитывая (3), зададим  $\omega$  и  $\psi$  на  $\partial G$  следующим образом:

$$\omega|_{t=0} = 0, \quad \omega|_{\partial G} = \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right)_{\partial G}; \quad \psi|_{t=0} = 0, \quad \bigcup_i \Gamma_i: \psi = \psi_i(t, x, y); \quad (4)$$

где  $\psi_i(t, x, y)$  – известные функции, которые выбираются таким образом, чтобы выполнялось условие  $\int_{\partial G} \frac{\partial \psi}{\partial n} = 0$  [7],  $n$  – направление внешней нормали.

Для моделирования распространения примеси используется уравнение переноса [8], учитывающее воздействие силы тяжести и диффузии:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + (v - v_s) \frac{\partial C}{\partial y} = D \left( \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) \quad (5)$$

с соответствующими начальными и граничными условиями:

$$\begin{aligned} C(x, y, 0) &= C_0(x, y); \\ \Gamma_1: C &= C_1(x, y); \quad \Gamma_2: D \frac{\partial C}{\partial y} + v_s C = C_D - C_{v_s}; \\ \Gamma_3: C &= C_1(x, y); \quad \Gamma_4: \frac{\partial C}{\partial y} = 0; \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь  $C_0(x, y)$ ,  $C_1(x, y)$ ,  $C_2(x, y)$  – заданные функции, определенные на границе  $\partial G$ ,  $C$  – концентрация оседающей примеси,  $v_s$  – скорость оседания примеси, характеризует массу оседающих частиц,  $D$  – коэффициент диффузии. На нижней границе области решения  $\Gamma_2$  определяется поток «тяжелой» примеси, равный разности расходов отрывающихся от дна частиц примеси  $C_D$  (отвечает за размыв осадка) и оседающих частиц  $C_{v_s}$  (определяет аккумуляцию примеси на дне).

Процесс отложения примесей моделируется так: если на протяжении времени  $t^*$  в области решения вблизи границы, концентрация осевшей примеси превышает пороговое значение  $C^*$ , то будем считать, что данная примесь перестает сноситься течением, и граница области решения переносится в соответствии с концентрацией  $C^*$  и временем  $t^*$ .

Поставленные дифференциальные задачи решаются методом сеток. Исходные дифференциальные краевые задачи аппроксимируются обычным образом на разностной, согласованной с границей, неравномерной сетке с шагом  $h_x, h_y$  по пространственным переменным и шагом  $\tau$  по времени [9]. Уравнение переноса вихря и уравнение переноса примеси решаются неявной схемой стабилизирующих поправок с противопоточной аппроксимацией конвективных членов [10]. Разностное уравнение Пуассона для функции тока решается методом минимальных невязок неполной аппроксимации с параметром – матрицей с использованием покомпонентной и глобальной оптимизации итерационных параметров [11].

Предполагается, что в начальный момент времени  $t=0$  в области решения нет примесей, и через входную границу в область начинается подача загрязненной жидкости. Через верхнюю кровлю фильтруются «чистые» грунтовые воды, а на выходной границе проводится откачка жидкости.

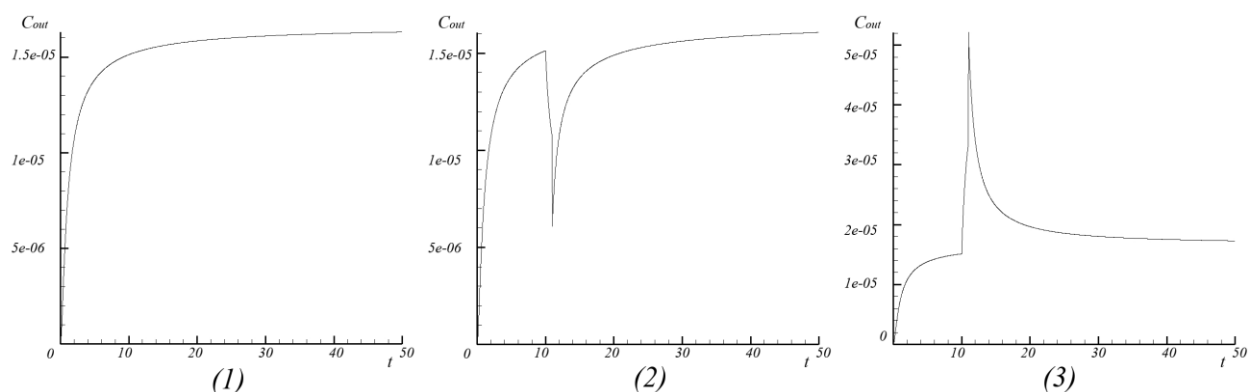


Рисунок 2 – График изменения количества примеси, выходящей из области решения (1) поток грунтовых вод постоянен; (2) поток грунтовых вод уменьшается в 4 раза в интервале времени  $t \in (10,11)$ ; (3) модель «залпового выброса» поток грунтовых вод увеличивается в 4 раза в интервале времени  $t \in (10,11)$

Основной характеристикой, показывающей насколько "эффективно" происходит процесс осаждения и накопления примеси является объем примесей, выходящих из области решения с потоком откачиваемой жидкости  $C_{out}$ . Когда поток поступающих в область грунтовых вод  $V_{in}$  постоянен, количество выходящей примеси равномерно увеличивается до некоторого уровня (Рисунок 2.1).

Но в случае любых колебаний  $V_{in}$  показатель  $C_{out}$  может существенно изменяться. При этом уменьшение объема поступающей жидкости не приводит к опасным последствиям (Рисунок 2.2), количество «выброса» уменьшается соответствующим образом и с восстановлением прежнего объема потока равномерно увеличивается.

Самым опасным развитием процессов осаждения и накопления илов является возможность так называемого «залпового выброса». Такая картина может наблюдаться, если, например, произойдет даже кратковременное увеличения объема фильтруемых грунтовых вод (Рисунок 2.3). Как видно из рисунка, в интервале времени от  $t=10$  до  $t=11$  вместе с увеличением  $V_{in}$  в 4 раза происходит резкое увеличение количества примеси на выходе из области решения. До момента времени  $t=10$  происходит равномерное увеличение величины  $C_{out}$ , а после  $t=11$  ее показатели уменьшаются до значения, полученного для аналогичной задачи с постоянным объемом фильтрующихся грунтовых вод (Рисунок 2.1).

Предложенная модель позволяет исследовать процессы течения и распространения, оседания нерастворенных примесей, с возможностью изменения формы выработки из-за накопления осадка. Моделирование осуществляется с учетом внутренних свойств жидкости, оперируя конечным набором параметров (скорость оседания, диффузия, интенсивность накопления и др.). Эмпирически подбирая входные

параметры задачи, можно моделировать примеси, обладающие разными свойствами. Модель позволяет прогнозировать момент «запирания» канала тока жидкости и возможность «залпового выброса».

В рамках реализации программно-технологической web-платформы требуется создать специализированный информационно-вычислительный портал, который обладал бы следующими основными функциональными возможностями:

- предоставление сервиса для решения сложных наукоемких задач экологической направленности для угольных предприятий региона;
- использование вычислительного кластера для проведения вычислительных экспериментов на базе центра коллективного пользования по высокопроизводительным вычислениям КемГУ (ЦКП ВПВ);
- предоставление картографического сервиса для наглядного представления полученных результатов;
- предоставление сервисов для отладки параллельных программ с использованием эмуляции вычислительного кластера;
- предоставление виртуального лабораторного практикума для образовательных целей; предоставление сервисов по учету используемых вычислительных ресурсов для целей обеспечения аренды разработанного программного обеспечения.

Работу с порталом можно осуществлять двумя способами.

1. Если пользователь не обладает достаточными знаниями и навыками специфики работы с порталом, он может сформулировать запрос в общем виде в соответствии с предложенным набором правил (Рисунок 3, блок 1). Если запрос требует уточнения, у пользователя запрашивается дополнительная информация (Рисунок 3, блок 2). Как только запрос конкретизирован, пользователю предлагается доступное решение (или набор решений) задачи в виде действий, которые ему необходимо выполнить.

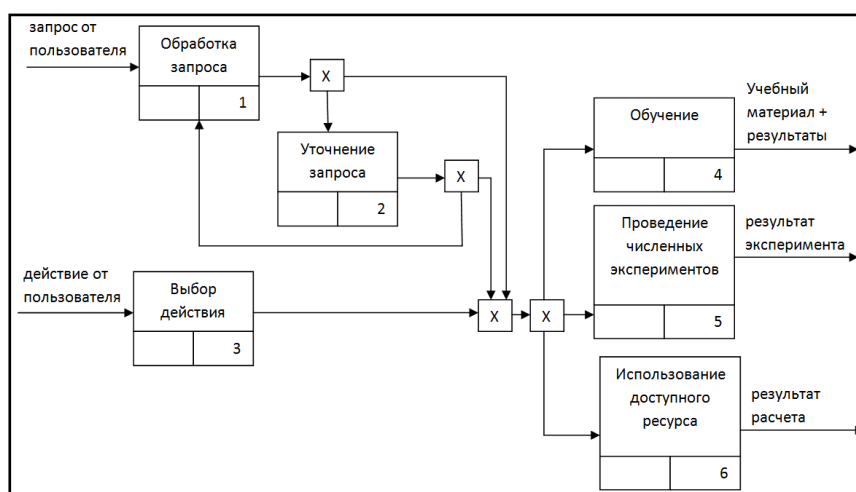


Рисунок 3 – Процесс использования информационно-вычислительного портала

2. В случае, если пользователь знает конкретно, что ему нужно на портале, он просто выбирает действие из списка возможных.

Портал предоставляет три крупных блока функций: для образовательных целей (Рисунок 3, блок 4); для решения наукоемких задач и проведения численных экспериментов с помощью имеющегося на портале инструментария (Рисунок 3, блок 5); для выполнения численных расчетов собственного программного кода на определенном вычислительном ресурсе (Рисунок 3, блок 6).

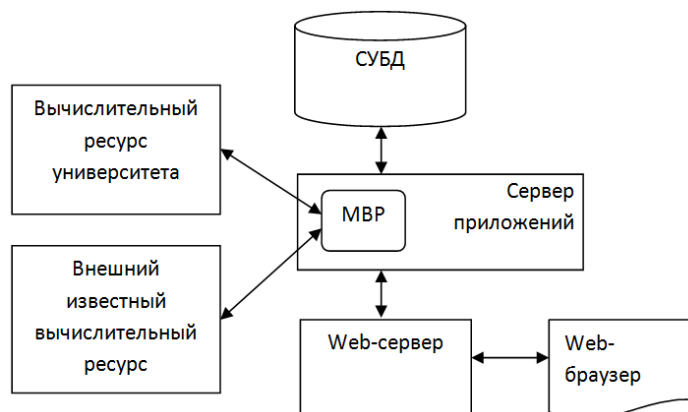


Рисунок 4 – Архитектура информационно-вычислительного портала

Для работы с системой пользователь использует браузер (Рисунок 4), который, взаимодействуя с системой посредством web-сервера, выполняет функции отображения данных [12]. Интерфейс пользователя обеспечивает ввод в систему новых объектов (исходные файлы расчетных программ, файлы начальных данных и пр.) и получение результатов расчетов в текстовом и/или графическом виде.

База данных содержит файлы пользователя и метаинформацию, необходимую для организации проведения расчетов (база пользователей, вычислительных ресурсов, журналы событий и т.п.). Менеджер вычислительных ресурсов (МВР) выполняет основную функцию системы – запуск программ на удаленных вычислительных ресурсах. МВР и сервер приложений занимают ключевое место в системе и обеспечивают связь между клиентской частью системы и вычислительными ресурсами. МВР взаимодействует с удаленными вычислительными ресурсами, отслеживает их состояние, обеспечивает двустороннюю передачу файлов и команд.

В качестве образовательной компоненты реализуется модуль виртуальной лаборатории по параллельному программированию. Модуль “Виртуальный лабораторный практикум по параллельным алгоритмам” является образовательным ресурсом, предоставляющим теоретический материал и экспериментальную площадку для реализации параллельных алгоритмов в рамках одной системы.

Модуль предоставляет полнотекстовый теоретический материал, структурированный по главам, с иллюстративным материалом и анимационными роликами по темам: реализация параллельных алгоритмов для кластеров с общей и распределенной оперативной памятью с использованием библиотеки MPI и директив OpenMP (матрично-векторные операции, точные и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений, сортировки внутренних массивов, генетические алгоритмы); вопросы сложности и теоретической оценки параллельных



алгоритмов. К статьям можно задавать вопросы, таким образом, появляется возможность организации обсуждения теоретического материала и, как следствие, улучшение качества его освоения.

Единый порядок доступа ко всем вычислительным ресурсам обеспечивает единый унифицированный подход к работе со всеми доступными вычислительными ресурсами. Пользователь, выбрав ресурс и средства реализации (язык программирования, средства распараллеливания, компилятор), реализует код программы во фреймворке, предложенном системой [13]. Для написанного кода программы пользователь может создать выполняемый файл или получить список ошибок компиляции (Рисунок 5).

В настоящее время модуль обеспечивает доступ к параллельным вычислительным ресурсам ЦКП ВПВ КемГУ. Модуль используется для разработки параллельных программ на языке C/C++ для систем с распределенной памятью с использованием библиотеки MPI, систем с общей памятью с использованием директив OpenMP, а так же для гибридных систем с использованием MPI и OpenMP. Он предоставляет доступ к серверам ЦКП КемГУ «Мастер» и учебному кластеру «Полигон».

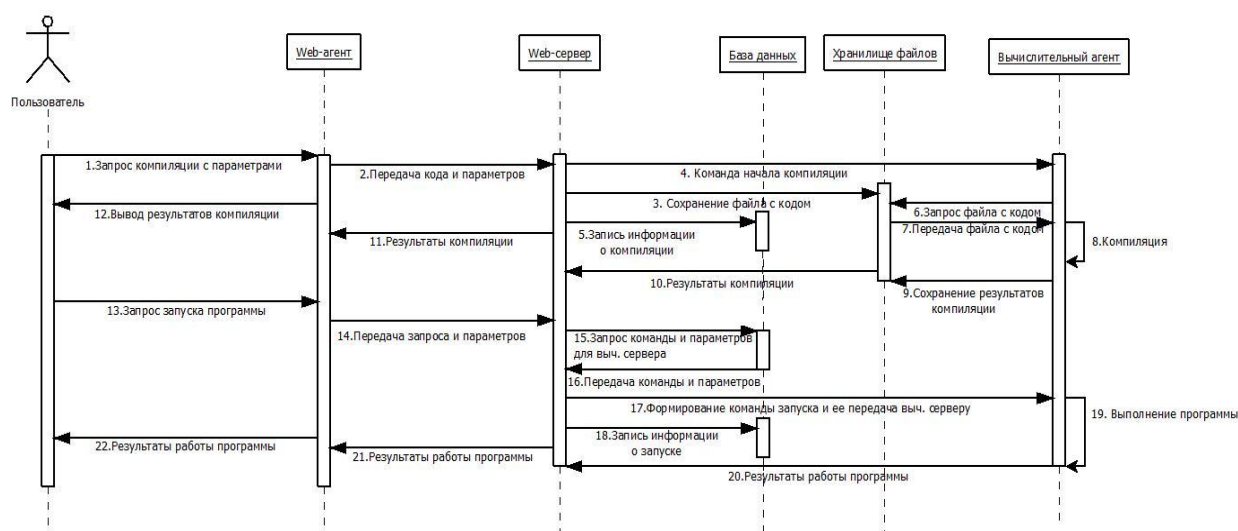


Рисунок 5 – Диаграмма последовательности действий компиляции и запуска программ.

Организация доступа к вычислительным ресурсам реализуется в соответствии со следующими основными принципами:

1. Унификация работы с вычислительными ресурсами.
2. Предоставление вычислительных ресурсов, адекватных требованиям пользователя. Организация гибкой системы распределения пользовательских задач по вычислительным ресурсам с учетом используемых средств реализации программ и средств распараллеливания, запрошенного объема оперативной памяти, с учетом приоритета пользователей (исследователи имеют больший приоритет, чем обучающиеся).
3. Прозрачность системы – предоставление информации пользователю о состоянии доступных вычислительных ресурсов и расчетов. Пользователь может

видеть состояние своих расчетов, положение очереди расчетов, отменять вычисления, получать результаты вычислений.

4. Организации доступа в удаленном режиме посредством предоставления web-интерфейса.

5. Нетребовательность к уровню знания пользователем команд операционных систем (ОС) используемых вычислительных ресурсов, компиляторов и пр.

6. Поддержка различных сред запуска (компиляторы, ОС, технологии параллельного программирования (MPI, OpenMP, UPC и др.).

7. Возможность отложенного запуска заданий, функции пакетной обработки.

8. Простота подключения и использования новых вычислительных ресурсов (при наличии соответствующего агента).

9. Предоставление пользователю информации в зависимости от его предпочтений, а также прав доступа, определяемых набором ролей пользователя (основывается на механизмах аутентификации и авторизации).

Таким образом, данная система сочетает в себе возможности удаленного доступа с web-интерфейсом пользователя, пакетной обработки заданий и мониторинга состояния вычислительных ресурсов [14].

Научная значимость работы состоит в том, что в результате выполнения проекта разработана многопараметрическая модель гидродинамики несжимаемой жидкости. Созданы и опробованы соответствующие алгоритмы. Предложены принципы создания информационно-вычислительного портала на основе сервис ориентированной архитектуры. Реализован прототип портала в виде нескольких модулей: программный компонент расчета задачи движения примесей в затопленной шахте; виртуальная лаборатория по параллельным вычислениям; набор компонент для взаимодействия с распределенными вычислительными ресурсами.

Практическая значимость работы заключается в том, что будет разработан программный инструментарий, который будет использован для выполнения вычислительных экспериментов и обучения технологий высокопроизводительных вычислений для широкого круга инженеров, студентов, аспирантов и научных работников. Инструментарий предполагается сдавать пользователям на правах аренды программного обеспечения, что существенно снизит затраты пользователей.

Планируется, что созданный наукоемкий высокотехнологический продукт привлечет дополнительные инвестиции для исследования новых задач экологии региона.

Работа выполнена в рамках задания № 2014/64 на выполнение государственной работы «Организация проведения научных исследований».

### **Список литературы**

1. Захаров, Ю.Н. Итерационный метод определения течения стратифицированной жидкости в проточном водоеме / Ю.Н. Захаров, А.В. Чирюкина // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики: Материалы V всероссийской научной конференции. – 2006. – С. 511–512.

2. Захаров, Ю.Н. Течение жидкости в подземных полостях с учетом фильтрации через стенки / Ю.Н. Захаров, А.В. Чирюкина // Инновационные недра Кузбасса. IT-технологии: сборник научных трудов. –2007. – С. 305–309.
3. Захаров, Ю.Н. Течение идеальной жидкости в закрытых водоемах/ Ю.Н. Захаров, Е.Л. Счастливцев, А.В. Чирюкина // Вычислительные технологии. – 2008. – Т.13, спец. вып. 2. – С.21–27.
4. Захаров, Ю.Н. Моделирование распространения загрязняющих веществ в затопленных горных выработках/ Ю.Н. Захаров, В.П. Потапов, Е. Л. Счастливцев, А.В. Чирюкина // Вестник НГУ. – 2009. – Т. 7, вып. 4. – С. 66–72. – (Серия «информационные технологии»).
5. Захаров, Ю.Н. Моделирование распространения примесей в затопленных горных выработках: монография / Ю.Н. Захаров, В.П. Потапов, Е. Л. Счастливцев, А.В. Чирюкина // Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2013.– 96 с.
6. Лойцянский, Л.В. Механика жидкости и газа / Л. В. Лойцянский. – М.: Наука, 1987.
7. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика / П. Роуч. – М.: Мир, 1980.
8. Белолипецкий, В.М. Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды / В.М. Белолипецкий, В.Ю. Костюк, Ю. И. Шокин. – Новосибирск: Инфолио-пресс, 1997.
9. Самарский, А.А. Методы решения сеточных уравнений / А.А. Самарский, Е.С. Николаев. – М.: Наука, 1978. – 592 с.
10. Яненко, Н.Н. Метод дробных шагов решения многомерных задач математической физики / Н.Н. Яненко. – Новосибирск: Наука, 1967.
11. Захаров, Ю.Н. Градиентные итерационные методы решения задач гидродинамики / Ю.Н. Захаров. – Новосибирск: Наука, 2004. – 239 с.
12. Окулов, Н.Н. Разработка информационного портала параллельных вычислений для проведения научных и инженерных расчетов в режиме on-line /К.Е. Афанасьев, Н.Н. Окулов, С.В. Стуколов //Материалы пятой сибирской конференции по параллельным и высокопроизводительным вычислениям (под ред. проф. А.В. Старченко), Томск: Изд-во Томского ун-та, 2010. с. 10-14.
13. Григорьева, И.В. Система удаленного доступа и управления распределенными вычислительными ресурсами / И.В. Григорьева, А.В. Демидов // Вычислительные технологии. Том 13, специальный выпуск 5, 2008 – С. 28-32.
14. Окулов, Н.Н. Система автоматического контроля корректности и виртуальная лаборатория как компоненты информационно-вычислительного портала / А.Ю. Власенко, Н.Н.Окулов // Научно-технический вестник Поволжья. №6 – Казань, 2011г. – 267с.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ МОДИФИЦИРОВАННЫМ МЕТОДОМ<sup>9</sup>

*А.В. Гуров*

*Алтайский государственный университет, Барнаул*

*e-mail: [alex-gurov@inbox.ru](mailto:alex-gurov@inbox.ru)*

*Рассмотрен подход, который является перспективным направлением для построения и использования соответствующих нечетких моделей прогнозирования цен и других финансовых инструментов. Получены модели с качественными статистическими характеристиками, а также прогнозные данные, которые были проанализированы и сравнены с реальными значениями.*

*Ключевые слова: нечеткие временные ряды, модифицированный метод, прогнозирование, НВР.*

Нечеткая логика как научное направление отметила совсем недавно свое 45-летие. Ученые, занимающиеся нечеткой логикой, объединены в International Fuzzy Systems Association (IFSA), которая проводит один раз в два года мировые конгрессы. Материалы таких конгрессов естественным образом подытоживают работы за два прошедших года, а многие тенденции остаются значимы не только в течение двух лет, но и на протяжении больших периодов времени.

Одним из отцов-основателей научной теории нечетких множеств стал Лотфи Заде (Lotfi A.Zadeh), написав в 1965 году фундаментальный труд «Fuzzy Sets» и проработав различные возможности ее практического применения. Он описал свой подход в 1973 году в тексте «Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes» (опубликованном в журнале IEEE Transactions on Systems). Примечательно, что сразу после его выхода одна предприимчивая датская фирма весьма успешно применила изложенные в нем принципы для усовершенствования своей системы управления сложным производственным процессом.

Практически с этого же момента начинается развитие аппарата нечетких множеств (fuzzy sets), позволяющего описывать понятия естественного языка (лингвистические конструкции) и присущую им неопределенность. Фактически, нечеткие множества образуют важное связующее звено между символическими и численными вычислениями, являясь ключевым инструментом вычислений со словами

---

<sup>9</sup> Опубликовано при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет». Код проекта: 1148.

Работа выполнена в рамках программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет» на 2012-2016 годы «Развитие Алтайского государственного университета в целях модернизации экономики и социальной сферы Алтайского края и регионов Сибири» (мероприятие «Конкурс грантов - 2014», № 2014.312.1.4)

(computing with words), ориентированных на использование слов и предложений языка человеческого общения.

Прогнозирование играет важную роль в повседневной человеческой деятельности и в принятии решений относительно будущего – например, предсказание погоды и различных природных явлений, планирование производственной деятельности и продаж товаров, прогнозы, связанные с поведением финансового рынка и т.п. можно отнести к числу тех примеров, для которых более точные оценки определяют специфику предпринимаемых действий и оказывают существенное влияние на подготовку планов конкретных сценариев поведения в будущем.

Прогнозирование, основанное на нечетких временных рядах (НВР), привлекает повышенное внимание исследователей на протяжении последних 15 лет.

Концепция нечетких множеств была впервые изложена Лотфи Заде (Lotfi A.Zadeh) в часто-цитируемой статье – практически с этого же момента начинается развитие аппарата нечетких множеств (fuzzy sets), позволяющего описывать понятия естественного языка (лингвистические конструкции) и присущую им неопределенность. Фактически, нечеткие множества образуют важное связующее звено между символическими и численными вычислениями, являясь ключевым инструментом вычислений со словами (computing with words), ориентированных на использование слов и предложений языка человеческого общения.

Введем некоторые определения, которые будут использоваться в дальнейшем.

- Лингвистическим значением (термом) называется лингвистическая (вербальная) фраза, которая используется в качестве семантического обозначения соответствующей функции принадлежности (например, «высокий», «низкий», и др.).

- Предположим, что  $Y(t)$ , заданное на множестве действительных чисел ( $\mathbf{R}$ ) является универсальным множеством, образованным нечетким множеством  $f_i(t)$ . При этом,  $F(t)$ , состоящее из  $f_i(t)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , называется *нечетким временным рядом* (НВР) на  $Y(t)$ ; функция времени  $F(t)$  представляет собой лингвистическую переменную, характеризуемую лингвистическими значениями (термами)  $f_i(t)$ .

- *Фаззификацией* называется процесс нахождения значений функций принадлежности нечетких множеств (термов) на основе обычных (не нечетких) исходных данных, т.е. определение степени принадлежности исходных данных каждому из соответствующих нечетких множеств.

- *Дефаззификация* представляет собой процедуру нахождения обычного (не нечеткого) значения для лингвистического термина, представленного в виде функции принадлежности; другими словами, дефаззификацией называется преобразование нечеткой величины в четкую (точную) величину. В частности, одним из наиболее часто используемых методов дефаззификации является центроид площади (центр тяжести), вычисляющий абсциссу точки, через которую проходит вертикальная линия, делящая нечеткое множество (площадь фигуры, ограниченной функцией принадлежности) на две равные массы.[1]

Большинство опубликованных к настоящему времени работ использовали в качестве тестовой последовательности данные регистрации студентов в Университете шт. Алабама за почти 20-ти летний период времени. В представленной статье рассматриваются основные аспекты прогнозирования котировок курса доллара, путем

построения и изучения его с точки зрения нечетких временных рядов. Было выбрано отношение курсов USD/RUB за интервал времени с 01.05.2012 по 02.05.2013.

Применительно к проблеме прогнозирования пошаговое изучение можно свести к следующему:

**Шаг 1:** Задание области определения (универсального множества  $U$ ) проблемы, исходя из вычисленных приращений валютного курса в течение рассматриваемого интервала времени. Наибольшее положительное приращение курса доллара по отношению к российскому рублю наблюдается 17.04.2013 года, т.е. по сравнению с предыдущим значением рост составляет 0.65 (более 65 копеек/день). 29.06.2012 года происходит самое значительное падение котировки доллара почти на 80 копеек (-0.78). В результате, с целью упрощения последующего разбиения  $U$  на равновеликие интервалы полученные граничные значения (-0.78 и +0.65) слегка корректируются – например, в случае использования четырех подинтервалов  $U$  может быть представлена отрезком  $[-0.1, 0.1]$ .

**Шаг 2:** Разбиение множества  $U$  на интервалы одинаковой длины.

Если мы оперируем с четырьмя нечеткими множествами, то область определения делится на 4 интервалов  $u_i$ , т.е.  $u_1[-0.1, -0.05]$ ,  $u_2[-0.05, 0]$ ,  $u_3[0, 0.5]$ ,  $u_4[0.5, 1]$  (в действительности, количество нечетких множеств не обязательно должно совпадать с числом интервалов разбиения).

**Шаг 3:** Определение нечетких множеств  $A_j$ .

Предположим, что лингвистическая переменная «изменение валютного курса» характеризуется терм-множеством, образуемым следующими значениями:  $A_1$  (уменьшение),  $A_2$  (незначительное уменьшение),  $A_3$  (незначительное увеличение),  $A_4$  (увеличение).

**Шаг 4:** Фаззификация приращений, полученных на шаге 1. Считаем, что если приращение года  $t$  есть  $r$  включенное в  $u_i$ , и существует лингвистическое значение (нечеткое множество  $A_j$ ) с максимальной степенью принадлежности, приходящейся на элемент  $u_i$ , тогда  $r$  фаззифицируется как  $A_j$ .

**Шаг 5:** Прогнозирование и дефаззификация получаемых результатов. Необходимо выбрать базис  $w$  ( $1 < w < l$ , где  $l$  – количество годов, предшествующих текущему, и включенных в экспериментальную оценку). С учетом базиса, т.е. предыстории, вычислить матрицу нечетких отношений  $R^w(t)$ , на основе которой выдается прогноз. С этой целью после выбора  $w$  строится операционная матрица  $i \times j$   $O^w(t)$  ( $i$  – число строк, соответствующее периоду в последовательности  $t - 2, t - 3, \dots, t - w$ ;  $j$  – число столбцов, соответствующее количеству интервалов вариаций) и матрица-критерий  $1 \times j$   $K(t)$  для прогнозируемого года  $t$  (матрица-строка, соответствующая нечеткой вариации за период  $t-1$ ).

Следующий шаг сводится к вычислению матрицы отношений  $R(t)$ :

$$R(t)[i,j] = O^w(t)[i,j] \times K(t)[j].$$

Здесь  $O^w(t)$  – операционная матрица;  $R(t)$  – матрица нечетких отношений;  $\times$  – операция  $(\cap)$  Min.

**Шаг 6:** Вычисление прогнозных валютных котировок USD/RUB.

Для дефаззификации результатов, полученных на 5-м шаге, используется метод центра тяжести.

После того, как получено обычное (не нечеткое) приращение для рассматриваемого месяца, оно суммируется с уже имеющимся значением обменного курса предыдущего месяца.

Рассмотренный подход был реализован с помощью программного обеспечения MatLAB, была составлена программа, которая пошагово будет выполнять предложенный алгоритм. Код программы на языке MatLAB в данной статье рассматривать не будем.

Рассмотрим полученные результаты прогнозирования: на 03.05 курс доллара будет равен 31,1422, а на 04.05 – 31,1327 соответственно. Вычисляем ошибки прогноза и занесем их в таблицу:

Таблица 1

Результаты прогнозирования методом НБР

Дата	Абсолютная ошибка	Относительная ошибка	95% доверительный интервал	
			Нижняя граница	Верхняя граница
03.05	0,0122	0,000392	31,1292	31,1555
04.05	0,0527	0,001696	31,0797	31,1857

Таким образом, в случае вычисления оценок котировок USD/RUB путем построения модели модифицированным методом для стационарного НБР, имеем хорошие результаты прогнозов и маленькие значения ошибок.

Далее рассмотрим валютный курс как стационарный временной ряд и построим модель вида ARMA/ARCH. В конечном итоге, после проведения исключения незначимых переменных и улучшения модели EARCH-методом, получим, регрессионную модель, которая обладает хорошими статистическими показателями, значения коэффициентов удовлетворяют свойствам несмещенности, состоятельности и эффективности. На основании этой модели и будем проводить дальнейшее прогнозирование курса доллара на следующие 2 дня.

Проверим точность нашей модели и оценим возможности ее использования для прогнозирования курса доллара. Для этого составим прогноз на следующие 2 дня, а именно на 03/05/2013 и 04/05/2013, и сравним с реальными – мы можем это сделать, учитывая, что нам известен курс интересующей нас валюты на нужную дату.

Полученные прогнозные значения 31,1794 и 31,2401 отличаются от реальных на нужные даты: 31,13 и 31,08 соответственно, причем значения S.E. равны 0,1758 и 0,2391. Рассчитаем значения относительной и абсолютной ошибок:

Таблица 2

Абсолютные и относительные ошибки прогнозов

Дата	Абсолютная ошибка	Относительная ошибка	95% доверительный интервал	
			Нижняя граница	Верхняя граница
03.05	0,0494	0,001587	31,1278	31,2311
04.05	0,1601	0,005151	31,0058	31,4744

Можно сделать вывод, что в целом полученная модель является достаточно хорошей и использование данной модели в реальных условиях валютного рынка может быть оправданно.

При сравнении построенных моделей EARCH и модели НВР можно сделать вывод о целесообразности дальнейшего изучения последней т.к. полученные прогнозы больше соответствуют реальным.

В связи с этим сделаем прогноз на 7 дней, используя модель полученную НВР. Также, изменив входные параметры для модели НВР, построим прогноз с разбиением на разное количество интервалов и разное число лагов. Некоторые результаты отобразим в таблице (D – количество интервалов, W–базисный вектор):

Таблица 3

Прогнозирование курса доллара методом НВР

D / W Real	8 / 36	8 / 30	6 / 36	10 / 36	6 / 30	10 / 30
31,13	31,1422	31,1422	31,1424	31,1421	31,1423	31,1420
31,08	31,1327	31,1327	31,1329	31,1325	31,1327	31,1324
31,02	31,1295	31,1295	31,1296	31,1293	31,1295	31,1293
31,07	31,1286	31,1314	31,1285	31,1284	31,1313	31,1311
31,14	31,1285	31,1350	31,1283	31,1283	31,1348	31,1346
31,23	31,1287	31,1392	31,1283	31,1285	31,1388	31,1387
31,4	31,1291	31,1437	31,1285	31,1289	31,1431	31,1430

Полученные значения обладают некоторой схожестью. При разбиении на разное число интервалов с использованием выбранного числа лагов результаты отражают лишь общие тенденции изменения реального курса доллара. На данный момент отсутствуют конкретные рекомендации относительно выбора числа нечетких множеств - в основном, специфика решаемой задачи становится определяющим фактором в достижении определенной погрешности проводимых вычислений.

Руководствуясь методикой прогнозирования НВР возможно построение модели, обладающей всеми качественными статистическими параметрами, по которой возможно прогнозирование значений котировок на последующие временные периоды.

Рассмотренный подход является перспективным направлением для построения и использования соответствующих нечетких моделей прогнозирования цен и других финансовых инструментов, таких как курсы акций компаний, фьючерсов и опционов. Общим для всех этих инструментов с позиций технического анализа является отсутствие априорных предположений о динамике колебаний соответствующих курсов цен, что вполне согласуется с исходными предпосылками построения нечетких моделей временных рядов.

Представленный метод отличается достаточной простотой (в его основе лежат базовые матричные вычисления), приемлемой точностью, и он может быть рекомендован для применения в качестве одной из составляющих этапов технического анализа.



### Список литературы

1. Дегтярев К.И. «Прогнозирование валютных котировок с использованием модифицированного стационарного метода, основанного на нечетких временных рядах» – г. Москва, 2008 г.
2. Леоненков А.Н. «Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH» – г. Санкт-Петербург, 2003 г.
3. Дайитбегов Д.М. «Компьютерные технологии анализа данных в эконометрике» - г. Москва, 2011 г.
4. Мамедова М.Г., Джабраилова З.Г. «Нечеткая логика в прогнозировании демографических аспектов рынка труда» – г. Баку, 2003 г.

УДК 621.039.546

## СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСКРЕТНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Е.П. Доморацкий, Т.Н. Байбикова*

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва  
email: [edomoratsky@hse.ru](mailto:edomoratsky@hse.ru), [tbaibicova@hse.ru](mailto:tbaibicova@hse.ru)*

*В статье рассмотрен способ автоматического анализа геометрических характеристик дискретных телевизионных изображений. Приведены параметры точности и быстродействия данного способа, полученные с помощью системы имитационного статистического моделирования. Способ предназначен для реализации на ЭВМ.*

*Ключевые слова: геометрические характеристики, телевизионное изображение, автоматический анализ, имитационное моделирование, микрообъект.*

При измерении и контроле геометрических характеристик различных трехмерных выпуклых объектов, в частности микрообъектов (МО) различной физической природы (шаровых элементов, гранул, капель и т.д.), возникает необходимость определения линейных габаритных размеров их двумерных проекционных изображений. В известных способах для этой цели определяются длина случайной хорды проекционного изображения, длина одной одномерной проекции МО на выбранное направление или размеры двух взаимно перпендикулярных одномерных проекций объекта [1]. Данные, полученные с помощью указанных способов, являются частными размерами проекционного изображения МО на плоскость наблюдения и не позволяют с достаточными точностью и достоверностью судить о его габаритных размерах и форме [2], поэтому их применяют для грубой оценки размеров проекционных изображений.

Основная задача предложенного в данной работе способа анализа геометрических характеристик состоит в автоматическом определении габаритных размеров дискретного (цифрового) телевизионного двумерного проекционного

изображения отдельного МО с точностью, достаточной для применения самостоятельно или при определении пространственных характеристик МО по представительному числу их проекционных изображений [3]. Поставленная цель достигается в результате того, что на контуре двумерной проекции МО или его дискретного изображения измеряется представительный набор линейных габаритных размеров, позволяющий судить обо всех размерах и деталях формы МО.

Сущность предложенного способа анализа геометрических характеристик состоит в следующем. Две параллельные касательные к контуру проекционного изображения последовательно (с шагом  $\alpha$ ) поворачиваются вокруг него на угол  $180^\circ$ . При каждом повороте определяется расстояние между касательными прямыми, являющееся текущим габаритным размером проекции. В результате определяется набор из  $N=180/\alpha$  линейных габаритных размеров изображения объекта. Число линейных размеров, которые необходимо измерить на контуре каждого изображения, определяется требованиями к точности телевизионного контроля изделия в целом, а также отношением сигнал/шум. Повышение точности и достоверности геометрического контроля МО по сравнению с известными способами достигается вследствие значительного увеличения количества первичной информации, снимаемой с контура его дискретного изображения, а увеличение быстродействия — в результате реализации процесса анализа геометрических характеристик МО на ЭВМ.

Массив координат точек контура дискретного изображения МО формируется с помощью оптико-электронного (телевизионного) канала, состоящего из системы импульсной экспозиции микрообъектов [4] и телевизионного датчика импульсных микроизображений [5].

При этом для каждой прямой  $y = y_i$ , где значения  $y_i$  изменяются через один шаг (дискрет) дискретного изображения, находятся точки ее пересечения с контуром, координаты  $x$  которых округляются до ближайшего целого значения (рис.1).

Обработка полученного массива координат в целях вычисления размеров контура проекции производится следующим образом. Сначала в качестве базовых точек (точек, через которые проводится касательная к контуру) берут  $x_{11}$  и  $x_{2n}$  и через них проводятся прямые, параллельные оси  $x$ . Эти прямые являются касательными к контуру дискретного изображения, расстояние между ними считается одним из габаритных размеров. Угол между прямыми и осью  $x$  уменьшается на шаг поворота  $\alpha$ , что соответствует повороту прямых относительно оси  $x$ . Затем последовательно по часовой стрелке через каждую точку, начиная с базовых, проводятся прямые, образующие вычисленный угол с осью  $x$ . При этом определяются точки (в которых прямые наиболее удалены от центра контура), считающиеся базовыми при данном угле, а расстояние между прямыми, проведенными через них, - габаритным размером проекции МО. Описанная процедура повторяется  $N=180/\alpha$  раз, т.е. до полного обхода контура проекции параллельными прямыми. В результате определяются  $N$  габаритных размеров изображения, из которых выбираются максимальное  $I_{\max}$  и минимальное  $I_{\min}$  значения.

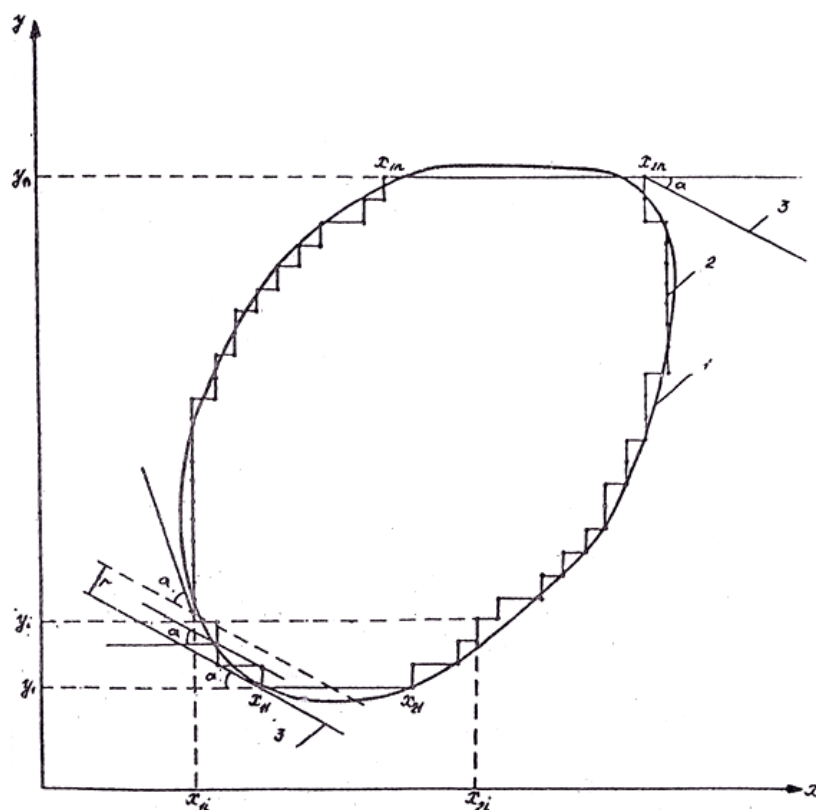


Рисунок 1 – Определение габаритных размеров контура проекционного изображения.  
 1 - контур проекции; 2 - контур дискретного изображения; 3 – касательные к дискретному контуру

Координаты  $x$  точек контура соответствуют дискретному проекционному изображению МО, поэтому прямая, проведенная через какую-либо точку контура, может быть ближе к центру, чем прямые, проведенные как через предыдущие, так и через последующие точки. Следовательно, заканчивать процедуру просмотра области контура при встрече такой точки нельзя. Необходим критерий завершения просмотра точек при обходе контура, например, просмотр всех точек, начиная с базовых до конца контура (точки  $x_{i1}$  или  $x_{i2}$ ). Однако при этом временные затраты на обработку неоправданно возрастают. С учетом изложенного был выбран критерий просмотра области контура  $r$ , заключающийся в следующем. Если расстояние от прямой в текущей точке до прямой, в данный момент наиболее удаленной от центра контура, больше, чем параметр просмотра области контура  $r$  (см.рис.1), просмотр точек прекращается и точка, в которой прямая наиболее удалена от центра контура считается базовой, иначе осуществляется переход к следующей точке по контуру.

Значения шага поворота  $\alpha$  и параметра  $r$ , необходимые для достижения заданной точности контроля, определялись методом имитационного статистического моделирования [6]. За математическую модель контура проекционного изображения МО принималось уравнение эллипса с максимальным габаритным размером  $A$  и минимальным габаритным размером  $B$ . Для каждой ориентировки эллипса координаты

точек контура проекционного изображения определялись адекватно их получению с помощью видеоканала.

Выбор оптимальных значений  $\alpha$  и  $r$  проводилось следующим образом. Задавались 1000 моделирующих эллипсов в диапазонах: максимального размера  $A$  от 10 до 200 дискретов, фактора формы эллипса ( $K = \Delta I_{\max} / \Delta I_{\min}$ ) от 1,0 до 1,3 отн.ед., минимального размера  $B = A/K$ , углами поворота эллипса относительно системы координат  $\phi$  от 0 до 180°. Все эти параметры задавались стохастически по равномерному закону. Каждый эллипс измерялся по описанному выше способу и определялись его минимальный и максимальный размеры. После обработки всей выборки рассчитывались средние и среднеквадратические отклонения величин  $I_{\max}$  и  $I_{\min}$  и определялись их статистические распределения.

Исследования проводились для шага угла поворота  $\alpha$  в диапазоне от 2 до 20° с угловым шагом 1° и параметра  $r$  в диапазоне от 0,55 до 1,0 дискрета. При значениях  $r > 0,60$  дискрета погрешности измерения минимального размера отличаются незначительно, достигая минимума при  $\alpha = 16^\circ$ . Это соотношение сохраняется до значения  $r = 0,60$  дискрета, при меньших значениях  $r$  происходит их резкое увеличение. Погрешности определения максимального размера изменяются во всем диапазоне  $r$  сравнительно мало, причем несмотря на то, что  $\alpha = 16^\circ$  не является наилучшим значением, различие погрешностей при  $\alpha = 8^\circ$  и  $\alpha = 16^\circ$  составляет 0,02 дискрета (различие погрешностей определения минимального размера при тех же параметрах равно 0,41 дискрета).

Таким образом, максимальная точность исследуемого способа достигается при  $\alpha = 16^\circ$  и  $r = 0,60$  дискрета. Погрешности измерения максимального и минимального размеров при этом составляют  $\Delta I_{\max} = \Delta I_{\min} \approx 0,48$  при реальном разрешении оптико-электронного видеоканала равном 13 мкм, это соответствует 6,2 мкм.

На этом же этапе исследований определялись зависимости относительного времени автоматического анализа геометрических характеристик дискретных телевизионных изображений от шага угла поворота  $\alpha$  для двух значений параметров  $r$  ( $r = 1,0$  дискрета и  $r = 1,6$  дискрета).

Исследования показали, что при увеличении  $\alpha$  от 2° до 8° время работы резко уменьшается, при  $\alpha > 13^\circ$  оно достигает минимума, и практически не меняется, а при уменьшении параметра  $r$  (в диапазоне от  $r = 1,0$  дискрета до  $r = 0,6$  дискрета) уменьшается и время автоматического анализа. Следовательно, параметры  $\alpha = 16^\circ$  и  $r = 0,60$  дискрета являются оптимальными как по точности, так и по быстродействию.

Таким образом, предложенный в настоящей работе способ автоматического анализа геометрических характеристик дискретных телевизионных изображений обеспечивает точное и достоверное с высоким быстродействием измерение габаритных размеров двумерных дискретных проекционных изображений МО. Он был применен в устройстве автоматического бесконтактного контроля геометрических параметров гранул [7] и может быть использован в различных областях науки и техники, связанных с получением и анализом изображений, распознаванием образов, в системах технического зрения и при исследовании быстропротекающих процессов.

### Список литературы

1. Методы компьютерной обработки изображений. Под. ред. В.А. Сойфера-2 изд.-М.Физматлит, 2003.
2. Доморацкий Е.П., Байбикова Т.Н. О качестве цифровых изображений объектов // Вестник Московского финансово-юридического университета. 2014. № 2. С. 206-214.
3. Доморацкий Е.П. Методика оценки информативности геометрических характеристик проекционных изображений микрообъектов // Качество. Инновации. Образование. 2014. № 2. С. 42-45.
4. Доморацкий Е. П. Система импульсной экспозиции микрообъектов // Качество. Инновации. Образование. 2014. № 11.
5. Доморацкий Е.П., Петросянц К.О. Телевизионный датчик импульсных микроизображений // Датчики и системы. 2014. № 4. С. 19-24
6. Тёрнер Д. Вероятность, статистика и исследование операций. Пер. с англ. под ред. А.А.Рывкина. М.Статистика, 1996.
7. Устройство автоматического бесконтактного контроля геометрических параметров гранул./Е.П. Доморацкий, И.И. Крейндин, Н.В. Куликов, Ю.И. Пахунков, П.П. Олейников, А.А. Щетников. А.С. SU 1241820.

УДК 004.89

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКЦИОННЫХ БАЗ ЗНАНИЙ<sup>10</sup>

*Н.О. Дородных, А.Ю. Юрин, С.А. Коришунов*

*Институт динамики систем и теории управления СО РАН, Иркутск*

*e-mail: [tualatin32@mail.ru](mailto:tualatin32@mail.ru), [iskander@icc.ru](mailto:iskander@icc.ru), [grey.for@gmail.com](mailto:grey.for@gmail.com)*

*Рассмотрена возможность использования концептуальных моделей для автоматизированного создания баз знаний продукционного типа. В качестве источников моделей рассмотрены диаграммы классов UML и онтологии (в формате OWL), как наиболее распространенные способы концептуализации знаний. Описаны алгоритмы выделения понятий и их отношений из XML-формата и автоматизированного создания продукций. Апробация рассмотренных алгоритмов осуществлена при создании баз знаний агентов для имитационного моделирования состояний сложных технических систем.*

*Ключевые слова: база знаний, продукции, приобретение знаний, концептуальная модель, онтология, UML, OWL, CLIPS*

---

<sup>10</sup> Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект №14-01-31321) и гранта СП-2012.2012.5 (стипендия Президента РФ).

## **Введение**

На сегодняшний день, сложность и трудоемкость процесса разработки экспертных систем и систем, основанных на знаниях, главным образом обусловлена сложностью и трудоемкостью этапа разработки баз знаний [1], который включает задачи по идентификации (получению), концептуализации (структурированию) и формализации знаний. Извлечение (приобретение) знаний из различных источников (баз данных, документов и т.д.) в том числе и из концептуальных моделей является актуальной задачей.

Данная задача решается использованием различных средств онтологического моделирования (например, Protégé [2]) и CASE-средств (например, IBM Rational Rose [3]). Однако, существующие решения обладают рядом недостатков, в частности: не обеспечивают совместную, одновременную работу пользователей; не всегда возможна кодогенерация на языках представления знаний; ограничено число поддерживаемых форматов (источников) концептуальных моделей.

Целью данной работы является повышение эффективности процесса разработки продукционных баз знаний (БЗ), путем автоматизированного анализа концептуальных моделей, выполненных в различных программных средствах. Для достижения поставленной цели осуществлена разработка алгоритмического и программного обеспечения [4], обеспечивающего: преобразование концептуальных моделей в онтологию продукции, моделирование (уточнение) продукции с использованием RVML (Rule Visual Modeling Language) [5] и их отображение (трансляцию) в язык представления знаний (ЯПЗ) CLIPS (C Language Integrated Production System). Использование онтологии продукции позволяет повысить технологичность программного обеспечения путем унификации внутреннего представления продукции, что, в свою очередь, обеспечивает возможность расширения набора доступных (поддерживаемых) ЯПЗ. Применение же web-технологий обеспечивает возможность совместной и распределенной работы пользователей (экспертов, инженеров по знаниям и системных аналитиков) над проектами БЗ.

В качестве источников концептуальных моделей предлагается использовать модели классов UML (Unified Modeling Language) [6], сохраненные в формате XML, соответствующим стандарту XMI (XML Metadata Interchange) [7], а также OWL (Web Ontology Language) онтологии [8].

## **Постановка задачи**

Основные трудности в разработке экспертных систем связаны с проблемой получения, структурирования и формализации знаний [1], что является традиционно «узким местом» проектирования экспертных систем и систем, основанных на знаниях.

Анализ данной проблематики показал, что в настоящий момент, наибольший интерес для исследователей вызывают автоматизированные методы получения знаний, что обусловлено, главным образом, наличием больших объемов накопленной информации, представленной в разных формах, в том числе и в форме концептуальных моделей. При этом можно выделить следующие основные группы программных систем, обеспечивающих построение концептуальных моделей (рис. 1).

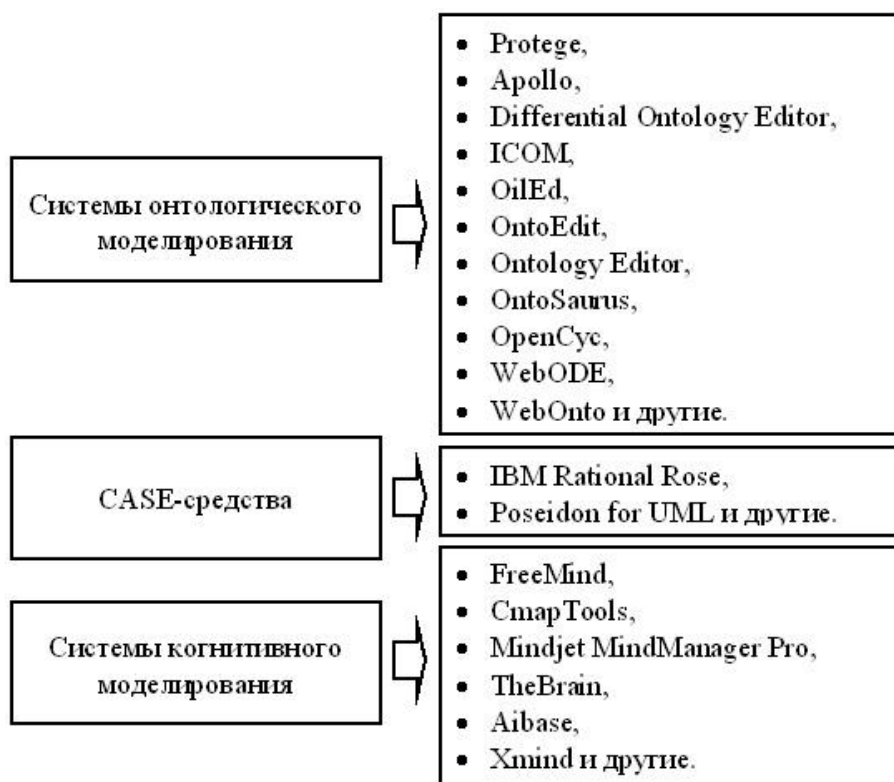


Рисунок 1 – Основные группы программных систем, обеспечивающих построение концептуальных моделей

Рассматривая данные системы моделирования можно выделить ряд недостатков:

- практически отсутствуют системы (web-сервисы), обеспечивающие совместную, распределенную работу в сети Интернет;
- обеспечивая создание концептуальных моделей и генерацию отчетных документов в различных форматах, рассмотренные системы не всегда предусматривают возможность преобразования построенных моделей в структуры какого либо ЯПЗ, что, в свою очередь, затрудняет возможности практического использования построенных моделей.

Таким образом, с целью преодоления выделенных недостатков, предлагается разработать алгоритмическое и программное обеспечение, позволяющее не только формировать БЗ на определенном ЯПЗ с использованием концептуальных моделей и технологии визуального моделирования, но и поддерживающее возможность совместной и распределенной работы пользователей. В качестве ЯПЗ для апробации выбран CLIPS.

Формализовать постановку задачи можно следующим образом:

$$T(M) \rightarrow Code, \quad (1)$$

где  $M$  – концептуальная модель;  $Code = \langle Code^{CLIPS} \rangle$  – программный код на ЯПЗ;  $T$  – оператор преобразования концептуальной модели.

### Источники концептуальных моделей

Основной целью анализа систем онтологического и концептуального (когнитивного) моделирования являлось, в том числе, выявление стандартов и языков,

при помощи которых можно описывать различные концептуальные модели, которые, в свою очередь, разрабатываются как при создании программного обеспечения, так и в процессе целенаправленного моделирования предметной области (с целью построения ее онтологии). При этом используются различные нотации и языки (рис. 2).

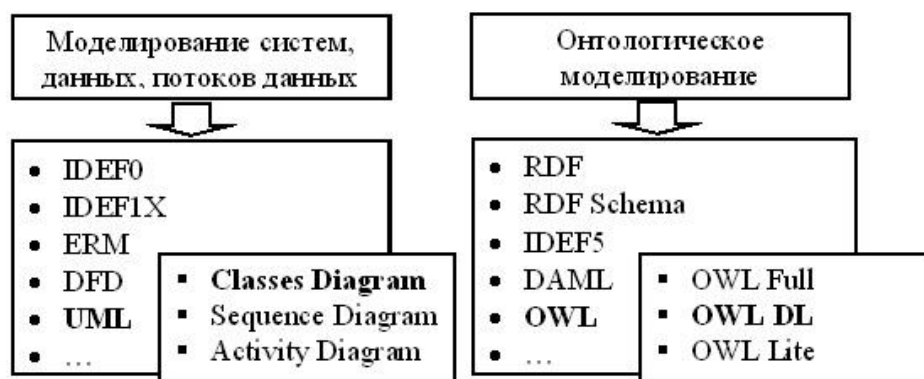


Рисунок 2 – Стандарты (нотации и языки) представления концептуальных моделей

На основе анализа был сделан вывод, что при моделировании систем (в процессе разработки программного обеспечения) наиболее широко распространен язык UML [6], а из языков описания онтологий, особый интерес представляют языки, основанные на web-стандартах, в частности OWL [8]. Таким образом, в качестве основных источников концептуальных моделей выбраны:

- диаграммы классов UML, представленные в виде структур XML CASE-средства IBM Rational Rose,
- онтологии OWL DL, построенные в редакторе онтологий Protégé.

Таким образом, расширяя выражение (1), доопределим  $M = \langle M^{UML}, M^{OWL-DL} \rangle$

### Алгоритмическое обеспечение

Основной задачей алгоритмического обеспечения является преобразование концептуальных моделей в продукции на ЯПЗ, что может быть представлено в графическом виде (рис. 3). При этом уточним оператор преобразования и модели из выражения 1:

$$T = \langle T_{CM-XML}, T_{XML-ONT}, T_{ONT-Code} \rangle,$$

$$T_{CM-XML} : M \rightarrow M_{XML}, T_{XML-ONT} : M_{XML} \rightarrow M_{ONT}, T_{ONT-Code} : M_{ONT} \rightarrow Code,$$

где  $T_{CM-XML}$  – оператор преобразования концептуальной модели в XML;  $T_{XML-ONT}$  – оператор преобразования XML в онтологию продукций;  $T_{ONT-Code}$  – оператор преобразования онтологии продукций в код на ЯПЗ;  $M_{XML}$  – представление концептуальной модели в виде XML;  $M_{ONT}$  – представление концептуальной модели в онтологии продукций. В свою очередь  $M_{XML} = \langle \{C\}, \{DT\}, \{R\} \rangle$ , где  $C$  – класс модели;  $DT$  – тип данных;  $R$  – отношения между классами.

Необходимо отметить, что шаги 1 и 2 алгоритма (Рис.3) выполняется средствами программ, обеспечивающих построение концептуальных моделей.





Рисунок 3 – Процесс формирования кода БЗ на основе концептуальных моделей

### Онтология продукций

Для унифицированного хранения и представления продукций была разработана онтология продукций, ее основной отличительной особенностью является наличие отношения «следует из» и специализированных понятий: база знаний, шаблон, факт, слот, правило, условие, предусловие, действие, функция, переменная, аргумент. Данная структура основана на модели, предложенной в [9].

Формализуем описание онтологии продукций:  $M_{ONT} = \langle DT_{ONT}, CN, PN, Obj, R_{ONT} \rangle$  где  $DT_{ONT}$  – перечень базовых типов данных,  $DT_{ONT} = \{\text{литерал, объект, коллекция,}\}$ ,  $CN$  – имена классов,  $PN$  – имена свойств классов,  $Obj$  – понятия (константы, объекты) предметной области,  $R_{ONT}$  – конечное множество отношений между концептами заданной предметной области,  $R_{ONT} = \{R_{ONT}^{IS-A}, R_{ONT}^P, R_{ONT}^C\}$ , при этом  $R_{ONT}^{IS-A}$  – отношение наследования между классами  $CN$ ,  $R_{ONT}^P$  – отношение между классами и свойствами,  $pn R_{ONT}^P \langle cn, cn\_bt \rangle$ , где  $pn \in PN$ ,  $cn \in CN$ ,  $cn\_bt \in CN \cup DT_{ONT}$ , последнее означает, что свойство с именем  $pn_i$  характеризует класс  $cn_j$ , а значениями свойства могут быть элементы типа другого класса из  $CN$  или основного множества типов  $DT_{ONT}$ ,  $R_{ONT}^C$  – причинно-следственные отношения между концептами.

Разработанная модель позволяет абстрагироваться от особенностей описания продукций в разных языках представления знаний и хранить знания в собственном



В данной работе в качестве источника UML моделей, описывающих классы предметной области и их отношения, использовалось CASE-средство IBM Rational Rose. Анализируемый XML файл с моделями получен с помощью модуля трансформации моделей XMI UML [7].

Графическому представлению модели (Рис.5) соответствует фрагмент XML кода (рис. 6). При этом выделены ключевые конструкции (Таблица 1), на основе которых осуществлялось извлечение необходимых элементов концептуальной модели.

```

...
<UML:Class xmi.id = 'S.296.1326.55.1' name = 'Материал' visibility = 'public'
isSpecification = 'false' isRoot = 'true' isLeaf = 'true' isAbstract = 'false' isActive = 'false'
namespace = 'G.0' >
  <UML:Classifier.feature>
    <UML:Attribute xmi.id = 'S.296.1326.55.2' name = 'Наименование' visibility =
'private' isSpecification = 'false' ownerScope = 'instance' changeability = 'changeable'
targetScope = 'instance' type = 'G.16' >
      <UML:StructuralFeature.multiplicity>
        <UML:Multiplicity>
          <UML:Multiplicity.range>
            <UML:MultiplicityRange xmi.id = 'id.2970426.11' lower = '1' upper = '1' />
          </UML:Multiplicity.range>
        </UML:Multiplicity>
      </UML:StructuralFeature.multiplicity>
    <UML:Attribute.initialValue>
      <UML:Expression language = ''>
        <UML:Expression.body>Сталь</UML:Expression.body>
      </UML:Expression>
    </UML:Attribute.initialValue>
  </UML:Attribute>
...
</UML:Classifier.feature>
</UML:Class>
...

```

Рисунок 6 – Фрагмент анализируемой UML модели в формате XML

Таблица 1

Анализируемые элементы XMI UML

Элементы XMI UML	Описание
UML:Model	Модель
UML:Class	Класс
UML:Attribute	Атрибут класса
UML:Expression	Значение атрибута
UML:DataType	Тип данных
UML:Association	Связь типа «ассоциация»
UML:Generalization	Связь типа «обобщение»
UML:Multiplicity	Мощность (кратность) связи

В результате анализа XML-структуры извлекаются понятия предметной области и их отношения, на основе которых формируется онтология продукции.

Ограничением данного алгоритма является возможность преобразования только двух основных типов связей – ассоциации и обобщения (наследования).

## Обработка описания OWL DL

Рассмотрим формирование БЗ на основе OWL онтологии деградации механических систем (рис. 7). При этом выделены ключевые конструкции (Таблица 2), на основе которых осуществлялось извлечение необходимых элементов онтологии.

```
...
<owl:Class rdf:ID="ДеградационныйПроцесс" />

<owl:Class rdf:ID="Кинетика" />

<owl:ObjectProperty rdf:ID="приводит">
  <rdfs:domain rdf:resource="#ДеградационныйПроцесс"/>
  <rdfs:range rdf:resource="#Кинетика"/>
</owl:ObjectProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="коэффициентУверенностиМеханики">
  <rdfs:domain rdf:resource="#ДеградационныйПроцесс" />
  <rdfs:range rdf:resource="xsd:double" />
</owl:DatatypeProperty>

<owl:DatatypeProperty rdf:ID="коэффициентУверенностиКинетики">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Кинетика" />
  <rdfs:range rdf:resource="xsd:double" />
</owl:DatatypeProperty>

<Кинетика rdf:ID="КинетикаВодородногоОхрупчивания">
  <коэффициентУверенностиКинетики rdf:datatype="xsd:double">0.8</коэффициентУверенностиКинетики>
</Кинетика>

<ДеградационныйПроцесс rdf:ID="МеханикаВодородногоОхрупчивания">
  <приводит rdf:resource="#КинетикаВодородногоОхрупчивания" />
  <коэффициентУверенностиМеханики rdf:datatype="xsd:double">0.8</коэффициентУверенностиМеханики>
</ДеградационныйПроцесс>
...
```

Рисунок 7 – Пример фрагмента онтологии OWL

Извлекаемые понятия предметной области и их отношения преобразуются в онтологию продукций, при этом используются ключевые элементы, представленные в Таблице 2.

Таблица 2

Анализируемые элементы OWL

Элементы онтологии OWL	Описание
owl:Ontology	Онтология
owl:Class	Класс
rdfs:subClassOf	Подкласс
owl:ObjectProperty	Связь
owl:DatatypeProperty	Атрибут

## Генерация кода БЗ на ЯПЗ CLIPS

Полученные в онтологии продукций понятия могут быть представлены в нотации RVML (Рис.8) для дальнейшего уточнения.



Рисунок 8 – Пример продукции на RVML

На основе онтологии продукции происходит генерация кода базы знаний в формате CLIPS (рис. 9).

```

;***** шаблоны *****
(deftemplate material
  (slot naimenovanie (default "СТАЛЬ"))
  (slot koeficient_legirovannosti (default "0.9"))
)
(deftemplate degradacionnyy_process
  (slot naimenovanie (default "ВОДОРОДНОЕ ОХРУПЧИВАНИЕ"))
  (slot koeficient_uverenosti (default "0.8"))
)
;***** правила *****
(defrule material_association_degradacionnyy_process "" ;ЕСЛИ
  (declare (salience 1))
  (material
    (naimenovanie "СТАЛЬ")
    (koeficient_legirovannosti "0.9")
  )
=>      ;ТО
  (assert
    (degradacionnyy_process
      (naimenovanie "ВОДОРОДНОЕ ОХРУПЧИВАНИЕ")
      (koeficient_uverenosti "0.8")
    )
  )
)
)

```

Рисунок 9 – Пример кода CLIPS

### Заключение

Решение проблем связанных с получением (приобретением), структурированием и формализацией знаний позволяет повысить эффективность разработки баз знаний экспертных систем и систем, основанных на знаниях.

В данной работе предлагается повысить эффективность процесса разработки продукционных БЗ, путем автоматизированного анализа концептуальных моделей, выполненных в различных программных средствах.



При решении задач исследования был проведен анализ системы, подходов и стандартов концептуального и онтологического моделирования. На основании проведенного анализа были выявлены основные источники концептуальных моделей: диаграммы классов UML и OWL-онтологии. В качестве целевого языка представления знаний использован язык CLIPS. Описаны алгоритмы преобразования XML структур и ключевые структуры.

Разработанное алгоритмическое обеспечение реализовано в составе исследовательского прототипа web-сервиса для автоматизированного создания продукционных баз знаний CLIPS [4].

Апробация и тестирование сервиса осуществлено на примере создания баз знаний для имитационного моделирования состояний сложных технических систем [11].

### Список литературы

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
2. Система онтологического моделирования «Protégé». 2014. URL: <http://protege.stanford.edu> (дата обращения: 07.11.2014).
3. Система визуального моделирования для разработки приложений «IBM Rational Rose». 2014. URL: <http://www-03.ibm.com/software/products/ru/enterprise> (дата обращения: 07.11.2014).
4. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Web-сервис для автоматизированного формирования продукционных баз знаний на основе концептуальных моделей // Программные продукты и системы. 2014. №4. – в печати.
5. Грищенко М.А., Юрин А.Ю., Павлов А.И. Разработка экспертных систем на основе трансформации информационных моделей предметной области // Программные продукты и системы. 2013. №3. С.143-147.
6. Документация спецификации Unified Modeling Language (UML). 2014. URL: <http://www.omg.org/spec/UML> (дата обращения: 07.11.2014).
7. Документация спецификации XML Metadata Interchange (XMI). 2014. URL: <http://www.omg.org/spec/XMI> (дата обращения: 07.11.2014).
8. Документация стандарта Web Ontology Language (OWL). 2014. URL: <http://www.w3.org/TR/owl-semantic> (дата обращения: 07.11.2014).
9. Юрин А.Ю., Грищенко М.А. Редактор баз знаний в формате CLIPS // Программные продукты и системы. 2012. №4. С.83-87.
10. Берман А.Ф. Деградация механических систем. Новосибирск: Наука, 1998. – 320 с.
11. Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Система имитационного моделирования динамики состояний сложных технических систем на основе агентного подхода // Автоматизация в промышленности. 2010. №7. С.44-48.

## **ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРИРОДНЫМИ ПОЖАРАМИ**

*Г.А. Доррер, П.С. Шаталов*

*Сибирский Государственный Технологический Университет, Красноярск*

*email: g\_a\_dorrer@mail.ru, shatalovp@gmail.com*

*Рассматриваются модели принятия решений при управлении природными пожарами, основой которой является компьютерная система моделирования природных пожаров WFDS. Представлены основные уровни принятия решений и возможное использование системы на каждом из уровней. Рассмотрен вопрос об информационном обеспечении системы. Динамические задачи принятия решений основаны на моделировании взаимодействия областей достижимости пожара и пожарных команд.*

*Ключевые слова: пожароуправление, системы принятия решений, программа WFDS, высокопроизводительные вычислительные системы, области достижимости, локализационное управление.*

### **1. Введение**

Проблема природных пожаров, к которым относятся пожары в лесах, степях, на торфяниках и других природных объектах, приобрела во всем мире масштабы, с которыми человечество столкнулось впервые. Озабоченность этой проблемой, вызванной глобальным изменением климата Земли, отмечается не только во многих странах, в том числе и России, но и в профильных комитетах ООН.

Стихийные природные пожары – опасные и динамичные процессы, возникающие, как правило, случайно во времени и пространстве, зачастую в труднодоступных местах, являются весьма неудобным объектом для изучения и воздействия. С точки зрения теории управления – это объекты с распределенными параметрами типа движущейся волны в нестационарной и анизотропной среде на поверхности Земли. Управление такими объектами также носит пространственно распределенный характер.

Усилия по решению всего комплекса проблем, вызываемых природными пожарами, формулируются в РФ как пожароуправление. Это сложная природно-административная система, в которой участвуют различные ведомства, вырабатывается и принимается множество решений на различных уровнях управления, для чего создаются соответствующие системы поддержки принятия решений, основанные, как правило, на использовании различных математических моделей и соответствующих информационных систем, в том числе с использованием космических данных.

Нормативной базой для принятия решений в системе пожароуправления являются Лесной и Земельный кодексы РФ, федеральные законы, указы Президента и постановления Правительства РФ, государственные стандарты и ведомственные инструкции.

## 2. Математические модели природных пожаров

Среди математических моделей, предназначенных для поддержки принятия решений по пожароуправлению, наиболее важными и сложными являются модели, описывающие динамику природных пожаров. Условно такие модели можно разделить на аналитические и экспериментальные. Аналитические модели опираются на описание физико-химических процессов, протекающих при горении растительного горючего, в основе всех этих моделей лежат законы сохранения энергии, массы и импульса [1, 9, 11]. Такие модели позволяют достаточно точно рассчитывать параметры процесса горения растительного горючего в трехмерном пространстве, однако в силу своей сложности они требуют большого объема исходных данных и очень сложных вычислений, поэтому программные реализации таких моделей появились сравнительно недавно. Одной из таких программ является программа WFDS (Wildland-urban interface Fire Dynamics Simulator). Подобные программы полезны при проектировании систем пожарного лесоустройства, однако для решения динамических задач в реальном масштабе времени их быстродействие совершенно недостаточно даже при использовании современных многопроцессорных вычислительных систем. По оценкам специалистов, такой расчет осуществляется в 500-5000 раз медленнее реального процесса.

Экспериментальные модели основываются на упрощенных представлениях о процессе горения и использовании экспериментальных данных. К таким моделям относятся модели Г.Н. Коровина [2], М.А. Софронова [3], МакАртура [10], Байрама [7] и целый ряд других. Наиболее известной моделью этого типа является модель Р. Ротермела [12], которая используется в ряде систем прогнозирования, в частности, в таких программных продуктах, как BehavePlus, FARSITE [6, 8]. Эти модели, в силу своей простоты, имеют высокую скорость расчета параметров пожаров, однако обладают, как правило, ограниченной точностью прогнозирования.

Главным способом улучшения эффективности экспериментальных моделей могло бы быть проведение большого числа полевых и/или лабораторных экспериментов. Но полевые эксперименты чрезвычайно сложны и дороги, а лабораторные эксперименты также дороги и не всегда адекватны реальному процессу.

Однако существует еще один способ повышения качества моделирования – проведение ряда вычислительных экспериментов с применением точных аналитических моделей с последующей обработкой их результатов для совершенствования экспериментальных моделей. При этом все необходимые условия протекания эксперимента могут быть легко контролируемы, что невозможно при реальных экспериментах, а время вычислений не является ограничением. Кроме того, возможно создание гибридных моделей – включение некоторых блоков аналитических моделей в состав экспериментальных, сохраняя при этом достаточное быстродействие и повышая качество экспериментальной модели. Пример создания такой гибридной модели описан в работе авторов [4]

В качестве базовой для поддержки принятия решений выбрана система компьютерного моделирования лесных пожаров WFDS (Wildland-urban interface Fire Dynamics Simulator).



Система WFDS имеет открытый исходный код и свободно распространяется по лицензии MIT. В настоящее время она локализована и освоена на вычислительном кластере Сибирского федерального университета

Система WFDS состоит из подсистем, основанных на моделях двух типов.

Первая из них, WFDS-PB (PhysicallyBased) реализует вычислительную гидродинамическую модель (CFD) тепломассопереноса при горении. Данная система базируется на продукте FDS (FireDynamicSimulator), разработкой которого занимается Национальный Институт Стандартов и Технологий (NIST, США) уже 25 лет. В WFDS-PB численно решаются уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, особое внимание уделяется распространению дыма и теплопередаче при пожаре. Эта система, как отмечено выше, требует значительных вычислительных ресурсов и в то же время позволяет получить достаточно правдоподобные картины протекания растительных пожаров.

На рисунке 1 приведены примеры результатов 3D-моделирования лесных пожаров с помощью системы WFDS-PB.

Вторая подсистема WFDS-LS (LevelSet) является экспериментальной, она позволяет быстро рассчитывать контуры пожара на основе представлений о пожаре как о движущейся волне горения. Примеры моделей, полученных с помощью этой программы приведены на рисунке 2.

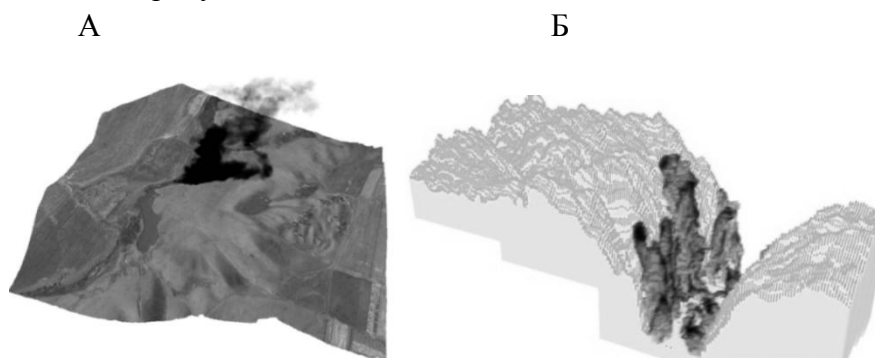


Рисунок 1 – Моделирование лесных пожаров с помощью программы WFDS-PB:

*А – пожар на пересеченной местности, Б – пожар в каньоне*

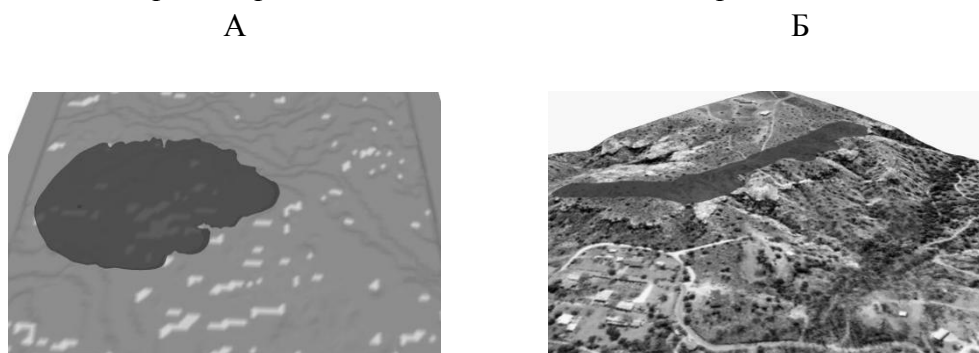


Рисунок 2 – Моделирование лесного пожара с помощью программы WFDS-LS:  
А – двумерная модель контура пожара на пересеченной местности, Б – моделирование пожара, используя подложку Google Maps

Для пожароуправления актуальной является также проблема обеспечения математических моделей необходимыми данными о свойствах растительных горючих материалов с учетом особенностей отечественной системы лесоустройства. Это, в свою очередь, связано с использованием космической информации для получения входных данных для систем прогнозирования природных пожаров, что является самостоятельной актуальной задачей [5].

Пространственная информация, описывающая топографию лесных участков, может быть получена путем обработки свободно распространяемых спутниковых данных SRTM и ASTERGDEM (рисунки 3).

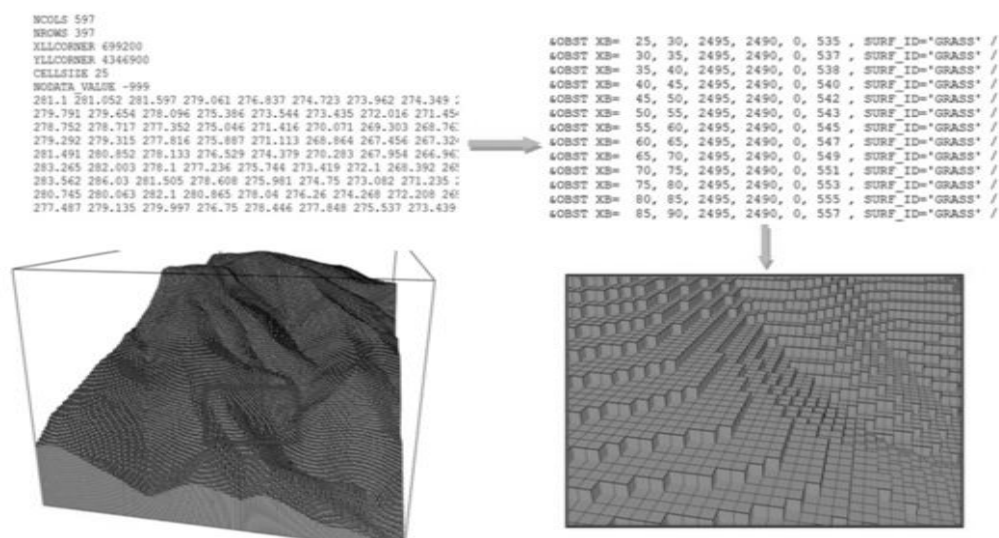


Рисунок 3 – Преобразование цифровой карты местности в модель уровней для программы WFDS-PB

### Задачи поддержки принятия решений при пожароуправлении

Как следует из предыдущего изложения, в области пожароуправления существует актуальная системная проблема разработки новых эффективных методов и алгоритмов поддержки принятия решений на основе использования совершенных математических моделей природных пожаров с соответствующей информационной базой и высокопроизводительных вычислительных систем.

Спектр принимаемых решений при управлении пожарами весьма широк. Решения могут касаться как проектирования противопожарных мероприятий при лесоустройстве, устранения антропогенных рисков возникновения пожаров, так и управления противопожарными силами и средствами при борьбе с действующими пожарами. Ниже рассмотрены некоторые задачи, относящиеся к указанным направлениям.

### Принятие решений по противопожарному устройству лесов

Примерами задач проектирования при пожарном лесоустройстве являются задачи оценки природных пожарных рисков, задачи проектирования противопожарных мероприятий в лесах: размещение наблюдательных вышек, пожарных водоемов,

определение противопожарных разрывов в лесных массивах, оценка безопасных расстояний между лесным массивом и объектами инфраструктуры (населенными пунктами, промышленными предприятиями и др.).

В настоящей работе мы рассмотрим задачу оценки опасности воспламенения различных объектов под действием теплового излучения растительного пожара.

Эта задача важна, во-первых, для оценки ширины противопожарных разрывов в лесных массивах, а, во-вторых, для определения безопасного расстояния между лесным массивом и объектом инфраструктуры. Поскольку при решении указанных задач не требуется высокая скорость вычислений, задачи могут решаться с использованием аналитической модели WFDS-PB.

Сущность задачи заключается в следующем. С помощью программы WFDS-PB вычисляется тепловой поток, исходящий от фронта растительного пожара, и накопленная энергия, воздействующая на тестируемый объект, которая сравнивается с величиной тепловой энергии, необходимой для зажигания объекта. В случае превышения этой величины объект считается пожароопасным. Энергии, необходимой для зажигания объекта, может оказаться достаточно, даже если фронт пожара остановится на некотором расстоянии объекта. Результатом решения задачи является определение безопасного расстояния между объектом и границей растительного массива при различных параметрах растительных материалов и метеорологических факторах.

В качестве примера было произведено несколько вычислительных экспериментов для определения оптимальной ширины противопожарного разрыва при различных значениях скорости ветра. Размер вычислительной области составлял 400x400 метров, в качестве параметров горючего использовались теплофизические характеристики опада и нижнего яруса леса. Вычислялось значение теплового потока, на основе значений которого принималось решение о проходимости огня через противопожарный разрыв. На рисунке 4 показаны результаты вычислительного эксперимента. Рисунок 5 показывает распределение теплового потока в зависимости от скорости ветра.



Рисунок 4 – Вычислительный эксперимент по преодолению пожаром противопожарного разрыва: А – фронт пожара приближается к разрыву, Б – объект по другую сторону разрыва воспламенился

Таким образом, зная значение теплового потока в определенной точке, можно решать множество задач по проведению запланированных лесопожарных мероприятий. Так, было установлено, что при скорости ветра  $U=6$  м/с значение теплового потока по

другую сторону разрыва приближается к значению в  $450 \text{ кДж/м}^2$ , и этого достаточно, чтобы огонь смог перекинуться через противопожарный разрыв шириной 6 метров на большинство типов растительного горючего.



Рисунок 5 – Вычисленные распределения теплового потока в зависимости от скорости ветра

### Динамические задачи принятия решений

Примерами динамических задач прогнозирования и управления могут служить следующие:

- задачи прогнозирования параметров природных пожаров, их конфигурации, скорости распространения и тепловых характеристик в анизотропной и нестационарной 3D-среде топографии и растительных горючих материалов;
- задачи оценки степени угрозы и запаса времени для принятия противопожарных мер при приближении пожаров к объектам инфраструктуры;
- задачи, связанные с взаимодействием природных пожаров с противопожарными силами и средствами – локализация пожаров, их тушение и окарауливание;
- задачи по расчету путей безопасной эвакуации людей и техники из зоны действующего природного пожара.

Для решения оперативных задач используется, как правило, программа WFDS-LS, так как она обладает высокой скоростью вычисления кромки пожара.

Рассмотрим несколько примеров решения динамических задач.

#### *Задача 1. Прогнозирование распространения лесного пожара*

В качестве примера взят участок лесной территории возле города Красноярска размером  $5000 \times 5000$  метров. На рисунке 6 приведен пример построения прогнозных контуров лесного пожара, полученный с помощью программы WFDS-LS.

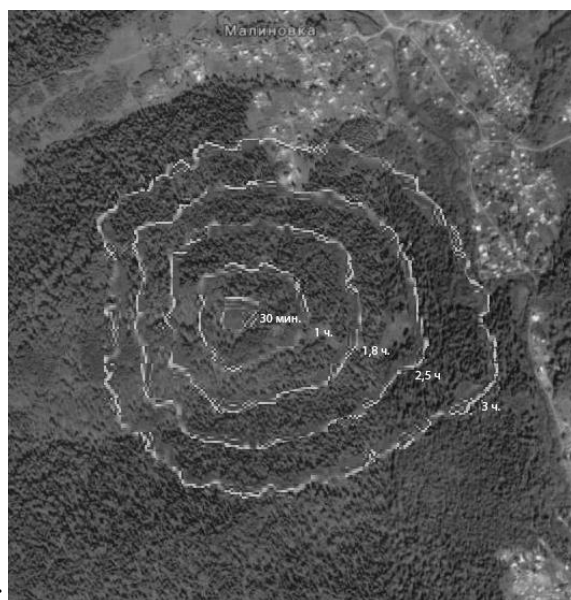


Рисунок 6 – Прогнозирование контуров лесного пожара

*Задача 2. Прогнозирование опасности для объекта инфраструктуры*

На рисунке 7 показан прогноз динамики лесного пожара вблизи населенного пункта, который показывает степень опасности для этого объекта и возможный запас времени для принятия противопожарных мер или для эвакуации.

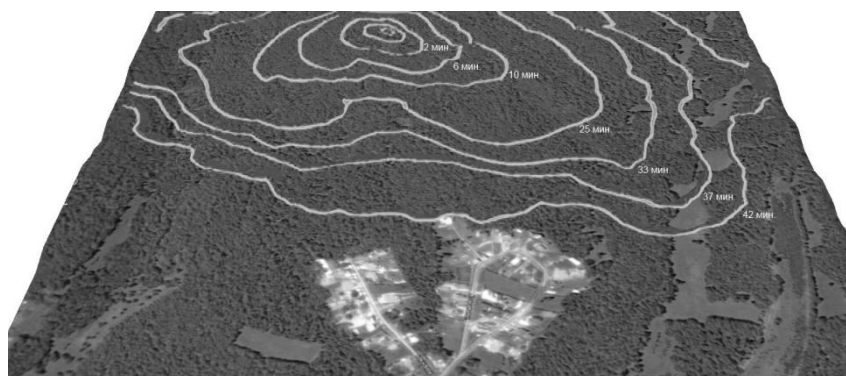


Рисунок 7 – Прогноз границ пожара вблизи населенного пункта

Следующие примеры моделирования принятия решений связаны с взаимодействием человека и растительного пожара. В этих задачах рассматриваются два процесса– процесс распространения растительного пожара в некоторой области и процесс достижимости персоналом определенных точек в этой же области.

Процесс моделирования отображается на карте местности. Обозначим буквой  $D$  область, где происходят изучаемые процессы. В этой области происходят два процесса: процесс распространение пожара и процесс движения персонала (человека, пожарных команд, техники и т.д.).

Обозначим  $X(X_0, t) \in D$ - процесс распространения пожара. Это динамическое множество точек на карте местности,  $X_0$  - множество в начальный момент,

$Y(Y_0, t) \in D$  - область достижимости персонала при максимальной скорости его движения,  $Y_0$  - область нахождения человека в начальный момент.

Процесс  $X_R(X_0, t)$  строится с помощью рассмотренных выше моделей. Процесс  $Y(Y_0, t)$  определяется возможностями человека (или техники), топографией и инфраструктурой местности. В настоящей работе не рассматриваются подробные модели построения этого процесса, мы примем допущение о том, что персонал может двигаться во всех направлениях с одинаковой скоростью во всех точках области  $D$ . С учетом введенных понятий рассмотрим следующие задачи.

Так как процесс горения и процесс движения персонала определены в одной и той же вычислительной области и имеют общую шкалу времени, они развиваются независимо друг от друга до тех пор, пока не соприкоснутся. После этого развитие обоих процессов происходит при взаимном влиянии, которое заключается в запрете на проникновение одного процесса на территорию, занятую другим.

*Задача 3. Определение безопасного пути эвакуации персонала из зоны пожара*

Задача персонала при эвакуации - попасть из исходной области  $Y_0$  в безопасную область эвакуации  $Y_F$ , нигде не встретившись с пожаром, т.е. с процессом  $X(X_0, t)$ .

Для решения этой задачи в области  $D$  строятся линии равного времени достижимости обоими процессами изохроны процессов  $X(X_0, t)$  и  $Y(Y_0, t)$ . Тогда путь эвакуации персонала выбирается таким образом, чтобы он лежал по одну сторону от изохроны в области, не занятой пожаром, и при этом соединял области  $Y_0$  и  $Y_F$ .

Пример решения данной задачи приводится на рисунке 8. этом рисунке изохрона обозначена жирной белой линией, а путь эвакуации – пунктирной линией. Из рисунка видно, что наибольшая опасность для персонала приходится на момент  $t_2$ , когда расстояние до пожара минимально.



Рисунок 8 – Пример решения задачи об эвакуации из зоны пожара

#### Задача 4. Построение путей локализации растительного пожара

Пожар, как объект с распределенными параметрами управляется также с помощью распределенных в пространстве воздействий. Одним из видов такого воздействия является процесс локализации. Локализацией растительного пожара называется окружение его непроходимым для огня препятствием. На практике локализация осуществляется путем создания так называемых минерализованных полос или противопожарных барьеров. Ширина таких полос и высота барьеров предполагаются достаточными, чтобы процесс горения через них не перешёл.

При решении этой задачи также используется понятие областей достижимости динамических систем, рассмотренное в предыдущей задаче. С этой точки зрения теория локализационного управления может рассматриваться как одно из направлений теории динамических игр [108], где оценка и взаимодействие областей достижимости играют решающую роль.

Рассмотрим постановку задачи локализации пожара несколькими пожарными командами. Введем понятие схемы локализации.

Пусть имеется  $n$  команд и задано множество центров  $C^0 = \{C_k^o\}$ ,  $C_k^o \in D$ ,  $k = 1, \dots, n$ , из которых одновременно стартует  $n$  локализационных траекторий  $\lambda_k = \lambda(C_k^o, t)$ . Каждая из траекторий должна финишировать в заданной точке  $C_k^F$ . Эти точки образуют множество  $C^F = \{C_k^F\}$ ,  $C_k^F \in D$ ,  $k = 1, \dots, n$ .

Для каждой локализационной траектории необходимо указать ориентацию относительно процесса  $X(X_0, t)$ . Если траектория  $\lambda_k$  огибает  $X(X_0, t)$  по часовой стрелке, то будем считать, что ориентация  $\beta_k = +1$ , при движении  $\lambda_k$  против по часовой стрелки относительно  $X(X_0, t)$  ориентация  $\beta_k = -1$ . Множество ориентаций обозначим  $B = \{\beta_k\}$ ,  $k = 1, \dots, n$ .

Кроме того, должна быть задана скорость прокладки локализационных линий всеми командами  $v_i, i = 1, \dots, n$ , что может быть представлено в виде вектора  $V = [v_1, \dots, v_n]$ .

Итак, состав сил, участвующих в локализации, определяется числом команд  $n$ , тройкой множеств и вектором  $V$ .

$$\Lambda = \{n, C^0, C^F, B, V\}.$$

Кортеж  $\Lambda$  называется схемой локализации.

Алгоритм построения путей локализации заключается в следующем. Для каждой команды строится область достижимости и определяются изохроны по отношению к процессу распространения пожара. Затем проводятся кратчайшие линии от точки  $C_k^o$  до точки  $C_k^F$ ,  $k = 1, \dots, n$ , направление которых задано знаком ориентации  $\beta_k$ .

На рисунке 9 показано решение задачи локализации пожара четырьмя командами, которые охватывают пожар с фронта и тыла, попарно стартуя из одной точки. Таким образом,  $n = 4$ , точки  $C_k^o$  и  $C_k^F$  показаны на рисунке, множество

ориентаций имеет вид  $B = \{+1, -1, +1, -1\}$ , а скорость прокладки полос для всех команд одинакова. Изохроны обозначены жирными белыми линиями, а локализационные линии – пунктирами.

На этом рисунке также виден запас времени до контакта с пожаром и самые опасные для команд точки

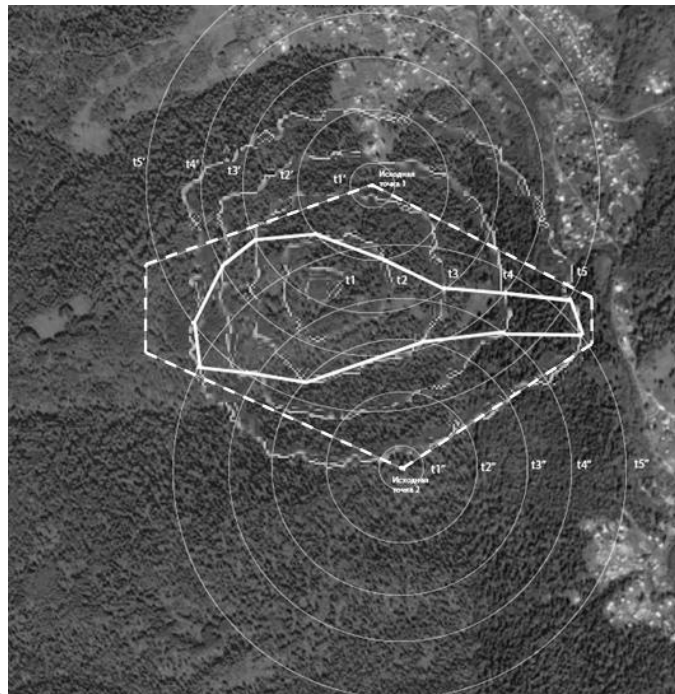


Рисунок 9 – Решение задачи локализационного управления

### **Заключение**

В работе получены следующие результаты.

Освоена и локализована программа WFDS, что позволяет использовать ее в системах поддержки принятия решений по пожароуправлению в РФ

Произведена привязка моделей лесного горючего и топографии местности к системе отечественного лесоустройства и космическим снимкам лесов.

Решен ряд задач по поддержке принятия решений при управлении пожарной ситуацией.

Дальнейшее развитие данного направления связано с уточнением постановок задач моделирования и принятия решений, созданием баз данных характеристик растительных горючих материалов и проведением процесса моделирования пожаров в режиме реального времени.

### **Благодарности**

Авторы благодарны Вильяму Меллу (W. Mell), руководителю лаборатории Pacific Wildland Sciences Lab Лесной службы США (г. Сиэтл) за сотрудничество при выполнении данной работы



### Список литературы

1. Гришин, А. М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. / А. М. Гришин. - Новосибирск: Наука, 1992. - 408 с.
2. Коровин, Г. Н. Методика расчета некоторых параметров низовых лесных пожаров. / Г. Н. Коровин // Сборник научно-исследовательских работ по лесному хозяйству / Труды ЛенНИИЛХ. Вып. XII - Л., 1969. - С. 244-262.
3. Софронов, М.А. Лесные пожары в горах Южной Сибири / М.А. Софронов. - М.: Наука. - 1967. - 150 с.
4. Шаталов, П.С. Гибридный подход к созданию компьютерных моделей лесных пожаров на базе высокопроизводительных вычислительных систем/ П.С. Шаталов, Г.А. Доррер // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамики: материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. - С.197 - 200.
5. Шаталов П.С. О создании информационной базы для систем моделирования и прогнозирования лесных пожаров / П.С. Шаталов, Г.А. Доррер // Международный конгресс «Лесные пожары и изменение климата. Проблемы управления пожарами в природных и культурных ландшафтах Евразии», тезисы докладов. – Новосибирск.- 2013.-С. 80-81
6. Andrews, P. BehavePlus fire modeling system, version 2.0: User's Guide / P.L. Andrews, C.D. Bevens, R.C. Seli // USDA Forest Service Gen. Techn. Rep. RMRS-GTR-106WWW. – Ogden. – 2003. - 122 p.
7. Byram, G.M. Forest fire behavior. / G.M. Byram // Forest Fire: Control and Use.- New York . -1959. - P. 113-126.
8. Finney, M.A. FARSITE: Fire are simulator model, development and evaluation / M.A. Finney. - USDA Forest Service, Res. Paper RMRS-RP-4. Ogden, 1998 - 47p
9. Linn R.R. A transport model for prediction of wildfire behavior: PhD dissertation, Los Alamos National Laboratory. – 1997. – 390 p.
10. McArthur, A. Fire behavior in eucalypt forest / A.G. McArthur // Commonwealth of Australian Forest and Timber Bureau, Leaflet Number 107, Canberra, Australian Capital Territory, 1967. - 25p.
11. Mell, W. A physics-based approach to modeling grassland fires / W. Mell, M. A. Jenkins, J. Gould, Ph. Cheney // International Journal of Wildland Fire. – 2007. – Vol. 16. - P. 1- 22.
12. Rothermel, R.C. A mathematical model for fire spread predictions in wildland fuels. / R. C. Rothermel. - USDA Forest Service Research Paper INT-115, Ogden, 1972.

## СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ «ТАЙГА-3»

*Г.А. Доррер, С.В. Яровой, И.А. Буслов*

*Сибирский государственный технологический университет, Красноярск*

*e-mail: [g\\_a\\_dorrer@mail.ru](mailto:g_a_dorrer@mail.ru), [ach\\_bask@mail.ru](mailto:ach_bask@mail.ru), [vt244@mail.ru](mailto:vt244@mail.ru)*

*Проблема лесных пожаров является одной из наиболее острых во многих странах. Учебный тренажер для специалистов пожарных служб, основанный на методах математического моделирования, поможет решить эту проблему. Данная программа может быть использована для обучения специалистов по охране леса, оперативной оценки ситуации, а также как источник информации для принятия оперативных решений.*

*Ключевые слова: математические методы моделирования, лесные пожары, учебный тренажер.*

Проблема лесных пожаров для России стоит очень остро. Каждый год от лесных пожаров гибнут тысячи гектаров леса, что приносит ощутимый ущерб экологии и экономике регионов. Наиболее опасны лесные пожары для населенных пунктов, которые оказываются в непосредственной близости от мест возгорания. Причинами возникновения данных пожаров могут быть различные факторы: как природные (грозовые разряды и молнии), так и антропогенные (туристический отдых, сельскохозяйственный пал и др.).

Для того чтобы эффективно бороться со стихийными лесными пожарами, необходимо решить проблему подготовки квалифицированных кадров, которая невозможна без практических занятий. Одним из путей получения практических знаний является моделирование реальных ситуаций и их решение обучаемыми в реальном времени.

В ходе работы над данным вопросом была разработана информационная система, которая служит тренажером для специалистов по охране леса. Подобные разработки уже осуществлялись ранее [1], однако на сегодняшний день они устарели как морально, так и технически. Таким образом, появилась необходимость реализовать тренажер на основе современных программных и телекоммуникационных средств [2-5].

Разработанный тренажер, имеющий название «Тайга-3», является ГИС с привязкой к реальной местности. В качестве модели распространения пожара была реализована модель, основанная на методе подвижных сеток [1]. Кромка пожара, согласно данной модели, представлена в виде контура из точек, каждая из которых характеризуется координатами на плоскости и ссылками на следующую и предыдущую точку. Для расчета состояния контура на следующем шаге используется вектор ветра и скорость горения поверхности.

Данный метод имеет ряд преимуществ перед методом LevelSet [7], который активно используется в США. Во-первых, расчет в методе подвижных сеток

производится для каждой точки отдельно, что дает возможность учитывать различную скорость, направление ветра и горючесть поверхности для каждой точки из контура. Во-вторых, данный метод и программная его реализация не накладывают никаких ограничений по количеству используемых факторов и могут быть дополнены модулями. В-третьих, скорости расчета кромки пожара методом LevelSet и методом подвижных сеток соизмеримы.

Для удобства использования тренажера вектор ветра в настоящее время задается для всех точек одновременно, и считается, что ветер на территории всей карты имеет одинаковую силу и направление. С горючестью поверхности дела обстоят несколько сложнее. Для того чтобы для каждой точки из контура получить уровень ее горючести, используется сервер с БД, в которой хранится информация о горючести в каждой точке поверхности карты. Сервер принимает пакетами запросы, включающие координаты точек, и возвращает горючесть поверхности для каждой точки в запросе.

Тренажер «Тайга 3» состоит из серверной части, написанной преимущественно на PHP, и клиентской части, написанной преимущественно на JS. Для уменьшения нагрузки на сеть и лучшей масштабируемости большинство расчетов производится на клиентской части, что позволяет распределить нагрузку между всеми устройствами равномерно. Клиентская часть представлена двумя веб-интерфейсами. Первый интерфейс - для администратора (преподавателя) и второй - для пользователя (обучаемого).

Преподаватель имеет возможность добавлять новые очаги пожара на карту, устанавливать направление и скорость ветра, а также граничные значения площади гари, площади активного горения и длины кромки пожара. При превышении заданных значений считается, что обучаемый специалист не справился с задачей. После этапа обучения преподавателю предоставляется возможность в реальном (или сжатом) времени просмотреть ход обучения каждого обучаемого, выявить ошибки в его действиях.

Интерфейс пользователя имеет другие возможности. В нем имеется возможность просмотра всех параметров, заданных преподавателем, а также предоставлены инструменты для замедления распространения и локализации всех очагов пожара.

Для локализации пожара используются траншеи различной толщины и скорости постройки. При небольшой толщине траншеи и довольно высокой скорости распространения пожара возможна ситуация, когда пожар «перепрыгнет» через траншею, что осложняет задачу обучаемому. В случае если пожар не преодолевает траншею, огонь в данной точке полностью останавливается. Скорости строительства и ширина траншей взяты из нормативов МЧС. Постройка траншей производится по алгоритму построения прямых Брезенхема [6].

Для замедления распространения кромки пожара используются авиасредства. С помощью самолета можно вылить на местность полосу из воды, задав координаты и направление сброса. Вертолет сбрасывает воду в виде эллипса. При попадании кромки пожара на область сброса воды, скорость ее распространения значительно снижается.

Инструменты пожаротушения подключены к расчетному блоку дополнительными модулями.

Ниже приведен пример локализации пожара обучаемым с помощью представленных средств (рисунки 1-8). В правой части на рисунках можно видеть меню обучаемого для локализации в виде кнопок, переключателей и текстовых полей. В левой части расположена карта реальной местности. В данном примере взят участок заповедника «Столбы». Карта, полигоны пожаров, траншеи, полосы воды отображаются средствами OpenLayers. Подложка карты – OpenStreetMap. Белым цветом на карте обозначены области без растительности, следовательно, горючесть поверхности в таких областях равняется нулю и пожар останавливает свое распространение.

На рисунке 1 мы видим начало распространения пожара. Точка очага пожара была выбрана преподавателем, и был построен исходный контур.

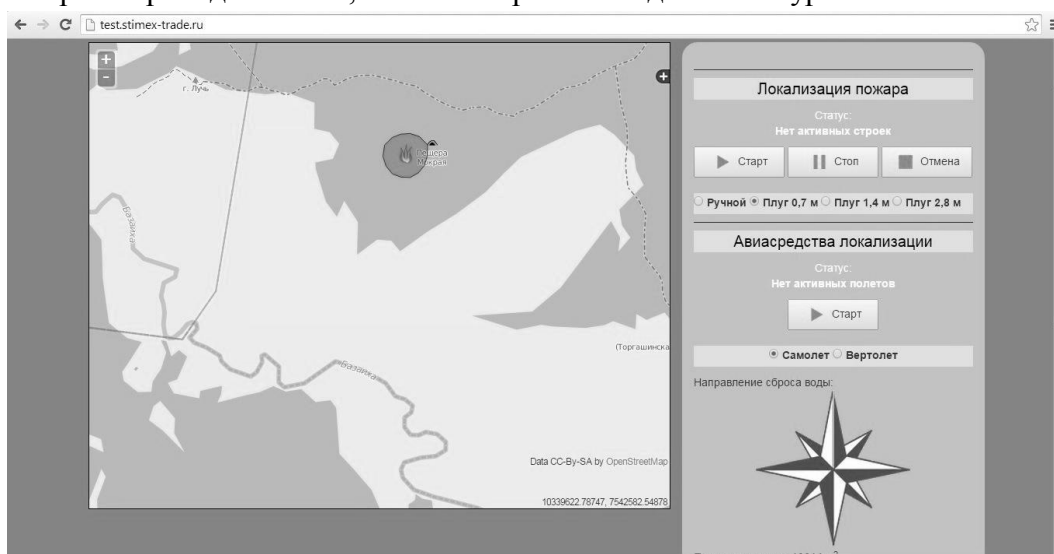


Рисунок 1 - Начало распространения пожара

На рисунке 2 видно, как кромка пожара начала свое распространение. По мере приближения кромки к негорючей области скорость ее движения снижается и пожар останавливается.

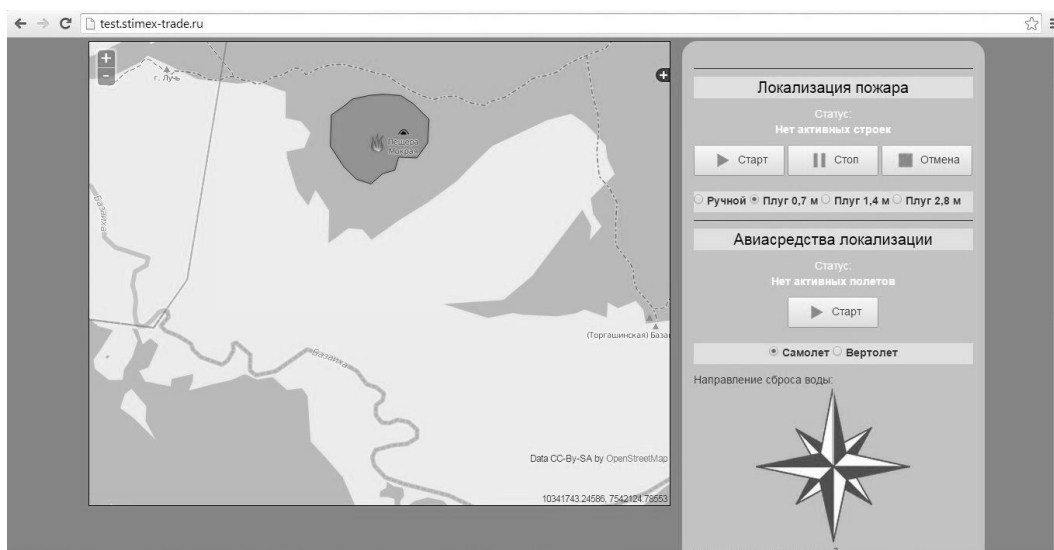


Рисунок 2 – Продолжение распространения пожара

На рисунке 3 мы видим, что к северо-востоку от пожара был совершен сброс воды с вертолета, чтобы замедлить скорость распространения пожара, а также было начато строительство траншеи с шириной плуга 0,7 м с севера на юг (используются три опорные точки).

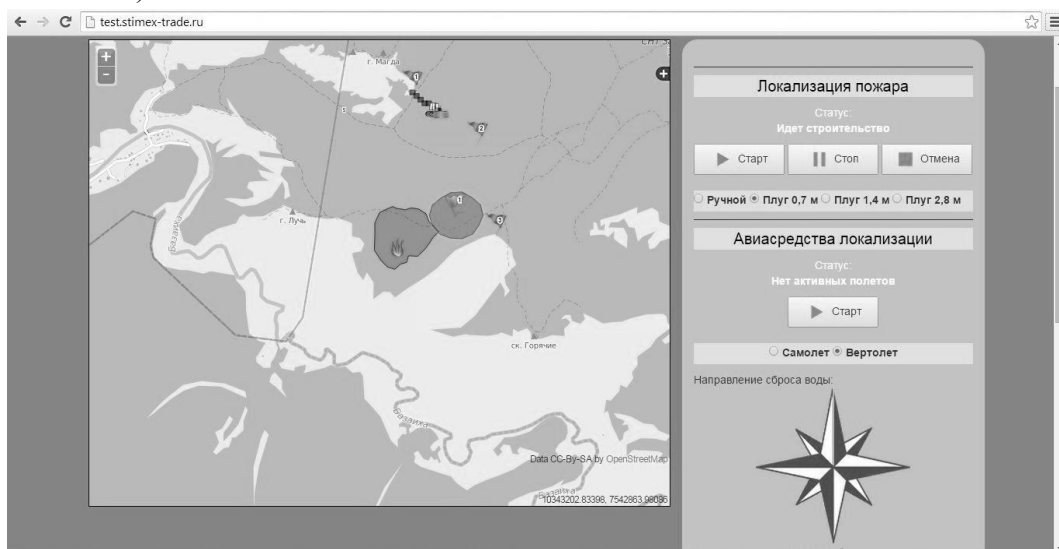


Рисунок 3 - Начало постройки траншеи для локализации и использование авиасредств для замедления пожара

В процессе обучения, преподаватель имеет возможность добавлять очаги пожара на карту. Что мы и можем наблюдать на рисунке 4. На северо-западе от первого очага был добавлен второй очаг. Постройка траншей на северо-западе была завершена.

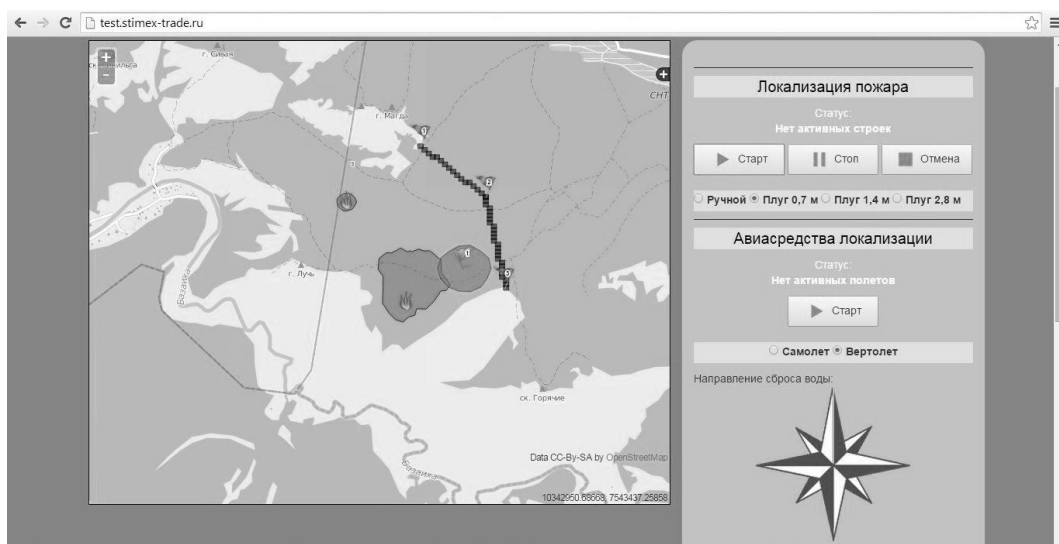


Рисунок 4 - Возникновение нового очага пожара и завершение постройки траншей на северо-западе

На рисунке 5 видно, что при попадании кромки пожара в зону сброса воды скорость распространения пожара в этой области значительно снизилась. Также была

начата ручная постройка траншеи на северо-западе, чтобы не допустить дальнейшего распространения пожара.

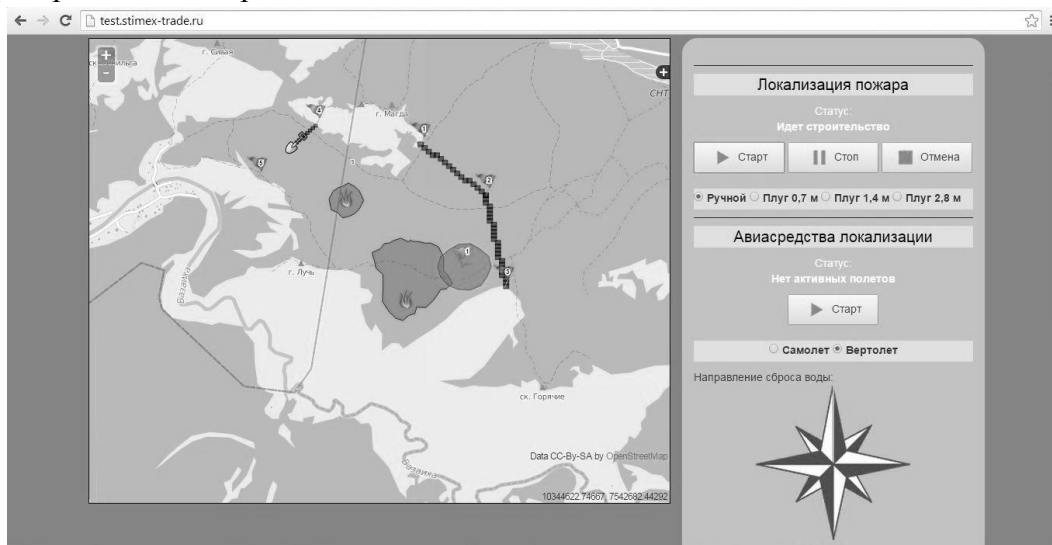


Рисунок 5 –Постройка траншей для локализации на северо-западе

При пересечении двух очагов пожара контуры сливаются в единый пожар и продолжают распространение. На рисунке 6 мы видим слияние двух очагов пожара. Также траншеи на северо-западе были полностью достроены.

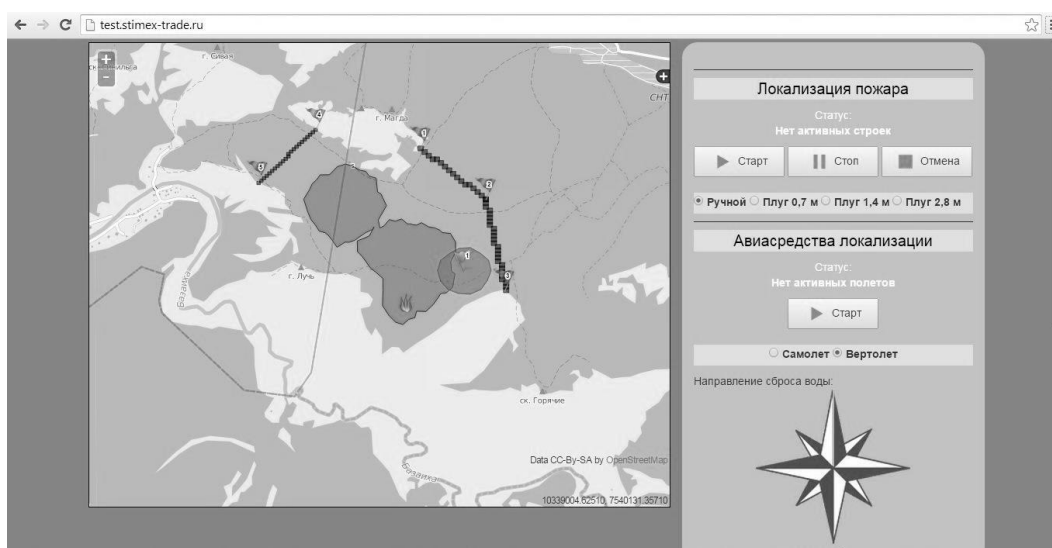


Рисунок 6 – Слияние двух очагов пожара и завершение постройки траншей

На рисунке 7 пожар продолжает свое распространение. Однако траншеи были вырыты в нужных местах, и пожар уже практически локализован.

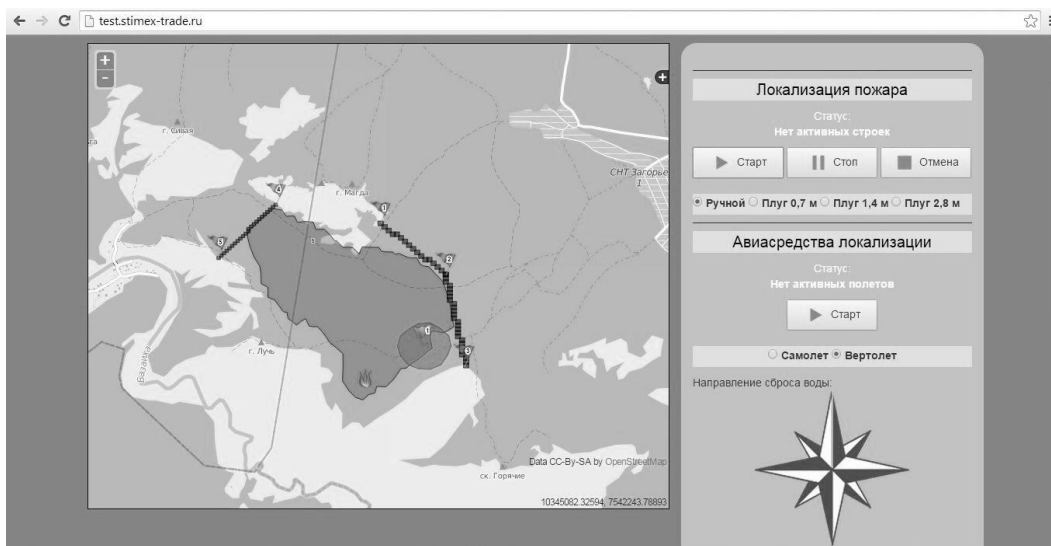


Рисунок 7 – Продолжение распространения пожара

На рисунке 8 мы видим, что пожар полностью прекратил свое распространение и был локализован.

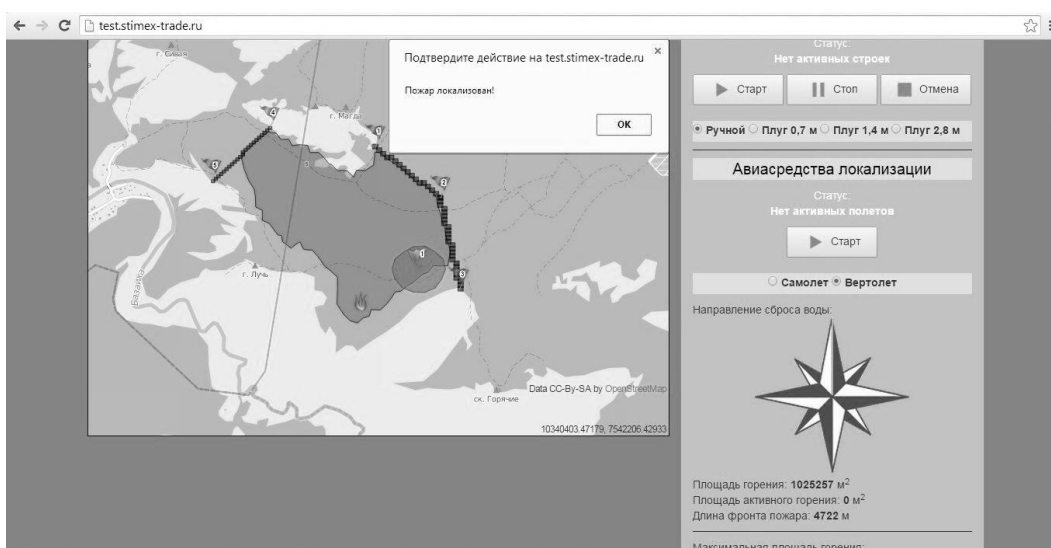


Рисунок 8 – Пожар локализован

### Список литературы

1. Доррер, Г.А. Динамика лесных пожаров / Г.А. Доррер. – Красноярск: СО РАН, 2008. – 404 с.
2. Советов, Б.Я. Моделирование систем. / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. М.: Высшая школа, 1985, - 350с.
3. Бенькович, Е., Практическое моделирование динамических систем. / Е. Бенькович, Ю.Б. Колесов, Ю. Б. Сениченков. СПб.:БХВ-Петербург, 2002. – 464с.
4. «PHP, MySQL и другие веб-технологии», (электронный ресурс), / режим доступа: <http://php.su>

5. «Справочник по Debian», (электронный ресурс), / режим доступа: <http://qref.sourceforge.net/quick/index.ru.html>

6. Д. Роджерс. Алгоритмические основы машинной графики. – М. Мир, 1989.

Anthony S. Bova, William E. Mell, Randall J. McDermott. A Comparison of Level Set and Marker Methods for Fire Spread Simulation - Warner College of Natural Resources, Colorado State University, Fort Collins, CO, USA, 2013.

УДК 007.51

## СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ

*П.П. Дьячук, М.К. Грицков, В.С.Кудрявцев*

*В рамках синергетического подхода рассмотрены обучающие системы. Стратегические и оперативные управляющие воздействия, инициирующие неустойчивые состояние учебной деятельности обучающихся. Показано, что бифуркации есть следствие стратегического управления, нарушающего баланс между внешней и внутренней информацией. Установлено, что бифуркации приводят к генерации информации обучающимся и как следствие этого к самоорганизации учебной деятельности.*

*Ключевые слова: синергетика, самоорганизация, учебная деятельность, бифуркация, адаптация, управление, неустойчивость, структура*

### Введение

Проблемы управления и диагностики в системах образования в последние годы приобретают все более важное значение для получения существенных результатов в подготовки и принятия решений на самых различных уровнях. В статье [1] «...анализируется сложившаяся ситуация в образовании, предлагаются способы «подтолкнуть» личность к гармоническому развитию. Подчеркивается необходимость внедрения новой парадигмы в образовательную систему, одна из особенностей которой – формирование ответственного отношения к самому знанию». На первый план выдвигаются процессуальные аспекты обучения, обуславливающие саморазвитие учебной деятельности обучающихся приводящую к ее самоорганизации в условиях неопределенности проблемных сред. Происходит смена образовательной доминанты с репродуктивной на продуктивную - синергетическую парадигму, творческую доминанту, определяющую деятельностный, компетентностный характер обучения. Образованный человек должен не просто обладать знаниями, он должен уметь добывать знания и применять, то есть реализовывать их в деятельности при решении проблем (задач). В этой связи процессы и подходы к управлению системами образования нуждаются в существенной корректировке, учитывающей вышеуказанные аспекты.

В классическом подходе обучающийся рассматривается как объект – управление, которым позволяет достигнуть целей обучения, невзирая на сложность объекта обусловленную его субъектностью. Диагностика учебной деятельности



направлена на результаты научения и носит статусный характер, включая уровень обученности, фактологические знания, умения и навыки [2] и т.п. Обучаемый рассматривается как некий «сосуд» для информации [3]. Цель обучения наполнить его знаниями. Цели обучения задаются извне, также, как и алгоритмы их достижения.

Неклассический подход характеризуется существенными достижениями в кибернетике и соответственно в управлении системами обучения. На основе известных методов и средств прикладного системного анализа реализовано информационное моделирование интерактивного процесса обучения [4]. Широко применяются динамические модели интерактивного процесса обучения, которые строятся на основе формализма и программных средств раскрашенных сетей Петри [4]. Эта методология позволяет создавать модели, отражающие особенности учебного процесса. Для прогнозирования и совершенствования вероятностных процессов принятия управленческих решений в системах обучения применяются методы теории вероятности и математической статистики. В работах [5], для исследования динамики систем обучения используется представление интерактивного процесса обучения в виде конечной цепи Маркова. Это позволило описать и исследовать многие его свойства: динамику смены состояний процесса; среднее число пребываний процесса в каждом состоянии и дисперсию этой величины; предельные вероятности нахождения системы в состояниях эргодического множества. Вероятностные характеристики процесса обучения использовались для поиска управленческих воздействий, обеспечивающих заданный режим функционирования управляемой системы обучения и прогнозирования.

Для решения задач управления процессом обучения в условиях неопределенности применяют: методы искусственного интеллекта [6]; модели теории нечетких множеств [7]; методы имитационного моделирования развития систем обучения с использованием нейронных сетей [8]; задачи теории активных систем для анализа систем обучения; а также методы теории игр для абстрагирования логических структур рассматриваемых ситуаций [9].

Неклассический подход учитывает сложность объекта управления, включая наличие у него собственного центра управления и то, что он является субъектом, который имеет собственные предпочтения и цели. При этом, управление и диагностика учебной деятельности основываются на представлении о саморегуляции поисковой активности обучающихся и наличии соответствующих гомеостатических механизмов адаптации обучающихся к среде. Под средой понимается проблемная среда тех задач (проблем) решению которых должен научиться обучающийся. В рамках неклассического подхода возник и получил развитие деятельностный, личностно-ориентированный подход в обучении, появились адаптивные системы обучения [10, 11] и соответствующие диагностики. Адаптивные системы управления процессом обучения предполагают стабильное устойчивое функционирование обучающихся, основу которого составляют «два принципа бытия: 1. – гомеостатичность, 2. – иерархичность.» [12].

Адаптивные компьютерные обучающие системы решают стандартную задачу обучения, которая «состоит обычно в том, чтобы обучаемый наилучшим образом запомнил определенные порции информации  $U \dots$ » [18]. Эффективность адаптивного

обучения зависит от алгоритма обучения  $Q$  и индивидуальных свойств обучаемого  $\omega(t)$  как объекта обучения:

$$Q = Q(U, \omega). \quad (1)$$

Очевидно, что индивидуальные особенности обучаемых априори неизвестны. Для решения проблемы необходимо сделать процесс обучения адаптивным, т.е. приспособливающимся к индивидуальным особенностям обучаемого, необходимо уметь решать проблему идентификации свойств личности. Приспособление осуществляется путем соответствующего выбора порции  $U$  обучения и требует решения задачи адаптации:

$$Q(U, \omega(t)) \rightarrow \min_U \rightarrow U_{\omega(t)}^*, \quad (2)$$

где  $U_{\omega(t)}^*$  – оптимальная порция обучения, зависящая от индивидуальных черт  $\omega(t)$  студента. В качестве эффективности обучения  $Q$  может выступать число порций учебного материала, охватывающих раздел, тему, курс предмета; время обучения и т.п.

Управление процессом обучения в адаптивных системах носит циклический характер. За каждой порцией  $U_{\omega(t)}^*$  учебного материала, предоставляемой обучаемому, следуют проверка (контроль) усвоения данной информации, потом корректировка дальнейшего хода процесса обучения с учетом модели обучаемого, его индивидуальных особенностей. Затем все повторяется. Анализ исследований, посвященных адаптивным обучающим системам, показывает, что: 1) компьютерная реализация таких систем не выходит за рамки сообщающего обучения, имеющего репродуктивный характер; 2) как правило, индивидуальные различия обучаемых идентифицируются через «пассивные» составляющие познавательной сферы, например: различия в запоминании и забывании учебной информации и т.п.; 3) они не учитывают то, что обучаемые являются открытыми системами и обладают психической активностью и способностью к самоорганизации (саморазвитию) собственной деятельностью.

Синергетический подход определяет самоорганизацию учебной деятельности, которая возникает как следствие взаимодействия внешней и внутренней информации в состоянии неустойчивости и становления более совершенной структуры системы действий обучающегося. Как пишет В.С. Степин в процессе самоорганизации учебной деятельности происходит смена механизмов саморегулирования действий обучающихся. Каждый механизм саморегулирования представляет собой некоторое устойчивое состояние жизнедеятельности субъекта обучения. Причем смена механизма саморегулирования приводит обучающегося к более высокой самоорганизации учебной деятельности [14].

Самоорганизация учебной деятельности происходит в результате генерации информации обучающимися. Это приводит к саморазвитию и процессу становления личности обучающихся. Условиями становления (саморазвития) или генерации информации являются [12]: 1. неустойчивость состояния обучающегося, вызванное неопределенностью проблемной среды; 2. наличие тезауруса или базовых знаний о предметной области или проблемной среде; 3. необходимость перевода информации с

языка одной семиотической системы знаков на язык другой семиотической системы знаков.

### Теоретическая часть

В системах обучения выделяют одновременно *стратегические и оперативные цели*. При этом оперативными целями являются краткосрочные цели, при достижении которых можно принять допущение, что взаимодействие с проблемной средой осуществляется в условиях, когда воздействие проблемной среды является стабильным, то есть находится в пределах заданных границ. Однако важнейшей проблемой управления системой обучения является сохранение эффективности учебной деятельности обучающихся в условиях непрерывной изменчивости проблемной среды в более долгосрочной перспективе. Именно достижение правильно поставленных стратегических целей позволяет системе обучения сохраниться и возможно даже развиваться в условиях новой проблемной среды. Поэтому к любой системе обучения применимы понятия оперативного и стратегического управления. При этом критерием различия данных видов управления является не только временной горизонт, но и методы управления.

В нашем случае оперативное управление нацелено на адаптацию обучающихся к проблемным средам и соответствующее изменение параметров системы обучения. Оно не затрагивает ее структуры, не может влиять на ее взаимодействие с проблемной средой. Методы оперативного управления отвечает принципам бытия.

Методы стратегического управления, напротив, ведут к изменению структуры системы обучения, а также могут изменять структуру векторов взаимодействия обучающейся системы с проблемной средой. Соответственно, методы стратегического управления направлены на саморазвитие и определяются принципами Становления: нелинейность, неустойчивость, незамкнутость, динамическая иерархичность, наблюдаемость. В теории управления широко распространена классификация систем управления по видам их моделей. Основные классы математических моделей систем управления приводятся в работе [16, 17]. В аспекте приведенных в указанных источниках классификаций при рассмотрении систем обучения следует учитывать следующее: 1. Нелинейный характер закономерностей процесса обучения; 2. Системы обучения – это сложные, многомерные системы. 3. Любая система обучения, рассматриваемая в аспекте управления, является *динамической (нестационарной)* системой, то есть большинство параметров системы обучения меняется во времени. Если модель работает в краткосрочном периоде времени, то тогда многие нестационарные параметры можно условно принять за стационарные; 4. По способу кодирования и передачи информации обучающие системы следует отнести к *дискретным* системам, поскольку большая часть информации в них передается дискретно (порциями) в различных формах (числовой, текстовой); 5. Большинство входных данных и внешних воздействий системы обучения являются *стохастическими*; 6. По принципу управления большинство систем обучения являются системами с *неполной обратной связью*. Дело в том, что эффективно управлять образовательными системами по принципу разомкнутого управления практически невозможно из-за большого влияния внешних факторов, а также сложности получения

точной модели объекта управления. С другой стороны, получить достоверную информацию обо всех параметрах состояния объекта управления (т. е. достичь состояния полной информированности) в случае системы обучения тоже практически невозможно. Поэтому реально управление ведется в условиях неполной информированности, но с учетом поступающей частичной информации по принципу управления с неполной обратной связью. 7. По используемым методам моделирования в моделях систем обучения используются как *оптимизационные*, так и *теоретико-игровые методы*.

С учетом выявленных особенностей систем обучения известная в науке модель управления сложными объектами [18] должна быть дополнена блоками, связанными с необходимостью осуществления стратегического управления, для чего в схеме управления должна появиться вторая петля обратной связи. Концептуально подобная система изображена на рис. 1. На данном рисунке введены следующие обозначения:  $X(U_s, t)$  – множество всех входных параметров, воспринимаемых объектом управления;  $\xi(t)$  – вектор неконтролируемых внешних воздействий на объект управления;  $P_0(U_s, t)$  – вектор, характеризующий состояние устройства оперативного управления;  $V(X_1, P, t)$  – вектор выходных параметров, генерируемых объектом управления;  $U_0(P, P_0, V, t)$  – вектор параметров оперативного управления, генерируемый устройством оперативного управления;  $U_s(t)$  – вектор параметров стратегического управления.

Первый контур оперативного управления – адаптер, отвечает за адаптацию обучающегося к квазистационарным состояниям проблемной среды. Второй контур – контур стратегического управления – бифуркатор, изменяет параметры проблемной среды таким образом, что: а) неустойчивость состояния обучающегося возрастает, если характеристики учебной деятельности обучающегося улучшаются; б) неустойчивость состояния обучающегося уменьшается, если характеристики учебной деятельности обучающегося ухудшаются.

Для реализации двухконтурной системы управления самоорганизацией учебной деятельности обучающегося необходимо создать канал управления  $U$ , с помощью которого можно влиять на действия обучающегося и, соответственно, на структуру системы действий:

$$Y = F_0(X, S(Y)), \quad (3)$$

где  $F_0$  – по-прежнему оператор работы обучающегося, но учитывающий наличие фактора управления  $U$ . Под системой управления самоорганизацией будем понимать совокупность алгоритмов обработки информации и средств их реализации, объединенных для достижения заданных целей управления деятельностью обучающегося.



Рисунок 1 – Двухконтурная система управления сложным объектом

Выделим следующие этапы управления деятельностью обучающегося.

1. Изучение структуры системы действий обучающегося при решении задачи. Получая данные о действиях обучающегося, УЦ в зависимости от текущего состояния структуры системы действий определяет параметры управляющих воздействий.

2. Выработка параметров управления. В зависимости от структуры системы действий обучающегося система управления определяет содержание и количественные параметры управляющих воздействий, которые осуществляются через систему датчиков и «исполнительные механизмы» УЦ.

3. Реализация управления. После того как определены характеристики деятельности и параметры управляющих воздействий, необходимо организовать деятельность обучающегося по поиску решения поставленной задачи. Для этого управляющий центр отслеживает текущее состояние решения задачи относительно цели и на основе этой информации содействует деятельности обучающегося по решению задач, оказывая положительное подкрепление правильных действий и отрицательные – на неправильные.

4. В процессе итеративного научения управляющий центр изменяет неопределенность проблемной среды в соответствии с изменениями структуры системы действий обучающегося. Если в развитии структуры системы действий обучающегося наблюдается прогресс, то управляющий центр увеличивает неопределенность проблемной среды. Это приводит к неустойчивости состояния обучающегося, что инициирует поисковую активность обучающегося. Если же в развитии наблюдается регресс, то неопределенность проблемной среды уменьшается.

Система управления самоорганизацией учебной деятельностью, получая на входе информацию о среде  $X$ , и структуре системы действий обучающегося  $S$ , цели  $Z^*$ , располагая ресурсами  $R$  (ресурсами могут быть: время, отводимое на научение, количество заданий и т. д.), должна выдать на выходе информацию об управлении  $U$ , с помощью которого возможно достижение цели  $Z^*$ , т.е. искомого состояния  $S^*$  в рамках ресурсов  $R$ , т.е.

$$\langle X, S(Y), Z^*, R \rangle \rightarrow U^* \rightarrow S^*. \quad (4)$$

Задачу разработки программы управления декомпозируем на две:

1. Изучение структуры системы действий обучающегося – объекта управления, или синтез модели  $F$  объекта, связывающий его наблюдаемые входы:

$$Y = F(X, S(Y), U). \quad (5)$$

2. Синтез управления с помощью этой модели. В простейшем случае этого можно достичь, решая задачу адаптации, т.е. задачу оперативного управления (см. рис.1)

$$Q(U, S_i) \rightarrow \min_U \Rightarrow U_{S_i}^*, \quad (6)$$

где  $U_{S_i}^*$  – оптимальные управляющие воздействия, определяемые для структуры системы действий  $S_i$  на множества управлений  $U$ . Структура системы действий формируется в результате решения задачи стратегического управления (см. рис.1):

$$Q(U, S_i) \rightarrow \min_{S_i} \Rightarrow S_U^*, \quad (7)$$

где  $S_U^*$  – оптимальная структура системы действий обучающегося при заданных управляющих воздействиях  $U$ .

Множество допустимых управлений определяется выделенными ресурсами  $R$ , а искомое состояние  $S^*$  – заданной целью  $Z^*$ .

Процесс синтеза модели  $F$  объекта управления (модели структуры системы действий обучающегося) является необходимым элементом управления сложным объектом.

Системе управления самоорганизацией учебной деятельностью сообщаются цели обучения  $Z^*$  и ресурсы  $R$ , которыми она располагает для управления процессом научения обучающегося. Задача состоит в том, чтобы организовать управляющие воздействия  $U$ , которые содействуют изменению структуры системы действий обучающегося таким образом, чтобы выполнялись поставленные цели  $Z^*$ .

Описанная двухконтурная модель управления процессом научения решению задач основана на синергетических принципах и реализует свою функцию через содействие обучающемуся в формировании структуры системы действий «инициируя» неустойчивые состояния обучающегося, преодоление которых приводит к самоорганизации его учебной деятельности. Математически это соответствует достижению целевых требований (4).

5. Управляющие воздействия.

Управление  $U$  представлено в виде  $U = \langle U_S, U_I, U_A \rangle$ . Генератор задач  $G$  задает обстановку в проблемной среде:

а) стратегическое управление  $U_S$  является самым мягким управлением и носит мотивационный характер. Оно дает информацию о значении уровня самостоятельности действий обучающегося. Функция уровня самостоятельности учебной деятельности обучающегося определяется из выражений:

$$I = 1 - H(p), \text{ при } p \geq 0.5 \quad (8-a)$$

$$I = 0, \quad \text{при } p < 0.5, \quad (8-б)$$

$$\text{где } H = -p \log_2 p - (1-p) \log_2 (1-p), \quad (9)$$

– информационная энтропия действий обучающегося,  $p$  – относительная частота правильных действий. Значение  $I$  вычисляется после решения очередной задачи.

Величина  $I$  изменяется от 0 до 1. На экране дисплея значение  $I$  отображается уровнями самостоятельности деятельности обучающегося, представленными системой 10 датчиков. Номер датчика  $U_s$  определяется выражением:

$$U_s = 1 + \text{INT}(10I), \quad (10)$$

$$U_s = 1, 2, 3, \dots, 9, 10.$$

При  $U_s = 1$ ,  $\text{INT}(I) = 0$ . Этот уровень соответствует действиям студента по методу проб и ошибок. Доля неправильных действий обучающегося близка к 0.5. При  $U_s = 10$  доля неправильных действий стремится к нулю. Деятельность обучающегося решению задач близка к оптимальной, т.е. безошибочной. Управляющие воздействия  $U_v$  изменяются только по завершении очередного периода учебной деятельности обучающегося;

б) управляющие воздействия  $U_1$  являются информационными управлениями. Эти управления производятся посредством датчика «расстояние до цели». УЦ вычисляет минимальное число действий, которые нужно произвести обучающемуся, чтобы достичь цели из данного текущего состояния. Это число и есть расстояние до цели. Датчик «расстояния до цели» помогает обучающемуся регулировать свои действия по достижению целевого состояния.

Блок оперативного управления при фиксированной цели сопоставляет каждой ситуации определенное действие. Обучающийся определяет действие в результате сравнения текущей ситуации и цели. Информация, получаемая от датчика «расстояние до цели», является информационным подкреплением действий обучающегося. Из теории научения [21] следует, что из всех режимов подкреплений самым эффективным является режим случайных подкреплений. При этом датчик «расстояние до цели» появляется либо в случайные моменты времени, либо через случайное число действий, совершаемых обучающимся. Вероятность появления датчика при выполнении  $i$ -го задания зависит от результатов деятельности обучающегося в  $i-1$ -м задании и определяется формулами:

при  $U_v = 1$

$$P_i (\text{датчик есть}) = 1, \quad (11а)$$

при  $U_v > 1$

$$P_i (\text{датчик есть}) = 1, \quad \text{если } p_{i-1} < q \leq 1 \quad (11б)$$

$$P_i (\text{датчик есть}) = 0, \quad \text{если } 0 \leq q \leq p_{i-1}. \quad (11в)$$

Здесь  $q$  – случайное число, сгенерированное в интервале от 0 до 1.

По мере научения  $P_i$  стремится к 1 и, соответственно, вероятность подключения датчика стремится к нулю. Управляющие воздействия  $U_1$  представляют собой случайные события: а) датчик есть; б) датчика нет. Информация об этих событиях передается по прямому каналу связи непрерывно. Это обусловлено случайным характером событий а) и б). Всякий раз, совершая действие, обучающийся получает информацию о том, что произошло. Соответственно, прямой канал связи, так же как и обратный, работает непрерывно;

в) «институциональное» управление  $U_A$  состоит в целенаправленном ограничении множества возможных действий обучающегося. В рамках нашей модели «институциональное» управление заключается в целенаправленном ограничении неправильных действий обучающегося путем их отмены или коррекции (исправления).

Синергетический подход к управлению и диагностике учебной деятельности обуславливает направленность на анализ и диагностику неустойчивых состояний (бифуркаций) обучающихся, включая диагностику процесса смены механизмов саморегулирования учебной деятельности, а также динамических параметров характеризующих эти механизмы.

Обучающийся представляет собой в некотором роде «черный ящик». Принятие им решения о выполнении того или иного учебного действия обусловлено как внутренней умственной деятельностью, так и возможными внешними изменениями проблемных сред. Если не изменять параметры (структуру) проблемной среды, то однозначно утверждать за счет чего формируется результат научения обучающегося решению задач нельзя. Другими словами, результат научения определяются двумя входными переменными – информацией о результате действия произведенного обучающимся над объектами задачной ситуации и информацией о проблемной среде или окружающей среде. Если бы, на каком-либо шаге учебной деятельности, изменились оба значения входных переменных, то результаты научения, на этом и на предыдущем шаге учебной деятельности оказались бы несравнимы. Нельзя было бы сказать почему, за счет какого фактора изменился результат действий обучающегося. Поэтому в неклассическом и классическом подходах кривые научения, как результат деятельности обучающегося должны быть получены в условиях постоянства (квазистационарности) проблемной среды [19].

Из синергетического подхода в исследовании процессов научения следует, что в результате учебной деятельности изменяется как обучающийся, так и проблемная среда. В нашем случае эти изменения обусловлены самосогласованным изменением частоты реакций (информационных подкреплений) проблемной среды на действия обучающегося при изменении успешности учебной деятельности. Изменение частоты информационных подкреплений учебной деятельности обучающегося приводит к изменению вероятностей устойчивых и неустойчивых состояний, стимулируя тем самым поисковую активность обучающегося.

### **Экспериментальная часть**

В эксперименте исследовалась учебная деятельность по конструированию музыкального произведения из его фрагментов. Предварительно, специальным



компьютерным конструктором звуковых пазлов, музыкальное произведение разрезано на 9 фрагментов. Задача испытуемых состоит в том, чтобы соединить эти фрагменты в правильной последовательности. Музыкальным фрагментам соответствуют карточки, номера которых случайно изменяются при каждом повторном выполнении задания. Испытуемый может прослушивать отдельные фрагменты, все произведение и то, что собрал неограниченное число раз. Действия прослушивания в движении к цели не учитываются. Текущее состояние решения задачи конструирования музыкального произведения из его фрагментов определяется как результат действий установки и отмены звуковых фрагментов. Неправильно установленный фрагмент удаляет от цели, и наоборот, правильно установленный фрагмент приближает к цели. Как следует из анализа учебной деятельности испытуемых I и II безошибочное решение задач не всегда означает, что обучающийся способен осуществлять деятельность по поиску решения задач в условиях ограничения внешней информации. С позиции самоорганизации учебной деятельности процесс формирования нового, более совершенного механизма саморегулирования учебных действий завершился далеко не у всех обучающихся. Это можно выявить, если прекратить подачу внешней информации

Для исследования процессов самоорганизации учебной деятельности человека разработан метод актиограмм [22]. Актиограмма – графическое отображение учебной деятельности во времени позволяет анализировать эволюцию развития учебной деятельности. В частности метод актиограмм позволяет фиксировать бифуркации учебной деятельности, инициируемые флуктуациями проблемной среды. В состоянии бифуркации (ветвления) происходит выбор между двумя путями развития учебной деятельности: первый - приводит к деградации структуры учебных действий и росту числа ошибочных действий; второй путь, это прогресса, обуславливающий сохранение и развитие учебной деятельности (см. рис.2).

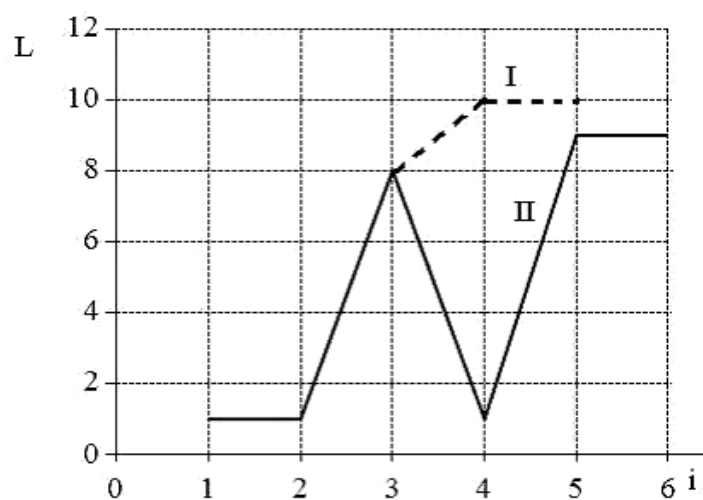


Рисунок 2 – Кривые развития учебной деятельности I-го и II-го испытуемых (вертикальная ось L – уровень самостоятельности учебной деятельности, горизонтальная ось i-номер задания)

Самостоятельный характер учебная деятельность приобретает при обучении решению задач «без учителя». При этом, в процессе научения решению задач обучающемуся не сообщается напрямую, как поступить или какое действие предпринять. Он сам, на основе собственного опыта узнает, какие действия приводят к целевому состоянию задачи. Действия обучающегося определяются не только сиюминутным результатом, но и последующими действиями и случайными подкреплениями со стороны проблемной среды. Эти два свойства (метод «проб и ошибок» и подкрепление) являются основными характеристиками системы автоматического управления самостоятельной учебной деятельностью обучающихся решению задач [23].

Самообучение отличается от обучения с учителем, который напрямую инструктирует или тренирует обучающегося. Для достижения целей обучающийся сам определяет тактику и стратегию своей деятельности. Чтобы оптимизировать процесс научения он не только опирается на свои знания (тезаурус), но и исследует пространство состояний задач данного типа, с тем, чтобы найти (генерировать) правильный алгоритм поиска решения задач.

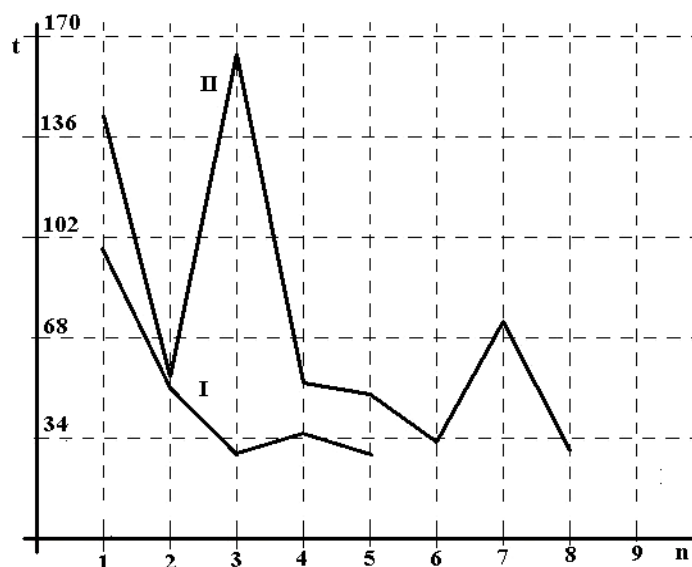


Рисунок 2 – Время выполнения заданий  $t$  в зависимости от номера задания  $n$  для испытуемых I и II (см. рис.1)

Для получения обучающимся достоверной информации об алгоритме решения задач, проводимые им исследования должны многократно повторяться. Внутреннюю информацию, которой обладает обучающийся после выполнения I задания можно оценить как меру снятой неопределенности. В начале обучения недостаток внутренней информации у обучающегося компенсируется управляющими воздействиями системы обучения. Чем больше обучающийся накопил информации о способах решения задачи, тем реже система управления (адаптер) «вмешивается» в деятельность обучающегося. Если внешняя информация не компенсирует недостаток внутренней информации, то у обучающегося возникает состояние неустойчивости, которое может привести либо к регрессу (деградации), либо к прогрессу структуры учебной

деятельности обучающегося. Чтобы не произошло деградации структуры учебной деятельности, обучающийся должен сгенерировать недостающую информацию. Для этого он мобилизует свой внутренний потенциал, логику и интуицию.

Из анализа рис.1. и рис.2. можно сделать вывод о том, что испытуемый I справился с этой проблемой, а испытуемый II не смог этого сделать. Становление учебной деятельности испытуемого I пошло по пути саморазвития (прогресса), а у испытуемого II становление деятельности пошло по пути регресса. Регресс сопровождается разрушением структуры учебных действий и соответственно возрастанием количества ошибочных действий.

В нашем примере бифуркация (см. рис.1) возникла при выполнении третьего задания. Обучающиеся с первого уровня самостоятельности перешли на восьмой уровень. При этом частота подключения датчика «Расстояние до цели» существенно уменьшилась. Недостаток внешней информации инициировал становление процесса саморазвития учебной деятельности у испытуемого I.

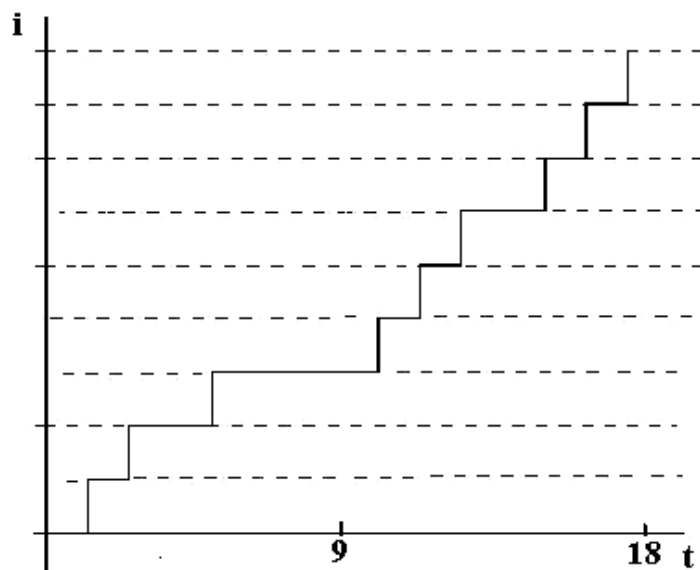


Рисунок 3 – Актиограмма учебной деятельности испытуемого I, при выполнении 3-го задания

Это сопровождается уменьшением времени выполнения задания  $t \leq 34$  и отсутствием ошибочных действий (см. актиограмму на рис.3). После выполнения 3-го задания уровень самостоятельности испытуемого I продолжает расти. У испытуемого II регресс учебной деятельности вызванный дефицитом внешней информации сопровождается не только возрастанием количества ошибок (см. актиограмму на рис. 4), но и значительным увеличением времени выполнения задания  $t \approx 170$  сек (см. рис. 2).

Актиограммы позволяют обучающемуся осуществлять «чувственно-мысленный обзор» своей учебной деятельности в процессе ее самоосуществления. Ключко В.Е. пишет, что «транспектива времени» подчеркивает движение, косвенно включая в себя и пространство, которое в это время осваивается [20]. Как следует из анализа учебной

деятельности испытуемых I и II безошибочное решение задач не всегда означает, что обучающийся способен осуществлять деятельность по поиску решения задач в условиях ограничения внешней информации. С позиции самоорганизации учебной деятельности процесс формирования нового, более совершенного механизма саморегулирования учебных действий завершился далеко не у всех обучающихся. Это можно выявить, если прекратить подачу внешней информации

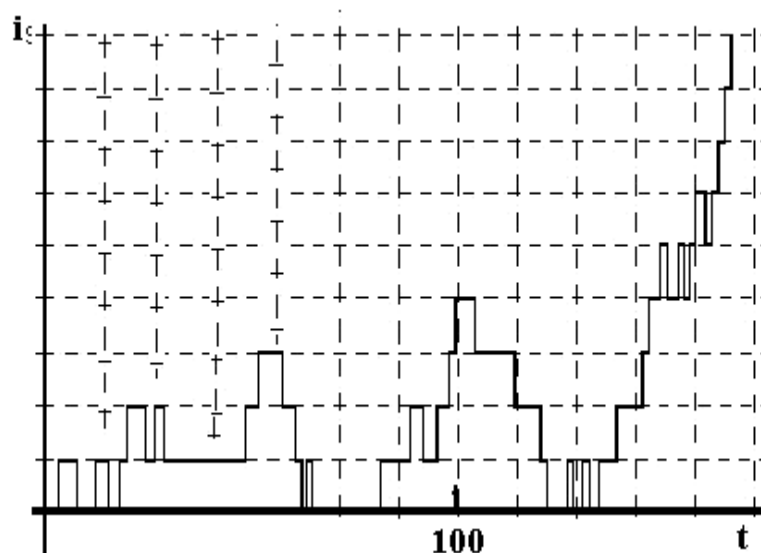


Рисунок 3 – Актиограмма учебной деятельности испытуемого II при выполнении 3-го задания

Для интерпретации бифуркации учебной деятельности используем модель Хокинса [24]. Согласно модели Хокинса, основные функции мозга запоминание и прогнозирование. Запоминаются временные ряды событий, из которых затем выделяются инвариантные ряды события, определяющие решение задачи. У тех испытуемых, которые остались на 10 уровне процесс выделения инвариантных событий закончился, то есть события связанные с сигналами среды (подкреплениями) являются просто шумом. Поэтому выключение датчика «расстояние до цели никак не влияет на успешность их деятельности. Деятельность таких обучающихся происходит с опорой на внутренний контекст.

Испытуемые, у которых ряды инвариантных событий не выделены, нуждаются в полном ряду событий, включая сигналы среды. Поэтому исключение событий несущих внешнюю информацию, компенсирующую недостаток внутренней информации приводит к дезорганизации деятельности испытуемого и совершению ошибок.

Приведенные объяснения бифуркации учебной деятельности согласуются с представлениями синергетики, так как исключение второстепенных событий из инвариантной последовательности действий является механизмом саморегуляции, с более высоким уровнем организации деятельности.

Продолжительность взаимодействия с определенной средой, уровень развития индивидуального когнитивного ресурса личности и величина информационной энтропии помогают выработать наиболее эффективный способ взаимодействия.

Динамика саморазвития когнитивной стратегии решения задачи с доминированием наиболее эффективного механизма саморегулирования поиска решения задач являются показателем обучаемости испытуемых как основного критерия в учебном процессе.

Установлено, что учебная деятельность по научению решению задач играет ведущую роль при саморазвитии обучающегося и носит нелинейный, продуктивный характер в неустойчивых, незакрытых состояниях. Из анализа 'эволюции поиска решения задач следует, что обучающийся, согласно работе Степина В.С. является саморазвивающейся системой которая «...характеризуется развитием, в ходе которого осуществляется переход от одного вида саморегуляции к другому» [14]. Саморегулирование в методе проб и ошибок сменяется структурой систематической, пооперационной учебной деятельностью, а затем происходит переход к интеллектуальному саморегулированию поиска решения задач.

### **Список литературы**

1. Воробьева Н.П., Ореховский А.И. Моральные ценности, сознание и общение в парадигме современного образования // Вестник СибГУТИ. 2009. № 2 . С.70-77
2. В.И. Серых, Л.В. Гребцова, Е.И. Чернышевская Модели измерений уровня подготовленности студентов // Вестник СибГУТИ.2011 № 3 35 С. 35-44
3. Пак Н.И. О концепции информационного подхода в обучении//Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева, 2011. №1 С. 91-97
4. Доррер, А.Г. Моделирование и разработка интерактивных обучающих систем с адаптацией // Диссер. ганд. техн. наук., Красноярск. 2005. с. 159.
5. Дьячук П.П. Моделирование учебной деятельности Марковскими цепями на примере конструирования пространственных объектов//Системы управления и информационные технологии. 2010. Т. 39. № 1.2. С. 229-233.
6. Кудрявцев В.В., Вашик К., Строгалов А.С., Алисейчик П.А Перетрухин В.В. Об автоматном моделировании процесса обучения // Дискретная математика . Т.8. № 4. М.:1996. С. 3-10
7. Юрков Н.К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы//моногр.-Пенза : Изд-во ПГУ, 2010. – 304 с.
8. Усачев А. В. Нейросетевая мультилингвистическая система адаптивного обучения терминологической лексике//Дисс. канд техн. наук. Красноярск 2005. с. 158
9. Мазурак Т.Л. Интеллектуальные средства автоматизации управления обучением//Образовательные технологии и общество ( Educational Technology & Society). 2012. Т.15. №3. С. 502-521
10. Кравец О.Я. Управление в образовательных системах: проблемы и решения//Психология. Социология. Педагогика. 2011. № 7. С. 19-26.
11. Беляев Р.В. Кравец О.Я. Автоматизация адаптивного управления траекториями обучения//Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011.Т.7.№.?.С.109-114
12. Буданов В.Г. Синергетическая методология в постнеклассической науке и образовании// Синергетическая парадигма. Синергетика образования. – М., Прогресс-Традиция, 2007. с.174-211

13. Касаткина А.А. Компетентностные модели как системный ресурс повышения качества инновационных образовательных программ// Вестник СИБГУТИ. 2010. № 1 77. С. 77-84
14. Степин В.С. Саморазвивающиеся системы и постнеклассическая рациональность// Вопросы философии. 2003. №3, с.5-17
15. Логиновский О.В., Козлов А.С. Модель управления социально-экономической системой с двойной петлей обратной связи//Вестник ЮУрГУ, № 3, 2012. с. 72-80
16. Рей, У. Методы управления технологическими процессами: пер. с англ. / У. Рей. – М.: Мир, 1983. – 368 с
17. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления // В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
18. Растригин Л.А. Адаптация сложных систем. (методы и приложения. Рига. 1981. – 375 с.
19. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения.- М.: Институт проблем управления РАН, 1998.- 77 с.
20. Ключко В.Е. Самоорганизация в психологических системах: проблемы становления ментального пространства личности (введение в транспективный анализ). - Томск: Томский государственный университет, 2005. - 174 с.
21. Хегенхан Б., Олсон М. Теории научения. 6-е изд. СПб.: Питер, 2004. 474 с.
22. Дьячук П.П., Кудрявцев В.С., Шадрин И.В. Метод актиограмм в системах управления и диагностики деятельности человека// Материалы 5 –й международной конференции «Системный анализ и информационные технологии». Красноярск. 2013. Т.1 с. 212-217.
23. Дьячук П.П., Дроздова Л.Н., Шадрин И.В. Система автоматического управления учебной деятельностью и ее диагностики// Информационно-управляющие системы. 2010.№5. с. 63-69
24. Хокинс Джефф, Блейкли Сандра. Об интеллекте: Пер. с англ. - М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. - 240 с.: ил. - Парал. тит. англ.

УДК 007.51

## **САМООРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*П.П. Дьячук, И.А. Масленников, Р.Р. Якупов*

*Красноярский государственный педагогический университет*

*им. В.П. Астафьева, Красноярск*

*e-mail: [ppdyachuk@rambler.ru](mailto:ppdyachuk@rambler.ru), [yakupovrivil@gmail.com](mailto:yakupovrivil@gmail.com), [maslennikovivan24@gmail.com](mailto:maslennikovivan24@gmail.com)*

*В статье рассматриваются особенности самоорганизации учебной деятельности студентов. Приведены условия самоорганизации учебной деятельности студентов обучающихся решению задач. На основе метода актиограмм показаны два возможных пути развития учебной деятельности.*

*Ключевые слова: Учебная деятельность, самоорганизация, бифуркация, неустойчивость, актиограмма*

В классическом подходе обучающийся рассматривается как объект – управление которым, позволяет достигнуть целей обучения, невзирая на сложность объекта обусловленную его субъектностью. Диагностика учебной деятельности направлена на результаты научения и носит статусный характер, включая уровень обученности, фактологические знания, умения и навыки и т.п. Обучаемый рассматривается как некий «сосуд» для информации. Цель обучения наполнить его знаниями, они задаются извне, также, как и алгоритмы их достижения.

Неклассический подход учитывает сложность объекта управления, включая наличие у него собственного центра управления и то, что он является субъектом, который имеет собственные предпочтения и цели. При этом, управление и диагностика учебной деятельности основываются на представлении о саморегуляции поисковой активности обучающихся и наличии соответствующих гомеостатических механизмов адаптации обучающихся к проблемной среде. Проблемная среда - это совокупность условий необходимых для поиска решения задач (проблем) решению которых должен научиться обучающийся. В рамках неклассического подхода возник и получил развитие деятельностный, личностно-ориентированный подход в обучении, появились адаптивные системы обучения. Адаптивные системы управления процессом обучения предполагают стабильное устойчивое функционирование обучающихся, основу которого составляют принципы гомеостаза и иерархичности [1].

В постнеклассическом, синергетическом подходе обучающиеся рассматриваются как саморазвивающиеся, открытые системы, в которых происходят процессы самоорганизации учебной деятельности и возрастание роли их ценностно-смысловой сферы. Самоорганизация учебной деятельности возникает в состоянии бифуркации или неустойчивости обучающихся, и как возможное следствие этого, происходит становления более совершенной структуры системы действий обучающегося. Как пишет В.С. Степин в процессе самоорганизации учебной деятельности происходит смена механизмов саморегулирования действий обучающихся [2]. Каждый механизм саморегулирования представляет собой некоторое устойчивое состояние жизнедеятельности субъекта обучения. Смена механизмов саморегулирования представляет собой этап неустойчивого состояния или бифуркацию процесса развития. При прохождении бифуркации возникает, по крайней мере, два возможных пути развития учебной деятельности. Первый - приводит обучающегося к прогрессу, и соответственно к более высокой самоорганизации учебной деятельности. Второй – приводит обучающегося к регрессу, резкому увеличению числа ошибок и дезорганизации учебной деятельности.

Самоорганизация учебной деятельности происходит в результате продуктивной деятельности обучающихся. Условиями самоорганизации являются [3]: 1. неустойчивость состояния обучающегося, вызванное как внутренними, так и внешними причинами, например неопределенностью проблемной среды или недостатком знаний; 2. наличие тезауруса или базовых знаний о предметной области или проблемной среде;

3. необходимость перевода информации с языка одной семиотической системы знаков на язык другой семиотической системы знаков.

Для анализа неустойчивых состояний обучающегося, возникающих в процессе самостоятельного научения решению задач, использовалась компьютерная программа «Системное мышление», интерфейс которой приведен на рис.1. Эта программа позволяет исследовать процесс самоорганизации учебной деятельности.

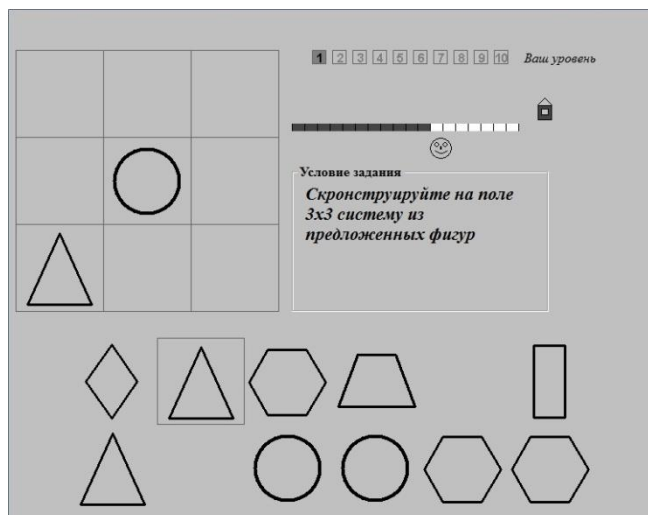


Рисунок 1 – Интерфейс программы «Системное мышление»

Обучающийся должен научиться расставлять в определенном порядке геометрические фигуры на поле 3\*3. При первом выполнении задания обучающийся определяет правильность или неправильность действия по датчику «расстояние до цели». После достижения цели он может смотреть и изучать систему расположения фигур без ограничения времени. При нажатии на кнопку «далее» система управления определяет уровень самостоятельности деятельности обучающегося и, самосогласованно изменяет частоту подключения датчика «расстояние до цели» [6]. Датчик обуславливает внешнее информационное подкрепление действий обучающегося. Обучающийся выполняет то же самое задание до тех пор, пока не достигнет 10 уровня самостоятельности.

Для анализа процесса научения применяется метод актиограмм [4], в основе которого лежит графическое отображение учебной деятельности во времени (см. рис.). Это позволяет отследить эволюцию развития учебной деятельности. В настоящей работе метод актиограмм применяется для анализа бифуркаций учебной деятельности, инициируемых изменением неопределенности проблемной среды.

Была исследована учебная деятельность 75 студентов ИМФИ КГПУ им. В.П. Астафьева. В неустойчивых ситуациях, которые возникали при резком уменьшении внешней информации учебная деятельность большинства испытуемых (55 человек) претерпевала регресс. Это приводит к уменьшению уровня самостоятельности. Уровень самостоятельности не уменьшался у 20 испытуемых. У этих испытуемых происходила самоорганизация учебной деятельности. На рис. 2 приведена гистограмма распределения испытуемых по двум группам: 1. группа со срывом с достигнутого



уровня самостоятельности (регресс); 2. группа без срыва с достигнутого уровня самостоятельности (прогресс). Учебная деятельность приобретает самостоятельный характер при научении решению задач «без учителя». В процессе научения решению задач, обучающемуся не сообщается как поступить, или какое действие предпринять.

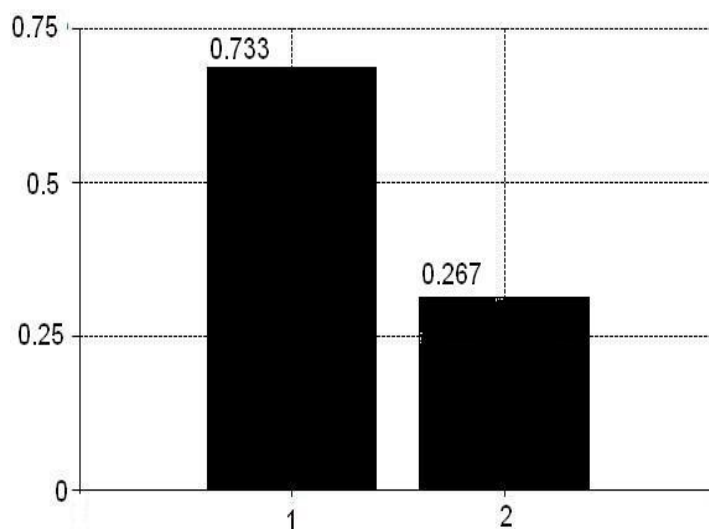


Рисунок 2 – Гистограмма распределения испытуемых:  
1- со срывом; 2-без срыва уровня самостоятельности

Обучающийся на основе собственного опыта, в процессе поиска решения задачи, определяет какие действия приводят к целевому состоянию задачи [5]. Действия обучающегося определяются не только сиюминутным результатом, но и последующими действиями и случайными подкреплениями со стороны проблемной среды. Эти два свойства (метод «проб и ошибок» и подкрепление) являются основными характеристиками системы управления самостоятельной учебной деятельностью обучающихся решению задач.

Таким образом, для достижения целей, обучающийся сам определяет тактику и стратегию своей деятельности. Чтобы оптимизировать процесс научения обучающийся не только опирается на свои знания (тезаурус), но и исследует пространство состояний задач данного типа, с тем, чтобы найти (генерировать) правильный алгоритм поиска решения задач. Очевидно, что одна решенная задача не даст нужного результата в исследовании процесса поиска решения задач. Для получения обучающимся достоверной информации об алгоритме решения задач, проводимые им исследования должны многократно повторяться.

Информацию, накопленную обучающимся, при осуществлении деятельности в проблемной среде после выполнения  $i$  заданий, можно оценить как меру снятой неопределенности. В начале обучения недостаток внутренней информации у обучающихся компенсируется управляющими воздействиями системы обучения [6]. На рис.3 приведены графики зависимости уровней самостоятельности от номера выполнения заданий для двух испытуемых. Как видно из рисунка уровни

самостоятельности кривых научения обучающихся I и II, при выполнении 1 и 2 задания совпадают.

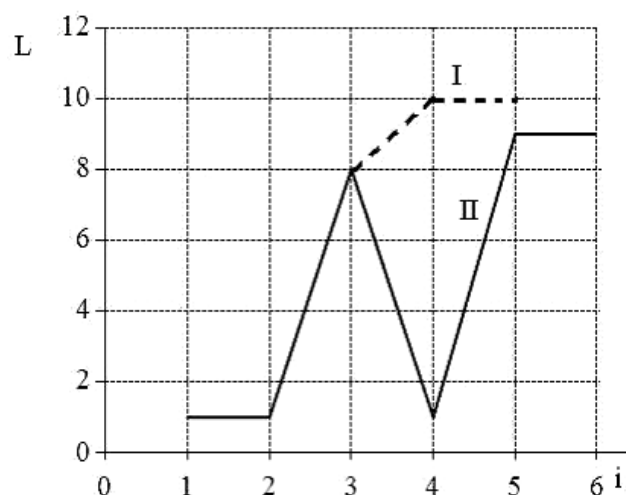


Рисунок 3 – Кривые развития учебной деятельности I-го и II-го испытуемых (вертикальная ось L – уровень самостоятельности учебной деятельности, горизонтальная ось i-номер задания)

После выполнения 2-го задания оба обучающихся переходят на 8 уровень самостоятельности. Но чем больше уровень самостоятельности обучающегося, тем меньше внешней информации, подкрепляющей действия обучающегося. Возрастает неопределенность проблемной среды, которая инициирует бифуркацию или неустойчивое состояние обучающихся при выполнении 3-го задания. У обучающегося I при прохождении неустойчивого состояния произошла самоорганизация учебной деятельности, сопровождаемая уменьшением числа ошибочных действий. Это видно из актиограммы учебной деятельности обучающегося I, приведенной на рис. 4 а). Обучающийся II, при выполнении 3 задания, не смог мобилизовать свой внутренний потенциал и, как следствие этого самоорганизация его учебной деятельности не произошла. Состояние неустойчивости, возникшее у обучающегося II привела к деградации структуры учебной деятельности. На актиограмме учебной деятельности (см. рис.4 б.) это отражено возрастанием числа ошибочных действий.

Как следует из анализа учебной деятельности испытуемых I и II безошибочное решение задач не всегда означает, что обучающийся научился данному виду деятельности. Для того чтобы проверить это необходимо создать условия для возникновения неустойчивого состояния обучающихся. Это можно сделать, варьируя неопределенность проблемной среды, например, посредством уменьшения внешней информации, которая гасит внутреннюю неопределенность обучающегося в процессе поиска решения задачи. Если процесс самоорганизации учебной деятельности не завершился, то это можно выявить, если уменьшить количество внешней информации, содействующей поиску решения задач.

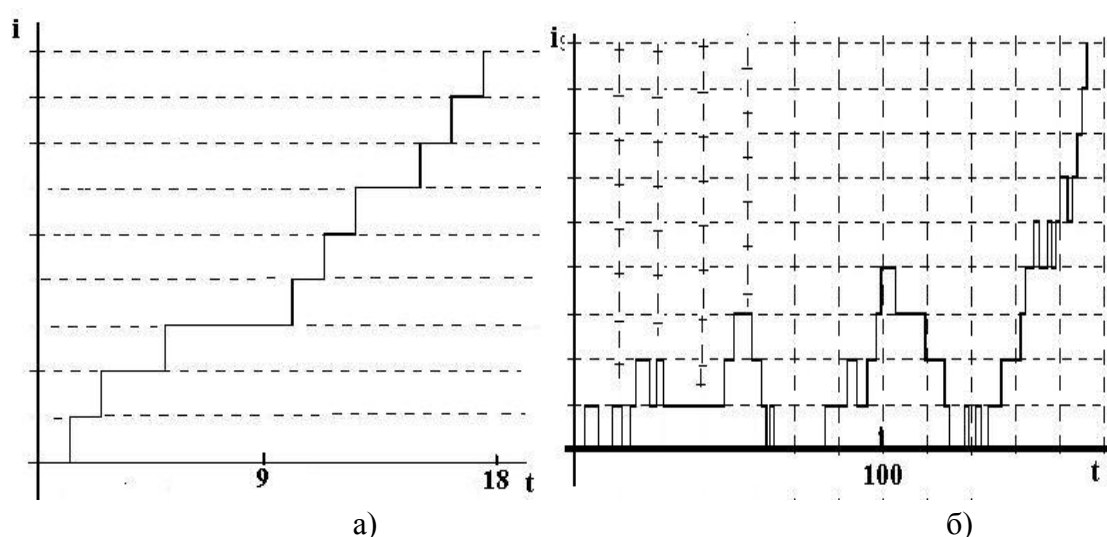


Рисунок 4 – Актиограммы учебной деятельности при выполнении 3-го задания (см. рис.1): а) обучающийся I; б) обучающийся II

При этом может возникать каскад бифуркаций со срывом уровня самостоятельности (см. рис. 5-а). Объяснение каскаду бифуркаций со срывом уровня самостоятельности состоит в том, что при каждом понижении уровня самостоятельности испытуемый эффективно использует внешнюю информацию и совершает мало ошибок. Это задает высокий уровень самостоятельности при выполнении следующего задания, но поскольку внутренней информации обучающегося недостаточно для безошибочного выполнения следующего задания, то в учебной деятельности снова много ошибок и снова падение уровня самостоятельности. Можно сделать вывод о том, что испытуемый действует с опорой на внешний контекст. Как только внешний контекст изменяется, то есть датчик «расстояние до цели» исчезает, возникает неустойчивость, и уровень самостоятельности уменьшается. На рис. 5 б) представлен график уровней самостоятельности в зависимости от номера задания для испытуемого, который действует с опорой на внутренний контекст.

При этом он не фиксирует свое внимание на внешних сигналах (подкреплениях датчика «расстояния до цели»), а пытается запомнить и понять то, как правильно выполнить задание, как организована конструируемая система. Поэтому он достаточно долго находится на первом уровне самостоятельности. Поскольку проблемная среда не изменяется, то развитие учебной деятельности носит устойчивый характер. От задания к заданию идет накопление полезной информации о том как нужно правильно действовать и только после 7 задания уровень самостоятельности обучающегося возрастает.

Для интерпретации бифуркации учебной деятельности используем модель Хокинса [5]. Согласно модели Хокинса, основные функции мозга запоминание и прогнозирование. Запоминаются временные ряды событий, из которых затем выделяются инвариантные ряды события, определяющие решение задачи. У тех испытуемых, которые остались на 10 уровне процесс выделения инвариантных событий закончился, то есть события связанные с сигналами среды (подкреплениями)

являются просто шумом. Поэтому уменьшение внешней информации до нуля никак не влияет на успешность их деятельности. Деятельность таких обучающихся происходит с опорой на внутренний контекст.

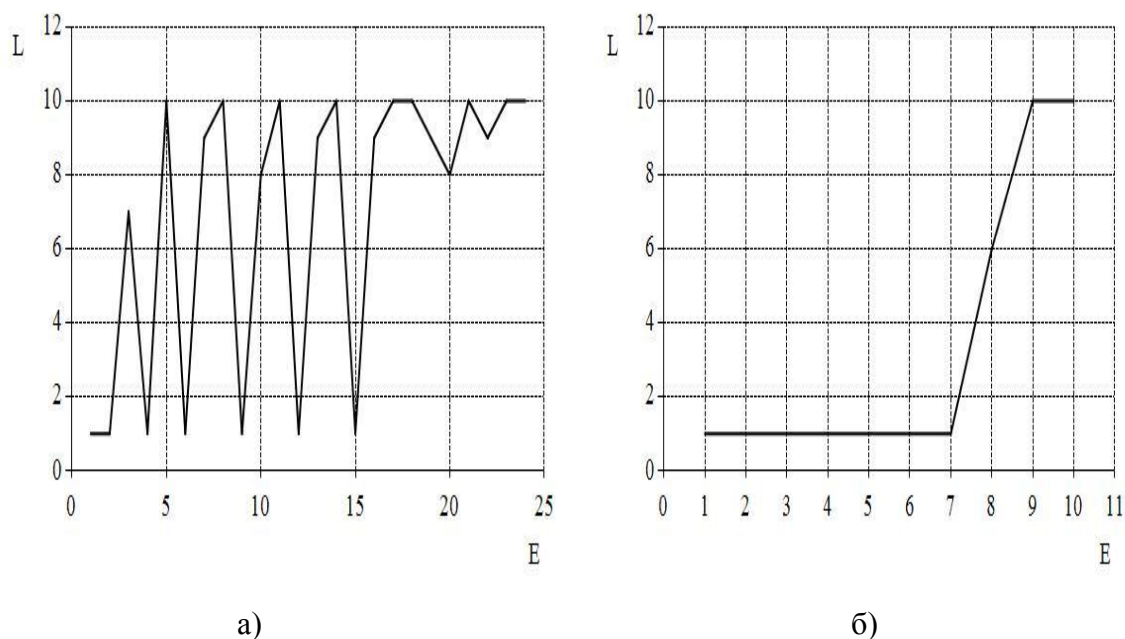


Рисунок 5 – Развитие учебной деятельности: а) неустойчивое; б) устойчивое

Испытуемые, у которых ряды инвариантных событий не выделены, нуждаются в полном ряду событий, включая сигналы среды. Поэтому исключение событий несущих внешнюю информацию, компенсирующую недостаток внутренней информации приводит к дезорганизации деятельности испытуемого и совершению ошибок.

Приведенные объяснения бифуркации учебной деятельности согласуются с представлениями синергетики, так как исключение второстепенных событий из инвариантной последовательности действий является механизмом саморегуляции с более высоким уровнем организации деятельности.

Продолжительность взаимодействия с определенной средой, уровень развития индивидуального когнитивного ресурса личности и величина информационной энтропии помогают выработать наиболее эффективный способ взаимодействия. Динамика саморазвития когнитивной стратегии решения задачи с доминированием наиболее эффективного механизма саморегулирования поиска решения задач являются показателем обучаемости испытуемых как основного критерия в учебном процессе.

Установлено, что при саморазвитии ведущую роль играет учебная деятельность по научению решению задач, которая носит существенно нелинейный характер. Из анализа 'эволюции поиска решения задач следует, что обучающийся, согласно работе Степина В.С. является саморазвивающейся системой, которая «...характеризуется развитием, в ходе которого осуществляется переход от одного вида саморегуляции к другому» [2]. Саморегулирование учебной деятельности в методе проб и ошибок сменяется структурой систематической, пооперационной учебной деятельностью, а затем происходит переход к интеллектуальному поиску решения задач.

### Список литературы

1. Буданов В.Г. Синергетическая методология в постнеклассической науке и образовании// Синергетическая парадигма. Синергетика образования. – М., Прогресс-Традиция, 2007. с.174-211
2. Степин В.С. Саморазвивающиеся системы и постнеклассическая рациональность// Вопросы философии. 2003. №3, с.5-17
3. Чернавский Д, С. Синергетика и информация. Динамическая теория информации. М.: Книжный дом «Либроком», 2013. – 304 с.
4. Дьячук П.П., Кудрявцев В.С., Шадрин И.В. Метод актиограмм в системах управления и диагностики деятельности человека // Материалы 5 –й международной конференции «Системный анализ и информационные технологии». Красноярск. 2013. Т.1 с. 212-217.
5. Дьячук П.П. Дьячук (мл.) П.П., Николаева Ю.С. Компьютерные системы управления поиском решения задач // Программные продукты и системы: научное и научно-практическое издание №2 (86) - Тверь, 2009.- С.128-130.
6. Дьячук П.П., Суровцев В.М. Компьютерные системы автоматического регулирования учебных действий //Информатика и образование. 2010. №4. С. 115-118
7. Хокинс Джефф, Блейкли Сандра. Об интеллекте: Пер. с англ. - М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. - 240 с.: ил. - Парал. тит. англ.

УДК 004.921

## ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

*В.Ю. Журавлев*

*Сибирский государственный аэрокосмический университет*

*имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск*

*e-mail: vz@sibsau.ru*

*Рассмотрен современный этап развития промышленности, требующий широкого применения новейших информационных технологий. Одним из наиболее действенных способов обеспечения конкурентоспособности является уменьшение времени проектно-производственного цикла. Представлены пути решения этой задачи на основе использования автоматизированного управления инженерными данными, параллельного проектирование при реализации комплексных проектов, внедрения современных методов организации проектного процесса. Рассмотрены пути преодоления острого дефицита большого количества подготовленных исполнителей для решения таких задач на основе взаимодействия предприятий и вузов.*

*Ключевые слова: нисходящее проектирование, системы проектирования, CAD/CAM/CAE, PLM, подготовка кадров.*

Современный этап развития промышленности требует широкого применения новейших информационных технологий. Это объясняется тем, что современный рынок

изделий характеризуется высокой степенью конкуренции. Уменьшение времени проектно-производственного цикла является одной из актуальнейших задач любого производства. Решение этой задачи невозможно без таких информационных технологий, как автоматизированное управление инженерными данными, управление и работа с большими сборками, параллельное проектирование с участием большого количества исполнителей. Не менее важным является внедрение современных методов организации проектного процесса, которые должны обеспечивать быструю и качественную разработку изделий при условии обеспечения соответствующего качества и надежности инженерных и конструкторских решений.

В настоящее время основными тенденциями развития инновационной экономики являются:

- глобализация рынков и гиперконкуренция,
- интенсивное развитие наукоёмких компьютерных технологий,
- развитие технологий надотраслевого характера,
- «размывание границ»: отраслевых, фундаментальной и прикладной науки, производства – науки - образования.

Все большее значение приобретают и дают наибольший экономический эффект структуры, объединяющие производство-науку-образование, развивающиеся на принципах:

- приоритетность долгосрочных целей,
- непрерывное совершенствование,
- организация – «создатель знания»,
- сокращение производственного цикла,
- непрерывное самообучение организации через решение задач,
- меж- /мульти- /транс- дисциплинарность,
- надотраслевые компьютерные технологии.

Использование систем автоматизации всех этапов производства становится жизненно необходимым для всех предприятий. Эффекты от применения автоматизации процессов показаны на рисунке 1.

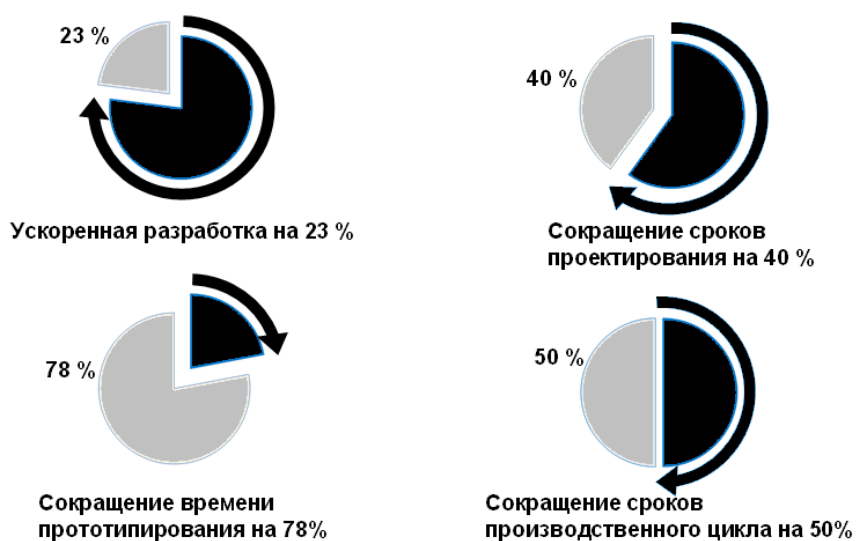


Рисунок 1 – Эффект от автоматизации производственных процессов

В настоящее время в зависимости от масштаба предприятий сформировался рынок программных продуктов, включающий следующие системы:

- CAD – компьютерная поддержка проектирования,
- CAE – компьютерная поддержка расчетов,
- CAM – компьютерная поддержка производства,
- PDM – управление данными об изделиях,
- PLM – взаимодействие систем,
- ERP – управление ресурсами предприятия,
- CRM – управление отношениями с заказчиками.

Перечень программных продуктов и компаний их представляющих достаточно широк. Всех их можно условно разделить на три группы:

- нижний уровень – автоматизация чертежных работ,
- средний уровень – трехмерное моделирование.
- верхний уровень – интегрированные CAD/CAM/CAE.

Общая тенденция развития всех программных продуктов – доработка и переход на более высокий уровень. На сегодняшний день к крупнейшим разработчикам SAPR/PLM систем верхнего уровня можно отнести компании, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Крупнейшие разработчик SAPR/PLM систем

Компания	Основные продукты
Autodesk	семейство AutoCAD, семейство Autodesk
Dassault Systèmes	CATIA, SolidWorks, ENOVIA, DELMIA, COSMOS
Siemens PLM Software	NX, Solid Edge
PTC	Creo Parametric, Windchill, Mathcad

Системы верхнего уровня в России используются только большими корпорациями, имеющими крупные заказы, в силу сложности изготавливаемых изделий и значительной стоимости лицензий на ПО. Выбор предприятиями SAPR/PLM определяется по преимуществу сложившимися отраслевыми требованиями к конструкторско-технологической документации.

Процесс проектирования изделий с использованием САПР может быть реализован в виде двух принципиально отличных друг от друга методов: восходящего и нисходящего проектирования. При традиционном подходе к проектированию с использованием трехмерных САПР (Bottom-Up Design, проектирование «снизу – вверх») проектирование изделий идет от разработки электронных модели отдельных деталей, независимо друг от друга. Затем из них создают отдельные сборки, под сборки и уже завершающим этапом создается сборочная конструкция в целом, которая определяет в конце процесса состав изделия и, соответственно, его спецификацию. При этом конструктор разрабатывает детали индивидуально и независимо от сборки.

Основным недостатком этого метода проектирования является то, что после окончательной сборки выясняется, что модели деталей, будучи спроектированными независимо друг от друга, могут входить в сборку некорректно, например, они могут

пересекаться друг с другом. Внесение исправлений в сборку требует ручной корректировки каждой модели. С увеличением размера и сложности сборки эти исправления отнимают все больше и больше времени. В случае, когда параметры сопрягаемых моделей зависят друг от друга, но их взаимосвязи не заданы, то внесение изменений в конструкцию становится еще более трудоемким и занимает много времени. Конструктор вынужден изменять параметры каждой детали по отдельности, а затем проверять сборку на пересечение компонентов, механизм – на работоспособность и т.д. Наличие большого количества перекрестных ссылок между моделями затрудняет проведение конструктивных изменений в ходе проработки изделия.

Финансовые потери при исправлении одной ошибки на различных этапах конструирования и производства изделий по оценкам Gartner Group и CNC Software, Inc. оцениваются в следующих соотношениях:

- 1 – концептуальное проектирование,
- 10 – конструкторская проработка изделия,
- 100 – изготовление макета изделия;
- 1 000 – проектирование технологической оснастки,
- 10 000 – изготовление оснастки,
- 100 000 – выпуск опытной серии,
- 1 000 000 – серийное производство.

Несмотря на указанные трудности, метод восходящего проектирования в настоящее время занимает свою нишу и широко применяется в проектировании изделий с заранее полностью определенной конструкцией всех элементов. Это обусловлено широким использованием неинтегрированных CAD, CAM, CAE систем нижнего и среднего уровней в силу: низкой стоимости лицензий; простоты самостоятельного освоения программ специалистами; незначительных затрат на подготовку специалистов к их использованию.

Альтернативой рассмотренному методу является метод нисходящего проектирования (Top Down Design, проектирование «сверху – вниз»), когда изделие разрабатывается сначала как концептуальная модель, а затем, в процессе проектирования, постепенно развивается в полноценную модель с подбороками и деталями. Конструктор с самого начала работает с деталью, создавая ее электронную модель, как с составной частью одного изделия, имея при этом возможность отслеживать связи между компонентами. Главной особенностью нисходящего проектирования является то, что концептуальная информация об изделии помещается на более высокий уровень, а затем распределяется на более низкие уровни структуры проекта. При такой схеме большая часть концептуальной информации становится доступной для любого конструктора, входящего в проектную команду, и может быть использована или включена в конструкцию входящих деталей и подборок. Ключевое преимущество метода состоит в том, что, фиксируя всю концептуальную информацию в одном источнике, существенно облегчается ее изменение в случае необходимости. Так как на эту информацию ссылаются проектируемые компоненты, то после изменения концептуальной модели система автоматически изменит все компоненты, которые имеют ссылки на эту модель.



При нисходящем проектировании основная информация о геометрии изделия содержится в модели каркаса или мастер-геометрии. Изменение геометрии каркаса управляет геометрией всей сборки. На базе одного каркаса может быть проработано несколько вариантов комплектации изделия. Использование нисходящего проектирования предусматривает создание многоуровневой управляющей структуры, содержащей всю основную геометрию и базовые параметры проектируемого изделия. Данные из мастер-геометрии верхнего уровня распространяются на нижестоящий уровень и дополняются уточняющей геометрией, формируя полную концептуальную схему проектируемого изделия. Разветвленная схема управляющей структуры позволяет организовать параллельную работу разных подразделений конструкторов и выпуск согласованного комплекта конструкторской документации на изделие.

Использование метода нисходящего проектирования дает возможность не только разработки и выпуска конструкторской документации на базе моделей сборок и деталей изделия, но выполнения работ по подготовке производства, включая технологическую подготовку и запуск КД в производство, разработку моделей и КД сборочной оснастки, разработку рабочей и контрольной оснастки, разработку управляющих программ для станков с ЧПУ на базе моделей деталей.

Отличительной особенностью этого подхода является использование системы PDM (Product Data Management – управление инженерными данными) для организации и ведения электронного хранилища всей информации о создаваемом изделии на всем протяжении его жизненного цикла. По сути, в этой базе данных создается полный электронный макет изделия со всей сопутствующей информацией, включая электронные модели деталей и сборок, конструкторскую, технологическую и эксплуатационную документацию, результаты инженерных расчетов, документацию по испытаниям и т.д. Кроме того, система PDM используется для управления и мониторинга проекта, обеспечивая планирование и контроль выполнения работ всеми исполнителями.

Несмотря на очевидные преимущества метода нисходящего проектирования, его распространение сдерживается: высокой стоимостью лицензий; значительными затратами на подготовку специалистов к их использованию; не готовностью предприятий к организационным изменениям.

Ситуация для России осложняется тем, что в нашей стране на протяжении более двадцати лет промышленность не вкладывала значимых инвестиций в технологический рост, и по целому ряду направлений мы сейчас движемся в логике «догоняющего» развития: это и глобальные стандарты и практики эффективного проектирования и производства, информационные системы, ряд областей дизайна и инженерии. Для внедрения передовых технологий потребуется обновление всех компетенций: исследователей-разработчиков, конструкторов, инженеров, технологов, среднетехнических кадров. Невозможно использовать новые разработки и без комплекса управленческих новаций: перехода к концепции управления жизненным циклом продуктов, управления цепочками или сетями создания стоимости, управления сложными системами, управления качеством.

Многолетние запросы предприятий к вузам на специалистов, владеющих навыками работы в современных SAPR/PLM пакетах, находят лишь частичный отклик

ввиду ограниченных возможностей вузов по охвату широкой линейки программных продуктов, используемых на различных предприятиях. Особо остро этот вопрос стоит в восточных регионах России, на которые выпускники вузов из центральной части страны не ориентированы. В Красноярском крае в настоящее время сложилась следующая ситуация:

- малое население региона – относительно небольшое количество крупных высокоэффективных машиностроительных производств,
- небольшой ежегодный заказ вузам от каждого предприятия на подготовку специалистов, обладающих навыками работы на конкретном ПО высокого уровня,
- большая номенклатура производителей используемого ПО и технологического оборудования,
- большие затраты на обучения специалистов и обслуживание технологического оборудования.
- вузы имеют регионально-отраслевую направленность.

Одним из путей решения сложившегося противоречия может стать программа, принятая на уровне Регионального отделения «Союза машиностроителей России», обеспечивающая согласование между предприятиями и вузами:

- перечень внедряемых CAD/CAM/CAE систем,
- перечень производителей закупаемого технологического оборудования.
- перечень и графики программ повышения квалификации специалистов.

Одним из ключевых факторов, способным изменить сложившуюся ситуацию должен стать подход, ориентированный на интеграцию усилий учреждений профессионального образования и предприятий по подготовке и переподготовке кадров для современных производств. Это обеспечивается механизмами, заложенными в новый закон «Об образовании в Российской Федерации», нормативные документы Министерства образования и науки РФ и Федеральные целевые программы, принятые в последние годы. К ним относятся: целевая подготовка специалистов для предприятий, создание научно-образовательных центров вузов на предприятиях, развитие корпоративной подготовки кадров, обязательное привлечение специалистов к образовательному процессу в вузах. Это позволит изжить: иждивенческий подход ряда предприятий к вопросу подготовки кадров; обратить внимание на перспективные технологии и направления деятельности, подготовку кадров; сломить недоверие к системе высшего образования, как утратившей в период реформ присущий ей инновационный потенциал по применению знаний.

Такая постановка вопроса обеспечит: для предприятия – рост квалификации работников, освоение новых технологий, сокращение сроков производства и затрат, повышение конкурентоспособности; для вуза – рост квалификации преподавателей, освоение новых технологий, приобретение и освоение современного ПО, подготовку кадров для современного производства.

### **Список литературы**

1. Комарова Л.А., Филатов А.Н. Применение технологий нисходящего проектирования, основанной на решениях WINDCHILL PDMLINK и САПР PRO/ENGINEER, для разработки изделий ракетно-космической техники. Самара:

Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 13, №1(2), 2011. с. 297-303.

2. Современное инженерное образование : учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.]. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 80 с.

3. Филатов А.Н. Разработка методов и моделей параллельного нисходящего проектирования ракетно-космической техники в едином информационном пространстве предприятия. Дисс... канд. техн. наук. — Самара: СГАУ, 2014. — 163 с.

УДК 004.4

## **РАЗВИТИЕ ПРОГРАММНОЙ ИНДУСТРИИ И ШЕСТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД**

*Ю.М.Зыбарев*

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,*

*Новосибирск*

*e-mail: ymz@sscc.ru*

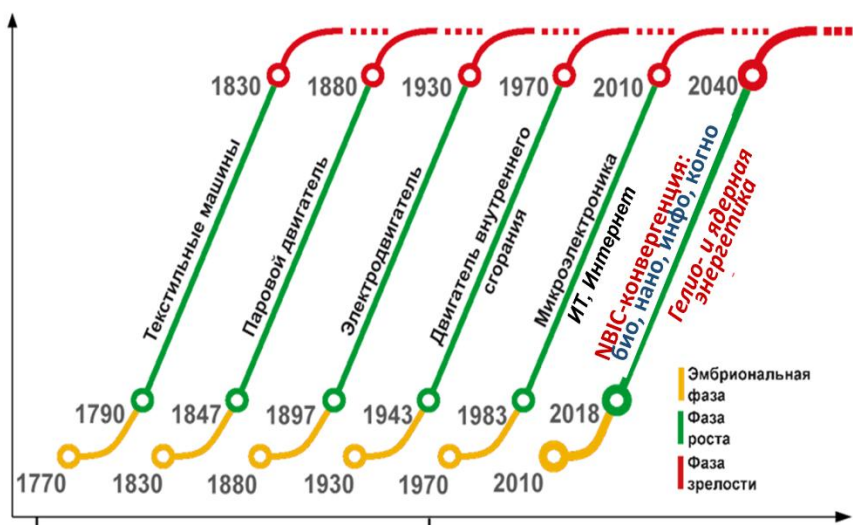
*Рассматриваются современные тенденции развития ИТ-технологий и программной индустрии с учетом перспектив шестого технологического уклада. С этих позиций анализируются основные этапы становления Интернет и ИТ-индустрии в целом. Предлагается специализированная сервис-ориентированная информационная среда для организации реализации проектной деятельности по разработке программных продуктов территориально распределенными коллективами специалистов. На примере программы развития ИТ-кластера Новосибирска рассматриваются основные проекты.*

*Ключевые слова: программная индустрия, тенденции развития, интернет, кластер информационных технологий.*

Современная теория экономического развития во многом опирается на теорию смены длинных волн экономической конъюнктуры Н.Д.Кондратьева и соответствующих им технологических укладов [1,2,3]. Технологический уклад определяется освоением принципиально новых технологий, инноваций и изобретений, которые и формируют базис новой экономики. С учетом мнения С.Ю.Глазьева[1] и аналитических материалов транснациональной консалтинговой компании McKinsey & Company [4] на рисунке показан процесс смены технологических укладов.

В результате первых пяти в мире сформировалась современная индустриальная экономика с производственными корпорациями, ориентированными, прежде всего, на переработку и выпуск материальной продукции. Одной из важных особенностей перехода к очередному шестому технологическому укладу становится смещение акцентов от материально-ориентированной в сторону интеллектуально-ориентированной производственной деятельности и её результатов. Информационное

общество и экономика знаний, которые ещё совсем недавно воспринимались как далёкое будущее, сегодня все отчетливее становятся объективной реальностью.



В рамках текущего пятого технологического уклада компьютеры, развитие Интернет и современные ИТ создали принципиально новые возможности для формирования коммуникаций в глобальном информационном пространстве, стали инструментальной базой для реализации принципиально новых методов и механизмов подготовки принятия решений и логистики в различных сферах деятельности, дали старт развития новых сегментов экономики. В результате этого процесса в последние десятилетия зародилась и активно развивается индустрия создания программных средств и информационных систем.

В предлагаемом докладе анализируются основные этапы становления Интернет и ИТ-индустрии в целом, тенденции их развития в условиях шестого технологического уклада.

Для активно развивающейся программной индустрии важным фактором становятся вопросы организации и механизмов функционирования производственных систем, ориентированных производство нематериальных активов. Логистика для материально - и интеллектуально- ориентированных типов производственных систем существенным образом отличается по причине различий природы и значимости в производственном процессе их основных (системообразующих) элементов. Для деятельности по производству программной продукции характерен проектный принцип организации. Производственные процессы для данного класса систем включают: разработку проекта (проектной документации); разработку программного кода согласно проекту; разработку эксплуатационной и сопроводительной технической документации; тиражирование программного обеспечения (ПО) и (или) предоставление сервиса на его основе; техническая поддержка. Технологии Интернет и инструментарий организации дистанционной деятельности специалиста создают предпосылки для организации реализации проектной деятельности территориально распределенными коллективами специалистов. Такой подход с открытыми принципами координации участников проектных команд при выполнении проекта широко

используется при разработке свободного ПО и ПО с открытым исходным кодом. В докладе, в качестве инструментария информационно-технологической и организационной поддержки совместной проектной деятельности виртуальным командам специалистов (концепция «виртуального предприятия») рассматривается разработанная в ИВМиМГ СО РАН специализированная сервис-ориентированная информационная среда в Интернет/Интранет [6]. По нашему мнению, она окажется достаточно хорошим инструментом поддержки деятельности малых ИТ-компаний, реализации Стартап-проектов (start-up), процессов бизнес-инкубирования ИТ-компаний.

С учетом мнения экспертов анализируются тенденции развития ИТ в составе грядущего 6-го технологического уклада (определяющего постиндустриальную экономику как «экономику знаний»), в том числе:

- создание предметных систем и сервисов на основе развития и взаимовлиянии информационных технологий, биотехнологий, нанотехнологий и когнитивной науки (т.н. NBIC-конвергенции: био, нано, инфо, когно) [5];

- очередной этап развития сетевой инфраструктуры Интернет и соответствующего программного инструментария за счет создания и интеграции в неё сегмента беспроводных сенсорных сетей (wireless sensor networks – WSNs) с новой версией протокола IP - IPv6;

- «умные системы» (smart-системы) связанные с развитием формирующегося направления «Интернета вещей» (Internet of Things - IoT) на основе интеллектуализации информационных систем и активного использования сенсорных сетей и их интеграции в Интернет,

- высокопроизводительные вычисление и компьютерное математическое моделирование в качестве инструментария интеллектуализацией информационных систем и сервисов Интернет;

- активное развитие сегмента «семантического интернета»: технологии и программный инструментарий, позволяющие представлять, «понимать» и обрабатывать информацию на семантическом уровне с дальнейшим развитием Web – технологий в направлении перехода к семантическим порталам-порталам знаний (Web3 – Semantic Web).

Далее в докладе, с выше обозначенных позиций на примере территориального инновационного кластера информационных технологий Новосибирска излагаются приоритетные направления развития программной индустрии и ключевые кластерные проекты, в частности:

- Центр прорывных исследований в области ИТ: наукоёмкое ПО и биоинформатика.

- Центр компетенций в области безопасности (информационная безопасность, кибертерроризм и информационные войны, СОПМ и т.д.).

- Инжиниринговый центр и СибАкадемСофт-интеграция для реализации крупных мульти-тематических проектов, требующих согласованного участия различных резидентов ИТ-кластера (например, «персонализированная медицина», «smart-университет», «умный город» и др.).

- Высшая школа ИТ – центр магистерской подготовки и дополнительного образования (на базе НИУ НГУ), ориентированный на решение кадровой проблемы - устранения устойчивого дефицита в ИТ-специалистах кластера и обеспечение заявленной программы его развития.

- Межведомственный центр высокопроизводительных вычислений (суперкомпьютерный комплекс Пфлосного уровня с интеграцией его с суперкомпьютерами НГУ и СКЦ ИВМиМГ СО РАН).

### Список литературы

1. Глазьев С.Ю. О целях, проблемах и мерах государственной политики развития и интеграции. (Научный доклад. Москва, 29 января 2013, Научный совет по комплексным проблемам евразийской экономической интеграции, конкурентоспособности и устойчивому развитию.) <http://www.glazev.ru/>

2. Глазьев С.Ю. Экономическая теория технического развития. //М. Наука, 1990.231с.

3. Макаров В.Л. Становление экономики знаний в России и мире. / Глава в учебнике «Экономика знаний» М., Инфра-М, 2008.

4. [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/disruptive\\_technologies](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_technologies) - «Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy»

5. Валерия Прайд, Д.А. Медведев. Феномен NBIC-конвергенции: Реальность и ожидания. Философские науки №1, 2008, с. 97-117

6. Бухтияров И. В., Зыбарев Ю. М. Сервис-ориентированная среда для организации виртуального предприятия по производству программных продуктов // Программная инженерия № 10, 2014 – с. 58-73

УДК 004.9

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ МНОГОПРОФИЛЬНОГО МЕДИЦИНСКОГО ЦЕНТРА

*С. В. Капустина, А.В. Капустина, О.В. Кирякова, Л.А. Лапина*

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

*e-mail: [sv\\_kapustina@mail.ru](mailto:sv_kapustina@mail.ru), [purik28@yandex.ru](mailto:purik28@yandex.ru)*

*В статье рассматриваются особенности автоматизации бизнес-процессов многопрофильного медицинского центра, структура медицинской информационной системы qMS. Данная система предназначена для автоматизации движения потоков информации и для взаимодействия отделений медицинского учреждения.*

*Ключевые слова: информационная система, медицинское учреждение, автоматизация, документооборот.*

Целью информатизации системы здравоохранения является повышение доступности и качества медицинской помощи населению на основе автоматизации процесса информационного взаимодействия между учреждениями и организациями системы здравоохранения, органами управления здравоохранением субъектов Российской Федерации, а также федеральными органами исполнительной власти, обеспечивающими реализацию государственной политики в области здравоохранения. В 2011-2012 г. в нашей стране был реализован первый этап создания «Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения» (ЕГИСЗ), названный в приказе Минздравсоцразвития России №364 от 28 апреля 2011 г. «Базовой информатизацией» [1]. Он предусматривал создание федерального и региональных фрагментов единой системы, включая подготовку инфраструктуры, поставку компьютерного оборудования, выбор и внедрение медицинских информационных систем, а затем интеграцию созданных региональных фрагментов с федеральными сервисами ЕГИСЗ.

Дальнейший этап создания системы, рассчитанный на 2013-2020 гг., подразумевает развитие созданных компонентов, постепенное вовлечение в их использование все большего числа пользователей и расширение автоматизируемых функций.

Социальная значимость медицинских услуг диктует применение специализированных медицинских информационных систем. В здравоохранении пользователь информационной системы имеет дело и с данными, и с документами, которые в себя эти данные включают, и с потоками, определяющими бизнес-процессы лечебного учреждения. Важнейшее отличие здравоохранения от других областей заключается в специфике финансово-экономических взаимоотношений между сторонами, оказывающими медицинские услуги (ЛПУ), оплачивающими эти услуги (страховые организации) и потребляющими медицинские услуги (пациенты). Таким образом, в здравоохранении в системе взаиморасчетов участвуют не две стороны (поставщик и потребитель услуги), а три стороны. При этом, в каких услугах нуждается пациент, решает поставщик услуг, т.е. ЛПУ. Отсюда возникают проблемы оценки качества и адекватности объемов оказываемых услуг. Это приводит к необходимости разработки медицинских стандартов качества, медико-экономических стандартов и т.д.

В современных условиях лечение одного заболевания может представлять сложный комплекс из множества госпитализаций (в том числе в разных медицинских учреждениях) и амбулаторного наблюдения, при этом заводится множество историй болезни и амбулаторных карт, доступ к которым для лечащего врача весьма затруднителен даже внутри одной организации. Это зачастую приводит к проведению ненужных повторных исследований и недостаточной (неполной) информированности врача. Ориентироваться в традиционной истории болезни становится все труднее, требуются новые формы обобщения. Важнейшую роль в решении этих проблем призваны сыграть современные информационные и электронные технологии [3].

Медицинские информационные системы повышают качество медицинской помощи, увеличивают оперативность представления медицинской информации, обеспечивают комфортность в работе медицинского персонала. Получение из архива электронного медицинского документа осуществляется гораздо быстрее и проще.

Такой документ, в отличие от традиционного, может быть доступен многим врачам одновременно (рис 1), может быть использован для компьютерной обработки (построения динамических кривых, контроля действий персонала, статистической обработки, экспертных систем, подготовки отчетов и т.п.). По итогам 2013 г. более 55% учреждений пошли по пути внедрения готовой информационной системы, предлагаемой разработчиком или субподрядчиком. В число наиболее популярных решений входят: ЕМИАС, г. Москва – 42,35%; федеральные системы и сервисы ЕГИСЗ – 20,72%; решения ОАО «Ростелеком» - 6,9%; решения компании БАРС Груп (Казань) – 3,98%; решения компании Сп.АРМ (Санкт-Петербург) – 3,62%; решения компании К-МИС (Петрозаводск) – 2,95%; решения компании Парус (Москва) – 0,89%

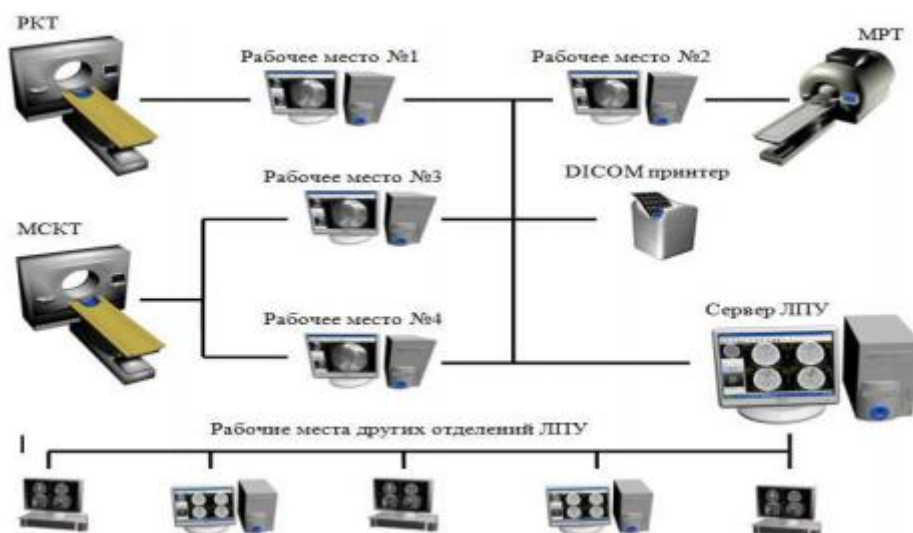


Рисунок 1 – Схема доступа к амбулаторной карте больного

В условиях реорганизации здравоохранения усилилась роль многопрофильных медицинских центров. Красноярская краевая раевая клиническая больница — это многопрофильное высокоспециализированное учреждение здравоохранения на 1240 коек, с поликлиникой на 800-850 посещений в смену, занимающее ведущее положение в здравоохранении Красноярского края. Здесь оказывается специализированная помощь по 43 профилям, включая клинические отделения, диагностические и вспомогательные службы. В консультативной поликлинике ведут прием специалисты 56 специальностей. Клинические отделения представлены 17-ю хирургическими, 13-ю терапевтическими и двумя педиатрическими отделениями.

Автоматизированные системы применяются практически во всех сферах деятельности краевой клинической больницы, решают задачи управления, учета (бухгалтерский учет, медстатистика, планово-финансовые и кадровые вопросы, лекарственное снабжение, реестры для страховых компаний за оказанную пациентам медицинскую помощь и пр.), ведение специализированных программ, баз данных и регистров, региональный регистр больных сахарным диабетом, регистр медицинского персонала). Обслуживаются медико-технологические системы, применяемые медперсоналом в процессе диагностики и лечения больных.



Для оптимизации работы лечебных подразделений краевой клинической больницы в связи с увеличением количества оказываемых медицинских услуг принято решение о внедрении медицинской информационной системы. В ходе выбора медицинской информационной системы особое внимание обращалось на функциональную насыщенность и техническую поддержку со стороны разработчика. В результате остановились на комплексной медицинской информационной системе qMS компании СП.АРМ, использующей в качестве платформы СУБД InterSystems Caché [4]. Это решение отвечает предъявляемым к системе требованиям в отношении предоставляемого функционала, производительности, надежности и простоты обслуживания, открытый исходный код с возможностью доработки функционала, опыт внедрения в лечебном учреждении г. Красноярск – Сибирском клиническом центре ФМБА России.

Медицинская информационная система qMS — это инструмент управления ресурсами медицинской организации (комплекса медицинских организаций, вплоть до национальной системы здравоохранения) и качеством оказания медицинской помощи, позволяющая грамотно и выверено действовать в процессе проведения реформ в системе здравоохранения. К основным функциям qMS относят:

- управление потоком пациентов
- регистрация пациентов и персональной информации о них;
- создание и ведение электронной медицинской карты (ЭМК);
- создание и ведение электронной истории болезни (ЭИС);
- использование универсальной электронной карты (УЭК) в качестве идентификатора пациента;
- использование технологии штрих-кодирования на всех этапах движения пациентов, лабораторных образцов;
- медикаментов и медицинских расходных материалов;
- поиск ЭМК пациентов по различным параметрам;
- распределение первичного потока пациентов на этапе регистрации или поиска их данных в базе;
- экспорт и обновление сведений о пациентах из других баз данных;
- ведение списков и очереди на госпитализацию;
- формирование плана госпитализации;
- электронная медкарта;
- электронная запись на прием к врачу;
- управление ресурсами медицинской организации;
- ведение паспорта медицинской организации (МО);
- анализ деятельности и формирование отчетности МО;
- электронный обмен документами;
- справочники;
- внутренняя сеть обмена информацией;
- защита и безопасность системы;
- учитываются особенности отделений.

В МИС qMS есть возможность поддержки электронного обмена информацией между учреждениями здравоохранения, передаваемой в формате сообщений

международного стандарта HL7. Запись на прием к специалистам других МО в режиме «on-line». Для обеспечения электронной записи пациентов на прием к специалистам МО МИС qMS содержит инструменты, позволяющие пациенту с помощью интуитивно понятного интерфейса самостоятельно записываться на прием к специалистам МО, просматривать свои назначения.

В МИС qMS имеется механизм настройки процедуры доступа пациента к сервису, существует возможность определения перечня услуг, доступных для самостоятельной записи пациента через интернет, определения списка специалистов, к которым пациент может записываться, определения часов приема в расписании специалистов, которые доступны для записи пациента. Возможно оповещение пациента по электронной почте, SMS или через Call-центр, а также централизованное ведение расписания врачей и сетки приема пациентов. МИС qMS поддерживает мобильные устройства (смартфоны и коммуникаторы); инфоматы.

Средства МИС qMS обеспечивают функции безопасности: аутентификацию пользователя; аутентификацию подлинности источника сообщения; присвоение различным категориям пользователей различных приоритетов доступа (к программам, данным, каналам связи, на переходы между узлами бизнес-процессов); протоколирование работы пользователей на уровне входа в систему /выхода из системы, доступ к ресурсам; проведение аудита подозрительных событий (попыток несанкционированного доступа, подбора паролей и т.п.); предотвращение перехвата и последующего несанкционированного использования имени и пароля пользователя; защита МИС qMS обеспечивается комплексом программно-технических средств и поддерживающих их организационных мер. Защита обеспечивается на всех технологических этапах обработки информации и во всех режимах функционирования, в том числе при проведении ремонтных и регламентных работ. Программно-технические средства защиты не ухудшают основные функциональные характеристики МИС qMS (надежность, быстродействие, возможность изменения конфигурации). Доступ пользователей к МИС qMS осуществляется на основании индивидуальной учетной записи, позволяющей однозначно идентифицировать пользователя. Индивидуальная учетная запись выдается Администратором МИС qMS. Доступ к данным осуществляется по паролю условно-постоянного действия. Предусмотрена возможность блокировки пользователя Администратором МИС qMS. Для Администраторов доступ к системным функциям возможен только после успешного прохождения процедур аутентификации и авторизации. Целостность файлов журналов и аудита МИС qMS и ограничение доступа к ним обеспечивается средствами файловой системы ОС. В МИС qMS протоколируются сбои, связанные с импортом/экспортом данных.

Используемые в МИС qMS технические средства рассчитаны на непрерывную и круглосуточную работу без постоянного присутствия персонала технического обслуживания. Надёжность хранения информации в МИС qMS обеспечена за счет применения аппаратно-программных методов организации архива данных, баз данных (БД), ведения журнала проводимых обращений к БД и стандартных средств резервирования и архивации, выполняемых в соответствии с установленным регламентом, а также использованием систем гарантированного электропитания. МИС

qMS обеспечивает сохранность информации, достоверность, целостность, конфиденциальность данных и контроль доступа за счёт применения средств регистрации всех обращений к БД и проведенных транзакций, стандартных средств архивации информации. Комплектование и функционирование рабочих мест клиентов системы, передача и обработка данных при осуществлении технологического процесса организованы таким образом, чтобы исключались пропадание и искажения информации в базах данных при возникновении аварийных, сбойных ситуаций или ошибок персонала.

С конца 2012 года в краевой клинической больнице начато внедрение комплексной системы qMS. В системе работают клинические стационарные отделения, гормональная, клиничко-диагностическая и экспресс лаборатории, диагностические параклинические подразделения: УЗИ, ФДО, эндоскопия, рентген. Техническое оснащение включает 1100 автоматизированных рабочих мест, 750 печатных устройств, 12 серверов, 3300 информационных портов в вычислительной сети, 274 сканеров штрих-кодов [5]. Фиксируются все манипуляции, произведенные над пациентом от регистрации первого обращения, госпитализации, забора биоматериала на исследования, всех назначений, всех движений до выписки. На основании накопившегося материала очевидна возможность получать аналитику в различных срезах как по отдельному пациенту, отделению, так и по ККБ в целом. За период эксплуатации МИС оформлено более чем 40000 экземпляров первичной медицинской документации.

Использование информационных технологий в лечебном учреждении – залог эффективной работы в настоящее время. Внедрение медицинской информационной системы позволяет значительно облегчить повседневный труд медицинского персонала и создает серьезную аналитическую базу для принятия управленческих решений. К сожалению, изначальные инвестиции государства, осуществленные в рамках «Базовой информатизации» 2011-2012 гг. находятся в определенной зоне риска. Успех этих инвестиций возможен только при 100% охвате всех регионов и надежной и достоверной работе всей системы. Если какая-то часть регионов будет развивать информатизацию, а какая-то нет – то и достоверность формируемых федеральными сервисами отчетов, выводов и аналитических материалов будет недостаточной для того, чтобы можно было говорить о принятии каких-либо адекватных управленческих решений на ее основе. А ведь главная цель в Концепции создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения, сформулирована как «...обеспечение эффективной информационной поддержки процесса управления системой медицинской помощи, а также процесса оказания медицинской помощи».

### **Список литературы**

1. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 28 апреля 2011 г. №364 «Об утверждении концепции создания единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения».
2. Миронкина М.А. Этапы стратегического планирования услуг медицинского учреждения // Диалоги о науке. – 2009. – № 2.

3. Пташинский Р.И., Савашинский С.И. Управление медицинским учреждением на основе принятия решений. – М.: ЦНИИОИЗ. – [Электронный ресурс]. – URL:

4. В. Кирстен, М. Ирингер, М. Кюн, Б. Рериг. Постреляционная СУБД Cache 5. Объектно-ориентированная разработка приложений. 2-е издание, перераб. и дополн. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2005 г. – 416 с.: ил.

5. Сайт краевой клинической больницы [Электронный ресурс]: инф. ресурс о краевой клинической больнице – Электрон. дан. – Режим доступа <http://medgorod.ru/>.

УДК 681.3:669.02.09

## **О ПОДХОДАХ К ПОСТРОЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

*О.В. Кирякова, Л.А. Латина, С.В. Капустина*  
*Сибирский федеральный университет, Красноярск*  
*e-mail: [purik28@yandex.ru](mailto:purik28@yandex.ru)*

*Рассматриваются основные принципиальные положения построения информационной технологии (системы) для исследования и управления производством тяжелых цветных металлов, построенной на основе компьютерных тренажеров. Научно-методическое и программно-алгоритмическое обеспечение данной системы, базирующейся на технологии имитационного моделирования. Данная технология позволяет исследовать объект изучения в различных режимах функционирования и отработать навыки по оптимальному и безаварийному управлению.*

*Ключевые слова: экспертная система, тренажер, имитационное моделирование*

Задача повышения технико-экономических показателей и современной культуры производства в металлургической отрасли в технологии производства тяжелых цветных металлов может быть успешно решена изменением качества управления за счет применения высокоорганизованных информационных технологий, значительно повышающих квалификацию персонала металлургических цехов. Для достижения этой цели необходимо реализовать управление технологическим процессом, таким образом, когда критерий, по которому производится управление, – количество и качество полученного конечного продукта.

В качестве объекта разработки была выбрана технология производства меди. Принципиальная технологическая схема пирометаллургии меди включает несколько последовательных стадий, каждая из которых является законченным технологическим процессом (рисунок 1). Производство тяжелых цветных металлов включает такие технологические переделы как обогащение, агломерирующий обжиг, плавка на штейн в руднотермических печах или плавка Ванюкова, конвертирование штейнов и электролитическое рафинирование меди с целью получения товарного продукта соответствующего качества [1]. Для реализации управления процессом производства цветных металлов целесообразно использовать информационную технологию, основу

которой составляют: информационно-управляющая система (ИУС); система поддержки принятия решений (СППР); компьютерные тренажеры (КТ), имитирующие технологический процесс на каждой стадии и работающие в интерактивном режиме [2-4].

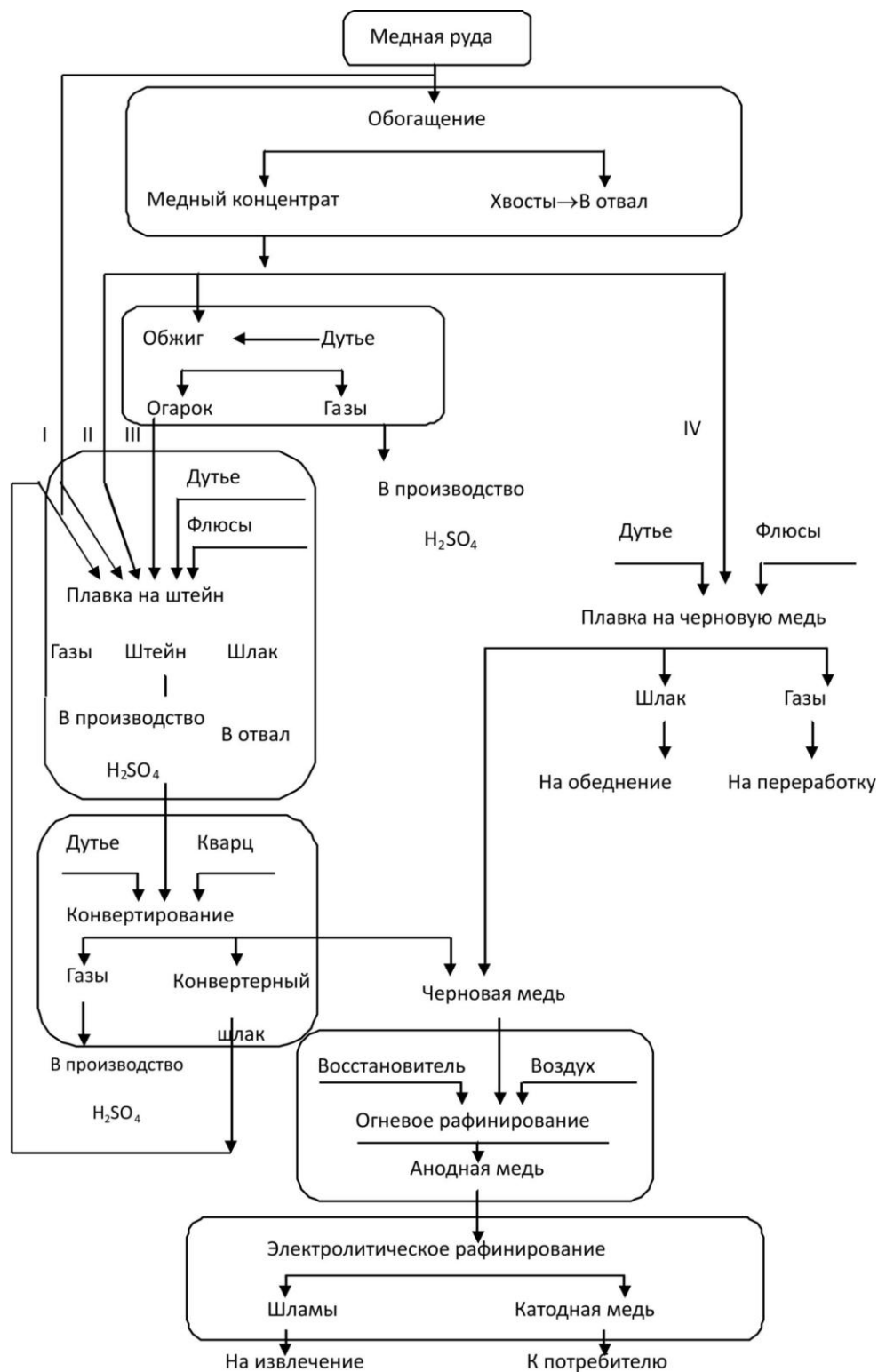


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема пирометаллургии меди используемого на стадии обогащения, рассчитывается его количество и режим

Для реализации управления конкретной стадией на технологической схеме активизируется блок, управлять которым предполагается. Затем выбирается один из возможных режимов работы ИУС – знакомство с технологией, режим исследования процесса или режим управления в СППР. Такой порядок работы ИУС является общим для всех технологических стадий и в дальнейшем подробно рассмотрен для основных переделов.

Процесс обогащения является головной стадией металлургического цикла и предназначен для повышения концентрации цветных металлов в исходном сырье. Для реализации технологического процесса выбирается тип технологического оборудования, работы. Для реализации управления процессом обогащения разработана ИУС, функционирующая в составе СППР, основу которой составляет компьютерный тренажер, реализованный в виде программного продукта, который используется для выбора типа и количества мельниц, их производительности и режима работы.

Выбор оборудования обусловлен достижением заданных показателей качества обогащения. КТ работает в интерактивном режиме, что позволяет по мере исследования процесса оперативно изменять номенклатуру применяемого оборудования и режим его работы. Общий вид КТ для исследования процесса обогащения медно-никелевых руд приведен на рисунке 2.

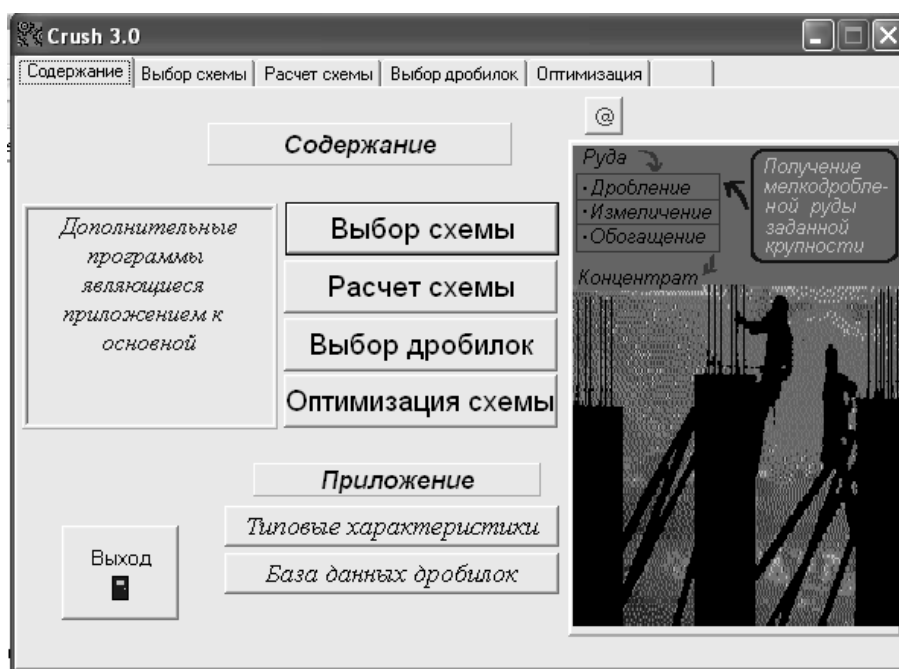


Рисунок 2 – Головное меню КТ для исследования процесса обогащения

Используя КТ стадии обогащения, исследуем и добиваемся заданных показателей извлечения минерального сырья в виртуальном режиме, после чего переносим выбранные управляющие воздействия на реальный процесс, что позволяет достичь заданных показателей качества продукции, повысить эффективность технологического процесса на последующих стадиях технологического процесса.

Используя КТ стадии обогащения, исследуем и добиваемся заданных показателей извлечения минерального сырья в виртуальном режиме, после чего

переносим выбранные управляющие воздействия на реальный процесс, что позволяет достичь заданных показателей качества продукции, повысить эффективность технологического процесса на последующих стадиях технологического процесса.

Агломерирующий обжиг применяется для выжигания серы, содержащейся в руде с получением агломерата заданного химического и гранулометрического состава. Процесс агломерирующего обжига, с точки зрения моделирования, рассмотрен как динамическая система с сосредоточенными параметрами. Математическая модель процесса обжига представляет собой систему обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка, в которую введены дополнительные упрощающие предположения. Данная модель легла в основу создания КТ процесса обжига. Выходным параметром, по которому производится управление, является температура процесса, управляющими параметрами – количество и химический состав загружаемой шихты, количество и температура охлаждающей воды. Оператор визуально в интерактивном режиме контролирует температуру и в соответствии с ее изменением оперативно управляет процессом путем изменения управляющих воздействий. Таким образом, управляя температурным режимом можно оперативно управлять количественным и химическим составом получаемого агломерата, качественный состав которого является определяющим фактором при плавке на штейн.

Плавка на штейн медно-никелевого агломерата проводится в рудотермических печах (РТП). Для оптимизации показателей процесса плавки в РТП использована ИУС, реализованная на базе СППР и компьютерного тренажера. КТ, работа которой предусматривает три режима – обучения, исследования и советчика. Режим обучения используется для обучения персонала навыкам оптимального управления процессом. Режим исследования применяется для выбора управляющих воздействий и проверки эффективности разработанных алгоритмов управления. Режим советчика применяется для коррекции хода реального технологического процесса: в СППР вводится информация с пульта оператора, характеризующая текущее состояние процесса электроплавки, оператор в виртуальном режиме исследует различные варианты применения управляющих воздействий и выбирает наиболее приемлемый вариант, который переносит на реальный процесс [2,3]. Общий вид экранной формы компьютерного тренажера для исследования процесса плавки медно-никелевого агломерата в РТП приведен на рисунке 3 [2,4]. На экране дисплея представлена мнемосхема исследуемого процесса, приведена основная контрольно-измерительная и пускорегулирующая аппаратура управления плавкой в РТП и график изменения одного из выходных параметров.

КТ работает в диалоговом режиме и позволяет исследовать влияние основных управляющих воздействий, таких как, регулирование электрическим режимом и загрузкой шихты, на изменение основных выходных показателей. К выходным показателям, характеризующим эффективность функционирования процесса, относятся производительность РТП ( $\Pi$ ), удельный расход электроэнергии ( $W_{уд}$ ), содержание меди в отвальном шлаке ( $C_m$ ), выбросы вредных газообразных веществ в атмосферу ( $G_{гв}$ ) и температура расплава шлака ( $T_{шл}$ ).

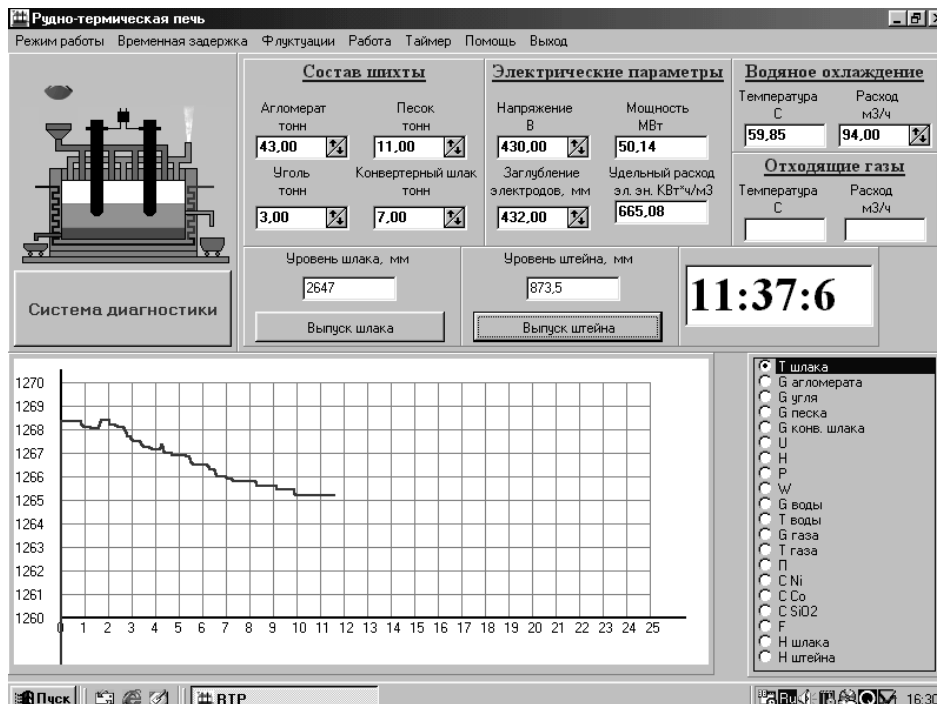


Рисунок 3 – Мнемосхема процесса плавки в РТП

Основой функционирования КТ является математическая модель процесса, построенная по уравнениям материального и теплового балансов. Уравнение материального баланса процесса плавки в РТП по основным элементам представим как систему с сосредоточенными параметрами в следующем виде:

$$\frac{d(V_a C_M)}{dt} = G_{ар} C_{10} + G_C + G_{SiO_2} + G_{кш} C_{20} - G_{шл} C_{11} - G_{п} C_{21} - G_{г} C_{31} \quad (1)$$

где:  $V_a$  – объем реакционной зоны РТП;  $C_M$  – концентрация металлов в реакционной зоне;  $G_{ар}$ ,  $G_C$ ,  $G_{SiO_2}$ ,  $G_{кш}$  – входные потоки агломерата, восстановителя, диоксида кремния, конвертерного шлака соответственно;  $C_{10}$ ,  $C_{20}$  – концентрация металлов в агломерате и конвертерном шлаке;  $C_{11}$  – концентрация цветных металлов в отвальном шлаке;  $G_{п}$  – количество выносимой пыли;  $C_{21}$  – концентрация металлов в пыли;  $G_{г}$  – количество выбрасываемого в атмосферу газа;  $C_{31}$  – концентрация основных элементов в газе.

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$\frac{dQ}{dt} = K_{э} \rho I^2 + G_{кш} L_{кш} T_{кш} + G_a \Delta H_a T_a + G_c \Delta H_c T_c - G_{SiO_2} L_{SiO_2} (T_p - T_{SiO_2}) - hF(T_p - T_{ов}) - G_{ог} L_{ог} (T_p - T_b) - G_{шл} L_{шл} T_{шл} - G_{шт} L_{шт} T_{шт} \quad (2)$$

где:  $I$  – ток электрода;  $\rho$  – удельное сопротивление расплава шлака;  $K_{э}$  – коэффициент, учитывающий степень преобразования электрической энергии в тепловую;  $L_{кш}$ ,  $L_{SiO_2}$ ,  $L_{ог}$ ,  $L_{шт}$ ,  $L_{шл}$  – теплоемкость заливаемого конвертерного шлака, диоксида кремния, отходящих газов, штейна и шлака соответственно;  $\Delta H_a$ ,  $\Delta H_c$  – тепловой эффект реакции сгорания серы и угля соответственно;  $T_{кш}$ ,  $T_a$ ,  $T_c$ ,  $T_p$ ,  $T_{SiO_2}$ ,  $T_{ов}$ ,  $T_b$ ,  $T_{шл}$ ,  $T_{шт}$  – температура конвертерного шлака, загружаемого агломерата, кокса, расплава, диоксида



кремния, охлаждающей воды, воздуха, шлака и штейна соответственно;  $h$  – коэффициент теплопередачи от расплава к окружающей среде;  $F$  – площадь стенок печи;  $G_{ог}$ ,  $G_{шл}$ ,  $G_{шт}$  – количество отходящих газов, выпускаемого шлака и штейна соответственно.

Основой функционирования компьютерного тренажера является статическая математическая модель (3), построенная на основании уравнений физико-химических превращений, уравнений материального и теплового балансов и данных, полученных в результате экспериментального исследования промышленных электропечей, для реализации функционирования которой в диалоговом режиме разработано программное обеспечение в среде Delphi.

$$\begin{aligned}
 \Pi(t) &= a_1(-29,47+1,14P(t)-0.003P(t)^2) + \\
 &+ a_2(24.75 -340H(t) + 0.000016H(t)^2) + \\
 &+ a_3(57 - 31.9U(t) + 0.0005U(t)^2) + \\
 &+ a_4(-88.17 + 6.23G_{ар}(t) - 0.13G_{ар}(t)^2 + 0.00099G_{ар}(t)^3) + \\
 &+ a_5(-92.26 + 144G_c(t) -74G_c(t)^2 +17.3G_c(t)^3 -1.49G_c(t)^4) + \\
 &+ a_6(6.24 +1.07G_k(t) +140G_k(t)^2 -0.003G_k(t)^3 +0.00044G_k(t)^4) + \\
 &+ a_7(33.12 -3.35G_{кш}(t) +0.11G_{кш}(t)^2). \\
 C_m(t) &= b_1(-0.396 -0.021P(t) +0.0004P(t)^2 -0.0000017P(t)^3) + \\
 &+ b_2(0.129 -0.00039H(t) +0.00000058H(t)^2) + \\
 &+ b_3(-0.000578 +0.0002U(t) ) + \\
 &+ b_4(-0.37 +0.029G_{ар}(t) -0.00055G_{ар}(t)^2 +0.0000035G_{ар}(t)^3) + \\
 &+ b_5( 0.07 +0.007G_c(t)) + \\
 &+ b_6(0.317 -0.052G_k(t) +0.003G_k(t)^2 -0.000023G_k(t)^3) + \\
 &+ b_7(0.173 -0.027G_{кш}(t) +0.002G_{кш}(t)^2). \\
 G_r(t) &= c_1(-1,13 +0,044P(t) +0.000289P(t)^2) + \\
 &+ c_2(0.825 +0.002H(t) -0.0000017H(t)^2) + \\
 &+ c_3(-0.322 +0.004U(t) -0.0000011U(t)^2) + \\
 &+ c_4(0.25 +0.025G_{ар}(t) + c_5(0.02 +0.013G_c(t)) + \\
 &+ c_6 0.02 + c_7(-0.05 +0.05G_{кш}(t))) \\
 W_{уд}(t) &= d_1(1360 -51.46P(t) +0.79P(t)^2) + \\
 &+ d_2(50.6 +19.9H(t) -0.00024H(t)^2 +0.00000077H(t)^3) + \\
 &+ d_3(0.0423 +4.52U(t) -0.015U(t)^2 +0.0000184U(t)^3) + \\
 &+ d_4(87.62 -5.02G_{ар}(t)) + \\
 &+ d_5(1383 -61.48G_c(t) +14.68G_c(t)^2 -11.67G_c(t)^3) + \\
 &+ d_6(86.25 -18.75G_k(t)) + \\
 &+ d_7(3903 -1034G_{кш}(t) +10.67G_{кш}(t)^2 -3.69G_{кш}(t)^3). \\
 T(t) &= e_1(98.29 +10.34P(t) -0.089P(t)^2) + \\
 &+ e_2(1237 +0.17H(t) -0.00057H(t)^2 +0.00000098H(t)^3) + \\
 &+ e_3(99.39 +1.03U(t) -0.00094U(t)^2) + \\
 &+ e_4(1090 +7.98G_{ар}(t) -0.12G_{ар}(t)^2 +0.00059G_{ар}(t)^3) + \\
 &+ e_5(1210 +31.94G_c(t) -5.32G_c(t)^2 +0.27G_c(t)^3 +0.007G_c(t)^4) + \\
 &+ e_6(1282 -2.34G_k(t) +0.053G_k(t)^2 -0.001G_k(t)^3) + \\
 &+ e_7(1190 +20.1G_{кш}(t) -2.37G_{кш}(t)^2 +0.14G_{кш}(t)^3 -0.003G_{кш}(t)^4) + \\
 &+ e_8(1300 -0.5G_{ов}(t)),
 \end{aligned} \tag{3}$$

где  $U$ ,  $P$ ,  $H$ ,  $G_{ар}$ ,  $G_c$ ,  $G_{кш}$ ,  $G_k$ ,  $G_{ов}$  – напряжение на электродах, электрическая мощность, заглубление электродов, количество агломерата, угля, конвертерного шлака,

кремнезема и охлаждающей воды соответственно;  $a_{..e}$  – коэффициенты математической модели, определенные экспериментальным путем и уточненные методом экспертных оценок.

Особенность функционирования математической модели (3) – при работе тренажера в диалоговом режиме осуществляется параллельный расчет значений всех выходных параметров независимо от того каким выходным параметром производится управление в текущий момент времени. Такой подход к построению математической модели позволил получить значения всех выходных параметров, по которым производится оценка эффективности функционирования ТП.

СППР используется для расчета управляющих воздействий, эффективность использования которых сначала проверяется в виртуальном режиме. Так модель расчета управляющих воздействий представляет собой систему двух уравнений и позволяет рассчитывать ввод электрической мощности  $P_{сум}$  и количество загружаемой шихты  $G_{ш}$  в зависимости от прогноза изменения выходного параметра:

$$\begin{aligned}
 P(t) &= a_0 + a_1 (\Pi_3 - \Pi_i) + a_2 (W_{уд.з} - W_{уд.и}) + a_3 (C_{м.з} - C_{м.и}) + a_4 (G_{г.з} - G_{г.и}) \\
 &\quad + a_5 (T_{шл.з} - T_{шл.и}) \\
 G_{ш}(t) &= b_0 + b_1 (\Pi_3 - \Pi_i) + b_2 (W_{уд.з} - W_{уд.и}) + b_3 (C_{м.з} - C_{м.и}) + b_4 (G_{г.з} - G_{г.и}) \\
 &\quad + b_5 (T_{шл.з} - T_{шл.и}),
 \end{aligned} \tag{4}$$

где индексом  $з$  обозначено заданное (предпочтительное) значение контролируемого параметра, а индексом  $и$  – текущее значение параметра.

Расчет управляющих воздействий определяется в зависимости от отклонения текущего значения параметра от его заданного значения, а количество загружаемой шихты определяется как сумма по отдельным составляющим. Таким образом, использование КТ позволяет исследовать различные варианты управления процессом и выбрать режим в наибольшей степени отвечающий поставленным требованиям. Рассчитанные управляющие значения целесообразно использовать для управления технологическим процессом в РТП с помощью СППР.

Известно, что для управления процессом плавки в настоящее время применяются две одноконтурные не взаимосвязанные АСР:

- АСР электрическим режимом, принцип действия который заключается в стабилизации вводимой в электропечь мощности на определенном, заранее заданном уровне;
- АСР загрузкой шихты, принцип действия которой обусловлен регулированием количества загружаемой в электропечь шихты в зависимости от задания, установленного технологом.

Однако данные системы не обеспечивают достижение необходимого качества управления по стабилизации теплового состояния расплава, так как на тепловой режим оказывают значительное влияние, не компенсируемые системами управления изменения в широком диапазоне неконтролируемых автоматически параметров, а алгоритмы работы систем не учитывают возможности изменения структуры и параметров систем управления [2,3]. Кроме того, управляющие воздействия в каждой системе рассчитываются без учета величины и характера управляющих воздействий,

используемых в другой локальной системе управления, что приводит к снижению эффективности работы системы управления в целом.

Для устранения приведенных выше недостатков необходима корректировка алгоритмов работы систем управления. Наиболее эффективно выявление и устранение имеющихся недостатков в работе существующей системы управления достигается путем проверки выбранных управляющих воздействий в виртуальном режиме с применением системы поддержки принятия решений и компьютерных тренажеров. Система работает следующим образом. Значения управляющих параметров выбираются исходя из имеющегося опыта, или устанавливаются расчетным путем по уравнениям (4) для идеальных условий функционирования процесса. Выбранные значения управляющих воздействий прикладываются к виртуальной модели электропечи, на которой проверяется реакция объекта управления на приложенное управление с помощью компьютерного тренажера. Если результаты управления устраивают исследователя, то выбранное управляющее воздействие переносится на реальный объект, если не устраивают, то продолжается процесс выбора управляющих воздействий до тех пор, пока не будет достигнут желаемый результат.

Верификация разработанной информационной технологии проведена в заводских условиях и показала, что предварительный выбор величины и характера управляющих воздействий приводит к значительному повышению качества ведения процесса, а именно к стабилизации температурного режима, что подтверждается диаграммой изменения температуры (рисунок 4) [5].

Анализ кривых, приведенных на рисунке 4, показывает, что достигается стабилизация температурного режима, так как диапазон изменения температуры уменьшился с  $30^{\circ}$  до  $20^{\circ}$ , а средняя температура понижается с  $1265$  до  $1260^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, применение СППР позволяет решить поставленную задачу и улучшить качество управления тепловым режимом РТП.

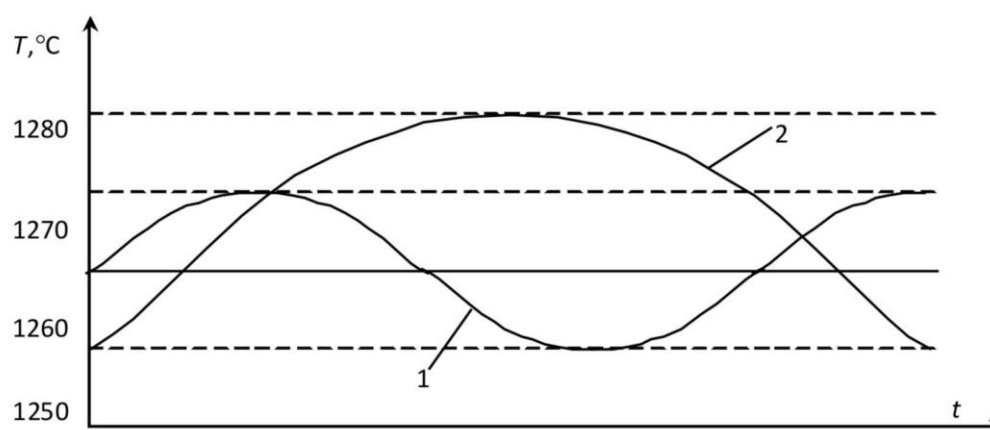


Рисунок 4 – Диаграмма изменения температуры для различных систем управления:  
1 – при наличии СППР; 2 – при обычном способе управления

По предложенной методике строятся ИУС для управления технологическими пределами и на других технологических стадиях. Таким образом, предлагаемая информационная система для управления технологическим процессом на отдельных

технологических переделах производства тяжелых цветных металлов позволяет в интерактивном режиме исследовать технологические процессы и принимать по результатам исследования обоснованные решения, направленные на повышение технико-экономических показателей производства тяжелых цветных металлов. Информационная технология предназначена для тренинга персонала потенциально опасного технологического объекта, а также для обучения студентов старших курсов технических специальностей металлургического профиля. Данная система позволяет исследовать объект изучения в различных режимах функционирования и отработать навыки по оптимальному и безаварийному управлению.

### **Список литературы**

1. Уткин Н.И. Цветная металлургия (технология отрасли): учеб. для вузов / Н.И.Уткин. – М.: Металлургия, 1990.
2. Цымбал В.П. Математическое моделирование сложных систем в металлургии: учебник для вузов / В.П. Цымбал. – Кемерово; М.: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвуиздат – АСТШ, 2006. – 431 с.
3. Горенский Б.М. Информационные технологии в цветной металлургии: уч. пособие / Б.М. Горенский, О.В. Кирякова, С.В. Ченцов. – Красноярск: СФУ, 2012. – 187 с.
4. Благовещенская М.М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами: учеб. для вузов / М.М.Благовещенская, Л.А Злобин. – М: Высшая школа, 2005. – 768 с.
5. Александрова Н.А. Верификация экспертной информации при построении систем оперативного управления и диагностики технологических процессов [Текст]; статья/ Александрова Н.А., Куркина В.В., Рудакова И.В., Русинов Л.А.;- Москва, из-во «Новые технологии», журнал «Мехатроника, автоматизация, управление», 2007. С. 14-17.

УДК 519.63

## **ЧИСЛЕННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ СИСТЕМ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ**

*М.М. Клунникова, В.Е. Распопов*

*Сибирский федеральный университет*

*Институт математики и фундаментальной информатики, Красноярск*

*e-mail: [mklunnikova@gmail.com](mailto:mklunnikova@gmail.com), [lenina112kv34@mail.ru](mailto:lenina112kv34@mail.ru)*

*Аннотация. Рассматриваются задачи идентификации функций источников специального вида параболических уравнений. Обратные задачи сведены к прямым неклассическим задачам относительно вспомогательных неизвестных. Прямые задачи решены численно.*

*Ключевые слова. Уравнения параболического типа, обратные задачи, идентификация коэффициентов, разностная аппроксимация, численное решение.*

Решаются обратные коэффициентные задачи для одномерных параболических уравнений и систем уравнений. В первой группе задач неизвестны функции источников, представляющие собой суммы двух неизвестных функций, каждая из которых зависит только от одной независимой переменной. Во второй группе задач неизвестные функции источников являются произведениями двух функций, зависящих от одной пространственной переменной. Наконец, в третьей группе задач неизвестны коэффициенты младших членов уравнений.

Поставлены начальные и краевые условия. Краевые условия первого и второго рода. Для идентификации неизвестных коэффициентов задаются дополнительные условия – условия переопределения. Количество условий переопределения зависит от числа неизвестных коэффициентов обратной задачи.

Как правило, общий подход к решению рассмотренных задач следующий. Аналитическими преобразованиями обратные задачи сводятся к прямым задачам относительно новых неизвестных. Получены формулы восстановления исходных неизвестных и доказано, что удовлетворены все условия, в том числе и уравнения исходной задачи.

Прямые задачи относительно новых неизвестных неклассические: в уравнения входят следы неизвестных функций и следы их производных. Начальные данные нелокальные, а именно: связаны соотношениями начальные и финальные значения неизвестных функций. Уравнения существенно нелинейны, если нелинейны по совокупности всех неизвестных (функции, их производные, коэффициенты) исходные уравнения. Прямые задачи аппроксимированы разностными, как правило, неявными схемами.

Разработаны и реализованы алгоритмы численного решения разностных задач. Проведены тестовые расчёты. Расчёты показали, что с уменьшением шагов сетки абсолютные и относительные погрешности убывают. Это позволяет сделать предположения о сходимости численных решений разностных задач к точным решениям исходных дифференциальных задач.

### **Список литературы**

1. Кучунова Е.В., Распопов В.Е. Численная идентификация коэффициентов параболических уравнений. Вестник КрасГУ. Серия Физ.-мат. науки, 2004 г., №5/2, с. 7-14.
2. Мандрик Ю.В., Распопов В.Е. Численная идентификация коэффициентов одномерного параболического уравнения. Вестник КрасГУ. Серия Физ.-мат. науки, 2006 г., №1.
3. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы обратных задач математической физики. Москва. 2009 г.
4. Клоков А.В., Распопов В.Е. Численная идентификация старших коэффициентов в системе параболических уравнений. Труды XVI Международной ЭМ

конференции по эвентологической математики и смежным вопросам, Красноярск, 2012 г.

УДК 001.891.57

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ И ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА**

*Л.И. Колтунов, С.Н. Глаголев, А.В. Белоусов, А.Н. Потапенко  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, Белгород*

*e-mail: [koltunov@intbel.ru](mailto:koltunov@intbel.ru), [rector@intbel.ru](mailto:rector@intbel.ru), [ntk@intbel.ru](mailto:ntk@intbel.ru), [potapenko@intbel.ru](mailto:potapenko@intbel.ru)*

*Проведен анализ современных систем и устройств фильтрации и ионизации воздуха для помещений, зданий и сооружений. Приведены особенности математического моделирования с результатами численных и экспериментальных исследований электростатических систем и устройств распределённых и автономных. Представлены вычислительные алгоритмы, структура комплекса программных средств численного моделирования и особенности функционирования локальных систем автоматического регулирования электростатических объектов в составе автоматизированной системы диспетчерского управления.*

*Ключевые слова: математическое моделирование, электростатические системы и устройства, автоматизированная система диспетчерского управления, фильтрация и ионизация воздуха, одно- и двухзонные электрофильтры.*

Анализ современного развития электростатических устройств показывает, что оно идёт по нескольким направлениям. Развитие первого направления связано с именем профессора А.Л. Чижевского. Им были разработаны устройства для генерации отрицательно заряженных аэроионов при создании высоких электрических напряжений на электродах в виде «игл». Основная особенность этих устройств связана с применением электродов отрицательной полярности (например, ионизаторы типа «Аэроион-25»). Также появляются ионизаторы воздуха для создания баланса аэроионов положительной и отрицательной полярности (например, ионизатора типа «Янтарь»).

Второе направление, связанное с двухзонными электрофильтрами для систем вентиляции и кондиционирования, появилось в бывшем СССР в 60-е годы. Однако основной толчок развитию этих типов электрофильтров дала фирма «Plumoth» (Швеция) в направлении, связанном с очисткой воздуха от сварочных, масляных и других высокодисперсных аэрозолей в промышленных условиях. При этом электрофильтры аналогичного типа (ООО «Элстат», г. Москва) используются также и для очистки приточного воздуха в системах вентиляции в зданиях различного назначения. Основная особенность этих устройств связана с применением двух камер: ионизационной для зарядки частиц и осадительной для их улавливания.

Третье направление появилось на рубеже этого столетия практически одновременно в нескольких высокоразвитых странах, причем в виде

воздухоочистителей-ионизаторов для различных сфер их применения: персонального использования (например, модель XJ-888 фирмы AirComfort, Италия); для транспорта (например, модель CP-3 фирмы Chung Pung, Южная Корея); для жилых домов и офисов (например, модели CV-N63CX фирмы Sharp, Япония и XJ 3500 фирмы AirComfort, Италия); для промышленных предприятий (модель Eagle 5000 американской компании «EcoQuest International»); для встраивания в системы вентиляции и кондиционирования (модель DuctwoRx компании «EcoQuest International») и др. Особенность этих устройств заключается в искусственном создании в помещениях зданий и сооружений воздушной среды с необходимым балансом легких аэроионов положительной и отрицательной полярности, а также условий для самоочистки воздуха в некотором объеме помещений и очистки его при фильтровании через это устройство. Развитие этих устройств необходимо на современном этапе, так как связано с защитой окружающей среды и заботой о здоровье человека.

В современных системах вентиляции и кондиционирования в настоящее время для обеспечения качества воздуха применяются электростатические устройства в виде 2-х зонных электрофильтров. При этом в составе этих систем могут входить фильтры различной эффективности и сопротивления. Современные системы фильтрации воздуха существенно повышают эффективность очистки воздуха от мелкодисперсных фракций, но в результате такой обработки воздух деионизируется, т.е. лишается легких аэроионов. В связи с этим в системах вентиляции и кондиционирования стали применяться различные способы ионизации воздуха в закрытых помещениях зданий и сооружений. При этом в электростатических устройствах обеспечивается относительно высокое качество воздуха при минимальном потреблении электроэнергии в отличие от систем вентиляции и кондиционирования воздуха, в которых вопросы энергосбережения и обеспечения высокого качества воздуха находятся в противоречии.

Для существующих систем и устройств ионизации воздуха в закрытых помещениях зданий и сооружений характерен широкий спектр от приборов с несколькими иглами до систем с возможностью создания аэроионов воздуха в больших залах. Если первые ионизаторы воздуха типа «Люстр Чижевского» обеспечивали приток только отрицательных аэроионов воздуха, то современные устройства ионизации воздуха в закрытых помещениях являются биполярными, что позволяет приблизиться к природным условиям.

Современные автономные воздухоочистители с учетом ионизации воздуха могут содержать один блок, как для процессов фильтрации, так и для создания потока воздуха в виде «ионного ветра», или два блока – вентилирующий и фильтрующий, причем во включенном состоянии воздухоочиститель непрерывно фильтрует и ионизирует воздух и при этом обеспечивает принудительную циркуляцию воздуха с помощью вентилятора или путем создания «ионного ветра». Эти устройства выпускаются в виде различных и весьма многочисленных модификаций, но конструктивные схемы у них типовые.

Анализ существующих методов и моделей исследования электростатических устройств для фильтрации и ионизации воздуха показал, что аналитические методы не подходят для определения поля распределения электрического потенциала в межэлектродных системах этих устройств. В настоящее время для современных систем

электрофильтров аналитические выражения для их расчетов так и не получены, учитывая их появление в 60-х годах прошлого столетия, а что касается интенсивно развивающегося нового направления автономных систем фильтрации с одновременной ионизацией воздуха, то это направление развивается практически эмпирическим путем. Исследования этих устройств на основе вычислительных экспериментов на базе численных методов – единственное направление для получения относительно точных результатов. Из основных методов решения краевых задач следует выделить метод конечных разностей, имеющий целый ряд приложений для численного исследования электростатических устройств с учетом особенностей их конструкций (например, плоские потенциальные электроды с проволочными коронирующими электродами между ними).

Существует достаточно большое количество стандартного программного обеспечения для решения краевых задач с дифференциальными уравнениями в частных производных на основе применения различных численных методов (MatLab, ELCUT, FemLab, ROSTWERK и др.). Применение стандартного программного обеспечения существенно ограничено для решения краевых задач, связанных с исследованиями электростатических устройств для фильтрации и ионизации воздуха, однако имеется программа моделирования «ИМПУЛЬС», зарегистрированная в Росагентстве по правовой охране программ и баз данных, предназначенная для расчета каналов пробоя в межэлектродных системах электрогидравлических установок. На ее базе с учетом модернизации возможно исследование электростатических устройств с последующим созданием комплекса программных средств для численного моделирования этих устройств.

Анализ особенностей процессов фильтрации в электростатических устройствах показал, что в них имеются как зоны ионизации для зарядки частиц, так и зоны электростатического осаждения этих частиц, причем возможно применение униполярной короны. В некоторых типах воздухоочистителей корона возникает одновременно на коронирующих электродах в разных частях этих приборов и при разных высоковольтных потенциалах на них. На основе анализа конструкций электростатических устройств для процессов фильтрации и ионизации воздуха разработаны основные типовые схемы для их моделирования.

Например, одна из схем моделирования воздухоочистителей многокамерного типа с учетом симметрии показана на рис. 1, ( $G_i$  – границы исследуемой области  $B_3(x,y)$ ;  $K_1$  и  $G_6$  – коронирующие электроды, соотношения размеров определяются типом и видом различных электродных систем электрофильтров).



Рисунок 1 – Одна из схем моделирования воздухоочистителей многокамерного типа



Для исследования электрических полей электростатических устройств выбрана и обоснована обобщенная математическая модель, при этом сформулированные краевые задачи с граничными условиями смешанного типа учитывают основные ограничения по исследуемым объектам и конструктивные особенности этих устройств. В основе модели подход, при котором отпадает необходимость определения нелинейной зависимости между плотностью тока и напряженностью электрического поля в межэлектродных системах этих объектов.

Особенность расчета электрического поля межэлектродного пространства электростатических устройств заключается в определении поля электрического потенциала  $\varphi$  и электрической функции потока  $\chi$ , на основе которых вычисляются необходимые параметры (напряженность электростатического поля, эффективная площадь ионизации и др.) с последующим определением области рациональных соотношений параметров этих объектов.

Для краевых задач электростатических устройств выполнены условия адаптации метода конечных разностей и переход к конечно-разностным аппроксимациям эллиптических уравнений и граничных условий. При этом представлены особенности дискретных моделей исследуемых объектов в операторной форме.

1. Например, для краевой задачи (см. рис. 1) с учетом уравнения эллиптического типа второго порядка и граничных условий смешанного типа исходные уравнения в операторной форме для определения поля электрического потенциала  $\varphi$  в узле  $(i,j)$  дискретной области  $B_{g3}(x,y)$  с границами  $G_i$  имеют вид:

$$\Omega_n \varphi^{(h)} \equiv \begin{cases} \Omega_{xx} \varphi_{mm} + \Omega_{yy} \varphi_{mm} = 0, (x_m, y_n) \in B_{g3}(x, y), \\ \varphi_{mm} = c_1, (x_m, y_n) \in K_1, \\ \varphi_{mm} = c_2, (x_m, y_n) \in G_8, \\ \varphi_{mm} = c_3, (x_m, y_n) \in G_6, \\ \varphi_{mm} = 0, (x_m, y_n) \in G_2, \\ \Omega_n \varphi_{mm} = 0, (x_m, y_n) \in G_1, G_3, G_4, G_{11}, \\ \Omega_n \varphi_{mm} = 0, (x_m, y_n) \in G_5, G_7, G_9, G_{10}. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $\Omega_{xx} = \partial^2 / \partial x^2$ ;  $\Omega_{yy} = \partial^2 / \partial y^2$ ;  $\Omega_n = \partial / \partial n$ . Постоянные  $c_i$  определяются значениями высоковольтных потенциалов на электродах  $K_1, G_6, G_8$  с учетом типовых промышленных образцов этих объектов.

2. Задача определения поля электрической функции потока  $\chi$  для электростатического устройства (см. рис. 1) следующая. Определяется функция  $\chi$  в узле  $(i,j)$  дискретной области  $B_{g3}(x,y)$  с границами  $G_i$  с учетом уравнения эллиптического типа второго порядка и граничных условий смешанного типа, которые в операторной форме имеют вид:

$$\Omega_n \chi^{(h)} \equiv \begin{cases} \Omega_{xx} \chi_{mm} + \Omega_{yy} \chi_{nn} = 0, (x_m, y_n) \in B_{g3}(x, y), \\ \Omega_n \chi_{mm} = 0, (x_m, y_n) \in K_1, G_2, G_6, G_8, \\ \chi_{mm} = c_1, (x_m, y_n) \in G_1, G_{10}, G_{11}, \\ \chi_{nn} = c_2, (x_m, y_n) \in G_9, \\ \chi_{mm} = c_3, (x_m, y_n) \in G_7, \\ \chi_{mm} = 0, (x_m, y_n) \in G_3, G_4, G_5. \end{cases} \quad (2)$$

Математические модели предназначены для исследования характерных закономерностей электростатических устройств для процессов фильтрации и ионизации воздуха, а также для определения особенностей электрофильтров и автономных воздухоочистителей-ионизаторов для повышения их эффективности. На разработанной базе возможно исследование существующих схемных решений на основе эмпирических подходов при конструировании этих устройств. Таким образом, представлена основа для комплексного исследования электростатических устройств с применением современных технологий математического моделирования.

Результаты расчетов межэлектродных систем электростатических устройств и экспериментальных исследований представлены в относительных единицах с учетом законов подобия и размерности относительно базовых параметров объектов. Анализ результатов численного моделирования электростатических полей межэлектродных систем двухзонных электрофильтров позволил установить следующее. Без изменения параметров ионизационной камеры максимальное значение эффективной площади ионизации ( $F_e^*$ ) зависит от расположения коронирующего электрода и зазора между камерами электрофильтров. При уменьшении зазора  $\delta$  от 30 мм до минимальной величины эффективное значение  $F_e^*$  увеличивается от значения  $F_{e(\min)}^*$  до максимума  $F_{e(\max)}^*$  в диапазоне от 1 до  $m_{11} = 1,43$  ( $m_{11} = F_{e(\max)}^*/F_{e(\min)}^*$ ), причем максимальное значение  $F_{e(\max)}^*$  увеличивается до 1,25 раза. С учетом изменения длины электродов ( $L_1^*$ ) ионизационной камеры электрофильтров максимальные значения эффективной площади ионизации увеличиваются до 2,5 раз (см. рис. 2).

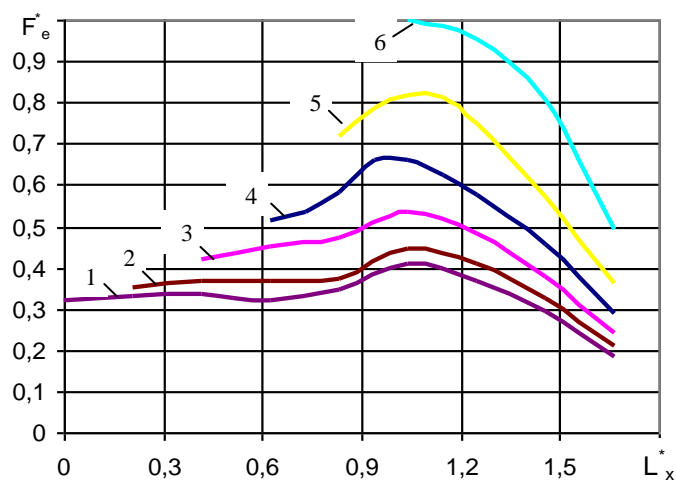


Рисунок 2 – Функциональные зависимости  $F_e^* = f(L_x^*)$  с учетом изменения  $L_1^*$  ( $\delta = \text{const}$ ): 1 –  $L_1^* = 1,625$ ; 2 –  $L_1^* = 1,458$ ; 3 –  $L_1^* = 1,25$ ; 4 –  $L_1^* = 1,042$ ; 5 –  $L_1^* = 0,833$ ; 6 –  $L_1^* = 0,625$

При исследованиях выявлена одна из важных закономерностей электростатических устройств и установлено, что увеличение эффективной площади ионизации  $F_e^*$  электрофильтров связано, во-первых, с краевыми эффектами ионизационной камеры, которые при ее уменьшении сближаются, что приводит к существенному увеличению  $F_e^*$  (в несколько раз), во-вторых, с суперпозицией полей камер.

Для учета важных особенностей электростатических устройств разработана методика компьютерного моделирования, позволяющая определять их рациональные параметры с возможностью создания максимальной эффективной площади ионизации и с учетом скорости воздушных потоков в межэлектродных системах этих устройств. С учетом тенденций непрерывного возрастания стоимости потребляемых энергоресурсов квазиоптимальные размеры этих устройств позволяют существенно увеличить их эффективность.

На этапе проектирования межэлектродных систем однокамерных воздухоочистителей-ионизаторов необходимо учитывать возможность увеличения их эффективности путем выбора рациональных соотношений размеров их камер и с учетом места расположения коронирующего электрода. Например, для воздухоочистителей-ионизаторов с учетом расхода воздуха в виде «ионного ветра» при изменении размеров камеры от  $L_1^* = 1,625$  до  $L_1^* = 0,625$  максимум  $F_{e(max)}^*$  увеличился приблизительно в 3 раза (см. рис. 3).

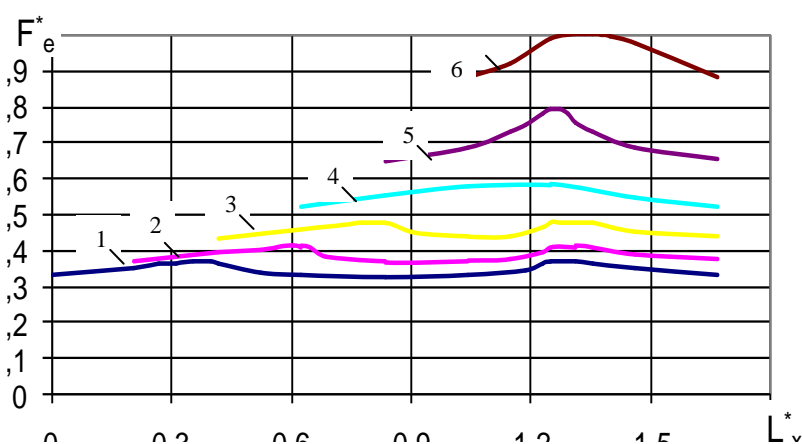


Рисунок 3 – Функциональные зависимости  $F_e^* = f(L_x^*)$  с учетом изменения  $L_1^*$ :  
 1 –  $L_1^* = 1,625$ ; 2 –  $L_1^* = 1,458$ ; 3 –  $L_1^* = 1,25$ ; 4 –  $L_1^* = 1,042$ ; 5 –  $L_1^* = 0,833$ ; 6 –  
 $L_1^* = 0,625$

Вычислительные эксперименты с воздухоочистителями-ионизаторами многокамерного типа (например, «Супер-Плюс-Турбо», первой модификации) позволили установить, что выбор игольчатого электрода в задней полусфере этого прибора позволил получить лучшие результаты в сравнении с другими типами электродов.

Типовой пример результатов расчета плоскопараллельного электростатического поля показан на рис. 4 для воздухоочистителей-ионизаторов многокамерного типа (см. схему моделирования на рис. 1) в виде распределения эквипотенциальных поверхностей электростатического поля с заданным шагом  $\Delta\varphi$  (рис. 4, а), силовых поверхностей потока напряженности поля с заданным шагом  $\Delta\chi$  (рис. 4, б) и распределения поверхностей равных напряженностей электростатического поля с заданным шагом  $\Delta E$  (рис. 4, в).

Из анализа существующих моделей воздухоочистителей-ионизаторов однокамерного типа следует, что коронирующий электрод вынесен относительно заземленных пластин-электродов. При этом результаты расчетов показывают, что спроектированы эти устройства не самым рациональным (см. рис. 3) и тем более не оптимальным способом в отличие от двухзонных электрофильтров, например, типа EF, EFO, EF/SP, EFO/SP (фирм «PlymoVent» (Швеция) и «СовПлим», г. С-Петербург), а также электрофильтров типа ЭФВА (ООО «Элстат», г. Москва), которые развиваются в правильном направлении. При этом установлено, что развитие моделей воздухоочистителей-ионизаторов многокамерного типа (например, «Супер-Плюс-Турбо» второй модификации) на основе эмпирического подхода привело к существенному ухудшению характеристик воздухоочистителей-ионизаторов в сравнении с исходной моделью за счет установки пилообразных коронирующих электродов в передней полусфере вместо проволочных и исключения игольчатого электрода, так как напряженность поля в задней полусфере этого прибора уменьшилась в несколько раз по сравнению с исходной моделью.

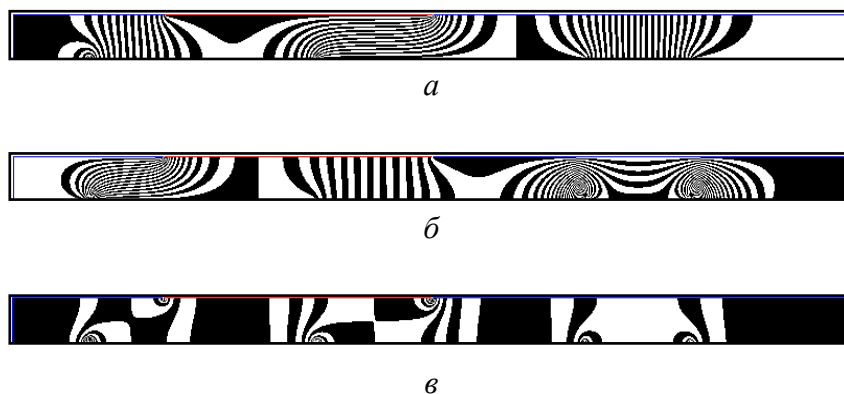


Рисунок 4 – Типовые результаты расчета поля воздухоочистителей-ионизаторов многокамерного типа

Установлено, что математическая модель двухзонного электрофильтра, как объекта управления, может быть представлена в виде аperiodического звена, причем постоянная времени переходного процесса, связанного с изменением концентрации положительных аэроионов в воздухе  $N_+^*$ , находится в пределах десятков секунд.

Экспериментальные исследования воздухоочистителей-ионизаторов многокамерного типа с учетом изменения вида коронирующих электродов и их

расположения показали, что относительная удельная концентрация отрицательных аэроионов в воздухе ( $N_{-}^{*}$ ) может изменяться до 4 раз (применялись счётчики аэроионов 2-х типов «Сапфир-3к» и «МАС - 01»). Эти результаты качественно совпадают с численными расчетами по исследованию изменения напряженности электростатического поля воздухоочистителей-ионизаторов многокамерного типа для различных видов электродов. Установлено, что с увеличением дистанции от источников аэроионов (воздухоочистителей-ионизаторов), во-первых, средняя относительная удельная концентрация как положительных, так и отрицательных аэроионов на выходе этих устройств уменьшается, во-вторых, средняя относительная скорость «ионного ветра» также уменьшается.

Сравнительный анализ результатов расчета, известных и полученных экспериментальных данных для исследуемых объектов и других типов электростатических устройств показал, что обоснованы принятые допущения для расчета электростатических устройств процессов фильтрации и ионизации воздуха на основе применения уравнений эллиптического типа второго порядка с постоянными коэффициентами с учетом граничных условий смешанного типа. Качественные и количественные совпадения результатов математического моделирования исследуемых объектов с экспериментальными данными и результатами других авторов подтверждают достоверность полученных результатов.

Представлены особенности общего алгоритма численного исследования электростатических устройств для процессов фильтрации и ионизации воздуха. Учитывая, что на практике не всегда возможно реализовать критерий оптимальности для электростатических устройств, поэтому задача синтеза структуры квазиоптимальных устройств сводится к обеспечению максимума эффективной площади ионизации  $F_{e(m)}^{*}$  с учетом изменения, как соотношений расположения электродов и размеров между ними, соотношений размеров камер и зазоров между ними, так и потенциалов на электродах исследуемого объекта, но при заданных соотношениях между ними. В этом направлении также рассматривается задача определения рациональных параметров электростатических устройств, которые возможно определить с учетом полученных в работе зависимостей. При этом по разработанной методике компьютерного моделирования, а именно, с учетом ее второго этапа устанавливаются допустимые рациональные параметры ионизационной камеры.

При этом следует отметить, что основной алгоритм моделирования электростатических устройств включает несколько вычислительных алгоритмов. Учитывая важность вычисляемых силовых поверхностей потока напряженности поля для электростатических устройств процессов фильтрации и ионизации воздуха более подробно представлен алгоритм определения электрической функции потока  $\chi$  экстраполяционным методом Либмана, как составная часть общего алгоритма численного исследования электростатических устройств.

Структура комплекса программ численного моделирования электростатических устройств для процессов фильтрации и ионизации воздуха была разработана с учетом математических моделей этих устройств, адаптированного метода конечных разностей и алгоритмов численного исследования этих устройств. Разработанные программы были объединены в один программный комплекс (см. рис. 5).

Комплекс программных средств численного моделирования электростатических устройств (КПС «ЭлектроСтат») состоит из следующего набора программ:

- программа моделирования процессов, описываемых уравнениями эллиптического типов («ИМПУЛЬС»);
- программа расчета эмпирического коэффициента с учетом применения для численных расчетов экстраполяционного метода Либмана («ЭлектроСтат Коэффициент»);
- программа определения эффективного значения площади ионизации  $F_e^*$  электростатического устройства на основе вычислительного эксперимента («ЭлектроСтат Площадь»);
- программа определения квазиоптимальных параметров электростатических устройств процессов фильтрации и ионизации воздуха («ЭлектроСтат Квазиоптимум»);
- программа определения рациональных параметров электростатических устройств процессов фильтрации и ионизации воздуха («ЭлектроСтат Рационал»).



Рисунок 5 – Структура КПС численного моделирования электростатических устройств

За основу комплекса программных средств «ЭлектроСтат» принята программа моделирования «ИМПУЛЬС», зарегистрированная в Российском агентстве по правовой охране программ и баз данных (свидетельство №980135), в которой в качестве языка программирования был выбран объектно-ориентированный язык Си++. Программа моделирования «ИМПУЛЬС» используется в данном комплексе программных средств для создания геометрических конфигураций моделируемых электростатических устройств и для расчета уравнений эллиптического типа. Построенные геометрические конфигурации исследуемых объектов сохраняются в файлах в специально разработанном формате и в дальнейшем загружаются в других программах КПС «ЭлектроСтат».

В результате проведенных исследований представлены особенности структур и схемных решений автоматизированных систем вентиляции на базе энергоэффективного

оборудования с учетом применения двухзонных электрофильтров и автономных воздухоочистителей-ионизаторов с возможностью ионизации воздуха для помещений зданий и сооружений, а также с учетом того, что автоматизированная система вентиляции находится в составе автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) распределенными энергосистемами зданий.

### Список литературы

1. Потапенко, А.Н. Основы математического моделирования двухзонных электрофильтров и некоторые особенности их применения в энергоэффективных вентиляционных системах /А.Н. Потапенко, А.В. Белоусов, Л.И. Колтунов, Е.А. Потапенко// Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2006. – № 5-6. – С. 69-84.

2. Колтунов, Л.И. Система диспетчерского управления распределенными приточно-вентиляционными установками зданий образовательного назначения с возможностью применения современных электрических способов очистки воздуха / Л.И.Колтунов //Труды XIII Всероссийской научно-методич. конф. «Телематика' 2006» – Санкт-Петербург: Изд-во С-ПГИТМО, 2006. – Том 1, Секции А, В. – С. 23 - 25.

3. Потапенко, А.Н. Оценка степени ионизации воздуха двухзонными электрофильтрами и особенности автоматизированных систем вентиляции на базе электростатических устройств / А.Н. Потапенко, А.В. Белоусов, Л.И. Колтунов// Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2006. – Прил. № 8. – С. 119-126.

4. Колтунов, Л.И. Исследование на основе математического моделирования особенностей электрофильтров систем газовой очистки/ Л.И. Колтунов, А.Н. Потапенко, А.В. Белоусов // Научн. исследов. наносистем и ресурсосберегающие технол. в стройиндустрии: Сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – Ч.8. – С. 66 - 71.

5. Потапенко, А.Н. Оценка состояния полей электрофильтров систем пылеулавливания с помощью математического моделирования/ А.Н. Потапенко, Л.И. Колтунов, А.В. Белоусов) /Национальная конференция по теплоэнергетике. НКТЭ-2006. Матер. докладов /Под ред. Ю.Г. Назмиева, В.Н. Шлянникова. Казань: Иссл. центр пробл. энерг. КазНЦ РАН, 2006. – Т. II. – С. 192-195.

6. Колтунов, Л.И. Математическое моделирование автономных воздухоочистителей и двухзонных электрофильтров/ Л.И. Колтунов, А.Н. Потапенко // Научн. исследов. наносистем и ресурсосберегающие технол. в стройиндустрии: Сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф.– Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2007. – С. 59 - 65.

7. Потапенко, А.Н. Электростатические устройства для процессов фильтрации и особенности их математического моделирования/ А.Н. Потапенко, Л.И. Колтунов// Вестник БГТУ им В.Г. Шухова. – 2007. – №1 – С. 61-66.

8. Колтунов, Л.И. Автоматизированная система управления распределенными энергообъектами зданий учебного заведения с учетом математического моделирования процессов в системах вентиляции и кондиционирования/ Л.И. Колтунов// Труды XIV Всероссийской научно-методич. конф. «Телематика' 2007» – Санкт-Петербург: Изд-во С-ПГИТМО, 2007. – Том 1, Секция А. – С. 121 - 123.

9. Белоусов, А.В. Основные этапы создания автоматизированной системы диспетчерского управления распределенными энергосистемами комплекса зданий для учреждений образовательной сферы/ А.В. Белоусов, А.Н. Потапенко, Л.И. Колтунов, Г.В. Постольский// Телематика' 2005: Сб. трудов XII Всероссийской научно-методич. конф. – Санкт-Петербург: Изд-во С-ПГИТМО, 2005. – Т. 1. - Секции А, В, С. – С.8-9.

10. Белоусов, А.В. Развитие технологических приложений по энергобезопасности в рамках корпоративной компьютерной сети учебных заведений/ А.В. Белоусов, Л.И. Колтунов, Г.В. Постольский, А.Н. Потапенко// Инновации в условиях развития информационно-коммуникационных технологий: Сб. докл. научно-практ. конф.– М.: Изд-во МИЭМ, 2007.– С. 244 - 247.

11. Колтунов, Л.И. Математическое моделирование электродных систем электростатических процессов фильтрации/ Л.И. Колтунов, А.В. Белоусов, А.Н. Потапенко // Телематика' 2013: Сб. трудов XX Всероссийской научно-методич. конф. – Санкт-Петербург: Изд-во С-ПГИТМО, 2013. – Т. 1. - Секция А.

12. Белоусов, А.В. Вопросы практического применения объектов фильтрации и ионизации воздуха в рамках автоматизированных систем диспетчерского управления инженерными системами зданий на примере БГТУ им. В.Г. Шухова/ А.В. Белоусов, С.Н.Глаголев, Л.И. Колтунов, Ю.А. Кошлич // Телематика' 2014: Сб. трудов XXI Всероссийской научно-методич. конф. – Санкт-Петербург: Изд-во С-ПГИТМО, 2014. – Т.1. - Секция В.

УДК 004.9

## **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА АДАПТАЦИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

*Я. В. Корнеева, С. Л. Лесникова, Н. А. Русакова, К. В. Шикер  
Кемеровский государственный университет, Кемерово  
e-mail: [rusakovana@mail.ru](mailto:rusakovana@mail.ru)*

*В данной статье рассматривается использование информационной системы в качестве механизма, позволяющего собирать и обрабатывать данные для анализа процесса адаптации и профессионального самоопределения студентов ВУЗа. Рассматриваются проблемы адаптации и профессионального самоопределения учащихся. Использование информационной системы в процессе диагностики психофизиологических характеристик позволяет значительно повысить эффективность этой работы.*

*Ключевые слова: информационная система, информационные технологии, адаптация студентов, профессиональное самоопределение студентов, тестирование.*

Любое обучение, особенно вузовское, является делом не из легких. Одной из важнейших предпосылок успешной учебной деятельности поступивших является их



своевременная адаптация к условиям обучения в вузе, рассматриваемая как начальный этап включения их в профессиональное сообщество. Первые годы обучения могут стать точкой опоры для студента, а могут привести к различным деформациям в поведении, общении и обучении. Даже отличники средней школы, на первых курсах не сразу обретают уверенность в своих силах. От успешности адаптации зачастую зависит дальнейший ход профессиональной жизни человека.

Успешная адаптация учащихся к жизни и учебе в ВУЗе является залогом дальнейшего развития каждого студента как человека и будущего специалиста. Поступив в новое учебное заведение, молодой человек уже имеет некоторые сложившиеся установки, стереотипы, которые при начале обучения начинают изменяться, ломаться. Новая обстановка, новый коллектив, новые требования, оторванность от родителей, неумение распорядиться "свободой", денежными средствами, коммуникативные проблемы и многое другое приводят к возникновению психологических проблем, проблем в обучении, общении с сокурсниками, преподавателями.

Проходит немало времени, прежде чем студент приспособится к требованиям обучения в ВУЗе. Многими это достигается слишком большой ценой. Отсюда зачастую возникают существенные различия в деятельности, а особенно ее результатах, при обучении одного и того же человека в школе и в ВУЗе. Отсюда и низкая успеваемость на первом курсе, непонимание и, возможно, непринятие условий и требований ВУЗа.

В современном обществе актуально и остро встает проблема конкретной психологической помощи учащимся в их профессиональном самоопределении. Задача психолога: дать студентам и школьникам психологические средства разрешения его личностных проблем, связанных с профессиональным самоопределением. Психологи могут на основе диагностики этих психологических проблем помочь человеку в совершении профессионального выбора, или обеспечить предпосылки к совершению этого выбора в будущем.

Для диагностики психологических проблем, связанных с профессиональным самоопределением, требуется проведение комплексного диагностического обследования с помощью психологических методик, позволяющих определить: ценностные ориентации и установки; ближайшие и перспективные жизненные планы и профессиональные намерения; уровень развития самооценки; способности, склонности и интересы; личностные особенности; реальные жизненные условия (семейные отношения, здоровье, материальное обеспечение и пр.).[1]

Разработанная сотрудниками лаборатории развития личности ЦДП КемГУ (далее, ЛРЛ) Программа мониторинга сформированности профессионального самоопределения учащейся молодежи на этапах профильного и профессионального обучения позволяет осуществить психофизиологическое и психолого-педагогическое сопровождение этого процесса с учетом индивидуально-типологических особенностей и сформированности профессионально важных качеств.

Диагностический инструментальный мониторинг на этапе профессионального обучения представляет собой комплекс методик психофизиологической и психологической диагностик, что позволяет определить социально-психологическую адаптацию как условие профессионального самоопределения, а в случае дезадаптации

– осуществить корректирование; выявить уровень сформированности профессионально важных качеств, составляющих личностный и адаптационный потенциал, и прогностически оценить успешность профессионального самоопределения.

Проведение таких диагностик в университете, как правило, требует колоссальных ресурсов даже в пределах одного факультета. При этом для получения качественной оценки психофизиологической адаптацией студентов необходимо обеспечение возможности массового, периодического сбора данных о прохождении учащимися различных психологических тестов по различным методикам. Без использования компьютерных систем эффективно организовать соответствующее тестирование и обработку результатов подобного рода данных на сегодняшний день просто невозможно.

Для решения этих проблем была разработана и реализована информационная система предназначенная для поддержки работы специалистов ЛРЛ. Система включает в себя сайт ЛРЛ и подсистему тестирования. Посредством сайта предоставляется разнообразная информация о лаборатории, новости, информация о тестировании и обеспечивается возможность обратной связи. Подсистема тестирования предназначена для проведения психологического тестирования студентов, анализа результатов тестирования и их отображение в графическом или текстовом виде. Тестирование проводит сотрудник ЛРЛ по различным направлениям, при этом используются специальные тесты и методики их обработки.[2]

В подсистеме тестирования используются методики самоопределения и методики самоадаптации, предоставленные ЛРЛ: Опросник для самооценки упорства (Е.П. Ильин, Е.К. Фещенко); Опросник для самооценки настойчивости (Е. П. Ильин, Е. К. Фещенко); Изучения мотивации к успеху; Изучение мотивации к избеганию неудач (Т. Элерс); Опросник диагностики индивидуально стилевых особенностей саморегуляции; Методика «Готовность к риску» Шуберта; Методика диагностики социально-психологических установок личности (О.Ф. Потемкина); Тест-опросник уровня субъективного контроля; Самоактуализационный тест; Методика «Индикатор копинг-стратегий»; Методика диагностики межличностных отношений Т. Лири.

Пользователями информационной системы являются как сотрудники ЛРЛ, составляющие тесты, так и обучающиеся, которые эти тесты проходят. Соответственно, данная системы должна удовлетворять требованиям двух разных групп пользователей. Для сотрудников - обеспечивать механизмы составления тестов, проверки ответов обучающихся и составления рекомендаций, а для тестируемых - иметь интуитивно понятный интерфейс тестовых заданий, давать возможность выбора и прохождения теста, предоставлять результаты тестирования после их прохождения. [2]

В подсистеме тестирования реализованы следующие функции:

- Сбор, хранение и обработка данных тестирования обучающихся;
- Возможность создания тестов и проведения тестирования по различным методикам;
- Генерация отчетов по проведенному тестированию;
- Создание и редактирование пользовательских данных;
- Визуализация полученных результатов (формат Excel).

Создание тестовых заданий в подсистеме тестирований позволяет реализовать несколько видов тестов (некоторые из которых подразделяются на шкалы):

- С двумя вариантами ответов («да», «нет»);
- С семью вариантами ответов ;
- С тремя вариантами ответов (Выбор одного из трех предложенных слов, которое наиболее точно характеризует тестируемого);
- Выбор одного из двух высказываний («А», «Б»);
- С пятью вариантами ответов.

Для описания и представления функций реализуемой системы тестирования, потока данных, а также демонстрации взаимодействия с другими системами была построена функциональная диаграмма, представленная на рис. 1.

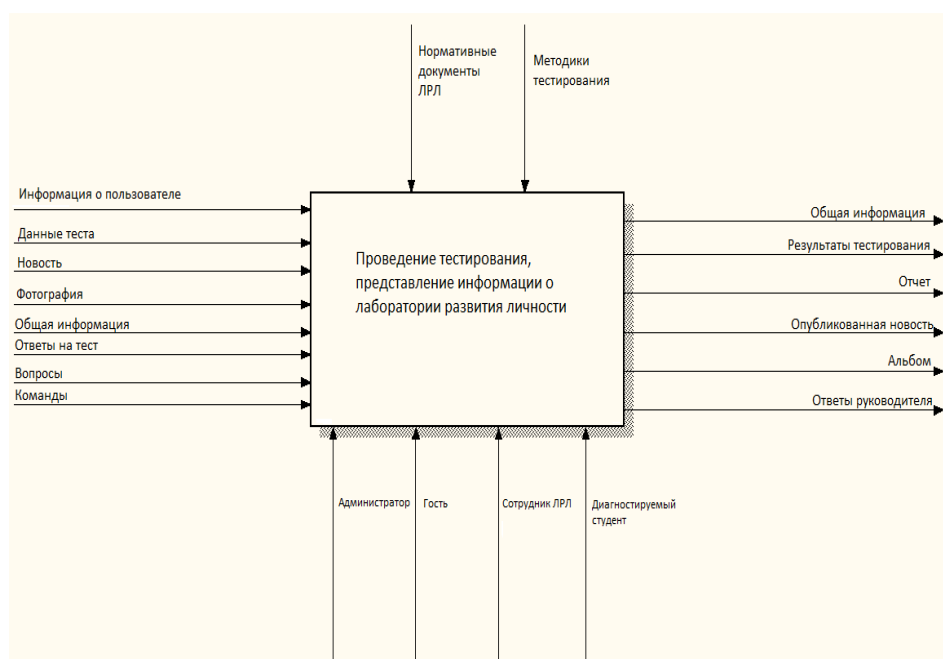


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма. Методология IDEF0

Данная ИС позволяет хранить большой объем материалов в цифровом формате, что способствует быстрому и удобному доступу к ним, значительно увеличивает оперативность обработки данных, освобождает сотрудника ЛРЛ от рутинной работы, предоставляет возможность облегчить взаимодействие между сотрудниками лаборатории и учащимися, а так же позволяет учащимся проходить тестирование Online.[3]

Система реализована на языке PHP, с использованием системы управления веб-сайтом MODx использующая для хранения данных СУБД My SQL.

На данный момент проводится апробация системы. В системе проходят тестирование студенты Кемеровского государственного университета. Для тестирования выбраны факультеты: математический, исторический, факультет политических наук и социологии, биологический, химический, физический. В системе предусмотрено 14 тестов, при обработке в которых реализовано 40 шкал оценки. В тестировании приняли участие 198 учащихся, каждый из которых прошел от 3 до 14

тестов. Также в систему внедряются результаты сдачи ЕГЭ тестируемых учащихся, тип школы и профиль обучения. Эти данные будут использоваться для выявления зависимости адаптации и профессионального самоопределения студентов после школьного периода.[3]

По результатам тестирования получены первые результаты по оценке процесса адаптации и самоопределения студентов, которые в настоящее время обрабатываются специалистами ЛРЛ.

В дальнейшем планируется добавить возможность анализа данных тестирования методами математической статистики, формирования рекомендаций по здоровьесберегающим функциям в рамках выполнения программы «Профкарьера».

#### **Список литературы**

1. Шутюк, Л.Н., Лесникова, С.Л. Забота о здоровье студентов как социально-педагогическая задача вузовского образования [Текст] / Л.Н. Шутюк, С.Л. Лесникова // Вестник Бурятского государственного университета. – 2012. – № 1.1. – С.251-255..

2. Корнеева, Я. В., Шикер, К. В. Информационная система для мониторинга индивидуальной психофизиологической адаптации учащихся [Текст] / Я. В. Корнеева, К. В. Шикер// Материалы 52-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2014: Информационные технологии / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2014.

3. Русакова, Н.А, Лесникова, С.Л. Информационные технологии для анализа процесса адаптации студентов вуза. [Текст] / Н.А. Русакова, С.Л. Лесникова.// Ершовская конференция по информатике 2014: 24-27 июня 2014 г., Санкт-Петербург. Секция «Информатика образования»: Доклады и тезисы. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. - с.59-61.

УДК 519.21

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ ДЛЯ ИСКЛЮЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО НАБЕГА ФАЗЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ**

*И.А. Кучкин<sup>(1)</sup>, В.В. Сухотин<sup>(1)</sup>, С.П. Панько<sup>(1)</sup>*

*О.В. Адмаев<sup>(2)</sup>, И.В. Ильинский<sup>(2)</sup>, Е.Н. Садомов<sup>(2)</sup>, Е.О. Смольников<sup>(2)</sup>*

*<sup>(1)</sup>Сибирский федеральный университет,*

*<sup>(2)</sup>Красноярский институт железнодорожного транспорта –филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Красноярск*

#### **Введение**

В настоящее время получили широкое распространение системы связи с использованием искусственного спутника Земли (ИСЗ), расположенного на геостационарной орбите. Для эффективного управления работой ИСЗ необходимо знать его координаты – прямолинейную дальность и скорость перемещения по орбите. Этой задаче посвящено большое количество исследований, различающихся по достигаемой точности, сложности реализации и пр.

Ниже рассматривается один из аспектов определения дальности, основанный на измерении фазовой задержки сигнала, переизлученного ИСЗ. Фазовые методы определения дальности и скорости известны и широко используются [8], как обеспечивающие наиболее высокую методическую точность измерения параметра сигнала. Задача определения координат геостационарного ИСЗ обладает спецификой, связанной с движением ИСЗ по орбите.

В системах спутниковой связи, фазовая компонента принимаемого сигнала содержит не только постоянную измеряемую разность начальных фаз  $\varphi_x$ , но и  $\varphi_n$  – медленно меняющуюся переменную составляющую, вызванную перемещением спутника за измерительное время. Поскольку реальная орбита спутника несколько отличается от гипотетически круговой, она имеет ненулевой эксцентриситет  $e$  т.е. отклонение орбиты от круговой и имеет наклонение  $i$  (угол между плоскостью экватора и плоскостью орбиты). Относительно неподвижного земного наблюдателя спутник перемещается по замкнутой траектории, очертанием напоминающей цифру "8" с периодом одни сутки. Это приводит к тому, что спутник удаляется или приближается относительно поверхности Земли, т.е. расстояние, а следовательно и фаза сигнала, в течение времени измерения  $T_{\text{изм}}$  не остаются постоянными. Переменная составляющая существенно искажает результат измерения искомой величины  $\varphi_x$ , или другими словами, снижает точность измерения разность начальных фаз и, как следствие, координат ИСЗ.

#### **Метод исключения переменной составляющей**

Круговая (точнее эллиптическая) орбита геостационарного ИСЗ характеризуется *углом наклонения  $i$*  (угол между плоскостью экватора и плоскостью орбиты) и *эксцентриситетом  $e$*  т.е. отклонением орбиты от круговой. Идеальная геостационарная орбита имеет  $i = 0$  и  $e = 0$  и ИСЗ на такой орбите имеет нулевую скорость относительно Земного пользователя. Однако всегда имеются причины – притяжение Луны, Солнца, отличие Земного шара от идеального сфероида, неточности вывода ИСЗ на орбиту. В результате действия этих причин орбита имеет  $e \neq 0$  и  $i \neq 0$  (Рис. 1), что приводит к колебаниям ИСЗ по широте и по долготе. В результате этого ИСЗ движется с периодом 24 часа по замкнутой траектории, напоминающей цифру «8», в плоскости, перпендикулярной экваториальной, в зависимости от точки вывода спутника. Для наблюдателя, расположенного в подспутниковой точке, «размах» траектории максимален. При перемещении наблюдателя от подспутниковой точки на Запад или Восток наблюдаемый «размах» траектории уменьшается вплоть до вырождения в прямую линию из-за изменения угла наблюдения.

Кроме того, в процессе движения по этой траектории ИСЗ удаляется или приближается к Земле, т.е. расстояние, а следовательно и фаза сигнала, в течение времени измерения  $T_{\text{изм}}$  не остаются постоянными [3].

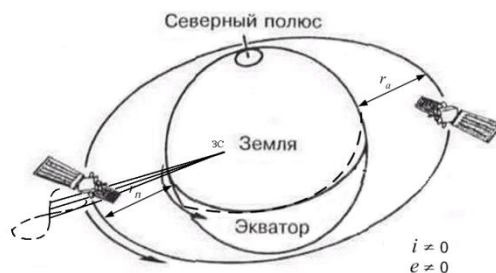


Рисунок 1 – Траектория движения ИСЗ на ГСО

Отсюда следует, что фазовая компонента принимаемого сигнала содержит не только постоянную измеряемую разность начальных фаз  $\varphi_x$ , но и  $\varphi_n$  – медленно меняющуюся переменную составляющую, вызванную перемещением спутника за измерительное время.

В общем виде, фаза принимаемого сигнала зависит от времени:

$$\Psi(t) = \varphi_x \pm Vt, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость изменения переменной составляющей.

Переменная составляющая существенно искажает результат измерения искомой величины  $\varphi_x$ , или другими словами, снижает точность измерения разности начальных фаз.

Пусть в первом измерительном цикле результат измерения, когда скорость изменения переменной составляющей в формуле (1) положительна:

$$\Psi_1 = \varphi_x + \varphi_n, \quad (2)$$

а во втором:

$$\Psi_2 = \varphi_x + 2\varphi_n. \quad (3)$$

Тогда  $\Psi_2 - \Psi_1 = \varphi_n$ , что позволяет получить интересующее значение:

$$\varphi_x = \Psi_1 - \varphi_n$$

или

$$\varphi_x = \Psi_1 - (\Psi_2 - \Psi_1) = 2\Psi_1 - \Psi_2. \quad (4)$$

Когда скорость изменения переменной составляющей в формуле (1) отрицательна, то выражения (2, 3) видоизменяются:

$$\begin{aligned} \Psi_1 &= \varphi_x + \varphi_n, \\ \Psi_2 &= \varphi_x + \varphi_n/2. \end{aligned}$$

Тогда

$$\varphi_x = \Psi_2 - (\Psi_1 - \Psi_2) = 2\Psi_2 - \Psi_1. \quad (5)$$

Выражения (4, 5) являются основой для реализации устройства. Исключение переменной составляющей возможно в случае равномерного движения ИСЗ [2].

### Параметры движения спутника

Как отмечено выше, в силу объективных причин положение ИСЗ на орбите является функцией времени, в составе которой можно выделить прямолинейные и непрямолинейные участки. Описанный выше метод исключения переменной составляющей эффективен только на линейных участках траектории. Поэтому становится актуальной задача прогнозирования характера траектории с тем, чтобы исключить ошибочные результаты, возникающие при движении по криволинейному

участку, когда скорость нельзя считать постоянной величиной. Это может быть достигнуто при анализе данных, приведенных в таблице 1 [9]. Возможны следующие варианты движения ИСЗ: прямолинейное с постоянной скоростью, непрямолинейное с постоянной скоростью, прямолинейное с ускорением, непрямолинейное с ускорением, а также состояние неоднозначности (выброс – в данных присутствует ошибка прогноза).

Таблица 1

Время, мин	Время, мин	Долгота, °	Широта, °	Высота, км	Скорость (рад), км/с
0	0:00	85,031	-0,017	35790,335	-0,000006
...	...	...	...	...	...
1430	23:50	85,029	-0,015	35790,143	-0,000006

Эти же табличные данные представлены на рис. 2-5. По оси X отложено время в минутах.

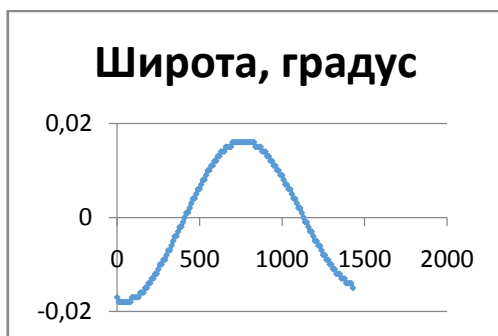


Рисунок 2

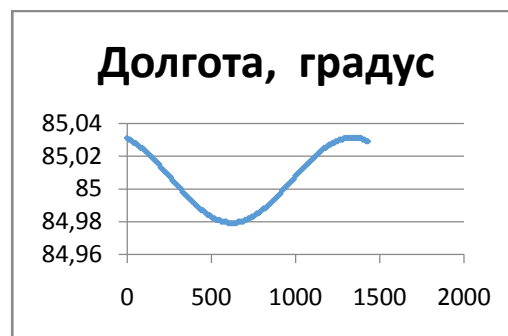


Рисунок 3

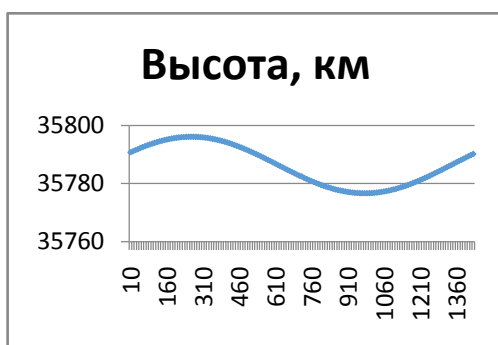


Рисунок 4

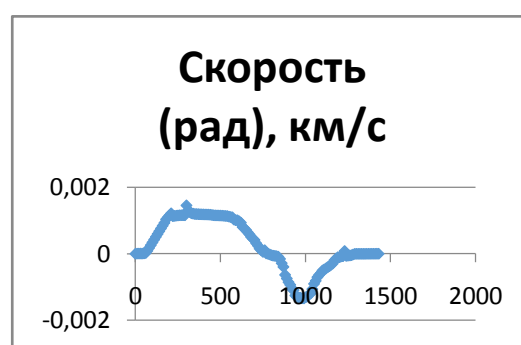


Рисунок 5

На рис. 6, 7 представлены контурное поле и поверхность значений высоты искусственного спутника Земли за 24 часа.

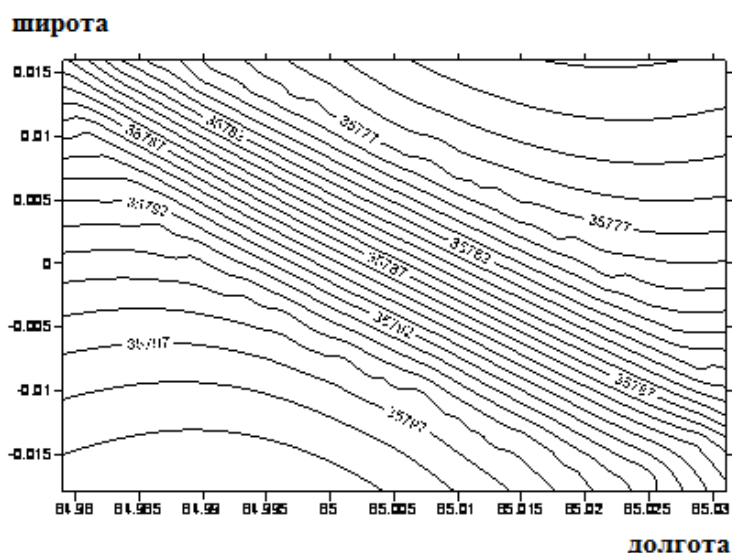


Рисунок 6 – Контурное поле значений высоты искусственного спутника Земли за 24 часа

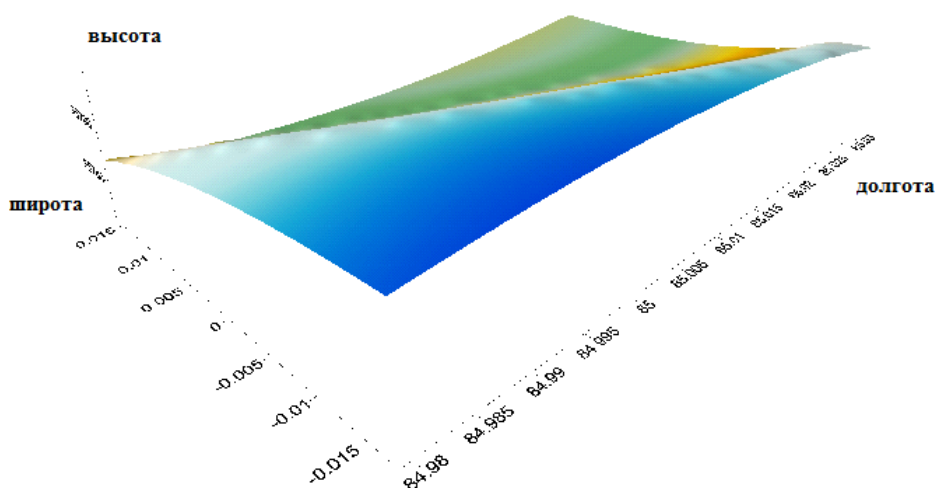


Рисунок 7 – Поверхность значений высоты искусственного спутника Земли за 24 часа

### Изучение траектории движения спутника с целью выявления равномерных участков движения с помощью уравнения Колмогорова

Искомые участки движения спутника представим в виде системы состояний  $S(a, b)$ : прямолинейные с постоянной скоростью ( $a=0; b \in (0, b_1)$ ) – состояние  $s_1$ , прямолинейные с ускорением ( $a \in (0, a_1); b \in (0, b_1)$ ) – состояние  $s_2$ , непрямолинейные с постоянной скоростью ( $a \in (0, a_1); b \in (b_1, b_2)$ ) – состояние  $s_3$ , непрямолинейные с ускорением ( $a \in (0, a_1); b \in (b_1, b_2)$ ) – состояние  $s_4$ , неоднозначность (выброс – в данных присутствует ошибка прогноза) ( $a > a_1$ ; или  $b > b_2$ ) – состояние  $s_5$ . Значения  $a_1, b_1, b_2$  подбираются в зависимости от условий задачи. Для нас вызывают интерес типы движения  $s_1$  и  $s_3$ .



Таблица 2

	$b \in (0; b_1)$	$b \in (b_1; b_2)$	$b > b_2$
$a=0$	$s_1$	$s_2$	$s_5$
$a \in (0; a_1)$	$s_3$	$s_4$	
$a > a_1$	$s_5$		

Для описания случайного процесса изменения состояний движения спутника используем Марковские модели, которые широко применяются во многих областях научных исследований [7]. Пусть движение спутника представляет собой систему  $S(t)$ , принимающую в момент времени  $t$  какое-либо из  $n$  возможных состояний  $s_1, s_2, \dots, s_n$ . Случайный процесс, протекающий в системе  $S(t)$  с дискретными состояниями  $s_1, s_2, \dots, s_n$ , будем считать Марковским. Это означает, что для любого момента времени  $t_0$  вероятность каждого из состояний системы в будущем (при  $t > t_0$ ) зависит только от её состояния в настоящем ( $t=t_0$ ) и не зависит от её поведения в прошлом ( $t < t_0$ ) [5].

Таким образом, систему  $S(t)$  можно представить в виде ориентированного графа, вершины которого соответствуют состояниям движения ИСЗ ( $n=5$ ), а стрелки – возможностям перехода из одного состояния в другое (рис. 8).

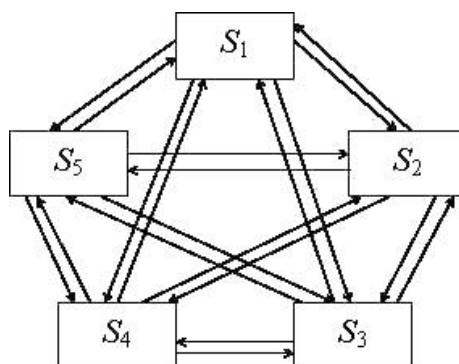


Рисунок 8 – Граф, описывающий взаимные возможные переходы состояний

Обозначим вероятность  $i$ -го состояния в момент  $t$  (вероятность события, состоящего в том, что в момент  $t$  система  $S(t)$  будет находиться в состоянии  $s_i$ ) как  $p_i(t) = P\{S(t) = s_i\}$ . Очевидно, что для системы с дискретными состояниями в любой момент времени  $t$  сумма вероятностей состояний равна единице:

$$\sum_{i=1}^5 p_i(t) = 1,$$

так как в любой момент времени  $t$  события  $\{S(t) = s_1\}, \{S(t) = s_2\}, \dots, \{S(t) = s_5\}$  образуют полную группу несовместных событий. Предполагаем, что переходы из состояния в состояние происходят под воздействием стационарных пуассоновских потоков событий. Вероятность перехода системы  $S(t)$  из состояния  $s_i=S(t)$ , в состояние  $s_j=S(t+\Delta t)$  за элементарный промежуток времени  $\Delta t$ ,

$$p_{ij}(t) \approx \lambda_{ij} \Delta t,$$

где  $\lambda_{ij}$  – интенсивность пуассоновского потока событий, переводящего систему из  $s_i$  в  $s_j$ . Тогда граф описывается системой из пяти обыкновенных дифференциальных уравнений Колмогорова [5]:

$$\frac{dp_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^5 p_j(t)\lambda_{ji} - p_i(t)\sum_{j=1}^5 \lambda_{ij}, \quad i=1, \dots, 5. \quad (6)$$

Первая сумма в правой части уравнений системы (6) распространяется на значения  $j$ , для которых возможен непосредственный переход из состояния  $s_j$  в  $s_i$  (т.е.  $\lambda_{ji} \neq 0$ ), а вторая – на значения  $j$ , для которых возможен непосредственный переход из  $s_i$  в  $s_j$  (т.е.  $\lambda_{ij} \neq 0$ ).

Система (6) решается при начальных условиях

$$p_1(0) = p_1^0; p_2(0) = p_2^0; p_3(0) = p_3^0; p_4(0) = p_4^0; p_5(0) = p_5^0. \quad (7)$$

Оценка интенсивностей  $\lambda_{ij}$  производится по агрегированной информации в виде относительных частот состояний системы  $S(t)$  в каждый из моментов времени  $t$ . В этом случае выборочные наблюдения за состоянием движения спутника удовлетворяют стохастическому уравнению

$$\mathbf{y}_j(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^5 \mathbf{y}_i(t)\lambda_{ij} + \mathbf{u}_j(t + \Delta t), \quad (8)$$

где  $\mathbf{y}_i(t)$  – вектор наблюдавшихся частот появления состояния  $s_i$  (в момент времени  $t$ );  $\mathbf{y}_j(t + \Delta t)$  – вектор наблюдавшихся частот появления состояния  $s_j$  (в момент времени  $t + \Delta t$ );  $\mathbf{u}_j(t + \Delta t)$  – вектор случайных ошибок [6].

При  $\Delta t=1$  уравнение (8) переписывается в виде

$$\mathbf{y}_j(t + 1) = \sum_{i=1}^5 \mathbf{y}_i(t)\lambda_{ij} + \mathbf{u}_j(t + 1). \quad (9)$$

Интенсивности  $\lambda_{ij}$  определяются методом наименьших квадратов с ограничениями, так как обычные оценки по методу наименьших квадратов могут не удовлетворять условиям

$$0 \leq \lambda_{ij} \leq 1, \quad i, j = 1, \dots, 5.$$

В данном методе требуется найти минимум квадратичной формы

$$F = \sum_{j=1}^5 \mathbf{u}_j' \mathbf{u}_j = \sum_{j=1}^5 (\mathbf{y}_j - X_j \boldsymbol{\lambda}_j)' \cdot (\mathbf{y}_j - X_j \boldsymbol{\lambda}_j), \quad (10)$$

где  $\mathbf{y}_j = \{y_j(1), y_j(2), \dots, y_j(T)\}$ ,  $\mathbf{u}_j = \{u_j(1), u_j(2), \dots, u_j(T)\}$ ,  $\boldsymbol{\lambda}_j = \{\lambda_{1j}, \lambda_{2j}, \dots, \lambda_{5j}\}$ ,

$$X_j = \begin{pmatrix} y_1(0) & y_2(0) & \dots & y_5(0) \\ y_1(1) & y_2(1) & \dots & y_5(1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_1(T-1) & y_2(T-1) & \dots & y_5(T-1) \end{pmatrix},$$

$T$  – длина выборки.

Среднеквадратическая ошибка аппроксимации интенсивностей  $\lambda_{ij}$  определяется по формуле

$$\varepsilon_j = \sqrt{\sum_{t=1}^T u_j^2(t) / T}, \quad (11)$$

где  $u_j(t)$  – компоненты вектора случайных ошибок, определяемые из уравнения (10),  $j=1, \dots, 5$ .

В дальнейшей работе авторы ставят перед собой следующие задачи:

1) Определить линейность или нелинейность грядущего участка траектории.

2) Разрешить вопрос о применимости изложенной выше методики.

### **Заключение**

В данной статье представлен метод устранения переменной фазовой составляющей, вызванной движением искусственного спутника Земли для точного определения координат земной станции (ЗС). Раскрыто схемотехническое решение цифрового фазометра, который исключает переменную фазовую составляющую. Перспективой данной работы является практическая реализация разработанного устройства. В качестве вывода можно заметить, что применение моделей случайного процесса требует дальнейшего уточнения, исключение набега фазы, вызванного движением ИСЗ, позволяет нам уменьшить погрешность измерения координат объекта движения, к которому можно отнести и железнодорожный транспорт.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки России в Сибирском федеральном университете (Договор № 02.G25.31.0041)

### **Список литературы**

1. М. К. Чмых. Цифровая фазометрия. - М.: Радио и связь, 1993. – 184 с.: ил.
2. Панько С.П., Сухотин В.В., Чумиков В.Ф., Югай В.В. Цифровой фазометр. Патент № 2207579 от 11.01.02.
3. Сухотин В. В. Определение координат источников сигналов в системах спутниковой связи. дис. ... канд. тех. наук : 05.12.04. Красноярск, 2003. 127 с.
4. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008 с.: ил.
5. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1991. – 384 с.
6. Ли Ц., Джардж Д., Зельнер А. Оценивание параметров марковских моделей по агрегированным временным рядам: Пер. с англ. – М.: Статистика, 1977. – 221 с.
7. Адмаев О.В., Гавриленко Т.В. Использование марковских процессов для оценки экологической безопасности воздушного пространства города // Оптика атмосферы и океана. 2010. – Т.23, №12. – С. 1087-1090.
8. Пестряков В.Б. Фазовые радиотехнические системы. – М.: Сов. Радио, 1968.
9. <http://www.heavensat.ru/>

УДК 004.94

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ CASE-СРЕДСТВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Л.А. Лапина, О.В. Кирякова, С.В. Капустина*  
*Сибирский федеральный университет, Красноярск*  
*e-mail: [lapina-1@mail.ru](mailto:lapina-1@mail.ru), [purik28@yandex.ru](mailto:purik28@yandex.ru), [sv-kapustina@mail.ru](mailto:sv-kapustina@mail.ru)*

*Проводится сравнительный анализ программного обеспечения используемого для моделирования бизнес-процессов. Полученные результаты исследования помогут*

*определить наиболее значимые функциональные возможности языковых средств, а также оценить их применимость к задаче моделирования в строительном секторе. В заключении будут представлены результаты сравнения методологий моделирования и и выбрано наиболее универсальное Case-средство.*

*Ключевые слова: информационные технологии, бизнес-процесс, языки моделирования, case-средства.*

Строительство, которое называют иногда и локомотивом экономики, является важнейшей сферой экономического развития. Такой интерес к строительству отводится далеко не случайно. Как правило, вокруг каждого объекта функционирует около десятка инфраструктурных фирм как производственного, так и посреднического характера, позволяющих организовать оптимизированную логистическую структуру осуществления возведения конкретного объекта.

За последние годы в строительстве произошли серьезные количественные и качественные изменения, которые вместе с известными достижениями вызвали ряд трудностей в области управления и организации строительного производства, обусловленных постоянным снижением масштабов и объемов строительства, повышением требований к качеству возводимых объектов, ликвидацией крупных организаций, появлением различных форм собственности.

В настоящее время все строительные предприятия РФ имеют ярко выраженную функциональную структуру управления.

В рамках функциональной структуры на самом верхнем уровне находится руководитель, ему подчиняются заместители по направлениям, под каждым из которых находятся подразделения, выполняющие определенные функции - производство, снабжение, транспорт и т.д. Как правило, каждый отдел имеет собственную внутреннюю организацию, собственную информационную систему и собственные принципы управления в той сфере, которую он считает относящейся к его компетенции.

В результате на предприятии нередко возникают несогласованность действий, которая негативно влияет на деятельность организации, связанной с достижением целей, поставленных перед организацией.

Совершенствование бизнес-процессов в целях достижения качественно нового более высокого уровня показателей деятельности строительных предприятий связано с понятием реинжиниринга.

Описание бизнес-процессов проводится с целью их дальнейшего анализа и реорганизации. Целью реорганизации может быть внедрение информационной системы, сокращение затрат, повышение качества обслуживания клиентов, создание должностных и рабочих инструкций и т.п.

При построении системы управления, основанной на бизнес-процессах, разрабатываются механизмы взаимодействия в рамках процесса, как между структурными и производственными единицами внутри строительной организации, так и с внешней средой, т.е. с заказчиками, поставщиками и субподрядчиками.

Ключевую роль в изменении формы и методов работы отводят современным информационным технологиям. Основой для эффективного применения, которых

является совокупность информационных моделей, определяющих организационно-функциональную структуру, целевые установки, существующую и планируемую инфраструктуру. На основе таких моделей становится возможным разработка электронных регламентов, имитационное моделирование, комплексный анализ существующих регламентов и определение требований к разрабатываемым информационным системам.

Деятельность малых строительных организаций имеет специфику, которая не позволяет просто копировать традиционные методы информационного анализа и моделирования бизнес-процессов, известные в теории и на практике (методология ARIS, IDEF). Поэтому чрезвычайно актуальной становится задача объективного выбора адекватного Case-средства моделирования, позволяющего проводить дальнейшую модификацию в соответствии с принципиальными целями и задачами моделирования.

В работе проводится сравнение Case-средств, наиболее известных в области бизнес-моделирования. Полученные результаты позволяют определить наиболее значимые функциональные возможности языковых средств моделирования бизнес-процессов, а также оценить их применимость к задаче моделирования систем управления в строительной сфере. При построении системы управления, основанной на бизнес-процессах, разрабатываются механизмы взаимодействия в рамках процесса, как между структурными и производственными единицами внутри строительной организации, так и с внешней средой, т.е. с заказчиками, поставщиками и субподрядчиками.

Рассмотрим модельные, функциональные, технологические характеристики CASE-систем:

**ARIS** - рассматривает предприятие как совокупность четырех взглядов (views): взгляд на организационную структуру

- взгляд на структуру функций
- взгляд на структуру данных;
- взгляд на структуру процессов.

ARIS позволяет составлять диаграмму целей, связывая процессы через цели с миссией компании. В результате после построения бизнес-модели получается комплексное видение компании: *Цели - Процессы - Оргструктура - Данные - Продукты/услуги* в виде отдельных, но связанных через объекты диаграмм. Это означает, что при изменении названия должности на одной диаграмме сразу корректируются названия во всех процессах, где она присутствует, и в оргструктуре.

При этом каждый из данных взглядов разделяется еще на три подуровня:

- описание требований;
- описание спецификации;
- описание внедрения.

ARIS предлагает рассматривать организацию с позиции 4-х аспектов, отображающих разные взгляды на предприятие, а также разную глубину этих взглядов. Для описания бизнес-среды предлагается использовать 85 типов моделей (обычно в практической деятельности применяется не более 6-7 типов моделей), каждая из которых принадлежит тому или иному аспекту. ARIS Toolset является, с одной стороны, достаточно сложной для освоения системой. С другой стороны, диаграммы

бизнес-процессов в готовом виде понятны даже неподготовленным сотрудникам, это позволяет эффективно организовывать работу команд, не прибегая к тотальному обучению всех работающих над проектом сотрудников.

**Rational Rose** - CASE-средство фирмы Rational Software Corporation (США), предназначено для автоматизации этапов анализа и проектирования ПО, а также для генерации кодов на различных языках и выпуска проектной документации. Rational Rose использует синтез-методологию объектно-ориентированного анализа и проектирования, основанную на подходах трех ведущих специалистов в данной области: Буча, Рамбо и Джекобсона. Разработанный ими универсальный язык для моделирования объектов (UML - Unified Modeling Language) претендует на роль стандарта в области объектно-ориентированного анализа и проектирования. Конкретный вариант Rational Rose определяется языком, на котором генерируются коды программ (C++, Smalltalk, PowerBuilder, Ada, SQLWindows и ObjectPro). Основной вариант - Rational Rose/C++ - позволяет разрабатывать проектную документацию в виде диаграмм и спецификаций, а также генерировать программные коды на C++. Кроме того, Rational Rose содержит средства реинжиниринга программ, обеспечивающие повторное использование программных компонент в новых проектах.

**Business Studio** разработана специально для максимально легкого создания бизнес-архитектуры. Помимо этого, она обеспечивает решение смежных задач, необходимых для обеспечения непрерывного развития компании. Таким образом, Business Studio поддерживает полный цикл создания эффективной системы управления компанией – «Проектирование - Внедрение – Контроль – Анализ», позволяя решать следующие задачи:

- формализация стратегии и контроль ее достижения
- моделирование и оптимизация бизнес-процессов
- проектирование организационной структуры и штатного расписания
- регламентация деятельности: разработка регламентов и распространение их среди сотрудников
- внедрение системы менеджмента качества в соответствии со стандартом ISO
- формирование Технических заданий и поддержка внедрения информационных систем.

Таблица 1

Функциональные характеристики / Case средства	ARIS	Rational Rose	Business Studio
Среда функционирования: проектная среда, программное обеспечение/технические средства, технологическая среда	Система поддерживает интеграцию с 1C, SAP, Oracle, MS BizTalk Server, DMS (Lotus, Documentum, Web Sphera), Ultimis, а также с другими средствами моделирования и анализа бизнес-процессов — AllFusion, ERStudio, Power Designer, OracleDesigner, Rational Rose и	Rational Rose функционирует на различных платформах: IBM PC (в среде Windows), Sun SPARC stations (UNIX, Solaris, SunOS), Hewlett-Packard (HP UX), IBM RS/6000 (AIX). Для работы системы необходимо	Система поддерживает интеграцию Microsoft Visio Standard 2003/2007/2010/2013 (или Visio Professional), Microsoft Word 2007/2010/2013, Microsoft Excel 2007/2010/2013, Microsoft Visio 2003/2007/2013. В качестве сервера баз Microsoft SQL Server 2008 Express Edition, Рабочая станция – компьютер для установки клиентской,

		выполнение следующих требований:	
	<p>MS Word, MS Excel, TXT, HTML, PDF, XML, в другие отчеты системы Объем оперативной памяти 128 MB RAM (в дополнение к 128 MB RAM рекомендованных для ARIS Toolset. В случае, если ARIS используется под платформой Windows 2000 и Windows XP Professional, требуется 160 MB RAM). Объем жёсткого диска 120 MB свободного дискового пространства (для экспорта на локальный жесткий диск).</p> <p>Файловая система Рекомендуется использовать NTFS при длительных выгрузках (большом количестве файлов).</p> <p>Разрешение экрана 640 x 480 (SVGA), 256 цветов.</p> <p>Платформа Выгрузка в Web Publisher не зависит от платформы. Публикация в Intranet В случае публикации в Intranet, мы рекомендуем выгружать на WWW server, а не на файловый сервер.</p> <p>Системные требования для компьютеров Процессор Intel Pentium 166 МГц Объем памяти 128 MB RAM Разрешение экрана Рекомендуется 1024 x 768, 256 цветов Браузер Microsoft Internet Explorer Version 6.0 + Service Pack 1.</p>	<p>Платформа Windows – процессор 80386SX или выше (рекомендуется 80486), память 8Мб (рекомендуется 12Мб), пространство на диске 8Мб + 1-3Мб для одной модели.</p> <p>Платформа UNIX – память 32+(16*число пользователей)Мб, пространство на диске 30Мб + 20 при инсталляции + 1-3Мб для одной модели.</p> <p>Совместимость по версиям обеспечивается на уровне моделей.</p>	<p>персональной версий Enterprise, Professional, Cockpit.</p> <p>Рабочая станция, сервер для 1-5 подключений Объем оперативной памяти: 2 Гб. Процессор: Intel Core 2 Duo 1700 МГц. Дисковая память: 500 Мб свободного места на диске.</p> <p>Операционная система: Microsoft Windows Server 2003 SP1 и выше, Microsoft Windows Server 2008, Microsoft Windows Server 2008 R2, Microsoft Windows Server 2012 (32 бит/64 бит).</p> <p>Сервер для 1-20 подключений Объем оперативной памяти: 2 Гб; рекомендуется 4 Гб. Процессор: Intel Core 2 Duo 1700 МГц и выше. Дисковая память: 1 Гб свободного места на диске. Операционная система: Microsoft Windows Server 2003 SP1 и выше, Microsoft Windows Server 2008, Microsoft Windows Server 2008 R2, Microsoft Windows Server 2012 (32 бит/64 бит).</p> <p>Программное обеспечение, необходимое для работы на сервере и рабочих станциях: Internet Explorer 6.0 SP1 и выше, Microsoft .NET Framework 2.0 (устанавливается инсталлятором). Express Edition устанавливается инсталлятором).</p> <p>Рабочая станция для просмотра HTML-публикации. Программное обеспечение: Internet Explorer 8 и выше, Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, Opera Mini, Safari, Android Browser и др.</p>
<p>Функции, ориентированные на фазы жизненного цикла: моделирование, реализация, тестирование</p>	<p>ARIS Toolset, ARIS Easy Design, встроенный язык script'ов</p>	<p>Rational Rose, встроенный язык script'ов. Есть средство интеграции моделей. Rational TestManager, Rational Robot, Rational XDE Tester, Rational TestFactory, Rational</p>	<p>Среда моделирования Business Studio позволяет достаточно быстро создавать процессную модель компании. В Business Studio есть возможность описывать процессы в нотации ARIS eEPC, нотации IDEF0 и нотации «Процесс»</p>

		PurifyPlus	
Общие функции: документирование, управление конфигурацией, управление проектом	ARIS Toolset, ARIS Easy Design, встроенный язык script'ов ARIS Redocumentation Scout (для SAP R/3)	Rational Rose, Rational XDE, Rational RequisitePro - встроенные средства, Rational SoDA Rational Workbench, который создает гипертекстовый сайт на основе UML-модели	Встроенный язык VBA, интеграция с MS Office. Распространение документов: в формате Microsoft Word; в печатном виде; в виде HTML-публикации; в виде Business Studio Portal.
Разработчик	Компания IDS Scheer	Компания IBM	«ГК «Современные технологии управления».

Таблица 2

Показатели / Case средство	ARIS	Rational Rose	Business Studio
Поддерживаемые нотации:	<p><b>ARIS EPC</b> (Event-driven Process Chain, EPC) – для описания и совершенствования рабочих процессов;</p> <p><b>BPMN</b> (Business Process Modeling Notation) – обеспечивает наглядное представление взаимосвязей между различными бизнес процессами;</p> <p><b>BPEL</b> (Business Process Execution Language, BPEL)- для описания хронологической последовательности вызова веб-сервисов для выполнения определенного бизнес-процесса;</p> <p><b>WSDL</b> (Web Services Description Language) – для описания интерфейсов веб-сервисов;</p> <p><b>UML</b> - для описания ИТ- систем.</p>	<p><b>UML</b> – предназначен для описания ИТ- систем.</p>	<p><b>IDEF0</b></p> <p><b>Процесс</b> (Basic Flowchart в Visio)</p> <p><b>Процедура</b> (Cross Functional Flowchart в Visio)</p> <p><b>BPMN 2.0</b></p> <p><b>EPC</b> (Event-Driven Process Chain)</p>
Основной перечень моделей по методологии	<p><b>Organizational chart</b> (Организационная схема);</p> <p><b>Function tree</b> (Дерево функций);</p> <p><b>Technical Term Models</b> (модель тех. Терминов, модель данных);</p> <p><b>EPC</b> (событийная цепочка процесса, модель процесса);</p> <p><b>Objective diagram</b> (Диаграмма целей, функциональная модель);</p> <p><b>eERM Attribute allocation diagram</b> (Диаграмма атрибутов, модель данных);</p> <p><b>Information flow diagram</b> (Диаграмма информационных потоков, модель процессов);</p>	<p><b>Use case diagrams</b> (диаграммы вариантов использования)- для моделирования бизнес-процессов и функциональных требований к создаваемой системе;</p> <p><b>Class diagrams</b> (диаграммы классов)-для моделирования статической структуры классов системы;</p> <p>Interaction diagrams (диаграммы взаимодействия):</p> <p><b>sequence diagrams</b> (диаграммы последовательности) и collaboration diagrams (кооперативные диаграммы) – для</p>	<p><b>Business Studio Portal</b> (формирование веб-портала компании, содержащего необходимую регламентирующую документацию для работы сотрудников. Поддерживаются удобные функции поиска, хранения и обновления информации, а также поддержка прав доступа к документам. Поддерживаются удобные функции поиска, хранения и обновления информации) Формирование HTML-публикации - пакета</p>



		<p>моделирования взаимодействия (обмена сообщениями) между объектами;</p> <p><b>Statechart diagrams</b> (диаграммы состояний) – для моделирования жизненного цикла (переходов состояний) объектов системы;</p> <p><b>Activity diagrams</b> (диаграммы деятельности)- для моделирования сложного поведения системы в рамках вариантов использования при наличии параллельных процессов;</p> <p><b>Component diagrams</b> (диаграммы компонентов)- для моделирования физической структуры программных компонентов системы;</p> <p><b>Deployment diagrams</b> (диаграммы размещения)- для моделирования размещения программных компонентов системы в распределенной среде.</p>	<p>отчетов в формате HTML с удобной навигацией и поиском информации.</p> <p>Формирование отчетов в формате Microsoft Word для печати и ознакомления под роспись.</p>
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Таблица 3

Показатели	ARIS	Rational Rose	Business Studio
Case средство Моделирование организационных функций и процессов	+	+	+
Разработка технического задания	+	Частично с использованием стороннего ПО	+
Функционально-стоимостный анализ	+	Частично с использованием стороннего ПО	+
Оптимизация бизнес процессов	+	-	+
Имитационное моделирование, событийно-управляемое моделирование	+	-	+
Генерация кода приложения	-	Частично с использованием стороннего ПО	Частично с использованием стороннего ПО
Оформление проектной документации; генерация технологических инструкций для рабочих мест	+	+	+
Хранение моделей деятельности	+	Частично с	+

предприятия		использованием стороннего ПО	
Создание концептуальных и физических моделей структуры базы данных	Частично с использованием стороннего ПО	+	+
Генерация программного кода, SQL-сценариев для создания структуры базы данных	-	Частично с использованием стороннего ПО	+
Стандартное представление основных бизнес процессов (более 100 типов)	+	-	+
Ведение библиотеки типовых бизнес моделей	+	Частично с использованием стороннего ПО	+
Групповая работа над проектом	+	+	+
Выдача встроенных отчетов по ISO9000	+	+	+

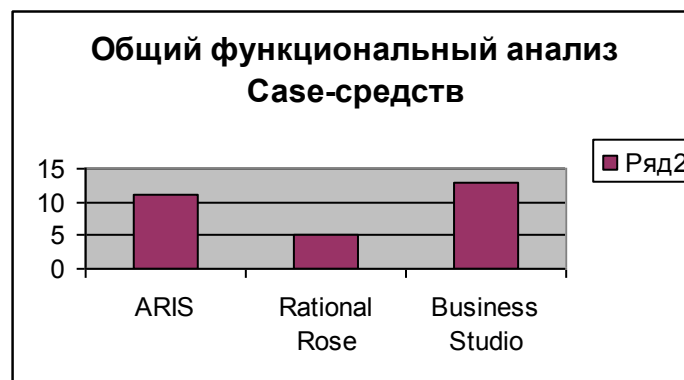


Рисунок 1 – Диаграмма общего функционального анализа

Основной целью исследования являлось сравнение и анализ выбранных Case-средств бизнес-моделирования. Анализ методик моделирования проводился в соответствии с выбранными критериями. Объектом сравнения являлись программные продукты, которые поддерживают рассмотренные нотации бизнес-моделирования. Анализ проводился с учетом того, что основной областью применения данных методик являются строительные предприятия, которые имеют некоторые особенности и специфику моделирования процессов управления организаций.

В табл. 1 представлены основные критерии оценки и выбора CASE-средств. Лучшей по результатам оценки является Business Studio.

В табл. 2 представлены основные показатели Case-средств (оценки языковых средств для создания функциональных моделей, оценки нотаций для создания организационных моделей). Лучшими оказались Business Studio и ARIS, языковые средства, применяемые в данных программных продуктах являются более наглядными и понятными.

Общий функциональный анализ показал (табл. 3) с точки зрения программного обеспечения, наиболее подходящим, с учетом цены, функциональных возможностей, удобства пользования и т.п., является платформа **Business Studio** (рисунок1).

На основании приведенных сравнений было выбрано программное средство **Business Studio**, ключевые преимущества которой, принципиально отличаются от других аналогичных программных продуктов:

- Простота, удобство и высокая скорость освоения специалистами.
- Использование самых популярных нотаций моделирования бизнес-процессов, понятных сотрудникам без дополнительной подготовки: IDEF0, Процесс (Basic Flowchart), Процедура (Cross Functional Flowchart), BPMN 2.0, EPC.
- Интегрированность: в одном инструменте собраны все востребованные бизнесом методики и технологии: BSC/KPI, моделирование бизнес-процессов, имитационное моделирование, функционально-стоимостной анализ, поддержка СМК.
- Формирование на выходе конкретизированных регламентирующих документов, не требующих дополнительной доработки.
- Business Studio Portal, предоставляющий сотрудникам необходимую для работы информацию и вовлекающий их в процесс улучшения компании.
- Мощный Мастер отчетов, позволяющий формировать отчеты с использованием всех возможностей форматирования Microsoft Word и поддерживающий сложные выборки данных.
- Возможность расширения структуры данных с помощью модуля MetaEdit: создание собственных параметров (в т.ч. списков) и справочников.
- Возможность построения бесшовной системы управления благодаря тесной интеграции с ЕСМ-системой DIRECTUM. Поддержка стандарта XPDL для экспорта схем процессов в BPM-системы.

### Список литературы

1. Бабкин Э.А., Князькин В.П., Шиткова М.С. Разработка метода проведения сравнительного анализа языков бизнес-моделирования //Бизнес-Информатика №3(13) – 2010 г с.41-46
2. Бабкин Э.А., Князькин В.П., Шиткова М.С. Сравнительный анализ языковых средств, применяемых в методологиях бизнес-моделирования //Бизнес-Информатика №2(16)–2011 г. С. 31–42
3. Гужва Е.Г., Лесная М.И. и др. Мировая экономика, Учебное пособие. - СПб.: СПбГАСУ, 2009. - 116 с.
4. Игорь Федоров Сравнительный анализ нотаций моделирования бизнес-процессов//«Открытые системы», № 08, 2011
5. Моделирование бизнеса. Методология ARIS. / Каменнова М., Громов А., Ферапонтов М., Шматалюк А.// МетаТехнология, 2001. 327 с.
6. [http://www.iteam.ru/publications/it/section\\_51/article\\_2518](http://www.iteam.ru/publications/it/section_51/article_2518)
7. <http://ocnova.ru/archives/334>

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ.

*Н. Э. Лепн*

*Сибирский государственный технологический университет, Красноярск*

*e-mail: [leppnatalia@mail.ru](mailto:leppnatalia@mail.ru)*

*Проводится обзор существующих методов компьютерного моделирования распространения лесного пожара. Предлагается стохастический подход, основанный на использовании моделей случайных полей. Показаны перспективы использования предлагаемого подхода для анализа динамики природного пожара и планирования противопожарных мероприятий.*

*Ключевые слова: моделирование лесного пожара, случайное поле, скорость распространения, вероятностные контуры.*

### 1. Введение

В последние годы быстро развиваются информационные технологии, ориентированные на формирование знаний о состоянии окружающей среды. Разрабатываются экспертные системы, ориентированные на прогнозирование геофизических и геохимических процессов, таких как распространение пожаров, примесей в водоёмах, нефтяных пятен в море и т.п.

Лесной пожар – сложный динамический процесс, для изучения которого проведение полевых экспериментов дорого и небезопасно, поэтому компьютерное, имитационное моделирование остается важнейшим инструментом исследователя. Достижения в области компьютерных технологий во многом определили развитие компьютерных моделей прогнозирования динамических процессов, способствовали созданию систем поддержки принятия решений. Имитационное моделирование, ориентированное на однократное и многократное воспроизведение (имитацию) процесса распространения с использованием авторских компьютерных программ или специализированных инструментальных средств и технологий в настоящее время является наиболее эффективным методом получения информации о поведении системы, динамического процесса [1].

Актуальным направлением развития теории природных пожаров, в настоящее время, является разработка двумерных и трехмерных пространственных моделей, на основе которых дается прогноз не только геометрии пожара, но и его энергетических характеристик: интенсивности тепловыделения, радиационной мощности. В последнее время активно развиваются методы прогнозирования параметров ландшафтных пожаров с использованием искусственных нейронных сетей, стохастических клеточных автоматов, с применением теории перколяции. Дискретно-событийное моделирование распространения пожара и его тушения реализовано в [2]. Содержательный обзор работ зарубежных ученых в области моделирования природных пожаров представлен в [3,4].

В последние годы активно разрабатываются компьютерные модели и системы для прогноза крупных пожаров, распространяющихся на больших территориях. Эффективным способом получения данных об условиях распространения является космическое дистанционное зондирование земной поверхности. Растровая форма представления данных хорошо подходит для моделирования пространственной непрерывности, особенно если существующий атрибут имеет высокую степень пространственной изменчивости.

Вместе с тем, исследователи отмечают [4,5], что при достигнутом, огромном прогрессе в моделировании распространения природных пожаров, проблемы сохранились и на сегодняшний день. Во многих случаях требование высокоточных прогнозов распространения пожара просто не оправдано, с учетом стоимости такого прогноза и доступа к, необходимым для моделирования, данным высокого качества. Все большее внимание уделяется оценке лесопожарных рисков и эффективному использованию ресурсов, направленных как на разработку оперативных систем прогноза в режиме реального времени, так и на организацию лесоустроительных и противопожарных мероприятий.

## **2. Численное моделирование случайного поля модуля скорости распространения.**

Неравномерность распределения лесных горючих материалов по поверхности является одним из существенных факторов, определяющих параметры лесного пожара (скорость продвижения горящей кромки, периметр и площадь). В рамках стохастического подхода предлагается описание скорости распространения низового лесного пожара в виде однородного случайного коррелированного гауссовского поля, заданного на двумерной целочисленной решетке. Двумерная модель случайного поля скорости распространения является подходящим представлением пространственной изменчивости, обусловленной местными порывами ветра и локальной неоднородностью топлива. Алгоритм построения каузальной модели случайного поля на основе авторегрессионной схемы рассмотрен в [6]. Выбранная модель строится на основе одномерного нормального усеченного закона распределения, вероятностные характеристики которого определяются по известным экспериментальным данным и задаются пользователем.

Для моделирования процесса распространения были сгенерированы случайные поля с заданными вероятностными характеристиками: математическое ожидание  $M=5,3$  м/мин, дисперсия  $\sigma^2=2,6$  и  $\sigma^2=4,5$ . Коэффициенты корреляции по пространственным координатам  $\rho_1$  и  $\rho_2$  закладывают в модель меру связи соседних элементов поля и являются априорными данными (при моделировании приняты  $\rho_1=0,6$  и  $\rho_2=0,8$ ).

## **3. Моделирование процесса распространения**

Моделирование процесса распространения лесного пожара проводилось волновым алгоритмом на графе-решетке покрывающей область распространения [7]. Входным параметром при расчете процесса распространения служит однородное случайное поле абсолютного значения скорости распространения, заданное в каждой

ячейке сетки, аппроксимирующей лесную территорию. На рис.1 показан шаблон на 32 узла для расчета процесса распространения.

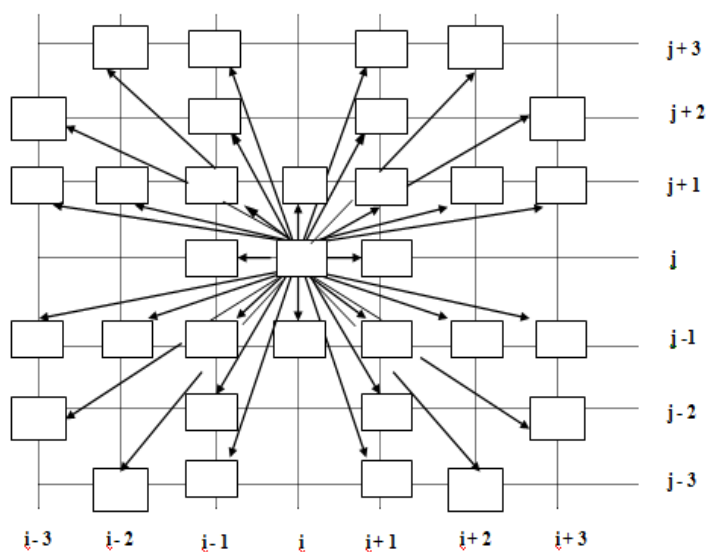


Рисунок 1 – Шаблон на 32 узла для расчета процесса распространения.

#### 4. Результаты вычислительных экспериментов

Вычислительные эксперименты, представленные в работе, проводились на квадратной сетке  $100 \times 100$  с шагом дискретизации  $\Delta x = \Delta y = 0,3$  м. Результаты имитационного моделирования показывают эффект увеличения скорости продвижения горячей кромки, ускорение процесса, распространяющегося в неоднородных условиях.

На рис. 2 и 3 представлены результаты компьютерного моделирования процесса распространения на случайном нормально распределенном  $N(V, S^2)$  и коррелированном поле скоростей. Значение скорости распространения принято равным  $M = 5,3$  м/мин, коэффициенты вариации скорости распространения – 30% и 40%.

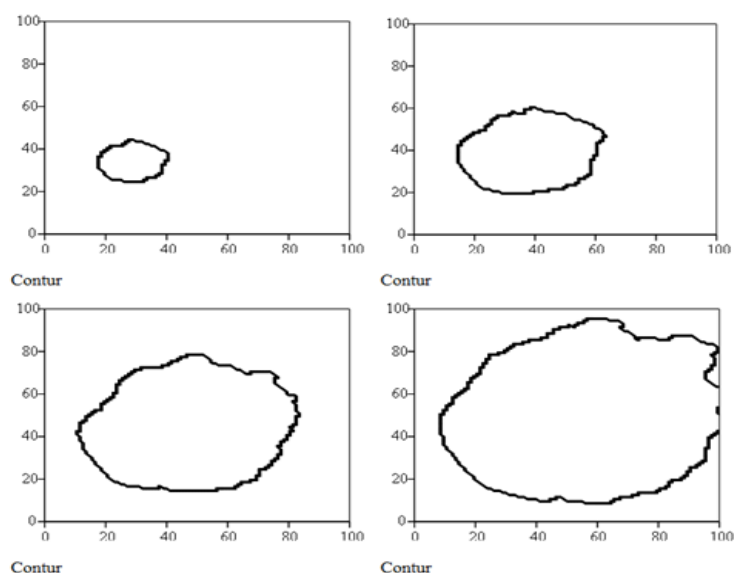


Рисунок 2 – Реализации процесса распространения на случайном поле скоростей ( $M = 5,3$  м/мин, коэффициент вариации 30 %)

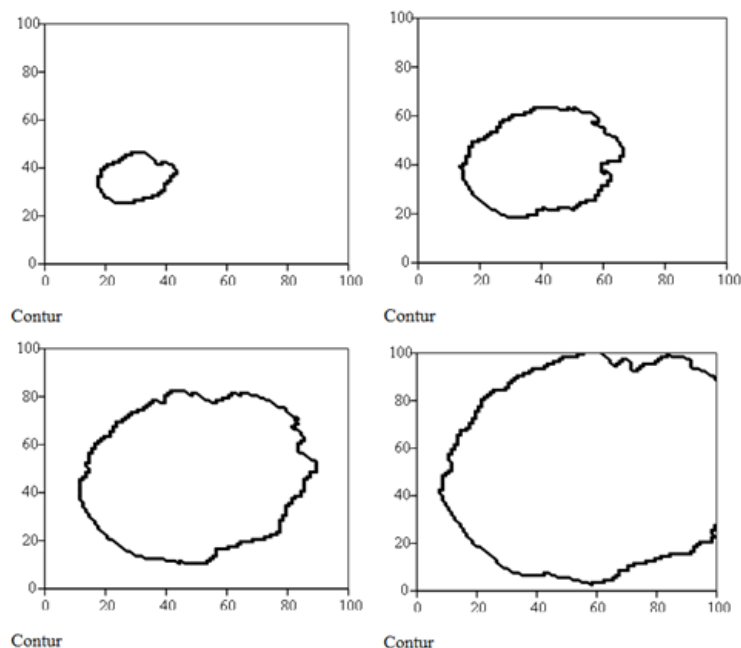


Рисунок 3 – Реализации процесса распространения на случайном поле скоростей  
( $M=5,3$  м/мин, коэффициент вариации 40 %)

Применение моделей случайных полей может служить дополнительным инструментом для анализа динамики природных пожаров, при планировании и проведении профилактических мероприятий, полевых экспериментов. Проведенный анализ позволит оценить компонент ошибки, вытекающий из неопределенности в исходных данных и снизить ее до приемлемого уровня. Создание пространственных моделей горючего как реализаций случайных полей является актуальным направлением будущих исследований.

### Список литературы

1. Алгазинов, Э.К. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем / Э.К. Алгазинов, А.А. Сирота.– М.: Диалог-МИФИ, 2009. – 416с
2. Ntaimo, L., Zeigler, B. P., Vasconcelos, M. J., and Khargharia, B.. Forest fire spread and suppression in DEVS/L Ntaimo, B Zeigler, M. Vasconcelos, B. Khargharia, Simulation, 80(10), 2004, P 479–500.
3. Sullivan L, “Wildland surface fire spread modelling, 1990–2007. 3: Simulation and mathematical analogue models,” International Journal of Wildland Fire., vol. 18, 2009. P. 387–403
4. Alexander M.E, M.G. Cruz. Are the applications of wildland fire behaviour models getting ahead of their evaluation again./M. Alexander, M. Cruz, Environmental Modelling & Software 41 ,2013, P 65-71
5. Alexander M., M.G. Cruz. Limitations on the accuracy of model predictions of wildland fire behaviour: A state-of-the-knowledge overview. /M. Alexander, M. Cruz 3 – The forestry chronicle, Mai/Juin 2013, vol. 89, P370-381
6. Пригарин, С.М. Методы численного моделирования случайных процессов и полей. / С.М. Пригарин // Новосибирск: Изд-во ИВМиМГ СО РАН.– 2005. – 259 с.

7. Оптимальная маршрутизация при управлении борьбой с лесными пожарами./ С.В.Ушанов, О.В. Фадеенков – Красноярск:- ЛИТЕРА-принт, 2009. – 129 с

УДК 378.018

## **ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРБАЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ «ДИКТАНТ»**

*Д.А.Логинов, П.П. Дьячук,*

*Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,*

*Красноярск*

*e-mail:rndphoenix@mail.ru, prdyachuk@rambler.ru*

*Рассматриваются особенности управления вербальной учебной деятельностью в мультимедийной обучающей системе «Диктант». Представлены основные принципы на которых основывается проблемная среда. Показано взаимодействие обучающегося и обучающей среды. Представлены возможности анализа учебной деятельности.*

*Ключевые слова: актиограмма, бинарное взаимодействие, учебная деятельность, уровни самостоятельности, проблемная среда, метод актиограмм.*

Предлагается мультимедийная система автоматического управления учебной деятельностью по написанию диктанта разработанная на основе принципов непрерывного слежения и успешности деятельности. В условиях заданной интенсивности взаимодействия с проблемной средой обучающийся должен написать диктанта. Интенсивность взаимодействия проблемной среды и обучающегося характеризует уровень самостоятельности учебной деятельности. В предлагаемой компьютерной системе управления учебной деятельностью таких уровней 10. Завершение учебной деятельности происходит при достижении обучающимся 10 уровня, которому отвечает максимальная автономность (самостоятельность) учебной деятельности.

Научение, как правило, носит итеративный характер [4], то есть обучающийся научается той или иной деятельности, решая последовательность аналогичных или одинаковых задач, которые образуют предметную среду. Если предметная среда дополняется возможностями взаимодействия с обучающимся, например, взаимодействия учитель-ученик, или компьютер-ученик, то ее называют проблемной средой.

Другими словами проблемная среда - это совокупность условий, выполнение которых необходимо и достаточно для учебной деятельности обучающихся решению задач или проблем. Неопределенность проблемной среды определяется множеством факторов, включая случайность параметров заданий, случайный характер взаимодействий проблемной среды и обучающихся, недостаточный тезаурус или уровень знаний о предметной области задач и т.п.



В процессе научения, независимо от уровня самостоятельности компьютерная система управления реализует принцип непрерывного слежения, который заключается в записи и анализе каждого шага обучающегося в проблемной среде. Благодаря принципу непрерывного слежения система управления может контролировать интенсивность взаимодействия проблемной среды и обучающегося, в зависимости от успехов обучающегося, присваивая определенный уровень самостоятельности.

Интерфейс проблемной среды «Диктант» представлен на рис.1. Он содержит меню выбора диктанта (1), поле ввода диктанта (2), индикатор уровня самостоятельности (3), кнопки управления аудио-диктантом (4), поле набранного диктанта (5), актиограф (6). С помощью меню из базы выбирается нужный диктант. Преподаватель имеет возможность самостоятельно создать свою базу диктантов, записывая их своим голосом и своей техникой чтения.

Принцип работы проблемной среды «Диктант» построен следующим образом: обучаемый (испытуемый) прослушивая звуковой фрагмент диктанта, производит действие А, записывая его в поле ввода. Действие А сложное и представляет собой фрагмент текста от пробела до следующего пробела. Анализ действия производится в «адаптере».

Управляющее устройство адаптера осуществляет бинарное взаимодействие с обучающимся [2]. В предлагаемой системе бинарное взаимодействие проблемной среды с обучающимся заключается в активных действиях управляющего устройства, включая целенаправленное ограничение неправильных действий обучающегося, путем их ликвидации (отмены) или коррекции (исправления) ошибок. Действия «ликвидатора» можно отнести к эволюционному процессу в природе, когда неверное действие полностью уничтожается. Если набранный фрагмент не совпадает с образцом, то «ликвидатор» стирает его из поля ввода, и испытуемый обязан повторить его ввод.

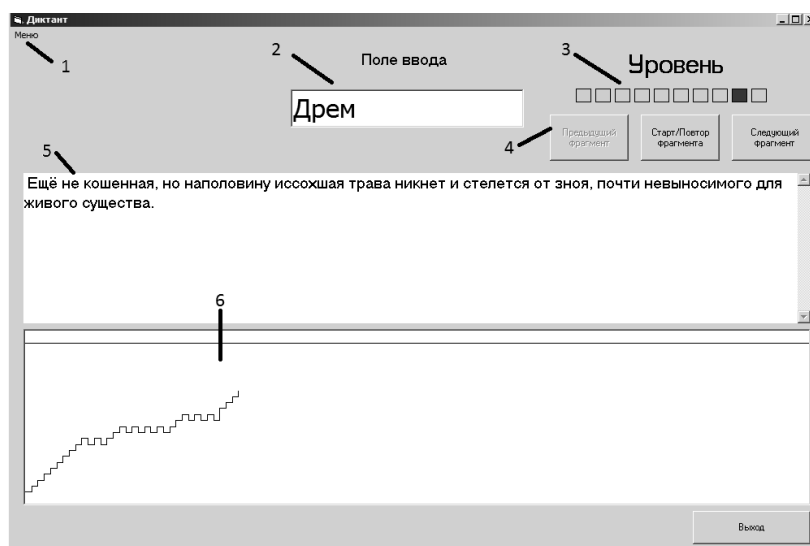


Рисунок 1 – Интерфейс проблемной среды «Диктант»

Если план действий обучающегося не позволяет исправить ошибку, то у него возникает внутренний дисбаланс или конфликт. Для снятия этого внутреннего

дисбаланса система управления, через корректор, предлагает верный вариант написания фрагмента, таким образом исправляя ошибки обучающегося. Благодаря корректору и ликвидатору реализуется принцип успешности деятельности. В независимости от знаний и навыков, обучающийся на выходе увидит верно написанный текст.

Под интенсивностью взаимодействия проблемной среды и обучающегося понимается частота подключения корректора. Частота подключения корректора обратно пропорциональна номеру уровня самостоятельности обучающегося. Во время работы в проблемной среде адаптер отслеживает и содействует обучающемуся в адаптации к учебной деятельности по написанию диктанта. Адаптер следит за состоянием решения задачи, за разницей между целевым и текущим состоянием системы и поддерживает фазу стабильного функционирования системы.

Эволюционное развитие обучающегося обусловлено чередованием неустойчивых и стабильных фаз, вызванным изменяющейся частотой подключения корректора.

Вся деятельность системы управления, включая действия обучающегося и действия управляющего устройства, отображается на интерфейсе в виде актиограммы. Благодаря актиограмме обучающийся видит историю совершенных действий и реакцию системы управления на них. Это позволяет обучающемуся контролировать свой прогресс. А так же, актиограмма может быть использована для диагностики учебной деятельности. Метод актиограмм, предложенный в работе [3], используется для диагностики учебной деятельности обучающегося в виртуальных проблемных средах. Диагностические возможности метода актиограмм позволяют фиксировать бифуркации (ветвления) учебной деятельности, инициируемые изменениями проблемной среды. В состоянии бифуркации происходит выбор между двумя путями развития учебной деятельности: первый - приводит к деградации структуры учебных действий и росту числа ошибочных действий; второй - сохраняет прогресс, обуславливающий сохранение и развитие учебной деятельности. Актиограммы деятельности позволяют исследовать динамику самоорганизации деятельности человека в процессе написания диктанта и диагностировать потенциал его саморазвития. По мере работы, система непрерывно создает протокол, в котором представлены все действия испытуемого и управляющего устройства, а также затраченное время на совершение этих действий. Обработывая эти протоколы можно сделать вывод об уровне обучаемости человека, внимательности, о типе его мышления.

Практическая значимость предлагаемой системы управления учебной деятельностью по написанию диктантов заключается в том, что она позволяет повысить эффективность обучения письменной речи, а также помогает в решении проблемы функциональной неграмотности обучающихся, реализуя индивидуальный подход к учебной деятельности.

### **Список литературы**

1. Дьячук П. П., Логинов Д. А., Карабалыков С. А. Синергетический подход к управлению учебной деятельностью в вербальных проблемных средах// Информационно-управляющие системы - 2014. - № 3(70).

2. Дьячук П.П. Шадрин И.В., Кудрявцев В.С. Метод актиограмм в управлении и диагностике деятельности человека//V международная конференция «Системный анализ и информационные технологии», Россия, Красноярск. 2013, с. 121-129

3. Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения.- М.: Институт проблем управления РАН, 1998.- 77 с.

УДК 303.732.4

## **РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИЙ, ПОЛА И ВОЗРАСТА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»**

*Е.Д. Лосева*

*Сибирский Государственный Аэрокосмический Университет  
имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск*

*E-mail: [rabota\\_lena\\_19@mail.ru](mailto:rabota_lena_19@mail.ru)*

*Задача распознавания речи представляет собой актуальную и обширную область исследований. Актуальными задачами на сегодняшний день является не только задача распознавания речи, но и распознавания эмоций и образов. В этой статье рассмотрена задача распознавания эмоций в рамках системы «Умный Дом». Система «Умный Дом» должна определять не только эмоциональный окрас речи человека, но определять пол и возраст. Что в дальнейшем позволит точно определять вид отклика на команду, а так же поддерживать взаимосвязь с человеком в режиме «Диалог». Исследования проводились разными методами, с целью выявления наилучшего метода.*

*Ключевые слова: Распознавание эмоций, Люди, Метод распознавания, Речь человека*

### **1. Формализация задачи**

Формализация задачи состоит в распознавании эмоций, пола и возраста человека для успешного проектирования системы «Умный дом», таким образом, что бы система на уровне искусственного интеллекта отвечала командам пользователя. Основные задачи, сформулированные на этапе начального проектирования системы «Умный дом»:

4. Разработка алгоритма искусственного интеллекта в распознавании команд на основе речевого сигнала;

5. Распознавание эмоций, возраста и пола человека для точности выполнения команды или блокировки функционирования.

Общая структурная схема работы системы «Умный дом» представлена на рисунке 1.

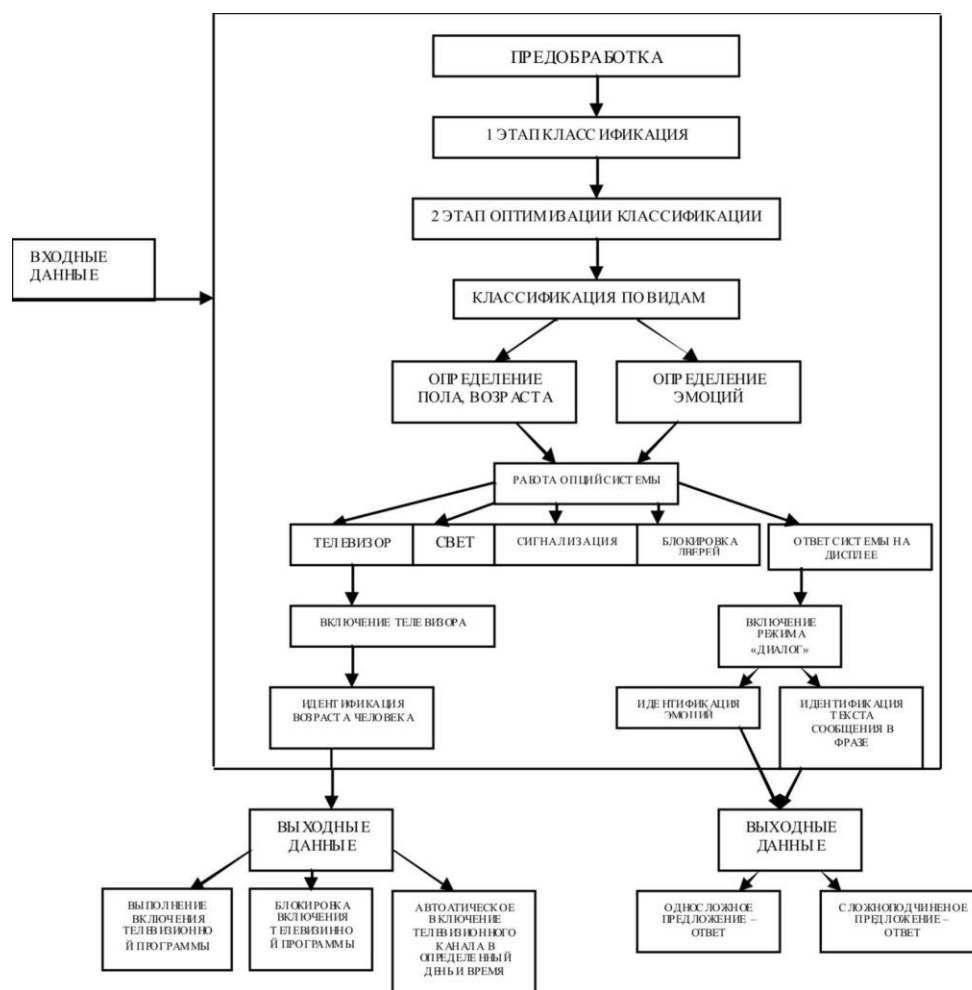


Рисунок 1 – Общая схема работы системы «Умный дом»

## 2. Выбор метода анализа данных

Для проведения эксперимента были взяты голоса детского, женского, мужского пола разных возрастов. Каждый из этих людей произносил фразу с разным эмоциональным окрасом (нейтральное настроение, радость, злость, печаль, неуверенность, удивление, разочарование). Для задачи распознавания эмоций с применением программы Rapid Miner, необходимо выбрать метод анализа данных таким образом, чтобы классификация большого объема данных была проведена с высокой точностью. Выбор метода классификации из возможных осуществлялась практическим применением разных методов и выявления наилучшего результата. В исследовании участвовали методы: SVM, LDA, k-NN, Neuron Net, Naive Bayes, Decision tree, W – SMO и другие методы<sup>[1]</sup>. Так же выбор метода зависит от размера баз данных, от ресурсов, требующихся для использования на определенном этапе исследования. По результатам проведенного анализа с применением этих методов, очевидно, что наилучший результат показал метод k-NN с параметром  $k = 1$ , но с выбором параметра выше, чем  $k = 1$  результат ухудшается. Так как рассматривать только этот метод в исследовании не рационально. Метод Neural Net<sup>[2]</sup> – этот метод эффективен на базе данных небольшого размера, так как процесс обработки информации для больших баз данных занимает большое количество времени. В этой

статье метод Neural Net применяется на этапах классификации пола и возраста человека с объемом базы данных 600 и 800 значений. В распознавании эмоций четырех и семи видов с объемом базы данных от 2525 значений использовались так же другие методы. В рамках задачи функционирования системы «Умный дом» оптимальным методом является метод, который по скорости обработки информации будет достаточно быстрым с высоким качеством распознавания.

### 3. Распознавание по трем видам эмоций: «Нейтральное», «Радость», «Злость»

Для эффективного распознавания эмоций человека необходимо применение методов классификации в два этапа. Первый этап обработка данных с блоком Validation. Этот оператор выполняет кросс - проверки для оценки статистической пригодности оператора (метода) обучения. Он в основном используется для оценки того, насколько точно модель эффективно провела распознавание оператором на практике (на реальной базе данных). Блоки, выбранные для реализации классификации с использованием блока X-Validation: Retrieve Em1 (формат CSV), Multiply, Split Data, Validation (Normalize, W-SMO, Apply Model, Apply Model (2), Performance), Normalize, Normalize, W-SMO, Apply Model, Performance. Для распознавания трех видов эмоций была взята база данных с количеством значений равно 2525. Количество прогонов для каждого метода равно 10. Выбор метода классификации в этой задаче напрямую зависит от показателей скорости распознавания. Тестируя разные методы на разном объеме данных можно сделать вывод о затрачиваемых ресурсах на обработку информации. Так как структурная схема реализации применения методов классификации двухуровневая, необходима установка параметров для внешнего блока и внутреннего блока соответственно. Результаты представлены в таблице 1 и в таблице 2:

Таблица 1

Таблица влияния значения параметров на показатель точности классификации  
Validation = 10

<i>Метод</i>	<i>Параметры</i>	<i>Точность</i>
<b>W – SMO</b>	<i>C1 = 1, C2 = 1</i>	54,58%(+,-)27,24%
	<i>C1 = 25, C2 = 25</i>	54,58%(+,-)27,24%
	<i>C1 = 50, C2 = 50</i>	54,58%(+,-)27,24%
<i>Naive Bayes</i>		65,20%(+,-)1,73%
<b>W-Simple Cart</b>		75,99%(+,-)1,42%

Таблица 2

Таблица влияния значения параметров на показатель точности классификации  
Validation = 100

<i>Метод</i>	<i>Параметры</i>	<i>Точность</i>
<b>W – SMO</b>	<i>C1 = 10, C2 = 10</i>	60,29%(+,-)16,45%
	<i>C1 = 25, C2 = 25</i>	60,29%(+,-)16,45%
	<i>C1 = 50, C2 = 50</i>	60,29%(+,-)16,45%
<i>Naive Bayes</i>		65,10%(+,-)7,03%
<b>W-Simple Cart</b>		68,56%(+,-)30,18%

Максимальное значение показал метод W-Simple Cart с точностью 75,99% (+,-) 1,42% с выбором параметра Validation = 10.

На втором этапе задачи распознавания эмоций был применен метод генетического алгоритма с целью оптимизации процесса классификации Optimize Parameters (Evolutionary). Этот алгоритм заключается в создании выборки параметров в виде весов [0,1] для разбиения данных на классы – «лучшее» решение и «худшее» решение. «Лучшее» решение приравнивается к 1, а «худшее» приравнивается к 0. После просмотра пригодности, определяющейся по уровню пригодности всего решения в целом, отбрасываются данные со значением «0». Решения участвуют в процедуре воспроизведения, мутации и оценки пригодности. Начальные установки этого алгоритма необходимо задать до начала запуска. Так же результат оптимизации зависит от выбора параметров настройки методов классификации, которые входят в общую схему реализации алгоритма. Блоки, выбранные для реализации схемы: Retrieve Em1(формат CSV), Split Data, Split Data 1, Multiply, Optimize Parameters (Evolutionary (Split Data, W-SMO(2), Apply Model, Performance)), Split Data, W-SMO(2), Apply Model, Performance, Select by Weights, Select by Weights (2), Apply Model (2), Performance. Эффективность оптимизации приведена в таблице 3:

Таблица 3

Таблица результатов применения Генетического Алгоритма в задаче оптимизации классификации

<i>Метод/Параметры</i>		<i>Точность</i>
Количество поколений = 60, Размер популяции = 100		
<i>W – SMO</i>	<i>C1 = 1, C2 = 1</i>	82,18%
	<i>C1 = 10, C2 = 10</i>	83,25%
	<i>C1 = 30, C2 = 30</i>	85,15%
<i>Naive Bayes</i>		67,05%
<i>W-Simple Cart</i>		76,38%

По результативности эти методы наиболее быстрые, по сравнению с остальными, которые были протестированы на базе данных большого объема. Оптимальным вариантом является выбор метода W – SMO, который показал лучший результат с точностью 85,15% на втором этапе классификации. Метод W – SMO осуществляет алгоритм оптимизации для опорных векторов классификации. Глобально заменяет все отсутствующие значения и преобразует номинальные атрибуты в бинарные. Так же нормализует все атрибуты по умолчанию. Результат проверки эффективности методов: W – SMO, Naive Bayes, W – Simply Card по блоку T-Test представлен рисунке 2:

### T-Test Significance

	0.683 +/- 0.287	0.486 +/- 0.179	0.558 +/- 0.227
0.683 +/- 0.287		0.099	0.423
0.486 +/- 0.179			0.452
0.558 +/- 0.227			

Рисунок 2 – Показатели применения T-Test

По результатам теста значения 0.099, 0.423, 0.452 превышают пороговое значение 0.050, поэтому выбор одного из этих методов покажет незначительные отличия в точности распознавания.

#### 4. Распознавание по семи видам эмоций: «Нейтральное», «Радость», «Печаль», «Злость», «Неуверенность», «Удивление», «Разочарование»

Для распознавания семи видов эмоций с объемом данных 4500 значений выбраны блоки: Retrieve Em2 (формат CSV), Multiply, Split Data, Normalize, Normalize (2), Validation (Normalize, W-SMO, Apply Model, Apply Model (2), Performance), W-SMO, Apply Model, Performance. Количество прогонов для каждого метода равно 10. Результаты представлены в таблице 4 и в таблице 5:

Таблица 4

Таблица влияния значения параметров на показатель точность классификации  
Validation = 10

<i>Метод</i>	<i>Параметры</i>	<i>Точность</i>
<i>W – SMO</i>	<i>C1 = 10, C2 = 10</i>	<i>82,04%(+, -)5,08%</i>
	<i>C1 = 25, C2 = 25</i>	<i>82,04%(+, -)5,08%</i>
	<i>C1 = 50, C2 = 50</i>	<i>82,04%(+, -)5,08%</i>
<i>Naive Bayes</i>		<i>66,72%(+, -)6,83%</i>
<i>W-Simple Cart</i>		<i>55,51%(+, -)7,27%</i>

Таблица 5

Таблица влияния значения параметров на показатель точности классификации  
Validation = 400

<i>Метод</i>	<i>Параметры</i>	<i>Точность</i>
<i>W – SMO</i>	<i>C1 = 10, C2 = 10</i>	<i>84,50%(+, -)33,12%</i>
	<i>C1 = 25, C2 = 25</i>	<i>84,50%(+, -)33,12%</i>
	<i>C1 = 50, C2 = 50</i>	<i>84,50%(+, -)33,12%</i>
<i>Naive Bayes</i>		<i>64,38%(+, -)44,01%</i>
<i>W-Simple Cart</i>	<i>S=10</i>	<i>60,75%(+, -)45,38%</i>

Максимальное значение показал метод W – SMO с точностью 84,50%(+, -)33,12% при параметре Validation = 400. На втором этапе используется метод оптимизации классификации генетическим алгоритмом с помощью блока Optimize Parameters (Evolutionary). Так же результат оптимизации зависит от выбора параметров настройки алгоритма. Эффективность оптимизации приведена в таблице 6:

Таблица 6

Таблица результатов применения Генетического Алгоритма в задаче оптимизации классификации

<i>Метод/Параметры</i>		<i>Точность</i>
Количество поколений = 10, Размер популяции = 60		
<i>W – SMO</i>	<i>C1=1, C2=1</i>	<i>99,47%</i>
	<i>C1=10, C2=10</i>	<i>74,53%</i>
	<i>C1 = 30, C2 = 30</i>	<i>74,53%</i>
<i>Naive Bayes</i>		<i>66,22%</i>
<i>W – Simply Cart</i>		<i>64,39%</i>

Оптимальный вариант показал метод W – SMO с точностью 99,47%.

Результат проверки эффективности методов: W – SMO, Naive Bayes, W – Simply Cart по T-Test представлен рисунке 3:

### T-Test Significance

	0.953 +/- 0.043	0.933 +/- 0.042	0.960 +/- 0.044
0.953 +/- 0.043		0.443	0.739
0.933 +/- 0.042			0.240
0.960 +/- 0.044			

Рисунок 3 – Показатели применения T-Test

Все значения больше порогового значения 0.050. Методы друг от друга значительно не отличны.

## 5. Распознавание возраста человека

В качестве данных взяты голоса людей разного пола и возраста[4]. Мужские голоса 25, 30, 35 лет, женские голоса в возрасте 20, 25, 40 лет, и детские голоса в возрасте 10, 15, 17 лет. База данных состоит из 600 значений. Классификация производится по двум видам: 0 – Adult, 1 – Children. Количество прогонов для каждого метода равно 10. Результаты классификации приведены в таблице 7 и в таблице 8:

Таблица 7

Таблица влияния значения параметров на показатель точность классификации  
Validation = 10

<i>Метод</i>	<i>Параметры</i>	<i>Точность</i>
<i>Neural Net</i>	<i>Обучающие циклы = 500</i>	83,35%(+,-)4,37%
	<i>Обучающие циклы = 1000</i>	83,31%(+,-)5,20%
<i>Decision Tree</i>	<i>Количество особей: 150 Максимальная глубина дерева: 45</i>	74,81%(+,-)12,98%
	<i>Количество особей: 150 Максимальная глубина дерева: 20</i>	79,62%(+,-)11,97%
	<i>Количество особей: 100 Максимальная глубина дерева: 45</i>	75,58%(+,-)12,39%
<i>W – SMO</i>	<i>C1 = 10, C2 = 10</i>	82,05%(+,-)15,26%
	<i>C1 = 1000, C2 = 1000</i>	83,35%(+,-)5,10%
<i>LDA</i>		78,60%(+,-)7,03%
<i>Naive Bayes</i>		76,54%(+,-)13,35%
<i>SVM</i>	<i>L = 150</i>	83,35%(+,-)5,10%



Таблица влияния значения параметров на показатель точность классификации  
Validation = 150

<i>Метод</i>	<i>Параметры</i>	<i>Точность</i>
<i>Neural Net</i>	<i>Обучающие циклы = 500</i>	82,33%(+,-)37,48%
	<i>Обучающие циклы = 1000</i>	83,00%(+,-)37,34%
<i>Decision Tree</i>	<i>Количество особей: 150 Максимальная глубина дерева: 45</i>	94,33%(+,-)22,76%
	<i>Количество особей: 150 Максимальная глубина дерева: 60</i>	
<i>W – SMO</i>	<i>C1 = 10, C2 = 10</i>	81,67% (+,-)38,48 %
	<i>C1 = 500, C2 = 500</i>	83,00%(+,-)36,89%
<i>LDA</i>		78,33%(+,-)40,59%
<i>Naive Bayes</i>		78,00% (+,- )40,61%
<i>SVM</i>	<i>L =150</i>	83,00%(+,-)36,89%

Максимальное значение применения методов классификации показал метод Decision Tree с точностью 94,33%(+,-)22,76% при Validation = 150.

На втором этапе используется применение метода оптимизации классификации блока Optimize Parameters (Evolutionary). Эффективность оптимизации классификации разными методами приведена в таблице 9:

Таблица 9

Таблица результатов применения Генетического Алгоритма в задаче оптимизации классификации

<i>Метод/Параметры</i>	<i>Точность</i>
Количество поколений = 200, Размер популяции = 400	
<i>Neural Net</i>	81%
<i>Decision Tree</i>	94%
<i>W – SMO</i>	82%
<i>LDA</i>	76%
<i>Naive Bayes</i>	75%
<i>SVM</i>	82%

Наилучший результат показали метод Decision Tree с точностью 94%.

Результат проверки эффективности методов: Neuron Net, Naive Byes, Decision Tree с помощью блока T-Test представлены на рисунке 4:

#### **T-Test Significance**

	0.833 +/- 0.087	0.774 +/- 0.075	0.906 +/- 0.080
0.833 +/- 0.087		0.143	0.082
0.774 +/- 0.075			<b>0.001</b>
0.906 +/- 0.080			

Рисунок 4 – Показатели применения T-Test

По результатам оценки можно сделать вывод, что два метода из трех не сильно отличаются друг от друга по эффективности со значениями 0.143 и 0.082 > 0.050. А третий метод отличается от двух других. Его значение равно 0.001 < 0.050, меньше порогового значения, что означает явное отличие метода Decision Tree по эффективности от других методов. Сравнение методов: SVM, LDA, W-SMO представлены на рисунке 5:

### T-Test Significance

	0.780 +/- 0.053	0.792 +/- 0.066	0.827 +/- 0.063
0.780 +/- 0.053		0.670	0.099
0.792 +/- 0.066			0.313
0.827 +/- 0.063			

Рисунок 5 – Показатели применения T-Test

Все значения выше порогового значения 0.050, следовательно, эти методы не отличны по эффективности.

### 6. Распознавание пола человека

Для распознавания пола человека выборка составлялась из набора числовых значений в количестве 800 значений<sup>[3]</sup>. Взяты данные мужского, женского пола от 20 лет и детского возраста до 18 лет. Создание базы числовых данных в формате Excel. Классификация проводится по трем видам наименований: 0 – Man, 1 – Woman, 2 – Child. Количество прогонов для каждого метода равно 10. Результат классификации представлен в таблице 10 и в таблице 11:

Таблица 10

Таблица влияния значения параметров на показатель точность классификации  
Validation = 10

<i>Метод</i>	<i>Параметры</i>	<i>Точность</i>
<i>Neural Net</i>	<i>Обучающие циклы = 100</i>	<i>68,21%(+, -)11,41%</i>
	<i>Обучающие циклы = 500</i>	<i>68,21%(+, -)11,41%</i>
	<i>Обучающие циклы = 1000</i>	<i>62,05%(+, -)9,57%</i>
<i>Decision Tree</i>	<i>Количество особей: 150 Максимальная глубина дерева: 45</i>	<i>93,00%(+, -)10,77%</i>
	<i>Количество особей: 150 Максимальная глубина дерева: 20</i>	<i>64,42%(+, -)12,88%</i>
	<i>Количество особей: 50 Максимальная глубина дерева: 45</i>	<i>49,04%(+, -)11,13%</i>
<i>W – SMO</i>	<i>C1 = 100, C2 = 100</i>	<i>95,50%(+, -)9,07%</i>
	<i>C1 = 250, C2 = 250</i>	<i>95,50%(+, -)9,10%</i>
	<i>C1 = 500, C2 = 500</i>	<i>95,50%(+, -)10,01%</i>
<i>LDA</i>		<i>91,00%(+, -)14,28%</i>
<i>Naive Bayes</i>		<i>67,00%(+, -)18,19%</i>

Таблица влияния значения параметров на показатель точность классификации  
Validation = 120

<i>Метод</i>	<i>Параметры</i>	<i>Точность</i>
<i>Neural Net</i>	Обучающие циклы = 100	68,33%(+,-)46,07%
	Обучающие циклы = 500	66,67%(+,-)46,70%
	Обучающие циклы = 1000	72,08%(+,-)44,16%
<i>Decision Tree</i>	Количество особей: 150 Максимальная глубина дерева: 45	62,08%(+,-)48,30%
	$C1 = 500, C2 = 500$	67,50%(+,-)46,39%
<i>W – SMO</i>	$C1 = 1000, C2 = 1000$	67,92%(+,-)46,46%
	$C1 = 1500, C1 = 1500$	67,92%(+,-)46,46%
<i>LDA</i>		65,42%(+,-)46,90%
<i>Naive Bayes</i>		54,17%(+,-)49,83%

Лучший результат показал метод W – SMO с точностью 95,50%(+,-)10,01% при Validation = 10.

На втором этапе используется применение метода оптимизации классификации блока Optimize Parameters (Evolutionary). Выбранные методы: Neuron Net, Naive Byes, Decision Tree, W – SMO, LDA. Эффективность оптимизации классификации разными методами приведена в таблице 12:

Таблица 12

Таблица результатов применения Генетического Алгоритма в задаче оптимизации классификации

<i>Метод/Параметры</i>	<i>Точность</i>
Количество поколений = 200, Размер популяции = 400	
<i>Neural Net</i>	76,92%
<i>Decision Tree</i>	89,74%
<i>W – SMO</i>	92,52%
<i>LDA</i>	60,59%
<i>Naive Bayes</i>	56,41%

Максимальное значение показало применение метода W – SMO с точностью 92,52%.

С помощью блока T-Test протестированы методы: Neural Net, Naive Byes, Decision tree. Результат проверки эффективности этих методов по T-Test представлен на рисунке 6.

По результатам оценки можно сделать вывод, что два метода из трех не сильно отличаются друг от друга по эффективности, со значениями 0.143 и 0.074 > 0.050. А третий метод W – SMO отличается от двух других, его значение 0.001 < 0.050, меньше порогового значения.

### T-Test Significance

	0.833 +/- 0.087	0.774 +/- 0.075	0.911 +/- 0.088
0.833 +/- 0.087		0.143	0.074
0.774 +/- 0.075			<b>0.001</b>
0.911 +/- 0.088			

Рисунок 6 – Показатели применения T-Test

Результат тестирования методов: Neural Net, Naive Bayes, W-SMO представлен на рисунке 7:

### T-Test Significance

	0.626 +/- 0.144	0.674 +/- 0.056	0.571 +/- 0.111
0.626 +/- 0.144		0.339	0.358
0.674 +/- 0.056			<b>0.018</b>
0.571 +/- 0.111			

Рисунок 7 – Показатели применения T-Test

По результатам теста два метода схожи по эффективности, а третий метод W-SMO отличен от двух других.

### 7. Основные этапы выполнения команд по имеющимся опциям в системе

Реализация программного продукта состоит из нескольких функциональных блоков. Каждый блок отвечает за функциональность по своим характеристикам и подключенной внешней системой взаимодействия. Общим блоком для всех является модуль распознавания эмоций, пола и возраста человека. По результатам распознавания эмоций система определяет дальнейшее вид действия – отклик. Если это человек, взрослый или несовершеннолетнего возраста, то в системе присутствует два вида реализации команды: отклонить запрос или выполнить запрос. Опция разговора человека с системой в формате «Диалог» производится в два этапа:

1. Распознавание эмоций человека с целью определения вида ответа системой, соответствующей эмоции человека в произнесенной фразе;
2. Распознавание речи (слов в фразе) для определения содержания реплики человека и выбора системой ответной фразы.

### 8. Выводы

В статье приведен анализ возможностей применения разных методов обработки данных. По итогам проведенной работы можно сделать вывод, что распознавание эффективно осуществляется разными методами. Наиболее эффективным методом является метод W-SMO, который показал лучшие результаты, применяя к разным объемам баз данных. Методы Neural Net, Decision Tree, SVM так же показали эффективные результаты, но обработка информации занимает большее количество времени. Классификацию данных необходимо проводить в два этапа. Применение второго этапа с использованием оптимизации генетическим алгоритмом показывает оптимальную эффективность каждого метода. В рамках этой задачи рационально

применить второй этап для подтверждения точности распознавания эмоций, пола и возраста в системе «Умный дом».

*Перспективные задачи исследования в будущем:*

1. Дальнейшее исследование распознавания эмоций с применением других схем классификации;
2. Исследование речи различных психотипов человека.

### **Список литературы**

1. Фарид Актхар, Каролина Хане. Рапид Майнер 5: Справочник по операторам: Дортмунд, 2012.
2. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс: 2-е изд., исп.: Пер. с англ. – Москва, 2006.
3. Рязанов В.В. Модели, методы, алгоритмы и архитектура систем распознавания речи: Российская академия наук, вычислительный центр им. А.А. Дородницына: Москва, 2006.
4. Кристофер Виншип, Давид Ж. Хардинг. Общая стратегия для идентификации возраста, периода. Когортные модели: механизмы подхода: Гарвардский университет, 2004.

УДК 621.396.6:396.6.019.3

## **ПРИМЕНЕНИЕ МАКРОМОДЕЛИ ПРИ РАСЧЕТЕ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ОТКАЗОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*И.Л. Лушина*

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
Московский институт электроники и математики, Москва  
e-mail: illushpa@edu.hse.ru*

*Рассматриваются основные модели расчета интенсивностей отказов механических элементов, на примере механического класса «Пружины». Представлены результаты анализа математических моделей. Рассмотрена идея использования макромодели расчета интенсивностей отказов. А так же проведен сравнительный анализ расчетов пружины виброизолятора всеми методами.*

*Ключевые слова: надежность, интенсивность отказов, механические элементы, пружины, макромодель.*

Данное научное исследование (№ 14-05-0038) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2014 г.

В инженерной практике для расчетов показателей надежности ЭС используются методики, приведенные в ОСТ 4Г 0.012.242 [1], в котором для расчетов показателей надежности элементов (интенсивностей отказов) рекомендован справочник «Надежность ЭРИ» [2]. Несмотря на то, что справочник называется «Надежность ЭРИ», он содержит не только классы изделий электронной техники (ИЭТ), таких, как

интегральные микросхемы, полупроводниковые приборы и др., но и классы электромеханических элементов (например, машин электрических малой мощности) и чисто механических элементов (соединения, платы с металлизированными сквозными отверстиями и др.).

Однако поскольку номенклатура классов механических элементов (МЭ) ограничена, то при практических расчетах надежности ЭС по методикам ОСТ 4Г 0.012.242 [1] теми МЭ, которые отсутствуют в Справочнике, пренебрегают, полагая их «абсолютно надежными». Вместе с тем в специальной научной и нормативно-технической литературе можно найти математические модели интенсивностей отказов МЭ, например пружин [3], особенности которых будут рассмотрены ниже.

Несмотря на то, что известно большое количество справочной литературы и научно-технической документации, позволяющей с той или иной точностью оценить показатели элементов ЭС, однако методики, приведённые ней, предназначены, в основном, для ИЭТ. Если принять во внимание, что и методики, и модели, и даже их параметры должны быть стандартизованы, то «легитимных» источников не так уж и много [4-6].

Одним из самых распространенных документов является Справочник «Надежность ЭРИ» [2], в котором для сложных изделий, суммарный поток отказов которых складывается из независимых потоков отказов составных частей элементов (например, вращающихся частей и обмоток электродвигателя), математическая модель расчета интенсивности отказов имеет вид:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{j=1}^m \left( \lambda_{\sigma_j} \cdot \prod_{i=1}^{n_j} K_{i,j} \right), \quad (1)$$

где:  $\lambda_{\sigma_j}$  - исходная (базовая) интенсивность отказов  $j$ -го потока отказов;  $m$  - количество независимых потоков отказов составных частей ЭРИ;  $K_{ij}$  - коэффициент, учитывающий влияние  $i$ -го фактора в  $j$ -м потоке отказов;  $n_j$  - количество факторов, учитываемых в  $j$ -ом потоке отказов.

Коэффициенты  $K_{ij}$ , входящие в модели (1), условно можно разделить на две группы:

- первая группа коэффициентов является общей для моделей большинства классов, групп и типов элементов (составных частей) и характеризует режимы и условия их эксплуатации, уровень качества производства;
- вторая группа коэффициентов включается в модели конкретных классов (групп) и характеризует зависимость интенсивности их отказов в заданных условиях эксплуатации от конструкционных, функциональных и технологических особенностей элементов (составных частей).

Однако, несмотря на то, что у многих электромеханических элементов (электродвигателей, реле и др.) составными частями являются пружины, моделей интенсивности отказов для них в этом справочнике не приводится. Поэтому использование моделей справочника «Надежность ЭРИ» [2] для оценки интенсивности отказов пружин не представляется возможным.

В отличие от справочника «Надежность ЭРИ» [2], в статье [7] приведена методика расчета показателей безотказности изделий приборостроения, которая содержит математические модели интенсивности отказов механических элементов, таких как подшипники, прокладки, мембраны, пружины, и др. Эта методика основана на материалах препринта [8], в котором использованы модели стандарта РМ 25 446 [9].

Математические модели интенсивности отказов МЭ стандарта РМ 25 446 [9] имеют вид:

$$\lambda_s = \lambda_0 \cdot \prod_{i=1}^I a_i, \quad (2)$$

где:  $\lambda_0$  - базовая интенсивность отказов МЭ в номинальном режиме и нормальных условиях (температура окружающей среды  $20 \pm 10^\circ\text{C}$ ; относительная влажность воздуха 30...70%; атмосферное давление  $0,825 \dots 1,06 \cdot 10^5$  Па; отсутствие вибрации и ударов);  $a_i$  - параметры, учитывающие конструкционные особенности МЭ, условия производства и эксплуатации МЭ.

Формулы для расчета значения  $a_i$  имеет вид:

$$a_i = \prod_{j=1}^I K_{ij},$$

где:  $K_{ij}$  - коэффициенты формулы расчета параметра  $a_i$ .

Математическая модель эксплуатационной интенсивности отказов ВПС по стандарту РМ 25 446 [9] имеет вид:

$$\lambda_s = \lambda_0 \cdot K_{11} \cdot K_{12} \cdot K_{13} \cdot K_{14} \cdot K_{15}, \quad (3)$$

где:  $\lambda_0$  - базовая интенсивность отказов;  $K_{11}$  - коэффициент, учитывающий воздействие вибрации;  $K_{12}$  - коэффициент, учитывающий воздействие ударов;  $K_{13}$  - коэффициент, учитывающий воздействие климата;  $K_{14}$  - коэффициент, учитывающий воздействие качества обслуживания;  $K_{15}$  - коэффициент, учитывающий воздействие качества изготовления.

Для пружин базовая интенсивность отказов равна  $0,05 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$ .

Следует отметить, что базовая интенсивность отказов пружин в модели (3) принимается постоянной для всех, независимо от марок, пружин. Значения коэффициентов  $K_{11}$  -  $K_{15}$  зависят от условий эксплуатации и режимов применения пружины, и не зависят от их конструктивно-технологического исполнения и характеристик материалов.

В отличие от в стандарта РМ 25 446 [9], в американском справочнике NSWC-11 [10] приведена методика прогнозирования показателей безотказности механического оборудования, в которой используются, математические модели интенсивности отказов вида:

$$\lambda_p = \lambda_{p,b} \cdot \prod_{i=1}^n C_i, \quad (4)$$

где:  $\lambda_{p,b}$  - базовая интенсивность отказов класса, группы или подгруппы МЭ;  $C_i$  - параметры, учитывающие изменения эксплуатационной интенсивности отказов в зависимости от различных факторов;  $n$  - число параметров.

Математическая модель интенсивности отказов пружины, приведенная в справочнике NSWC-11 [10] имеет вид:

$$\lambda_{sp} = \lambda_{sp,b} \cdot C_G \cdot C_{DW} \cdot C_{DC} \cdot C_N \cdot C_Y \cdot C_L \cdot C_{CS} \cdot C_R \cdot C_M, \quad (5)$$

где:  $\lambda_{sp,b}$  - базовая интенсивность отказов пружины;  $C_G, C_{DW}, C_N, C_Y, C_L, C_K, C_{CS}, C_R, C_M$  - параметры модели.

Для пружин базовая интенсивность отказов равна  $23,8 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$ .

Как следует из приведенных выше формул, модель (5) можно применять не только для расчета стандартных пружин, но и для прогнозирования показателей безотказности вновь разрабатываемых (оригинальных) пружин, т.к. она учитывает не только режимы и условия их применения, но и особенности конструкции и характеристики материалов [11, 12].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что модели интенсивности отказов ВПС справочника NSWC-11 [10] по сравнению с моделями стандарта РМ 25 44 [9] более адекватные, т.к. зависят не только от режимов и условий применения, но и от конструктивных параметров пружины, а также физико-химических свойств материалов.

Вместе с тем и те и другие модели предназначены для расчетов интенсивности отказов пружин по среднегрупповым характеристикам, т.к. базовая интенсивность отказов пружин принимается постоянной, независимо от их марки [11, 12].

Принимая во внимание, что номенклатура стандартных и унифицированных пружин достаточно большая, то для снижения трудоемкости расчетов интенсивности отказов таких пружин необходимо разработать модель интенсивности отказов пружин, в которой значение базовой интенсивности отказов относилось к марке конкретной пружины.

Как было показано выше, только модель (5) учитывает конструктивно-технологические параметры пружины. Для построения модели интенсивности отказов стандартных пружин подставим формулы расчета параметров  $C_i$  в модель (5). В результате получим:

$$\lambda_{sp} = \lambda_{sp,b} \cdot \left( \frac{G_m}{K_1} \right)^3 \cdot \left( \frac{D_w \cdot K_2}{K_3} \right)^3 \cdot \left( \frac{K_4}{D_c \cdot K_2} \right)^6 \cdot \left( \frac{K_5}{N_A} \right)^3 \cdot \left( \frac{K_6}{T_s} \right)^3 \cdot \left( \frac{L_1 - L_2}{K_7} \right)^3 \cdot \left( \frac{K_8 \cdot D_c / D_w - K_9 + \frac{K_{10}}{D_c / D_w}}{K_8 \cdot D_c / D_w - K_8} \right)^3 \cdot \frac{K_{11}}{K_{11}} \cdot C_{cs} \cdot C_r \cdot C_m, \quad (6),$$

где:  $K_1, K_2, \dots, K_{11}$  - постоянные коэффициенты.

Проведем классификацию параметров модели (6) по следующим признакам:

- параметры пружины
- параметры режима применения
- эмпирические коэффициенты.



К параметрам пружины относятся параметры, характеризующие конструкцию, материалы, уровень качества, номинальные и предельные нагрузки, а также допустимые диапазоны изменения ВВФ.

К параметрам режима применения относятся параметры, характеризующие нагрузку и уровни ВВФ в режиме применения.

К постоянным коэффициентам относятся эмпирические коэффициенты моделей, физические константы и коэффициенты перевода размерности параметров из одних систем измерений в другие.

Ряд параметров характеризуют саму пружину, и, по сути, относятся к базовой интенсивности отказов данной марки пружины. Тогда базовую интенсивность отказов пружину данной марки можно определить по формуле:

$$\lambda_{\sigma} = \lambda_{\sigma,NSWC} \cdot C_G \cdot C_{DW} \cdot C_{DC} \cdot C_N \cdot C_Y \cdot C_L(\Delta L_{NOM}) \cdot C_K \cdot C_{CS}(CR_{NOM}) \cdot C_R \cdot C_M,$$

где:  $\lambda_{\sigma,NSWC}$  - базовая интенсивность отказов, приведённая в справочнике NSWC-11 [10],  $C_L(\Delta L_{NOM})$  - значение параметра  $C_L$  при номинальной нагрузке;  $C_{CS}(CR_{NOM})$  - значение параметра  $C_{CS}$  при  $CR_{NOM} = 0$ .

Как следует из таблицы (6), параметры  $C_R$  и  $C_M$  в модели (6) характеризуют  $\lambda_{\sigma}$ . Однако принимая во внимание, что при изготовлении ЭС возможно нанесение дополнительных защитных покрытий, повышающих коррозионную стойкость, а пружины, отвечающие требованиям одних и тех же ТУ (т.е. имеющие одно и то же значение наработки), могут выпускаться производителями с разными уровнями качества производства, то эти коэффициенты в модели целесообразно оставить.

С учетом этих замечаний модель эксплуатационной интенсивности отказов ВПС данной марки будет иметь вид:

$$\lambda_{\sigma} = \lambda_{\sigma} \cdot \left( \frac{C_{L,Paб} \cdot C_{CS,Paб}}{C_{L,NOM} \cdot C_{CS,NOM}} \right) \cdot C_R \cdot C_M, \quad (7)$$

где:  $C_{L,Paб}$  - значение параметра  $C_L$  при рабочей нагрузке;  $C_{CS,Paб}$  - значение параметра  $C_{CS}$  для рабочей частоты нагружения  $CR$ .

Т.к. значение  $C_{CS,NOM}$  для  $CR = 0$  равно 0.1, то его можно сократить, помножив на его значение на  $\lambda_{\sigma}$ :  $\lambda_{\sigma} = 0,1 \cdot \lambda_{\sigma}$ .

Тогда значение параметра  $C_{CS}$  будет определяться из условия:

$$C_{CS} = \begin{cases} 1,0 & \text{при } CR \leq 30 \frac{\text{цикл}}{\text{мин}} \\ \frac{CR}{30} & \text{при } 30 < CR \leq 300 \frac{\text{цикл}}{\text{мин}} \\ \left( \frac{CR}{139} \right)^3 & \text{при } CR > 300 \frac{\text{цикл}}{\text{мин}} \end{cases}.$$

Кроме того, подставим в (3.2) вместо параметров  $C_L(\Delta L_{NOM})$  и  $C_{L,Paб}$  формулы их расчета:

$$\lambda_{\sigma} = \lambda_{\sigma} \cdot \left( \frac{\left( \frac{\Delta L_{Paб}}{1.07} \right)^3}{\left( \frac{\Delta L_{NOM}}{1.07} \right)^3} \right) \cdot C_{CS,Paб} \cdot C_R \cdot C_M.$$

После несложных преобразований получим:

$$\lambda_{\text{Э}} = \lambda_{\text{б}} \cdot \left( \frac{\Delta L_{\text{Раб}}}{\Delta L_{\text{НОМ}}} \right)^3 \cdot C_{\text{CS, Раб}} \cdot C_{\text{R}} \cdot C_{\text{M}}. \quad (8)$$

Значение  $\Delta L_{\text{Раб}}$  можно получить с помощью программ моделирования механических процессов в конструкциях ЭС.

Модель (8) можно рассматривать как макро модель по отношению к полной модели (6), т.к. в нее в явном виде не входит ряд параметров модели (6).

Следует отметить, что  $\lambda_{\text{б}}$  в модели (8) характеризует базовую интенсивность отказов пружины данной марки, а не среднегрупповую интенсивность отказов пружин, что обеспечивает такую же точность расчетов интенсивности отказов, что и полная модель (6).

Примеры использования моделей (5), (6) и (8) приведены ниже.

Рассмотрим возможность применения моделей (5), (6) и (8) в задачах обеспечения надежности МЭ на примере пружин виброизоляторов типа ДО.

Основные технические характеристики виброизоляторов типа ДО приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Физические характеристики виброизоляторов типа ДО

Марка	Нагрузка Р, кгс		Вертикальная жесткость, Н/см	Высота в свободном состоянии	Осадка пружины под нагрузкой, мм		Число рабочих витков	Масса, кг
	Раб. (Р <sub>раб</sub> )	Пред. (Р <sub>пр</sub> )			Раб.	Пред.		
12	2	3	4	5	6	7	8	9
ДО 38	12.4	15.5	45	72	27	33,7	5.6	0.3
ДО 39	22.3	27.8	61	92.5	36	45	5.6	0.4
ДО 40	34.6	43.2	81	113	41.7	52	5.6	1
ДО 41	55.0	68.7	124	129	43.4	54	5.6	1
ДО 42	96.1	120.0	165	170	57.2	72	5.6	1.8
ДО 43	168.0	210.0	294.3	192	56	70	5.6	2.4
ДО 44	243.1	303.8	357	226	66.5	83	5.6	3.65
ДО 45	380.2	475.2	441.5	281	84.5	106	5.6	6.45

Таблица 2

Геометрические характеристики виброизоляторов типа ДО

Марка	Размеры, мм						
	А	А <sub>1</sub>	Б	Д <sub>ср</sub>	d	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
ДО 38	100	70	60	30	3	12	8,5
ДО 39	110	80	70	40	4	12	8,5
ДО 40	130	100	90	50	5	12	8,9
ДО 41	130	100	90	54	6	14	10,5
ДО 42	150	120	110	72	8	14	10,5
ДО 43	160	130	120	80	10	14	10,5
ДО 44	180	150	140	96	12	14	10,5
ДО 45	220	180	170	120	15	16	12,5

Примечание:

1. Деформация (осадка пружины) под нагрузкой, отличающейся от указанной в таблице, изменяется пропорционально нагрузке.

2. Для виброизоляторов всех типов общее число витков пружины равно 6,5.

3. Для виброизоляторов ДО-38, ДО-39  $S = 2$  мм, для остальных виброизоляторов  $S = 3$  мм,  $S_1$  равно, соответственно, 5 и 10 мм. В резиновых прокладках во всех случаях  $d_1 = d_2 + 3,5$  мм.

Материал пружины - сталь марки 65 [12], у которой  $G_m = 8.565 \cdot 10^3$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $T_s = 100$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Постановка задачи:

Выбрать виброизолятор типа ДО, интенсивность отказов пружины которого не превышает  $4 \cdot 10^{-8}$  ч<sup>-1</sup>.

Исходные данные:

- Амплитуда ускорения вибрации: 40 м/с<sup>2</sup>;
- Частота нагружения пружины: 640 циклов/мин;
- Рабочая температура: 50 °С;
- Рабочая нагрузка: 15.5 кгс.

Поскольку ни один из коэффициентов модели (5) не зависит от параметров, приведенных в таблицах 4.1-4.2, то эксплуатационная интенсивность отказов пружин всех марок виброизоляторов ДО будет одинаковой и равной:

$$\lambda_{\text{э}} = 1,56 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}.$$

Полученное значение  $\lambda_{\text{э}}$  не удовлетворяет требуемому, однако снизить его путем применения виброизолятора другой марки при использовании модели (5) не возможно.

Значения параметров модели (6) и результаты расчета интенсивности отказов по модели (6) представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчета интенсивности отказов по модели (6)

Марка	Значения параметров модели (2.5)								$\lambda_{\text{э}}$
	$\lambda_6 \cdot 10^6$	$C_G$	$C_{DW}$	$C_N$	$C_Y$	$C_L$	$C_K$	$C_{CS}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ДО-38	23.8	1.165	2.608	15.62	2.385	1.853	0.828	9.998	$6.292 \cdot 10^{-5}$
ДО-39	23.8	1.165	6.182	15.62	2.385	0.757	0.828	9.998	$1.084 \cdot 10^{-5}$
ДО-40	23.8	1.165	12.07	15.62	2.385	0.332	0.828	9.998	$2.575 \cdot 10^{-6}$
ДО-41	23.8	1.165	20.86	15.62	2.385	0.084	0.866	9.998	$6.988 \cdot 10^{-7}$
ДО-42	23.8	1.165	49.45	15.62	2.385	0.035	0.866	9.998	$1.244 \cdot 10^{-7}$
ДО-43	<b>23.8</b>	<b>1.165</b>	<b>96.59</b>	<b>15.62</b>	<b>2.385</b>	<b><math>6.053 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b>0.916</b>	<b>9.998</b>	<b><math>2.341 \cdot 10^{-8}</math></b>
ДО-44	<b>23.8</b>	<b>1.165</b>	<b>166.9</b>	<b>15.62</b>	<b>2.385</b>	<b><math>3.587 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b>0.916</b>	<b>9.998</b>	<b><math>8.031 \cdot 10^{-9}</math></b>
ДО-45	<b>23.8</b>	<b>1.165</b>	<b>325.9</b>	<b>15.62</b>	<b>2.385</b>	<b><math>2.076 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b>0.916</b>	<b>9.998</b>	<b><math>2.379 \cdot 10^{-9}</math></b>

Примечание:

Значения параметров  $C_R$  и  $C_M$  принято равным 1.

Как видно из таблицы 3, требуемое значение интенсивности отказов обеспечивают пружины виброизоляторов ДО-43, ДО-44 и ДО-45.

Поскольку у амортизаторов типа ДО осадка пружины изменяется пропорционально нагрузке (см. примечание 1 к таблице 2), то модель (8) можно представить в виде:

$$\lambda_3 = \lambda_6 \cdot \left( \frac{G_{\text{раб}}}{G_{\text{НОМ}}} \right)^3 \cdot C_{\text{CS,Paб}} \cdot C_{\text{R}} \cdot C_{\text{M}}, \quad (9)$$

где:  $G_{\text{раб}}$  - рабочая нагрузка,  $G_{\text{НОМ}}$  - номинальная нагрузка.

Значения параметров модели (9) и результаты расчета интенсивности отказов по модели (9) представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты расчета интенсивности отказов по модели (9)

Марка	Значения параметров модели (4.1)				$\lambda_3$
	$\lambda_6 \cdot 10^6$	$G_{\text{НОМ}}$	$G_{\text{раб}}$	$C_{\text{CS}}$	
1	2	3	4	5	6
ДО-38	3.236	12.4	15.5	9.998	$6.292 \cdot 10^{-5}$
ДО-39	3.236	22.3	15.5	9.998	$1.084 \cdot 10^{-5}$
ДО-40	2.575	34.6	15.5	9.998	$2.575 \cdot 10^{-6}$
ДО-41	3.306	55,0	15.5	9.998	$6.988 \cdot 10^{-7}$
ДО-42	3.194	96,1	15.5	9.998	$1.244 \cdot 10^{-7}$
<b>ДО-43</b>	<b>3.290</b>	<b>168,0</b>	<b>15.5</b>	<b>9.998</b>	<b><math>2.341 \cdot 10^{-8}</math></b>
<b>ДО-44</b>	<b>3.183</b>	<b>243,1</b>	<b>15.5</b>	<b>9.998</b>	<b><math>8.031 \cdot 10^{-9}</math></b>
<b>ДО-45</b>	<b>3.349</b>	<b>380,2</b>	<b>15.5</b>	<b>9.998</b>	<b><math>2.379 \cdot 10^{-9}</math></b>

Как и следовало ожидать, значения интенсивностей отказов для всех марок виброизоляторов, рассчитанных по макромодели (9) совпадают со значениями, полученными по полной модели (6).

Как видно из проведенных расчетов, математическая модель интенсивности отказов стандарта РМ 25 44 [9] малоприспособна для решения задач обеспечения надежности, т.к. не учитывает конструктивно-технологических особенностей пружин.

Математическая модель интенсивности отказов справочника NSWC-11 [10] даёт возможность не только рассчитать  $\lambda_3$ , но и определить значения параметров ВПС, обеспечивающих требуемый уровень  $\lambda_3$ , поэтому она может использоваться для прогнозирования надежности вновь создаваемых (оригинальных) ВПС.

Макромодели интенсивности отказов (8) и (9) по точности не уступают модели (6) справочника NSWC-11 [10], однако содержат значительно меньше параметров и могут использоваться для расчетов надежности ЭС, в состав которых входят стандартные и унифицированные пружины, а так же при создании баз данных таких пружин для программных средств расчетов надежности ЭС [14].

### Список литературы

1. ОСТ 4Г 0.012.242-84. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета показателей надежности.
2. Справочник «Надежность электрорадиодеталей». - М.: МО РФ, 2006. - 641 с.

3. Лушпа, И.Л. Обзор основных методик расчета надежности механических элементов радиоизделий. / И.Л. Лушпа. // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов НИУ ВШЭ. Материалы конференции. - М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2014. - с. 173.
4. Маркин, А.В. Методы оценки надёжности элементов механики и электромеханики электронных средств на ранних этапах проектирования. / А.В. Маркин, С.Н. Полесский, В.В. Жаднов. // Надёжность. - 2010. - № 2. - с. 63-70.
5. Жаднов, В.В. Методы и средства оценки показателей надежности механических и электромеханических элементов приборов и систем. / В.В. Жаднов. // Датчики и системы. - 2013. - № 4. - с. 15-20.
6. Zhadnov, V. Methods and means of the estimation of indicators of reliability of mechanical and electromechanical elements of devices and systems. / V. Zhadnov. // Reliability: Theory & Applications. - 2011. - Vol. 2, No 4. - p. 94-102.
7. Шавыкин, Н.А. Оценка показателей безотказности механических элементов продукции приборостроения. / Н.А. Шавыкин, Б.П. Петрухин. // Датчики и системы. - 2006. - № 6. - с. 28-35.
8. Шавыкин, Н.А. Методика оценки показателей безотказности технических средств: Препринт. / Н.А. Шавыкин, Б.П. Петрухин, Е.М. Жидомирова. - М.: ИПУ РАН, 1998. - 79 с.
9. РМ 25 446-87. Изделия приборостроения. Методика расчета показателей безотказности. Рекомендуемый материал.
10. NSWC-11. Handbook of reliability prediction procedures for mechanical equipment. - USA: CARDEROC DIV, 2011. - 522 p.
11. Лушпа, И.Л. Модели интенсивности отказов виброизоляторов для электронных средств. / И.Л. Лушпа, В.В. Жаднов. // Надёжность и качество сложных систем. - 2014. - № 1. - с. 50-57.
12. Lushpa, I.L. The Calculation of the Vibroinsulators' Failure Rate. / I.L. Lushpa. // Innovative Information Technologies: Materials of the International scientific-practical conference. Part 2. / Ed. by S.U. Uvaysov. - M.: HSE, 2014. - p. 483-489.
13. ГОСТ 14959-79. Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали. Технические условия.
14. Лушпа, И.Л. Обзор современных программных комплексов расчета безотказности механических и электромеханических элементов. / И.Л. Лушпа, М.А. Монахов. // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции учащихся и студентов. ч. 1. - Протвино: Управление образования и науки г. Протвино, 2014. - с. 128-130.

## АЛГОРИТМ ОТЫСКАНИЯ ПРОИЗВОДЯЩЕЙ ФУНКЦИИ РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНОГО РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

*А.П. Ляпин, А.А. Кытманов<sup>11</sup>*

*Сибирский федеральный университет,*

*Институт математики и фундаментальной информатики, Красноярск*

*e-mail: [LyapinAP@yandex.ru](mailto:LyapinAP@yandex.ru), [aakytm@gmail.com](mailto:aakytm@gmail.com)*

*Разработан алгоритм вычисления производящей функции решения многомерного разностного уравнения с постоянными коэффициентами.*

*Ключевые слова: разностное уравнение, производящая функция.*

Теория разностных уравнений развивалась одновременно с теорией обыкновенных разностных уравнений и в случае линейных уравнений одного переменного имеет вполне законченный вид. В многомерном случае ситуация гораздо сложнее и сколько-нибудь общей теории разностных уравнений не создано.

Разностные уравнения находят применение в теории дискретных динамических систем, в теории цифровой обработки многомерных сигналов для конструирования цифровых рекурсивных фильтров [1]. В случае двух переменных задача об устойчивости цифрового рекурсивного фильтра решена в работе А.К. Циха [2]. В работе М. Bousquet-Melou, М. Petkovsek [3] многомерные разностные уравнения изучались с точки зрения применения к задачам перечислительного комбинаторного анализа. В ней сформулирована задача Коши для многомерного разностного уравнения с постоянными коэффициентами и доказана теорема о существовании и единственности решения такой задачи. В работе Е.К. Лейнартаса [4] приведена формула для решения задачи Коши с использованием понятия фундаментального решения.

Для одномерного случая А. Муавр в 1722 году доказал, что  $z$ -преобразование (производящая функция) является рациональной тогда и только тогда, когда эта последовательность удовлетворяет линейному разностному уравнению с постоянными коэффициентами. В многомерном случае, вообще говоря, это утверждение неверно. Но рациональные функции являются простейшим классом производящих функций в иерархии, предложенной Р. Стенли. Многомерный аналог данного утверждения был доказан А.П. Ляпиным и Е.К. Лейнартасом в работе [5]. За последние годы появился еще ряд интересных результатов в данном направлении. В работах [6] и [7] Т.И. Некрасовой сформулированы условия, обеспечивающее существование и единственность решения задачи Коши для многомерного линейного разностного уравнения с постоянными коэффициентами в симплицальном конусе целочисленной

---

<sup>11</sup> Оба автора поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований, проект 14-01-00283.

решетки, найдены условия, достаточные условия алгебраичности и рациональности производящей функции решений таких уравнений. В работе [8] Е.К. Лейнратса (2011) получено необходимое условие устойчивости однородной задачи Коши для многомерного разностного оператора и критерий ее асимптотической устойчивости в терминах, связанных с понятием амобы алгебраической гиперповерхности. М.С. Рогозиной (2012) в работе [9] сформулированы и доказаны необходимые и достаточные условия устойчивости задачи Коши для многослойной линейной разностной схемы.

В настоящем исследовании авторами предложен компьютерный алгоритм для нахождения производящей функции решения задачи Коши многомерного линейного разностного уравнения с постоянными коэффициентами.

### Список литературы

1. Д. Даджион, О. Марсеро. Цифровая обработка многомерных сигналов. М.: Мир, 1988. 488 с.
2. А.К. Цих Условия абсолютной сходимости ряда из коэффициентов Тейлора мероморфной функции двух переменных. Мат. Сборник. 1981. Т. 182. №11. С. 1588-1612.
3. M. Bousquet-Melou, M. Petkovsek. Linear recurrences with constant coefficient: the multivariate case. Discrete Mathematics. 2000. V. 225. P. 51-75.
4. Е.К. Лейнратас. Кратные ряды Лорана и фундаментальные решения линейных разностных уравнений. Сиб. Мат. Журнал. 2007. Т. 48. №2. С. 335-340.
5. Е.К. Лейнратас, А.П. Ляпин. О рациональности многомерных возвратных степенных рядов. Журнал Сиб. Федер. Ун-та. 2009. Т.2. Вып.4. С. 449-455.
6. Т.И. Некрасова. Задача Коши для многомерного разностного уравнения в конусах целочисленной решетки. Журнал Сиб. Федер. Ун-та. 2011. Т.5. Вып.4. С. 576-580.
7. Т.И. Некрасова. Достаточные условия алгебраичности производящих функций решений многомерных разностных уравнений. Известия Иркутского государственного университета. Серия «Математика». 2013. Т.6. №3. С. 88-96.
8. Е.К. Лейнратас. Критерий асимптотической устойчивости многомерного разностного уравнения с постоянными коэффициентами. Журнал Сиб. Федер. Ун-та. 2011. Т.4. Вып.1. С. 112-117.
9. М.С. Рогозина. Устойчивость многослойных разностных схем и амобы алгебраических гиперповерхностей. Журнал Сиб. Федер. Ун-та. 2012. Т.5. Вып.2. С. 256-263.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ДВИЖУЩИХСЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Р.П. Магденко, Д.А. Цыганок*

*Сибирский федеральный университет,*

*Институт математики и фундаментальной информатики, Красноярск*

*Распознавание характеристик трехмерных объектов по их двумерным изображениям стало в последнее время одной из важнейших задач анализа сцен и машинного зрения. Исходную для распознавания информацию содержат наборы кадров изображения, преобразованные в цифровую форму и представленные в виде временного ряда числовых матриц. Область применения подобных технологий очень широка: системы анализа потока машин на автомагистрали, системы анализа потока покупателей в супермаркетах и торговых центрах, охранные системы и т.п.*

*Авторами была рассмотрена задача распознавания потока движущихся объектов – машин на перекрестках города и вычисление характеристик плотности и скорости его движения. Применение такой технологии возможно для оценки дорожной ситуации в реальном времени с использованием недорогих цифровых камер, размещенных в ключевых узлах дорожной сети города.*

Для решения данной задачи необходимо:

- Отделять движущиеся объекты от фона.
- Классифицировать их в соответствии с размером.
- Для каждого объекта определять смещение на снимке, на основании которых делать вывод о характеристиках потока.

Отделение движущихся объектов от фона производилось с помощью алгоритма Gaussian Mixture.

В данном алгоритме модель сцены создается, используя смесь нормальных распределений. Модель обновляется с поступлением каждого нового изображения, после чего происходит классификация пикселей по принадлежности к заднему или переднему плану. Для каждого пиксела  $P$ , на временном кадре  $t$ , модель интенсивности задается формулой:

$$P_t = \sum_{i=0}^{K-1} \omega_{i,j} * N_t(x, \mu_i, \delta_i^2),$$

где 
$$N_t(x, \mu, \delta^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\delta}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}}.$$

Каждому слагаемому в сумме соответствует «процесс» в пикселе изображения, который характеризуется параметрами нормального распределения (математическим ожиданием и дисперсией) и коэффициентом  $\omega \in [0; 1]$ , который называется весом и является показателем того, насколько часто данный процесс в данном пикселе попадал в поле зрения камеры. Параметр  $K$  (максимальное количество нормальных распределений) выбирается в соответствии с ресурсами компьютера, обычно берут



значения от 3 до 5. Используя такую модель можно создать алгоритм, который справляется с проблемами динамического фона (дождь, снег, изменение освещения, повторяющаяся реклама и т.п.)

Использование данного алгоритма позволило отделить объекты от фона (см. рис.1)

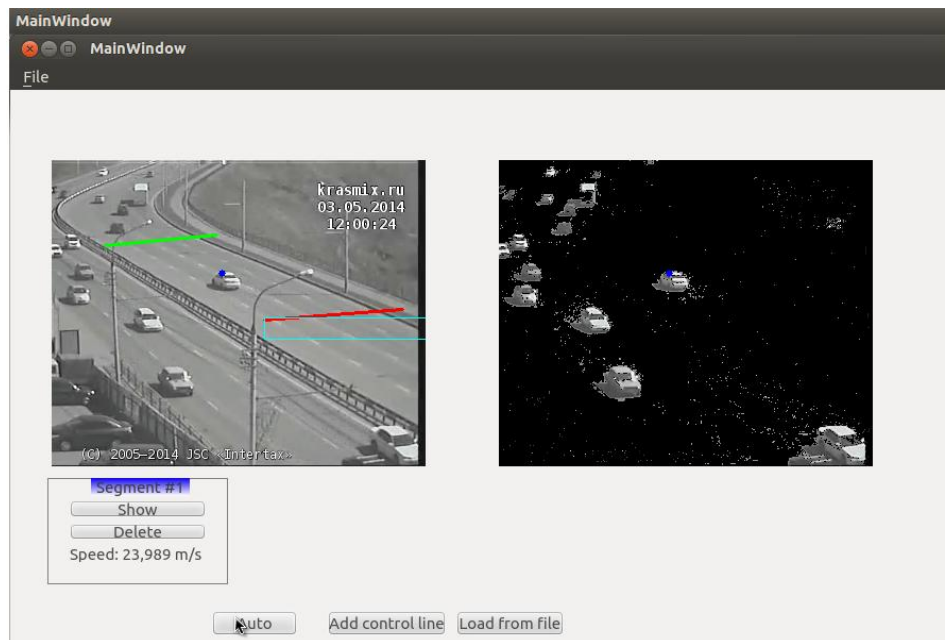


Рисунок 1

На втором этапе определяются, какие объекты находятся в указанных областях поиска, и идет отбор объектов, которые могут быть транспортным средством. Это делается путем сравнения размера предполагаемого автомобиля с некоторой заданной величиной. Те объекты, которые прошли фильтрацию, отмечаются точками

На третьем этапе с помощью метода Лукаса-Канаде идет контролирование перемещения выделенных пикселей.

Данный метод определяет смещения конкретного пикселя между двумя соседними кадрами, кратко опишем его:

$$P(x, y, t) = P(x + u_x, y + u_y, t + 1),$$

где  $P$  — это функция яркости пикселей от положения на кадре и времени,  $x$  и  $y$  — это координаты пикселя в плоскости кадра,  $u_x$  и  $u_y$  — это смещение, а  $t$  — это номер кадра в последовательности.

Запишем разложение в ряд Тейлора для  $P(x + u_x, y + u_y, t)$ , отбросим старшие производные. В двумерном случае будет градиент:

$$P(x + u_x, y + u_y, t) = P(x, y, t) + \vec{u} \nabla P(x, y, t),$$

где  $\vec{u} = \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \end{bmatrix}$  — вектор смещения.

В соответствии со сделанным допущением  $P(x, y, t) = P(x + u_x, y + u_y, t + 1)$ , это выражение эквивалентно  $P(x + u_x, y + u_y, t) = P(x, y, t + 1)$ . Следовательно,

$$P(x, y, t + 1) = P(x, y, t) + \vec{u} \nabla P(x, y, t).$$

Поскольку между двумя кадрами проходит единичный интервал времени, то  $P(x, y, t) - P(x, y, t + 1)$  это производная по времени.

Следовательно,

$$\frac{\partial P(x, y, t)}{\partial t} + \vec{u} \nabla P(x, y, t) = 0.$$

В итоге было получено уравнение, в котором сумма частных производных равна нулю. Сделаем следующее предположение: соседние пиксели смещаются на одинаковое расстояние.

Очевидно, что в общем случае система не имеет решения, поэтому будем искать такие  $u_x$  и  $u_y$ , которые минимизируют ошибку:

$$E(u_x, u_y) = \sum_{i,j} g(x_i, y_i) \left[ u_x \frac{\partial P(x_i, y_j, t)}{\partial x} + u_y \frac{\partial P(x_i, y_j, t)}{\partial y} + \frac{\partial P(x_i, y_j, t)}{\partial t} \right],$$

где  $g$  — это функция, определяющая весовые коэффициенты для пикселей. Самый распространенный вариант — двумерная гауссиана, которая дает наибольший вес центральному пикселю и все меньший по мере удаления от центра.

Чтобы найти минимум  $E(u_x, u_y)$  можно воспользоваться методом наименьших квадратов.

К недостаткам этого метода относится то, что он является локальным, то есть при определении смещения конкретного пикселя принимается во внимание только область вокруг этого пикселя — локальная окрестность. Как следствие, невозможно определить смещения внутри достаточно больших (больше размера локальной окрестности) равномерно окрашенных участков кадра, но на реальных кадрах такие участки встречаются не часто, но эта особенность все же вносит дополнительное отклонение от истинного смещения.

Использование этого метода позволило получить возможность расчета смещений выделенных объектов.

На основании этих двух методов было разработано программное обеспечение, позволяющее определять скорость потока объектов.

Рассмотрим ключевые детали работы этого программного обеспечения.

С помощью кнопки «Add control line» можно добавить новый контрольный участок. Происходит это следующим образом. Вначале нужно провести отрезок на изображении, определяющий начало участка. Он окрашен в красный цвет. Отрезок проводится мышкой, зажав левую кнопку. Затем аналогичным образом рисуется конец участка. Он окрашивается в зеленый цвет. Далее необходимо указать область поиска объектов, для автоматического режима. Это прямоугольная область с границей синего цвета. После каждого действия можно отменить его, нажав Ctrl+Z. В конце программа просит ввести настоящее расстояние между проведенными линиями всплывшем окошке. Если значение, введенное корректное, то оно закрывается и в главное окне приложения появляется информация о текущих характеристиках потока.

По умолчанию стоит ручной режим. При нем пользователь сам определяет среднюю скорость, каких автомобилей он хочет определить. Для этого ему требуется

просто нажать левой кнопкой мыши на соответствующий объект. Как это выглядит показано на рисунке 2.

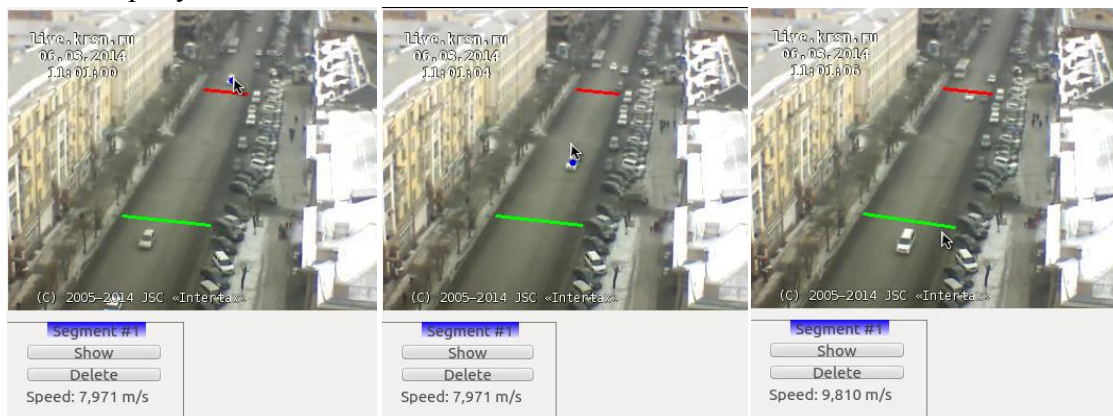


Рисунок 2 – Пример ручного режима

Чтобы переключить программу на автоматический, нужно в главном окне приложения нажать кнопку «Auto». После этого на изображении появятся указанные области поиска. Как работает автоматический режим показано на рисунке 3.

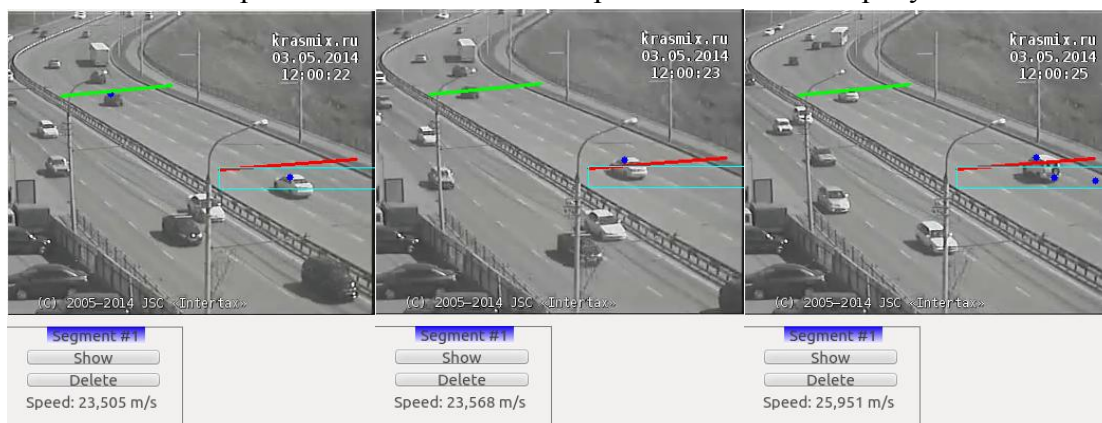


Рисунок 3 – Пример автоматического режима

В программе может быть несколько контрольных участков, как отображено на рисунке 4.

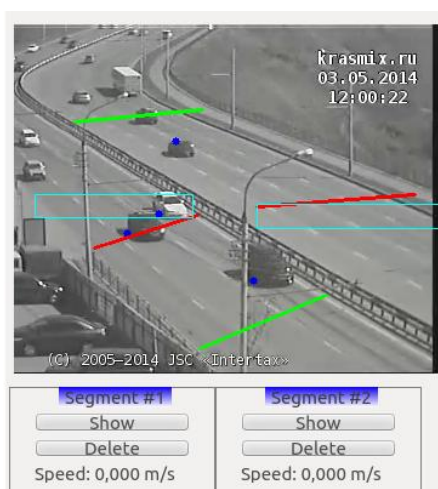


Рисунок 4 – Два контрольных участка

Таким образом, разработанное программное обеспечение, позволяет находить характеристики потоков движущихся транспортных средств и может быть использовано как один из источников информации о ситуации на дорогах.

### Список литературы

1. Вычисление оптического потока методом Лукаса-Канаде. Теория. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/169055/>
2. Сегментация движущихся объектов в видеопотоке. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
3. <http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2012/etf/zaitsev/library/article3.htm>
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. ISBN 5-94836-028-8.
5. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. Соифера В.А.. – М.: Физматлит, 2001. – С. 784.
6. Chris Stauffer, Eric W. Grimson L. Learning Patterns of Activity Using Real-Time Tracking – 2000.

УДК 347.78

## УЧЕТ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КАК ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

*Л. Н. Маркина, Р. В. Морозов*

*Администрация города Красноярск, Красноярск*

*e-mail: [marlyni@admkrsk.ru](mailto:marlyni@admkrsk.ru), [morozrv@admkrsk.ru](mailto:morozrv@admkrsk.ru)*

*Рассматривается процесс создания и легализации объектов интеллектуальной собственности, на примере информационных систем администрации города Красноярск. Представлены основные этапы. Показывается необходимость легализации результата интеллектуальной деятельности и его правовой охраны путем заключения договора отчуждения исключительного права.*

*Ключевые слова: интеллектуальная собственность, информационные системы, договор отчуждения исключительного права.*

В целях повышения эффективности муниципального управления, а также в соответствии с Федеральными законами от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [1], от 09.02.2009 № 8-ФЗ «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления» [2], от 27.07.2010 № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» [3] практически каждый муниципалитет сталкивается с необходимостью разрабатывать и внедрять информационные системы (далее также – ИС).

В городе Красноярске задача организации работы по созданию единой муниципальной информационной системы «Электронный муниципалитет» путем

интеграции ИС, используемых органами местного самоуправления, а также путем разработки и внедрения новых ИС, закреплена постановлением администрации города в полномочиях управления информатизации и связи (далее – УИиС) [4].

Необходимо отметить, что муниципальные ИС в администрации города Красноярска создаются на основании распоряжения администрации города от 25.03.2009 № 217-ж «Об утверждении Положения о муниципальных информационных системах» [5] по решению органов городского самоуправления, муниципальных предприятий и учреждений за счет средств бюджета города:

- сторонними организациями, привлеченными в соответствии с действующим законодательством к выполнению работ,
- либо разрабатываются специалистами УИиС (происходит крайне редко, в основном специалисты готовят техническое задание, согласовывают и оценивают необходимость разработки или приобретения ИС).

Весь процесс как последовательность процедур выглядит следующим образом (рисунок 1):

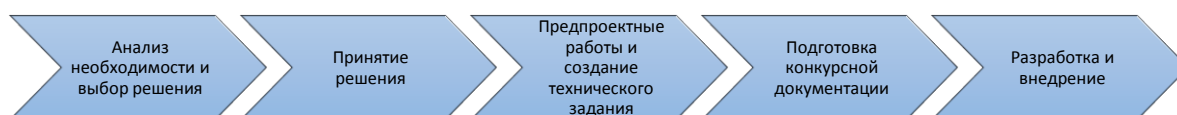


Рисунок 1 – Обычный процесс создания информационной системы

Все логично и понятно до наступления момента решения вопроса «Где и как учитывать ИС?»

С одной стороны ИС это продукт, созданный или приобретенный за счет бюджетных средств. В этой связи ее учет заключается во включении в Реестр сведений о муниципальных информационных системах (данный реестр утвержден вышеназванным распоряжением) и необходимости бухгалтерского учета. Основным регулирующим актом для осуществления бухгалтерского учета интеллектуальной собственности, является Положение по бухгалтерскому учету (ПБУ) 14/2007 «Учет нематериальных активов» (утв. приказом Минфина России от 27.12.2007 № 153н) [6]. Оператором Реестра сведений о муниципальных ИС является УИиС, бухгалтерский учет осуществляет управление делами администрации города.

С другой стороны ИС это результат интеллектуальной деятельности, подлежащий правовой охране и имущественному учету. Правовой основой, регулирующей отношения в сфере прав на результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации, является Гражданский кодекс РФ (далее – ГК РФ). [7]

Для решения вопроса имущественного учета ИС, при разработке и утверждении Положения о муниципальных ИС, был расширен перечень объектов подлежащих учету в Реестре муниципальной собственности. Оператором Реестра муниципальной собственности является департамент муниципального имущества и земельных отношений администрации города. В результате указанных действий в Реестре муниципальной собственности появился раздел «Реестр имущественных прав (исключительные права на результаты интеллектуальной деятельности и на средства индивидуализации)».



В 2011 году Минэкономразвития РФ утверждает своим приказом порядок ведения органами местного самоуправления реестров муниципального имущества.[8] В соответствии с данным Порядком исключительные права муниципальных образований на результаты интеллектуальной деятельности не являются объектами учета в реестре. После очередного предписания прокуратуры из перечня объектов подлежащих учету в Реестре муниципальной собственности раздел «Реестр имущественных прав (исключительные права на результаты интеллектуальной деятельности и на средства индивидуализации)» в 2014 году исключен. За данный период времени на учет поставлена всего одна система и подготовлены документы еще на две.

Изучая опыт других городов, можно сделать вывод, что после исполнения муниципального контракта и подписания актов о выполненных работах, органы местного самоуправления, как правило, не проводят дальнейшую работу по легализации объекта интеллектуальной деятельности или средства индивидуализации, созданного при выполнении работ по муниципальному контракту (рисунок 2).



Рисунок 2 – Незаконченная процедура создания информационной системы

Какие возможны варианты?

Рассмотрим вариант, когда создается абсолютно новая ИС. В данном случае все права согласно общему правилу Гражданского кодекса РФ, если муниципальным контрактом не предусмотрено иное, принадлежат исполнителю, являющемуся автором либо иным выполняющим муниципальный контракт лицом.

Таким образом, в муниципальном контракте в обязательном порядке необходимо указывать, кому конкретно в результате выполненных работ будут принадлежать исключительные права на созданный объект.

Предметом данного муниципального контракта являются только работы или услуги, в результате которых создается объект интеллектуальной собственности. При этом документы, полученные в результате исполнения контракта, не могут подтверждать исключительное право на созданный объект, но они могут являться правовым основанием для получения указанных прав.

В данном случае заказчику на вновь разработанный продукт, после выполнения исполнителем условий муниципального контракта, необходимо заключить договор отчуждения исключительного права, который позволит определить созданный объект, как продукт интеллектуальной собственности, а также осуществить бухгалтерский учет и включить ИС в реестр муниципальной собственности, как нематериальный актив.

Другой вариант, когда на рынке имеется готовая ИС с определенным количеством функции, так называемый «коробочный вариант». При покупке данного продукта, отношения между заказчиком и исполнителем устанавливаются лицензионным договором (лицензия), при этом у муниципального образования возникает только право пользования.

В соответствии с положениями ГК РФ по лицензионному договору одна сторона - обладатель исключительного права на результат интеллектуальной деятельности или на средство индивидуализации (лицензиар) предоставляет или обязуется предоставить другой стороне (лицензиату) право использования такого результата или такого средства в предусмотренных договором пределах. Лицензиат может использовать результат интеллектуальной деятельности или средство индивидуализации только в пределах тех прав и теми способами, которые предусмотрены лицензионным договором. [7]

В отношении нематериального актива уже не распространяется право оперативного управления (владение, распоряжение и пользование), а только право пользования. В данном случае получается «сложный» программный продукт, когда его определенная часть принадлежит исполнителю и используется муниципальным образованием на правах лицензионного договора, а вторая часть, специально разработана для деятельности администрации, принадлежит уже заказчику.

Поднимать вопрос о соавторстве в данном случае нецелесообразно, в связи с тем, что прибыль от «коробочного варианта» должна соразмерно делиться между авторами. На данный вариант не пойдет исполнитель, так как это является его доходом. С другой стороны финансирование из бюджета муниципалитета, в случае необходимости доработки получившегося продукта, будет только с одной стороны, что противоречит принципам соавторства.

Объединение «коробочного варианта» с дополнительными разработками в один программный продукт также не позволит, в дальнейшем, выделять бюджетные средства, так как часть системы, используется органом местного самоуправления на правах пользования. При этом модернизация, актуализация или другая доработка данного продукта, может привести к нецелевому использованию бюджетных средств. Вместе с тем, в деятельности муниципальных органов очень часто возникает необходимость по доработке объекта интеллектуальной собственности.

Выходом из данной ситуации, является заключение договора отчуждения исключительного права, но уже на часть программного продукта, которая разработана по заказу муниципального образования. Данный договор позволит выделить и учесть нематериальный объект и использовать на него бюджетные средства (рисунок 3).

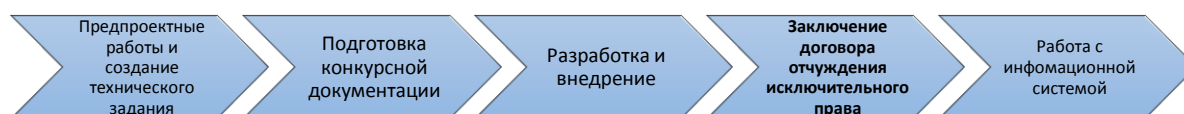


Рисунок 3 – Необходимые этапы создания информационной системы

При этом необходимо помнить, что в определенных Гражданским законодательством случаях, договора о распоряжении исключительным правом подлежат государственной регистрации (порядок регистрации предусмотрен Постановлением Правительства РФ от 24.12.2008 № 1020) [9], однако свидетельство о государственной регистрации результата интеллектуальной деятельности не является

правоустанавливающим документом. Оно всего лишь одно из доказательств принадлежности прав конкретному лицу.

Таким образом, в любом из представленных вариантов муниципалитету необходимо, при создании объектов интеллектуальной собственности, заключать договор отчуждения исключительного права, который направлен на легализацию результата интеллектуальной деятельности и его правовую охрану.

### **Список литературы**

1. Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.2006 № 149-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2006. №31 (1 ч.). Ст. 3448.

2. Федеральный закон «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления» от 09.02.2009 № 8-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2009. № 7. Ст. 776.

3. Федеральный закон «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» от 27.07.2010 № 210-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2010. № 31. Ст. 4179.

4. Постановление администрации г. Красноярск «О совершенствовании структуры управления администрации города» от 18.11.2005 № 580 // СПС КонсультантПлюс.

5. Распоряжение администрации г. Красноярск «Об утверждении Положения о муниципальных информационных системах» от 25.03.2009 № 217-ж // Городские новости. № 44. 01.04.2009.

6. Приказ Минфина РФ «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет нематериальных активов» (ПБУ 14/2007)» от 27.12.2007 № 153н // Российская газета. № 22. 02.02.2008.

7. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) от 18.12.2006 № 230-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 2006. № 52 (1 ч.). Ст. 5496.

8. Приказ Минэкономразвития РФ «Об утверждении Порядка ведения органами местного самоуправления реестров муниципального имущества» от 30.08.2011 № 424 // Российская газета. № 293. 28.12.2011.

9. Постановление Правительства РФ «О государственной регистрации договоров о распоряжении исключительным правом на изобретение, полезную модель, промышленный образец, зарегистрированные топологию интегральной микросхемы, программу для ЭВМ, базу данных и перехода без договора исключительного права на изобретение, полезную модель, промышленный образец, товарный знак, знак обслуживания, наименование места происхождения товара, зарегистрированные топологию интегральной микросхемы, программу для ЭВМ, базу данных» от 24.12.2008 № 1020 // Собрание законодательства РФ. 2009. № 2. Ст. 225.



## **ВЫЧИСЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ**

*М.С. Медведев*

*Сибирский федеральный университет,*

*Институт космических и информационных технологий, Красноярск*

*e-mail: [aipracs@mail.ru](mailto:aipracs@mail.ru)*

*В статье исследуются возможности метода эмпирической модовой декомпозиции для создания моделей фонем русского языка в системе преобразования речи в текст. Производится сравнение предложенного метода с преобразованием Фурье и вейвлет-преобразованием. Экспериментальная оценка показала, что реализованный метод имеет преимущества в задаче формирования признаков речевого сигнала (в рамках нейросетевого подхода).*

*Ключевые слова: Распознавание речи, преобразование Гильберта-Хуанга, вейвлет-анализ, метод эмпирической модовой декомпозиции*

Несмотря на динамичное развитие рынка речевых систем, остаются нерешенными основные задачи данного направления, такие как распознавание слитной речи, многоязыковая поддержка, дикторонезависимость, а коэффициент распознавания, заявленный разработчиками программного обеспечения данной области в реальности оказывается завышенным и не позволяет пользователям комфортно использовать существующие программные продукты. Поэтому исследования и разработка новых эффективных алгоритмов распознавания речи актуальны. Разработка эффективных алгоритмов распознавания русской речи является ключевым моментом в решении следующих задач:

- преобразования речи в текст,
- понимания речи,
- голосового управления,
- автоматического перевода,
- распознавания речи в телефонии (голосовые меню).

Основная цель исследований, описываемых в статье, заключается в изучении моделей фонем русского языка, разработке методов и алгоритмов преобразования речи в текст, позволяющих повысить качество распознавания. Для решения поставленной задачи были систематизированы существующие методы и алгоритмы, используемые для построения систем распознавания речи, выполнена программная реализация системы преобразования речи в текст с использованием разработанных моделей фонем русского языка, произведена оценка качества распознавания разработанной системы.

Речевой сигнал является примером нестационарного процесса, в котором информативным является сам факт изменения его частотно-временных характеристик (рисунок 1).

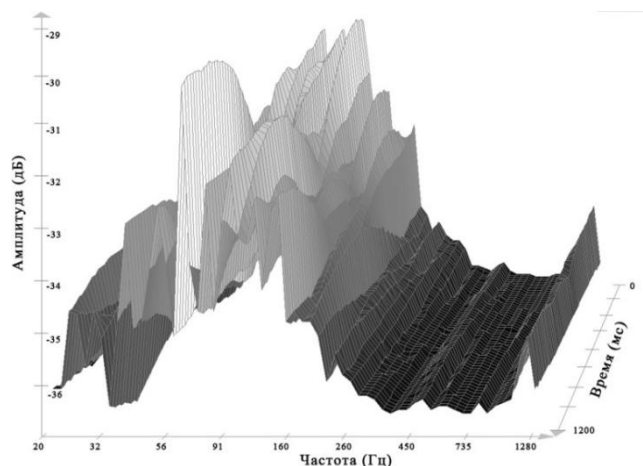


Рисунок 1 – Частотно-временное представление речевого сигнала

Рассматривались методы вычисления признаков речевого сигнала с использованием преобразования Фурье, вейвлет-преобразования, преобразования Гильберта-Хуанга. Были проанализированы особенности и выделены преимущества и недостатки применения рассмотренных методов в задаче классификации речевых сигналов фонем.

### Оконное преобразование Фурье

Классическое преобразование Фурье имеет дело со спектром сигнала, взятым во всем диапазоне существования переменной. Наибольший интерес представляет локальное распределение частот, в то время как требуется сохранить изначальную переменную (обычно время). С позиций точного представления произвольных сигналов и функций, преобразование Фурье имеет ряд недостатков, которые привели к появлению оконного преобразования Фурье и стимулировали развитие вейвлет-преобразования. Отметим основные из них [1]:

- ограниченная информативность анализа нестационарных сигналов и практически полное отсутствие возможностей анализа их особенностей, т.к. в частотной области происходит «размазывание» особенностей сигналов по всему частотному диапазону спектра.
- появление эффекта Гиббса на скачках функций, при усечениях сигналов и при вырезке отрезков сигналов для локального детального анализа;
- гармонический характер базисных функций.

Неспособность преобразования Фурье осуществлять временную локализацию кратковременных частотных изменений в сигналах частично устраняется введением в преобразование оконной функции, имеющей компактный носитель, что позволяет представить результат преобразования в виде функции частоты и временной координаты окна (1).

$$F(\hat{t}, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot W(t - \hat{t}) e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

## Вейвлет-преобразование

Вейвлет-преобразование сигналов является обобщением спектрального анализа. Применяемые для этой цели базисы были названы вейвлетами – функциями двух аргументов – масштаба и сдвига. Вейвлет-преобразование обеспечивает двумерное представление исследуемого сигнала в частотной области в плоскости частота-положение, аналогом частоты при этом является масштаб аргумента базисной функции, а положение характеризуется ее сдвигом. Это позволяет разделять крупные и мелкие особенности сигналов, одновременно локализуя их на временной шкале [2].

Введение вейвлет-преобразования дает возможность уменьшить влияние принципа неопределенности Гейзенберга на полученном частотно-временном представлении сигнала. Любую функцию можно разложить на некотором заданном уровне разрешения (масштабе)  $j_n$  в ряд вида:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{2M-1} s_{j_n,k} \varphi_{j_n,k} + \sum_{j=j_n}^{j_{\max}} \sum_{k=0}^{2M-1} d_{j,k} \psi_{j,k}, \quad (2)$$

где  $\varphi_{j_n,k}$  и  $\psi_{j,k}$  – масштабированные и смещенные версии скейлинг-функции (масштабной функции)  $\varphi$  и «материнского вейвлета»  $\psi$ ;  $s_{j,k}$  – коэффициенты аппроксимации;  $d_{j,k}$  – детализирующие коэффициенты.

Данный метод был выбран для исследований его применимости для создания моделей речевых сигналов фоном. Признаки, получаемые в результате, характеризуют сигнал и во временной и частотной плоскости [3] (рисунок 2).

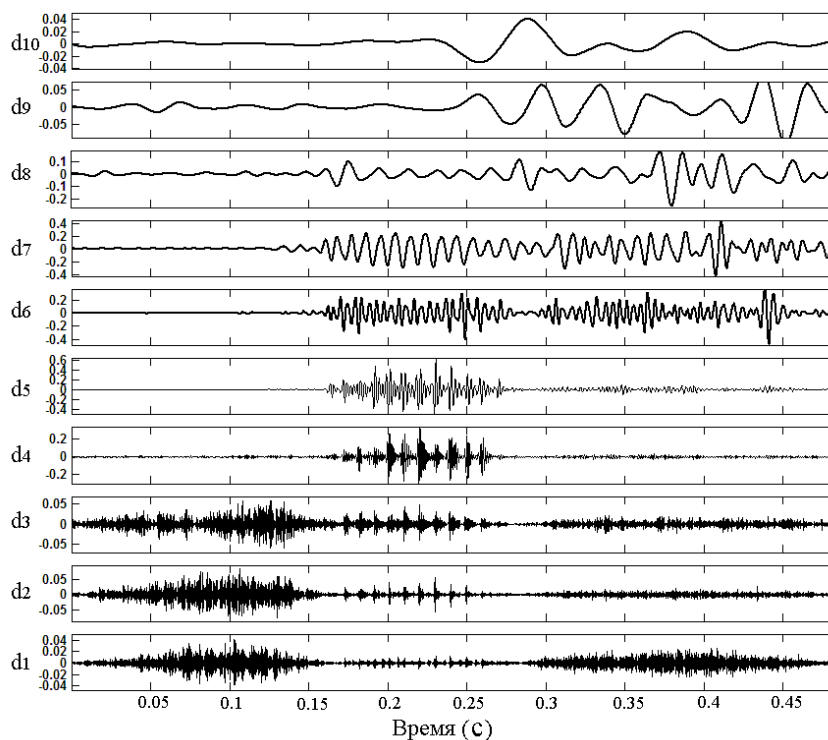


Рисунок 2 – Коэффициенты вейвлет-разложения речевого сигнала на десять уровней детализации

## Преобразование Гильберта-Хуанга

Преобразование Гильберта-Хуанга представляет собой частотно-временной анализ данных (сигналов) и не требует априорного функционального базиса преобразования. Функции базиса получаются адаптивно непосредственно из данных процедурами отсеивания функций эмпирических мод. Схема преобразования Гильберта-Хуанга может быть разделена на два этапа. На первом шаге, экспериментальные данные разлагаются в ряд внутренних модовых функций (IMFs). Эти функции представлены как базис преобразования. Нахождение таких функций выполняется с помощью метода эмпирической декомпозиции (Empirical Mode Decomposition, EMD), который может быть описан следующим алгоритмом [4]:

1. Осуществляется поиск локальных экстремумов анализируемого сигнала.
2. По найденным на предыдущем этапе точкам минимальных и максимальных значений сигнала строится его верхняя и нижняя огибающие.
3. Определяется функция средних значений  $m(t)$  между огибающими:

$$m(t) = (e_{min}(t) + e_{max}(t)) / 2, \quad (3)$$

где  $e_{min}(t)$  – нижняя огибающая сигнала,  $e_{max}(t)$  – верхняя огибающая сигнала.

4. Разность между сигналом и функцией средних значений дает компоненту отсеивания, которая представляет собой локальную высокочастотную составляющую (детализирующую функцию)  $d(t)$ :

$$d(t) = x(t) - m(t), \quad (4)$$

где  $x(t)$  – анализируемый сигнал,  $m(t)$  – функция средних значений.

5. Операции 1-4 повторяются, принимая за исходный сигнал  $x(t)$  детализирующую функцию  $d(t)$ , вычисленную с помощью выражения (4). По мере увеличения количества итераций функция средних значений  $m(t)$  стремится к нулевому значению, а функция  $d(t)$  – к неизменяемой форме, которая принимается за наиболее высокочастотную модовую функцию.

6. Определенная описанным способом функция  $imf(t)$ , вычитается из исходного сигнала, оставляя в результате остаток  $r(t)$ , содержащий низкочастотные составляющие:

$$r(t) = x(t) - imf_i(t), \quad (5)$$

где  $x(t)$  – анализируемый сигнал,  $imf_i(t)$  – внутренняя модовая функция.

7. Поиск следующей внутренней модовой функции осуществляется, по шагам, описанным выше, с той разницей, что входным сигналом будет являться остаток  $r(t)$ .

8. Алгоритм метода декомпозиции эмпирических мод останавливается, когда остаток, в идеале, не содержит экстремумов. Это означает, что остаток  $r(t)$  – является константой или монотонной функцией.

Извлеченные внутренние модовые функции имеют уникальные локальные частоты, причем каждая из составляющих содержит более низкие частотные составляющие, чем извлеченная перед ней.

На рисунке 3 представлены графики шести модовых функций, полученных методом эмпирической декомпозиции речевого сигнала для речевого сигнала слова.

Численные исследования, проведенные в работе показали, что параметры внутренних модовых функций и их количество претерпевают существенные изменения даже в рамках какой-либо одной фонемы (в пределах выборки). В силу этого обстоятельства значения отсчетов, полученных модовых функций в качестве признаков для обучения нейросети не представляется возможным использовать.

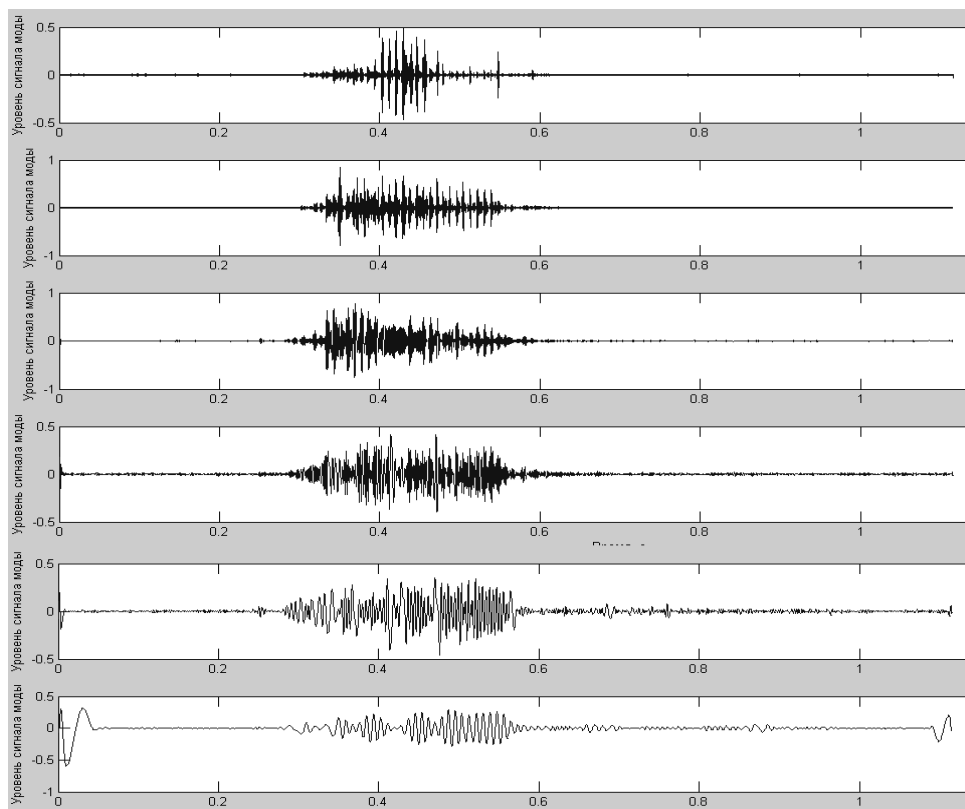


Рисунок 3 - Семейство первых шести эмпирических мод речевого сигнала

В качестве варианта для формирования описательных признаков фонем рассматривались значения энергии, рассчитанные для каждой из полученных эмпирических мод. В данном случае к каждому кадру речевого сигнала фонемы применяется метод модовой декомпозиции с последующим расчетом значений средней энергии для каждой из модовых функций. Таким образом, можно сформировать вектор из вычисленных энергетических коэффициентов, размерность которого будет равна количеству рассчитанных внутренних мод.

Однако в данном подходе не учитывается отличительная особенность самого метода EMD, заключающаяся в адаптивном построении функций разложения сигнала в зависимости от его природы. Для различных сигналов модовые функции, вычисленные на итерациях с одинаковым порядковым номером могут содержать различные по частотному составу компоненты, не смотря на то, что их колебания будут более низкочастотными, чем у модовой функции, полученной на предыдущих итерациях.

Для формирования вектора признаков фонем можно вычислять спектр мгновенных частот Гильберта для полученных методом декомпозиции внутренних модовых функций (преобразование Гильберта-Хуанга).

После выполнения преобразования Гильберта для каждой внутренней модовой функции анализируемый сигнал  $x(t)$  может быть выражен как вещественная часть комплексной формы в следующем виде [5]:

$$x(t) = RE \left[ \sum_{j=1}^n a_j(t) * \exp(i \int \omega_j(t) dt) \right] \quad (6)$$

Данный подход позволяет получить частотно-временное представление анализируемого речевого сигнала (рисунок 4).

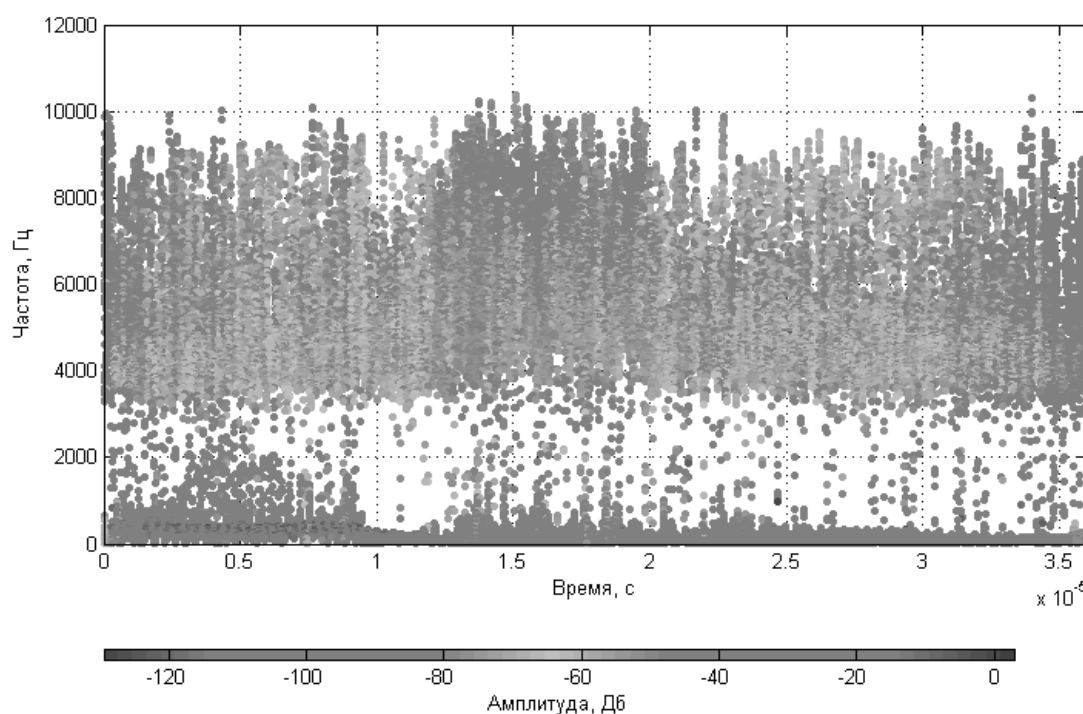


Рисунок 4 – Частотно-временное представление речевого сигнала слова «оса» с помощью преобразования Гильберта-Хуанга

Несмотря на очевидную картину преобладания частот определенных диапазонов в пределах отдельных фонем, наблюдаются флуктуации частотных характеристик с течением времени. Поэтому для построения вектора признаков было принято рассматривать суммарный спектр мгновенных частот на всей длительности сигнала фонемы. Для сокращения длины вектора спектральных признаков используется усреднение амплитудных значений на интервале длиной 20 частотных отсчетов, таким образом, вычисляется вектор из 60 значений частот, используемый для классификации речевых сигналов.

Количество внутренних модовых функций, используемых для построения признаков фонем было экспериментально ограничено до 3-х, что позволяет выделять необходимые для классификации частотные признаки и сокращает время их вычисления, останавливая метод EMD на более ранних итерациях.

Исходя из результатов проведенных теоретических исследования, была предложена и конкретизирована модель фонемы на основе метода, использующего в своей основе преобразование Гильберта-Хуанга. Определены параметры модели фонемы для применения в задаче распознавания речи. На рисунке 5 изображены графики спектров, полученные на основе частотного анализа Гильберта эмпирических функций мод речевых сигналов фонем русского языка.

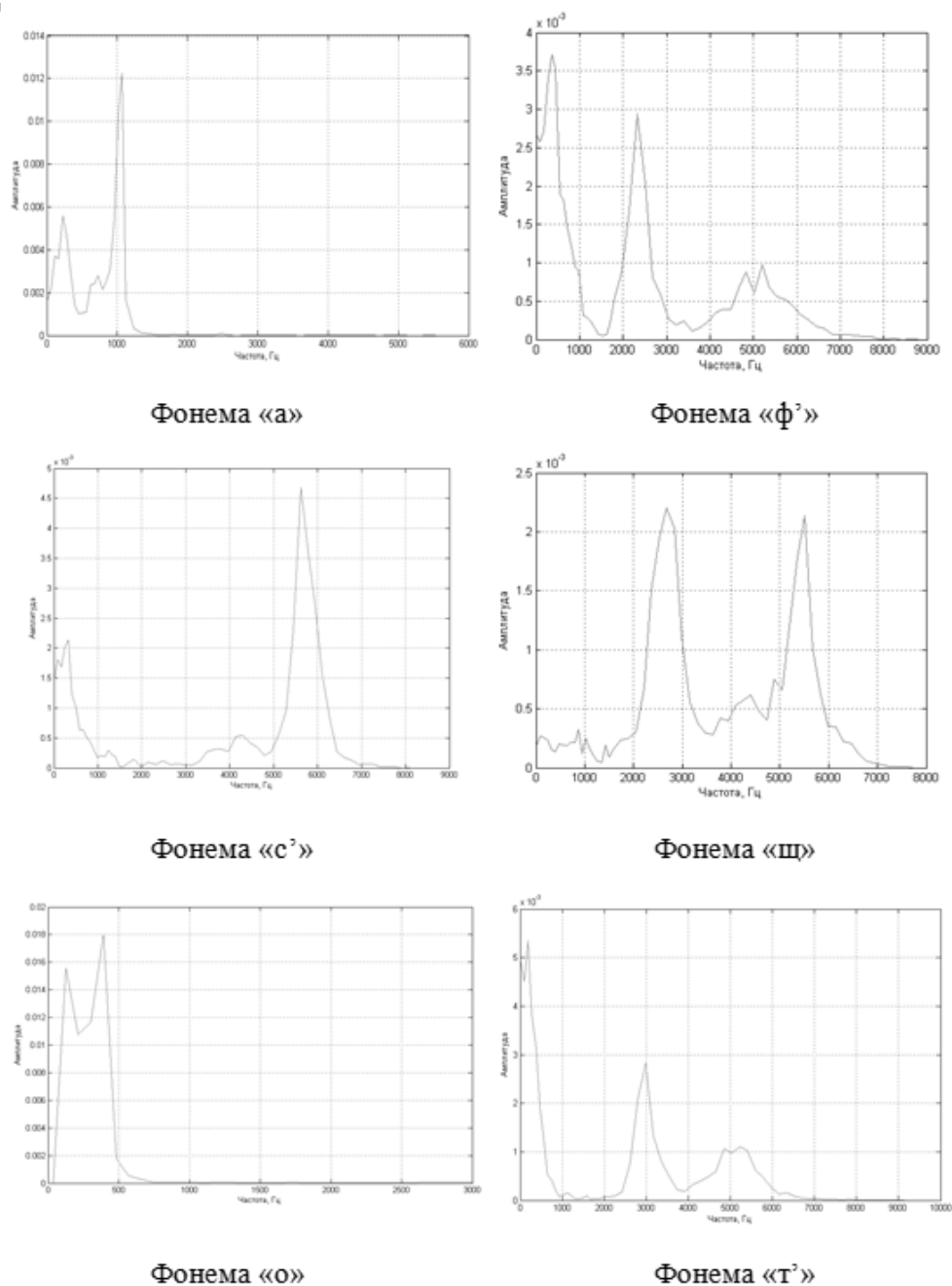


Рисунок 5 – Частотный анализ Гильберта на основе эмпирических мод речевых сигналов фонемы русского языка

На основе представленных алгоритмов в среде Matlab была разработана система преобразования речи в текст, позволяющая проводить экспериментальные исследования и оптимизацию разработанных методов и алгоритмов (рисунок 6).

Был проведен сравнительный анализ качества распознавания фонем с использованием различных подходов для формирования признаков речевого сигнала: с помощью вейвлет-преобразования и с применением метода, разработанного на основе преобразования Гильберта-Хуанга. Анализ результатов показал преимущества последнего подхода.

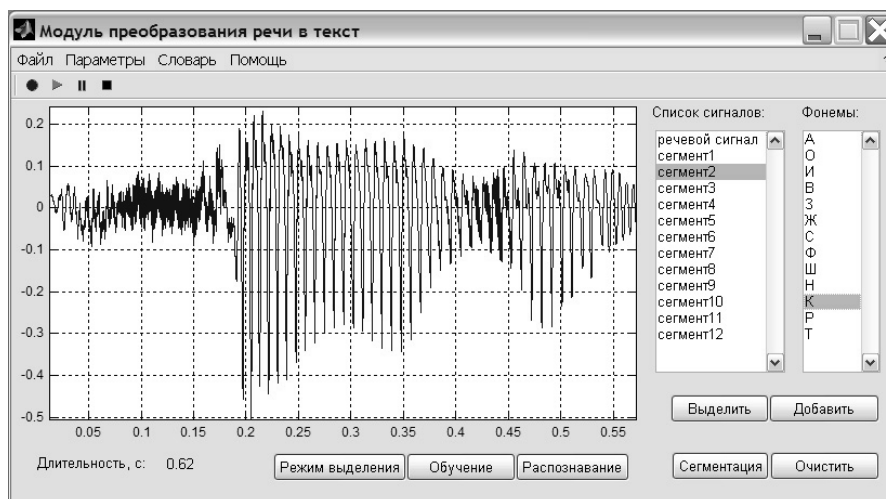


Рисунок 6 – Пользовательский интерфейс программы

Эксперименты по определению качества работы системы показали, что коэффициент распознавания фонем составил 95,2%. На основе полученных результатов можно сделать выводы о возможности применения разработанного метода для формирования признаков речевых сигналов фонемы на основе преобразования Гильберта-Хуанга в задаче распознавания речи.

### Список литературы

1. Давыдов А.В. Цифровая обработка сигналов: Тематические лекции. – Екатеринбург: УГГУ, ИГиГ, ГИН, Фонд электронных документов, 2005.
2. Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование. //Успехи физических наук. – 2001 – т. 171, №5. – с. 465-500.
3. Медведев М.С. Использование вейвлет-преобразования для построения моделей фонем русского языка //Вестник КрасГУ. Серия физ.-мат. науки. - 2006. Вып. 9. - С. 193-201.
4. Qin S.R., Zhong Y.M. A new envelope algorithm of Hilbert–Huang Transform // Mechanical Systems and Signal Processing 20. 2006 – P. 1941–1952.
5. The Hilbert-Huang transform and its applications / editors, Norden E. Huang, Samuel S.P. Shen. - World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 5 Toh Tuck. Link, Singapore 596224.



## ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ВУЗОВСКИЙ КУРС «ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА»

*Т.В. Минькович*

*Забайкальский государственный университет, Чита*

*e-mail: tvminkovich@mail.ru*

*Рассматривается проблема подготовки учителей информатики к выполнению задачи формирования у школьников системы знаний об информационном компоненте реальности, представляющей основы информационной научной картины мира. Представлено содержание вузовского общеобразовательного курса, решающего указанную задачу. Акцентируется внимание на междисциплинарном характере задачи формирования мировоззрения, на систематизирующей и интегрирующей знания студентов функции курса. Показаны модификации курса для подготовки будущих учителей информатики в вузе и для действующих учителей информатики в системе повышения квалификации*

*Ключевые слова: информационная научная картина мира, образование учителя информатики, задачи обучения информатике, условия формирования у учащихся научной картины мира.*

**I. Основания проблемы.** Под информационной научной картиной мира (далее - ИНКМ) понимаем систематизированное качественное обобщение научного знания об информационном компоненте реальности [1]. Возможность и необходимость размышлений по поводу ИНКМ обусловлена признанием в настоящее время фундаментальности феномена информации и существования концепции, согласно которой информационные закономерности должны иметь общую основу для своего проявления, как в живой, так и в неживой природе, в том числе — и в искусственно создаваемых человеком технических системах [2]. ИНКМ дополняет вещественно-энергетическую научную картину мира, традиционно именуемую естественнонаучной картиной мира (далее - ЕНКМ), до целостного представления о мире на данном этапе развития науки. При этом ИНКМ выходит за традиционные рамки ЕНКМ (природа), т.к. включает знания об информационном аспекте существования общества (Рис. 1).

Задача формирования у подрастающего поколения научной картины мира для отечественной школы стала традиционной. Адекватное научное мировоззрение дает возможность оценивать выдвигаемые идеи, проекты, степень сложности ставящихся целей, позволяет избегать постановки принципиально недостижимых целей и принимать адекватные решения. Образно говоря, владение ЕНКМ должно остановить от попыток создания вечного двигателя и поиска философского камня, а владение ИНКМ должно заставить человека, по крайней мере, насторожиться при упоминании об энергоинформационных полях и других подобных объектах, даст опору для противостояния мистикам и мошенникам, спекулирующим на темах информации.



Рисунок 1 – Соотношение понятий о научной картине мира

Необходимость отражения информационного аспекта действительности в структуре общего образования обосновал В.С. Леднев ещё в 1970-х [3], констатировав появление нового объекта научного исследования. В то время новый компонент общего образования был назван кибернетическим. В настоящее время информационный аспект картины мира формируется, наряду с многогранной информатикой, имеющей кибернетические корни, совокупностью смежных научных дисциплин: семиотикой, нейрофизиологией, философией, синергетикой и др.

**II. Проблема.** Начиная с 1995 г. миссия формирования системы научных мировоззренческих знаний официально возлагается и на школьный курс информатики [2]. Даже в Федеральном государственном образовательном стандарте для старшей школы 2010 г., в котором информатика определена в одну образовательную область с математикой, предусмотрен на базовом уровне сложности такой предметный результат как «сформированность представлений о роли информации и информационных процессов в социальных, биологических и технических системах», а на профильном уровне - «владение системой базовых знаний, показывающих вклад информатики в формирование современной научной картины мира» [5, с. 28 -29].

Однако сохраняющаяся в настоящее время научная дискуссионность предмета научной области «информатика» и многих положений, которые могут составлять ИНКМ, дает повод организаторам образования для пренебрежения в практике обучения информатике задачей формирования мировоззрения. Это проявляется в содержании контрольно-измерительных материалов общественной аттестации учащихся (ЕГЭ и ГИА), в тематике и программах конкурсных мероприятий для учащихся (олимпиадах, конкурсах, турнирах), в приоритетности для администраторов образовательных учреждений формирования ИКТ-компетентности учащихся как задачи обучения информатике. Знания учителей информатики в области ИНКМ, как правило, ограничиваются сведениями из избранного в школе учебника информатики, которые весьма лаконичны, а в сопоставлении со сведениями той же тематики из других источников не редко и противоречивы. Для нас о пренебрежении фундаментальными научными основаниями красноречиво свидетельствует факт существования в рекомендованных УМК по информатике задач, подобных этой: «Скорость чтения

ученика 4 класса составляет приблизительно 120 символов в минуту. Какой объем информации получит ученик, если будет непрерывно читать в течение 30 минут?».

Приходится констатировать, что в сложившихся условиях у учителей информатики нет стимула ни для эффективной работы с учащимися по формированию системы мировоззренческих знаний, ни для самообразования в этой области. Образуется проблемный круг: неподготовленный и незаинтересованный в результате учитель не сможет сформировать ожидаемую систему мировоззренческих знаний.

**III. Основания решения проблемы.** Разорвать образовавшийся проблемный круг можно на уровне профессионального образования.

Возможно ли формирование у студентов ИНКМ путем распределенного изучения компонентов искомой системы знаний в нескольких дисциплинах, касающихся проявлений информационной сущности действительности, например, в психологии, физиологии, философии, архитектуре вычислительных систем, математике, в языковых и других дисциплинах? Принципиальный ответ дали ещё в 80-е г. методисты по физике, рассуждавшие об условиях формирования физической картины мира в общем образовании: целостная обобщенная система знаний может быть сформирована только в рамках специально определенной для этой цели учебной дисциплины, распределенное освоение целостной системы знаний невозможно.

Должны ли брать на себя эту задачу дисциплины, в названии которых присутствуют термины «информатика» и/или «информационные технологии»? Учитывая опыт школьной информатики, следует ответить «нет». В организации процесса обучения информатике в школе ввиду сложившегося дуализма целей этого учебного предмета (система знаний об информационных процессах в различных системах + информационные технологии) существуют сложности. Целям обеспечения ИКТ-компетентности учащихся более отвечает логика разработки проектов, движение от проблемы к практическому решению. Целям же формирования ИНКМ соответствует логика научного поиска «от явления к сущности»: исследование явлений, систематизация фактов, поиск закономерностей, мысленный эксперимент и др. Технологическая составляющая информатики в умах преподавателей незыблема. «Борьба» целей и соответствующих им способов обучения с наиболее вероятным выбором в пользу прагматических целей будет исключена, если достижению каждой из целей, по крайней мере, в вузе будет отведена отдельная дисциплина (или группа дисциплин). К такому решению приводит также понимание, что информационный аспект действительности изучается не только (а на сегодняшний день даже не столько) информатикой.

Таким образом, формированию в сознании студентов ИНКМ должна быть посвящена отдельная дисциплина, но это не «информатика» (или её компоненты и производные). Курс, который дополняет традиционные курсы, представляющие вещественно-энергетическую часть естественно-научной картины мира, в Забайкальском государственном университете появился в 2005 году. Общая трудоемкость дисциплины «Основы информационной научной картины мира» (далее «Основы ИНКМ») составляет 2 зачетных единицы, 72 часа: 34 аудиторных и 38 часов самостоятельной работы.

Задачи общеобразовательного курса «Основы ИНКМ» определены так:

- обобщение, систематизация и развитие знаний в области информационного аспекта существования систем живой природы, человека, общества, а также искусственной природы, созданной человеком;
- приобретение опыта анализа ситуаций и систем различной природы с целью обнаружения фактов информационных взаимодействий и информационных процессов и дальнейшего изучения этих явлений;
- формирование представления об информатике как комплексной научной области, включающей фундаментальные естественнонаучные исследования.

**IV. Содержание общеобразовательного курса «Основы ИНКМ».** Поскольку курс помимо задачи предъявления фундаментальной информатики выполняет функцию систематизации и обобщения знаний из многих дисциплин, содержание курса во всех темах представлено двумя составляющими: базовым внедисциплинарным материалом (далее обозначается как ВДМ) и специфическим предметным материалом, взятым из информатики или являющимся производным от ВДМ.

**Введение в дисциплину.** Два значения термина ИКМ, понятие «информационная научная картина мира». Структура знаний, образующих ИНКМ. Междисциплинарный характер обобщений в области ИНКМ. Соотношение ИНКМ и ЕНКМ. Цели изучения ИНКМ в общем образовании. Научно-исследовательские проблемы: состояние вопроса осознания ИНКМ в науке.

ВДМ (философия): понятие научной картины мира, виды НКМ, ЕНКМ; философские проблемы осознания информационного аспекта устройства мира.

**Информационные основы целесообразного функционирования систем.** Кибернетика как аспектная наука ряда систем, имеющих цель существования. Управление как способ достижения цели системы, взаимодействующей со средой. Структурная модель системы управления. Функционирование системы управления. Роль отрицательной обратной связи в регулировании целесообразного функционирования систем. Виды систем управления. Относительность отношения управления. Иерархия уровней управления. Уровни управления в организме. Принцип управления (Н. Винер). Роль информационных процессов в функционировании систем различной природы.

ВДМ (философия): системные представления - объект, среда, система, состояние системы; природа (живая и косная), человек, общество, техника как мировые системы; два типа организации материи - вещественно-энергетический и негэнтропийный (Ф.Энгельс, реконструкция В.С. Леднева); два плана научного отражения действительности - объектный и аспектный.

**Информационные основы развития систем.** Синергетика: объект исследования, история формирования и актуальный статус научного направления, принципы разработки синергетических моделей взаимодействия и развития систем, основные понятия. Роль положительной обратной связи в развитии систем.

ВДМ: примеры синергетических моделей взаимодействия и развития систем из областей физики, обществознания, психологии.

**Информация, данные, информационные процессы в межлическом общении.** Передача информации. Сообщение, сигнал. Информация как содержание сообщения. Условия существования информации. Данные как изменения,

произошедшие в системе в результате регистрации сигнала. Информация как продукт взаимодействия объективных данных и субъективных методов их интерпретации в системе. Информационный объект. Информационный процесс. Гипотезы о базовых и комплексных информационных процессах, о естественных информационных процессах и информационно-технологических процессах.

***Получение человеком информации о действительности и о самом себе.*** Ощущение как информационный процесс. Когнитивные процессы человека как информационные процессы. Ключевой механизм самоуправления организма.

ВДМ (анатомия, физиология, нейрофизиология, когнитивная психология): сенсорные системы человека; нейрон, передача сигнала между нейронами; безусловный рефлекс; нервная система - сеть нейронов, назначение периферической, соматической и вегетативных систем, центральная нервная система, функции головного мозга; когнитивные процессы - ощущение, запоминание /восстановление, внимание, обработка (сравнение, изменение), восприятие, представление; виды памяти человека; репрезентация знаний в мозгу человека, единица информации, укрупнение единицы информации; ощущение человеком себя в пространстве и времени; условный рефлекс.

***Операции компьютера с данными и информационные процессы.*** Отношения управления во взаимодействии человека и компьютера. Искусственный интеллект: как научное направление, основные проблемы и состояние их решения на сегодняшний день, направления исследований с позиции соотнесения «механизмов» интеллектуальной деятельности человека и компьютера. Принципы функционирования компьютера и аппаратно-программные процессы внутри компьютера.

ВДМ (когнитивная психология): понятие «интеллектуальная деятельность», модели интеллекта.

ВДМ (информационные технологии): принципы функционирования компьютера.

***Подходы к определению количества и свойств информации.*** Семантические теории информации, тезаурусная теория информации А.Ю. Шрейдера. Прагматические теории информации. Семантические и прагматические свойства воспринимаемой информации. Законы, закономерности и принципы, определенные в теориях информации, которые эффективно работают на практике.

ВДМ (теоретическая информатика): математическая теория связи, синтаксический подход к оценке количества и свойств информации.

***Понятие «информационное взаимодействие» в биоинформатике.*** Биоинформатика как научное направление. Информационное взаимодействие: определение, классы по типу взаимодействующих систем. Свойство сигнальности как признак информационности взаимодействия (опосредованность, дискретность, цепочечность, предусмотренность, выбор). Компоненты информационного взаимодействия (физический, сигнальный, лингвистический, семантический, прагматический). Признаки сигнальности во взаимодействии нейронов и в реализации когнитивных процессов человека.

### ***Эволюция информационности как часть общебиологической эволюции.***

Эволюционные представления Г. Фоллмера. Информационные взаимодействия на доорганизменных уровнях и в организме на допсихическом уровне. Эволюционное объяснение способности мышления. Проективная теория познания (когнитивная метафора). Понятия «когнитивная ниша», «гипотетический реализм», «биологическая традиция» и «культурная традиция».

ВДМ (философия): гносеология и эволюционная эпистемология.

ВДМ (физика): молекулы, атомы, элементарные частицы, взаимодействия частиц.

ВДМ (химия): молекулярные связи, органические молекулы.

ВДМ (биология): основные биомолекулы; строение, функции, механизм взаимодействия РНК и ДНК; клетка - органеллы, роль мембраны, взаимодействие со средой, роль ферментов; отличие прокариотов от эукариотов; креоды; эволюционная теория происхождения видов Ч. Дарвина.

### ***Представление о «моделировании» как компоненте ИНКМ.***

Моделирование как врожденная способность сознания создавать образы реальной и воображаемой действительности. Моделирование как универсальный способ осуществления деятельности.

ВДМ (философия): соответствие физического объективного мира его субъективному репрезентативному образу в сознании человека.

***Кибернетический подход к эволюции.*** Кибернетический подход к эволюции Вселенной В.Ф. Турчина: причины возникновения иерархии систем в природе; принцип взаимодействия в иерархии подсистем; распознаватели и классификаторы; понятие «метасистемный переход»; метасистемный переход как квант эволюции; этапы эволюции жизни; кибернетический манифест (социальная интеграция, эволюция человеческой личности и культур, интеграция и бессмертие, интеграция и свобода). Информационная картина мира Р. Ф. Абдеева.

***Информация в косной природе.*** Информация как сложность и как минимальная длина программы. Рассеяние тепла в акте информационного процесса. Информация – физическая величина. Информационные парадоксы квантовой механики. Кубин. Квантовая теория информации. Квантовый компьютер.

***Философское осмысление понятия «информация».*** Функциональная и атрибутивная концепции информации. Информация как свойство, как движение (процесс). Отражение и информация: концепции В. Цонева, А.Д. Урсула и В.Г. Пушкина. Критика противопоставления функциональной и атрибутивной концепций. Методологические следствия размышлений об информации. Информационный подход в междисциплинарной перспективе. Физическая информатика.

ВДМ (философия): отражение как атрибут материи; уровни и формы отражения в соответствии с уровнями организации материи; роль процессов отражения в косной природе; возникновение информационно-сигнального отражения как переход от материи не ощущающей к материи ощущающей; физиологический механизм психической формы отражения.

**V. Особенности организации процесса обучения по курсу «Основы ИНКМ»** обуславливаются его специфическими чертами: (1) тип основной цели – формирование

системы знаний; (2) система знаний образуется, главным образом, путем систематизации и обобщения сведений предположительно уже известных студентам из других вузовских и школьных курсов; (3) научная дискуссионность ряда вопросов, которые обсуждаются в курсе впервые. Исходя из этого от студентов требуется большая самостоятельная работа, которая заключается в:

- подготовке обзорных сообщений по внедисциплинарному материалу;
- изучении первоисточников (указанных преподавателем фрагментов книг Г. Фоллмера, В.Ф. Турчина, Д. Глика, А.Д. Урсула, В.Г. Пушкина, И.М. Гуревича, Р.Ф. Абдеева; статей Н.А. Кузнецова с соавторами, и др.);
- составлении тематических словарей;
- написании эссе на тему «Основные положения ИНКМ» (обобщение и систематизация, выделение главного материала, изученного в курсе).
- Индивидуально самостоятельно дома и на занятиях в группах по 2-3 человека выполняются учебные исследования:
  - разбор ситуаций управления по схеме с опорой на терминологический словарь;
  - мысленный эксперимент по проверке гипотезы о составе базовых информационных процессов;
  - разбор ситуаций информационного взаимодействия с целью описания изменений формы представления информации, возникновения и исчезновения данных;
  - разбор ситуации информационного взаимодействия с целью описания составляющих информационных процессов и свойств полученной информации;
  - обоснование свойства сигнальности взаимодействия человека со средой посредством сенсорных систем и др.

**VI. Модификации курса «Основы ИНКМ» в системе педагогического образования.** Общеобразовательный в целом курс *для будущих учителей информатики* проводится в том же объеме, но имеет специфику, которая заключается в том, что:

- более тщательно изучается представленность знаний ИНКМ в различных УМК школьной информатики;
- делаются акценты на обосновании справедливости возложения на школьный курс информатики миссии формирования мировоззрения школьников в области информационного аспекта НКМ;
- результаты учебных исследовательских заданий рассматриваются как вклад в развитие частной методики формирования мировоззрения в аспекте ИНКМ.

Методика формирования системы знаний в аспекте ИНКМ осмысливается в целом в рамках курса «Методика обучения и воспитания (информатика)» как одна из его тем. Ещё одним прямым использованием предметных результатов курса «Основы ИНКМ» является обсуждение в том же курсе «Методика ...» процесса обучения и основных дидактических принципов с позиции информационных взаимодействий и информационных процессов.

**В системе повышения квалификации учителей информатики** и учителей начальных классов предлагается дополнительная программа повышения квалификации под названием «Проблемы решения задач формирования мировоззрения в курсе

общеобразовательной информатики». Цель курса в такой модификации: готовность учителей к реализации программ начального и среднего общего образования в аспекте достижения цели «освоение системы знаний, отражающих вклад информатики в формирование целостной научной картины мира». В результате освоения названной дополнительной профессиональной программы повышения квалификации учитель должен *знать*:

- основы ИНКМ в пределах требований рекомендованных программ по информатике для начальной, основной и средней школы; историю становления, перспективы развития и место научного направления в мировой культуре и науке;
- историю осознания задач формирования мировоззрения как задачи обучения информатике; представленность задач формирования мировоззрения в нормативных документах разных лет, включая современные, определяющих содержание образования в области информатики; ценностный аспект учебного знания в области основ ИНКМ;
- программы, учебники и учебные пособия по информатике в разделах, включающих основы ИНКМ;
- принципы обучения основам ИНКМ в рамках содержательных линий курса информатики «информационные процессы», «представление информации», «информационные основы управление»;

***уметь*:**

- анализировать учебный материал с позиции соответствия той или иной концепции информационного аспекта устройства мира;
- аргументировать свою позицию в выборе точки зрения на информационный аспект устройства мира;
- выявлять в источниках недостоверные и мало правдоподобные данные, касающиеся информационного аспекта устройства мира;
- дорабатывать (дополнять, конкретизировать, исправлять) рабочую программу по информатике в разделах, включающих материал содержательных линий «информационные процессы», «представление информации», «информационные основы управление», и обеспечивать ее выполнение;
- вести диалог в процессе анализа ситуаций управления, информационных процессов и взаимодействий;
- создавать и использовать описания и наглядные представления ситуаций управления, информационного процесса или взаимодействия;
- проектировать формы, методы, критерии контроля качества образования, а также различные виды контрольно-измерительных материалов применительно к разделам курса информатики мировоззренческого характера в соответствии с реальными возрастными и учебными возможностями детей.

**Список литературы**

1. Минькович Т.В. Информационная картина мира как отражение информационного компонента реальности / Информатика в школе: прошлое, настоящее и будущее: материалы Всеросс. Науч.-метод. Конф. По вопросам применения ИКТ в образовании, 6-7 февраля 2014 г. \ отв. За вып. Ю.А. Аляев, И.Г. Семакин; Перм. Гос. На. Исслед. Ун-т. – Пермь, 2014. – 282 с. – С.55-58.



2. Колин К.К. Философские проблемы информатики / К.К. Колин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 264 с.
3. Леднев В.С. Содержание образования: Учебное пособие. – М.: Всш. шк., 1989. – 360с.
4. О ходе реализации Программы информатизации образования в Российской Федерации на 1994-1995 гг. /Решение коллегии Минобразования РФ от 22.02.95 №4/1. // Информатика и образование. – 1995. – №4.
5. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования. - <http://минобрнауки.рф/документы/543>.

УДК 336.7

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТЕЖНЫХ СИСТЕМ В РОССИИ**

*Л.Б. Музафарова*

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

*e-mail: [lola5021@mail.ru](mailto:lola5021@mail.ru)*

*В статье рассмотрены основные этапы развития электронных платежных систем как по миру в целом, так и в России. Перечислены факторы успеха и барьеры, достоинства и недостатки цифровых способов оплаты. В связи с недавними событиями, связанными с ситуацией на Украине и введенными западными санкциями описаны перспективы и возможности создания национальной системы платежных карт. Намечен главный тренд на российском рынке платежных систем и на основе всех данных сделан прогноз и выводы.*

*Ключевые слова: электронные платежные системы, тенденции развития, факторы успеха, барьеры развития, прогноз развития цифровых способов оплаты.*

С развитием сети Интернет в нашу жизнь плотно вошли интернет-магазины, интернет-витрины и прочие интернет-сервисы. Вместе с быстро растущим рынком электронной коммерции в финансовом мире закрепляются и электронные платежные системы, являющиеся неотъемлемой частью данного сегмента бизнеса. В подтверждение, можно предоставить данные J'son & Partners Consulting: оборот рынка электронных платежных систем в России в 2013 году составил 2,4 трлн. рублей, показав рост на 27% по сравнению с 2012 годом. В чем же преимущество электронных денег перед наличными, и какое будущее ожидает электронные платежные системы, будет рассмотрено в данной статье.

На пути своего развития виртуальные финансовые средства прошли три этапа. Первый – внедрение магнитных кредитных и дебетовых карт, которые очень широко использовали электронную расчетную систему. Данный этап проходил в 80-ые годы.

Вторая фаза началась в 1990-ые, когда электронные деньги стали элементом общей системы платежей. Тогда появились смарт-карты с определенной хранимой

суммой денежных средств. Конечно, появившиеся средства платежей не заменили наличные, однако доля денежной массы на картах стремительно росла.

С бурным развитием электронной коммерции в 2000-ых электронные деньги стали основным средством онлайн-платежей, тем самым начав третий этап своего становления. Сюда можно отнести хорошо известные сервисы мобильных платежей, интернет-банкинг, системы электронных денег (Web-money, Яндекс.Деньги и другие).

В течение времени, платежные системы неоднократно модифицировались, изменялись и эволюционировали. На сегодняшний день можно выделить ряд преимуществ электронных платежей.

Во-первых, простота использования. Для создания электронного кошелька в интернете, конечно, потребуются навыки работы за компьютером и определенные знания, но знания эти минимальны, и ими обладает практически каждый человек в наши дни.

Во-вторых, современные люди ничто так не ценят, как мобильность, дающая возможность совершения различных финансовых операций в любое время и любом месте, где присутствует сеть Интернет.

В-третьих, транзакция денежных средств происходит очень быстро.

В-четвертых, безопасность денежных переводов гарантирует специальный протокол с криптографическим ключом.

В-пятых, экономия за счет низких расценок стоимости проводимых транзакций.

Помимо всех преимуществ существует немаловажный недостаток: низкий уровень доверия граждан к цифровым платежным средствам. На мой взгляд, эта проблема решится со временем. Молодое поколение более спокойно относится к электронным платежам, что нельзя сказать про старшее население. С развитием информационных технологий все больше людей будет пользоваться данными сервисами. Этот тренд подтверждают следующие факторы роста:

- появление смежных сервисов, соединяющих в себе различные технологии, или эволюция электронных платежных систем;
- улучшение юзабилити интерфейсов, или более знакомыми словами удобство и простота визуального представления сервисов;
- формирование законодательства, регулирующего данную сферу экономики, делающего сегмент e-commerce более прозрачным для пользователей и повышающим уровень доверия граждан.

Мы отнесли законодательство к факторам роста, однако с другой стороны ужесточение законов можно причислить и к барьерам, сдерживающим темпы развития цифровых способов оплаты, так как законы накладывают определенные ограничения.

Также барьером можно назвать конкуренцию сервисов между собой. Практически во всех интернет-магазинах и прочих представителях электронной коммерции добавлено несколько способов оплаты: кредитной картой, через интернет кошелек или еще какой-либо сервис. Пользователи чаще выбирают то, что им более знакомо – кредитные карты, тем самым остальные платежные системы остаются без должного внимания и развития.

Несмотря на перечисленные и не затронутые в статье барьеры, в России постоянно предпринимались попытки создания национальной платежной системы.

Первая отечественная система появилась в 1993 году – СТБ Card. Затем в оборот вошли Union Card, «Золотая корона» и «Сберкарт». Но, не смотря на все старания, в магазинах по-прежнему предпочитали пользоваться зарубежными Visa и MasterCard.

Позднее, в 2000 году, правительство планировало создание единой национальной карты на основе «Сберкарты», но столкнулось с массовой критикой, так как банки не желали, чтобы во главе единой платежной системы стоял Сбербанк. Более того, были проблемы с финансированием проекта, и власти решили, что сотрудничество с Visa и MasterCard выгоднее.

Вплоть до недавних событий, связанных с Украиной и санкциями, отечественные банки предпринимали различные уловки, чтобы удержаться на плаву: объединялись, вводили новшества, снова пытались создать единую систему. И только санкции со стороны Запада стали катализатором, когда Visa и MasterCard прекратили обслуживание некоторых банков России. Тогда идея разработки единой системы платежей была возрождена и подкреплена заявлением президента Владимира Владимировича Путина о необходимости создания такой системы и соответствующим законом. Платформу было решено разработать с нуля, используя достижения в данной сфере как зарубежных, так и российских разработчиков. Система должна будет отвечать всем требованиям безопасности, и обеспечивать бесперебойные расчеты по картам россиян. Для становления платформы потребуется около трех лет.

Сегмент банковских карт достаточно весом на рынке цифровых средств оплаты и его изменения не могут не отразиться на состоянии остальных составляющих электронных платежей. Конечно, идея о национальной системе платежных карт (далее НПСК) встретила критику: исключение России из цивилизованного мира, неудобство платежей за рубежом. Однако в Китае и Японии уже давно действуют национальные карты, которые изначально задумывались только для своих граждан, но затем распространились по миру. А если учесть, что только 21% россиян, по результатам опросов, выезжает за границу, то им достаточно будет завести вторую карту для поездок.

О преимуществах НПСК очень лаконично высказался сенатор Николай Журавлев: «НПСК призвана обеспечить бесперебойность, эффективность и доступность услуг по переводу денежных средств... Принятый закон направлен на обеспечение финансового суверенитета России».

Существует риск, что международные популярные торговые платформы откажутся работать с НПСК, но тогда получат толчок для развития альтернативные способы оплаты, что также имеет положительный эффект для системы в целом.

Таким образом, тенденция развития электронных платежных систем в России имеет положительный характер: с каждым годом количество пользователей и совокупный объем переводов растет. Если раньше основная масса цифровых платежей приходилась на оплату мобильных услуг, то сейчас люди платят и за коммунальные услуги, и за приобретение товаров в режиме он-лайн. Набирает популярность и такой сервис как Интернет-банкинг. Некую неопределенность вносит идея НПСК, неизвестно как воспримут систему клиенты, станут ли её предпочитать хорошо известным и надежным Visa и MasterCard. Единственное, что можно сказать с уверенностью, Россия готова развиваться в данном сегменте бизнеса и для этого есть все ресурсы и условия.

### Список литературы

1. Пасько Индира, Национальная платежная система: история создания [Электронный ресурс] / Пасько Индира // Интернет-журнал TheRunet. // Технологии. – 6.05.2014. – Режим доступа: <http://www.therunet.com/articles/2878-istoriya-sozdaniya-natsionalnoy-platezhnoy-sistemy-v-rossii>
2. Павел Карнауков, Электронные платежные системы: преимущества и недостатки [Электронный ресурс] / Павел Карнауков // Финансовый блог. – 04.08.2014. – Режим доступа: <http://blog-finansist.ru/elektronnyie-platezhnyie-sistemyi-preimushhestva-i-nedostatki/>
3. Анна Котова, Электронные деньги и платежные системы. Этапы развития и типы систем онлайн платежей [Электронный ресурс] / Анна Котова // Информационный аналитический интернет-журнал. – 18.02.2014. – Режим доступа: [http://www.contenton.ru/money-web/money\\_pay-systems-ru.html](http://www.contenton.ru/money-web/money_pay-systems-ru.html)
4. Владимир Байдин, Рынок электронных платежных систем в России, ключевые тенденции развития, драйверы и барьеры роста. Интервью Сергея Золкина. [Электронный ресурс] / Владимир Байдин // JSON.TV – телеканал про ИКТ (информацию, коммуникации, технологии) и Digital Media. – 05.09.2014. – Режим доступа: [http://json.tv/ict\\_video\\_watch/trendy-json-partners-consulting-elektronnye-platejnye-sistemy-tendentsii-drayvery](http://json.tv/ict_video_watch/trendy-json-partners-consulting-elektronnye-platejnye-sistemy-tendentsii-drayvery)

УДК 517.977

### К ЗАДАЧАМ УПРАВЛЕНИЯ ПОИСКОМ СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Б.К. Нартов*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук, Омск  
E-mail: nartov@ofim.oscsbras.ru*

*В работе обсуждается метод формализации задач поиска неподвижных точечных целей с заданными распределениями координат, основанный на использовании специальной вспомогательной функции, задаваемой дифференциальным уравнением, связывающим её с вектором управления. При управлении функция реализует над плоской областью поиска «упругий след» – дифференцируемый профиль, повторяющий движения поисковых единиц (ПЕ) заданных радиусов. В результате удаётся преобразовать критерий качества поиска исходной задачи в функционал качества управления поиском и формализовать исходную задачу в виде стандартной задачи оптимального управления.*

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 14-08-01132 и № 14-07-00272.*

*Ключевые слова: поисковые системы, неподвижные цели, формализация*

## **1. Проблемы оптимального поиска стационарных объектов**

Задачи обнаружения целей с помощью управляемых поисковых единиц (ПЕ), возникшие из практики конца 30-х -40-х годов, стимулировали первые теоретические работы по теории поиска Б. Купмана, опубликованные в 56-57гг. в журнале «Operations Research». В СССР задачи этого ряда достаточно интенсивно исследовались затем в конце 50-х-80-х годах. Условно можно обозначить этот интервал статьями В.И. Аркина [1, 2] и монографией О. Хеллмана [3]. Классические работы В.И. Аркина, формализующие поиск дискретно блуждающей и «распределённой» целей, задали математический уровень и направление анализа проблем поиска, но не содержали постановок реальных задач. (Отметим, что в том же 64-м году «Воениздат» выпустил обзорную монографию «Теория поиска в военном деле».) О. Хеллман строго исследовал, в числе прочих, уже вполне практические задачи поиска неподвижных целей с заданными распределениями координат, однако монография не давала общего метода их формализации.

В дальнейшем интерес к формализации и алгоритмической реализации задач этого класса и примыкающих к ним задач управления подвижными объектами в виде задач оптимального управления несколько снизился. Это объяснялось активным развитием средств физического сканирования и отображения области поиска и резко возросшей скоростью вычислений, что позволяло отложить многие задачи оптимального сканирования области поиска и задачи оптимального поиска в отображающих информационных массивах и пользоваться строчным сканированием. Второй причиной послужило интенсивное развитие технологий искусственного интеллекта и, позже, нейросетевых технологий, не гарантирующих точных решений, но чрезвычайно общих и эффективных [4].

В результате многие «классические» задачи планирования оптимального поиска неподвижных целей и большинство соответствующих задач оптимального управления поиском в реальном масштабе времени остались неформализованными. – В настоящее время можно выделить в этой области следующие устойчивые проблемы:

1. Отсутствие общего эффективного способа аналитического учёта пересечений и самопересечений полос поиска, заметаемых ПЕ в области поиска. В результате при попытках формализации конкретных задач поиска в виде задач оптимального управления зачастую приходится фиксировать схему поиска и вводить дополнительные ограничения на управления ПЕ.

2. Соотнесение оптимальных планов поиска и соответствующих им оптимальных управлений в реальном времени. - Формализация даже однокритериальных задач оптимального управления поиском в реальном масштабе времени составляет одну из основных проблем алгоритмического обеспечения автоматизированных систем поиска - например, [5] - В большинстве практических задач поиска исходный план «деградирует» в процессе реализации и требует непрерывного (в каждом дискрете управления) перерасчёта. Термин «деградация плана» заимствован из работы [6], где исходный план деградирует, в основном, из-за устаревания и размывания исходной информации. В нашем случае основная причина деградации плана обратная: непрерывное уточнение и усечение исходной информации.

3. Отсутствие единого подхода к формализации одно- и многокритериальных задач поиска, в частности - задач с риском гибели ПЕ.

4. Формализация соответствующих традиционным задачам управления ПЕ задач оптимального сканирования области поиска или её отображения на информационный массив, допускающих произвольное разделение поисковых, то есть вычислительных ресурсов и мгновенные изменения координат поиска.

5. Разработка и наполнение фасетной классификации задач поиска стационарных объектов по основным исходным и формируемым признакам.

Представляемый ниже подход в перспективе решает эти проблемы для всего класса задач поиска стационарных объектов с заданными или оцениваемыми распределениями координат. При этом, даже когда алгоритмическая реализация формализованной задачи затруднительна, получаемые формализмы позволяют соотносить оптимальные планы поиска друг с другом и с соответствующими оптимальными управлениями в реальном масштабе времени и упрощают имитационное моделирование задачи.

## 2. Метод упругого следа

Рассмотрим следующую однокритериальную задачу оптимального поиска.

Односвязной области  $G \subset E^2$  достоверно принадлежат  $K$  неподвижных целей с известными распределениями координат  $f_k(x), 1 \leq k \leq K, x = (x_1, x_2) \in [G]$ , где  $[G]$  – замыкание области  $G$ . В замыкании  $[G]$  произвольным образом расположены в начальный момент времени  $t=0$   $N$  поисковых единиц (ПЕ). При движении каждая ПЕ является центром окружности радиуса  $a$ , заметающей в области  $G$  полосу шириной  $2a$  – полосу поиска; попавшая в полосу цель считается обнаруженной.

Введем следующие обозначения:

$\xi_i(t) = (\xi_1^i(t), \xi_2^i(t))$  – траектория  $i$ -й ПЕ,  $1 \leq i \leq N, 0 \leq t \leq t_f, t_f$  – время поиска;

$\tilde{K} = \tilde{K}(\{\xi_i(t), 0 \leq t \leq t_f, 1 \leq i \leq N\}, t)$  – случайная величина – количество целей, обнаруженных на интервале времени  $[0, t]$ , соответствующее стратегии поиска  $u = \{\xi_i(t) | 0 \leq t \leq t_f, 1 \leq i \leq N\}$ .

Считая реальные состояния поиска на заданном интервале  $(0, t_f)$  неизвестными, сформулируем следующую задачу: при заданных кинематических и пространственных ограничениях на управления ПЕ вычислить стратегию слепого поиска  $u^* = \{\xi_i^*(t) | 0 \leq t \leq t_f, 1 \leq i \leq N\}$ , максимизирующую математическое ожидание количества целей  $M[\tilde{K}(u, t_f)]$ , обнаруживаемых за время поиска  $t_f$ .

Рассмотрим функцию

$$f(x) = \sum_{k=1}^K f_k(x).$$

Очевидно

$$\int_G f(x) ds = K. \quad (1)$$

(Здесь и далее, для краткости, одним знаком интеграла обозначается интегрирование по соответствующей плоской области,  $ds$  – элемент площади.)

Обозначим  $u(t) = \{\xi_i(\tau) \mid 0 \leq \tau \leq t, 1 \leq i \leq N\}$ ,  $u(t_f) = u$ . В каждый момент времени  $t \in (0, t_f)$  множеству траекторий  $u(t)$  соответствует объединение полос поиска ПЕ  $G_1(u(t))$ . Обозначим теперь  $G(u(t)) = G \setminus G_1(u(t))$  и  $\Delta G_1(u(t)) = G_1(u(t + \Delta t)) \setminus G_1(u(t))$ .

Отсюда и из определения функции  $f(x)$  и математического ожидания  $M[\tilde{K}(u, t)]$  следует:

$$\Delta M[\tilde{K}(u, t)] = \int_{\Delta G_1(u(t))} f(x) ds.$$

Теперь исходную задачу можно записать в виде

$$\int_{G_1(u(t_f))} f(x) ds \rightarrow \max \quad (2)$$

Из (1) и (2) очевидно, что при планировании слепого поиска необходим учет пересечений и самопересечений полос поиска ПЕ, составляющий основную проблему формализации (2) в виде задачи оптимального управления.

Определим предварительно на области  $G$  вспомогательную функцию  $\lambda$ , связанную с координатой ПЕ:

$$\lambda(x, \xi(t)) = \begin{cases} 1, & \text{если } |\xi(t) - x| < a, \\ 0, & \text{если } |\xi(t) - x| \geq a. \end{cases}$$

Зададим далее дифференцируемую колоколообразную функцию  $F(x, \xi(t))$ , сколь угодно точно приближающую значения  $\lambda$ . Конкретный вид  $F$  вполне произволен.

Рассмотрим теперь функцию  $\tilde{F}(x, u, t)$ , являющуюся решением дифференциального уравнения

$$\dot{\tilde{F}} = \alpha \sum_{i=1}^N \frac{F_i - \tilde{F}}{1 - F_i}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  - регулируемый положительный параметр;  $\tilde{F}(x, u, 0) = 0$ .

Можно показать, что для любых начальных условий исходной задачи всегда найдутся такие  $F_i$  и  $\alpha$ , что к моменту окончания поиска  $t_f$  функция  $\tilde{F}$  из (3) реализует над областью поиска  $G$  дифференцируемый профиль, повторяющий движения ПЕ. При этом высота профиля с заданной точностью будет равна единице над просмотренными областями, в том числе и над областями пересечений и самопересечений полос поиска, и с заданной точностью равна нулю вне просмотренных областей [7,8]. Это полезное свойство  $\tilde{F}$  позволяет формализовать исходную задачу поиска (2) в виде

$$J(u) = \int_G f(x) \tilde{F}(x, u, t_f) ds \rightarrow \max, \quad (4)$$

о есть получить функционал с дифференцируемым интегрантом, учитывающим любое возможное наложение полос поиска ПЕ. (Возможен следующий наглядный

комментарий поведения  $\tilde{F}$  : для произвольного  $x$  и зафиксированного в произвольный момент  $t$  управления  $u$  функция  $\tilde{F}$  «достаточно быстро» возрастает до  $M = \max(F_1, \dots, F_N)$ , если  $\tilde{F} < M$ , и «достаточно медленно» убывает до  $M$ , если  $\tilde{F} > M$ .

Фактически относительно (4) утверждается следующее [7 – 9]:

Для любых параметров и начальных условий исходной задачи и любого  $\varepsilon > 0$  найдутся такие  $F_i$  и  $\tilde{F}$ , что (4) формализует задачу (2) для некоторого набора плотностей вероятностей  $\tilde{f}_k(x)$ ,  $1 \leq k \leq K$ , из интервала  $|f_k(x) - \tilde{f}_k(x)| < \varepsilon$ , где  $f_k(x)$  - исходные плотности вероятностей.

Из определения функции  $F$  и исходных данных очевидно, что (4) формализует и задачу поиска неточечных целей радиуса  $a_1$  поисковыми единицами радиуса  $a_2$ , где  $a_1 + a_2 = a$  - радиус поисковых единиц исходной задачи.

### 3. Формализуемые задачи

Представленный подход предоставляет разработчику алгоритмов следующие возможности:

1. Формализовывать в виде задач оптимального управления общие случаи задач оптимального планирования поиска неподвижных точечных целей с заданными на плоской области поиска распределениями (плотностями вероятностей) координат с помощью ПЕ заданных радиусов - при управлении по основным практическим критериям.

2. Формализовывать соответствующие 1. задачи управления поиском в реальном масштабе времени, когда известны моменты и координаты обнаружений, разработав алгоритмы переоценки распределений координат целей между обнаружениями и в моменты обнаружений.

3. Формализовывать задачи оптимального планирования поиска с учётом риска гибели ПЕ, когда в области поиска расположены дополнительно неподвижные точечные регистрирующие единицы (РЕ) с заданными распределениями координат; при задевании управляемой поисковой единицей РЕ обе удаляются из задачи.

4. Формализовывать соответствующие 3. задачи управления поиском в реальном масштабе времени, когда известны моменты и координаты событий поиска, разработав алгоритмы переоценки распределений координат целей и РЕ между событиями поиска и в моменты событий.

5. Формализовывать соответствующие 3. вырожденные задачи поиска (нет целей) с закреплёнными конечными координатами ПЕ - задачи оптимального форсирования области с риском гибели.

6. Исследовать возможности предложенного подхода в задачах оптимального сканирования области поиска и задачах сканирования автоматического отображения области поиска на информационный массив.

7. Разрабатывать новые алгоритмы оптимизации начальных координат поиска.

### Список литературы

1. Аркин В.И. Задача оптимального распределения поисковых усилий // Теория вероятностей и ее применения. - 1964. - Т. 9. - № 1. - С. 179 - 180.



2. Аркин В.И. Равномерно-оптимальные стратегии в задачах поиска // Теория вероятностей и ее применения. - 1964. - Т. 9. - № 4. - С. 746 - 753.
3. Хеллман О. Введение в теорию оптимального поиска. - М.: Наука, 1985. - 254 с.
4. Лебедев Г.Н., Мирзоян Л.А., Ефимов А.В. Нейросетевое планирование групповых действий летательных аппаратов при наблюдении заданной группы подвижных наземных объектов // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2009. - № 11. - С. 60-65.
5. Строцев А.А. Оптимальный поиск неподвижной цели многопозиционной информационной системой // Журнал радиоэлектроники. - 2002. - № 4. - 8 с.
6. Вениаминов С.С. Введение в теорию планирования поиска космического объекта по неточной априорной информации о его орбите. - М.: Изд-во ИКИ РАН, 2010. - 138 с.
7. Nartov B.K. Conflict of Moving Systems. - France: AMSE-Press, 1994. - 87 p.
8. Нартов Б.К. Методы траекторного управления. - Новосибирск: Наука, 2003. - 104 с.
9. Нартов Б.К. Поиск объектов с заданными распределениями координат. Планирование и управление // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. - №12. – С. 16-20.

УДК 004

## ПОСТРОЕНИЕ 3D РЕЛЬЕФА НА ОСНОВЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

*Олейников Б.В., Каменский А.С.*

*Сибирский федеральный университет*

[oleynik48@mail.ru](mailto:oleynik48@mail.ru)

***Аннотация.** Исследованы проблемы связанные с распознаванием и извлечением изогипс с растрового изображения карты. Реализованы методы, связанные с подавлением шума, понижением количества цветов, кластеризации, скелетонизации, векторизации растрового изображения. Были разработаны методы шумоподавления бинарного изображения, модифицированной скелетонизации растра на основе алгоритма Зонга-Суня и восстановления изогипс на основе алгоритма восстановления кривых, предложенного Н. Аменга. Создано программное обеспечение дающее достаточно удовлетворительные результаты построения 3D рельефа на основе растровых топографических карт.*

***Ключевые слова:** топографическая карта, растровое изображение, изогипса, шумоподавление, понижение количества цветов, скелетонизация растра, октодереву, диаграммы Вороного, триангуляция Делоне, алгоритм Зонга-Суня, алгоритм Н.Аменга, 3D-изображение.*

В настоящее время 3D-представление рельефа местности находит все больше применение в различных отраслях деятельности человека: ландшафтное

проектирование, архитектурная привязка строений, городское планирование, визуализация биотопов и ареалов, туризм, пространственная навигация и многие другие (см., например, [1-3]).

Традиционно графическое представление местности осуществляется на основе топографических карт, что не позволяет в полной мере решать указанные выше задач.

Несмотря на достаточно большое количество графических пакетов программ существуют определенные трудности, связанные с построением 3D-карт. Одной из них является трудоемкость и большое количество затрачиваемого времени при построении даже небольшого участка местности, осуществляемого практически вручную с использованием тех или иных пакетов вспомогательных программ в разрозненном виде. Вследствие этого, актуальным решением является автоматизация процесса построения трехмерной модели с использованием уже существующих растровых изображений географических карт.

Проблема автоматизации заключается в распознавании объектов карты, представляющих собой набор пикселей и учете дополнительной информации, изображенной на карте. При этом при переводе в цифровой вид бумажной карты могут возникать и другие проблемы, в частности, на растровом изображении могут проявляться дефекты и шумы, связанные с основными графическими элементами карты, часто присутствует дополнительная графическая информация, приводящая к искажению и дефектам основных изображений и т.п.

Проведенное исследование доступных литературных и интернет источников показало, что в настоящее время авторам не удалось обнаружить единого программного обеспечения способного по растровому изображению географической карты построить трехмерную модель местности. Существующие подходы построения трехмерных рельефных моделей базируются на векторном представлении полигон-рельефа, представленного в виде известной совокупности векторных полигонов рельефа. И поэтому этапы построения трехмерной модели выглядят так:

- Загрузка растра в редактор изображений для уменьшения количества цветов, избавления от «мусора», дефектов и шума (Adobe Photoshop, CorelDraw и др.)
- Загрузка измененного («чистого») растра в векторный графический редактор для векторизации необходимых нам объектов (CorelDraw, AutoCAD и др.)
- При выполнении предыдущих этапов возможна потеря данных и появляется необходимость их ручного восстановления
- Загрузка векторного изображения в ГИС-пакеты (или другие) для построения и визуализации трехмерной модели (MapInfo, ArcGIS и др.)

Очевидно, что данный подход с манипуляциями несколькими программами не только крайне неудобен, но и не позволяет автоматизировать напрямую получение векторных объектов (включая восстановление потерянных данных), необходимых для построения 3D-образов. Поэтому целью данной работы является создание единого программного обеспечения, способного построить трехмерный образ местности, имея только растровое изображение географической карты этой местности.

Для реализации поставленной цели необходимо создать приложение, способное извлечь и распознать изогипсы с растрового изображения сканированной топографической карты с минимальным вмешательством пользователя, в том числе и

при восстановлении изогипс, и далее по извлеченным и восстановленным изогипсам построить трехмерную модель.

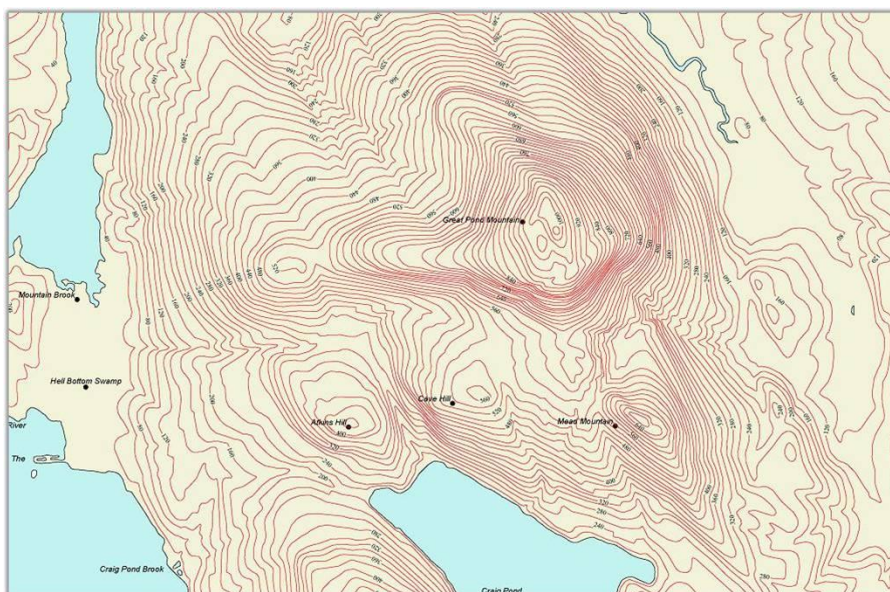


Рисунок 1 - Стандартная карта с изогипсами

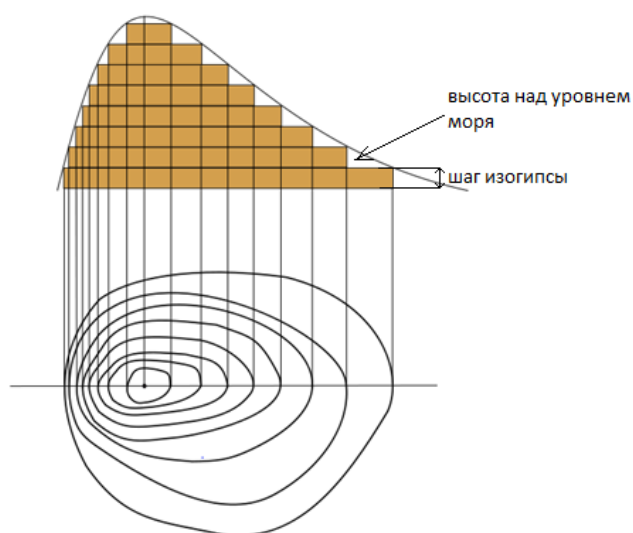


Рисунок 2 - Построение изогипс

При извлечении изогипс с топографической карты происходит преобразование набора пикселей, представляющих собой изогипсы, в вектора, и включает в себе два основных шага:

- Сегментация изображения по цветам для получения бинарного изображения изогипс
- Бинарная обработка изображения для распознавания линий

В конце каждого из шагов необходимо небольшое вмешательство пользователя для выбора цвета (цветов) принадлежащих изогипсам и предотвращения ошибок, связанных с автоматическим восстановлением.

Ниже представлена схема общего алгоритма построения трехмерной модели, имея растровое изображение сканированной топографической карты.

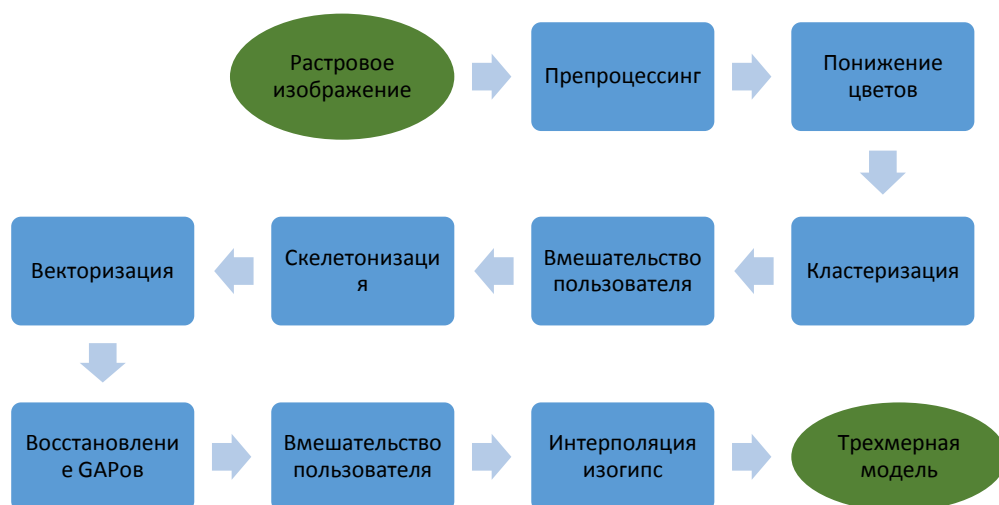


Рисунок 3 – Общий алгоритм построения 3D-рельефа на основе топографической карты

Разработанное программное обеспечение представлено в виде иерархии следующих модулей:

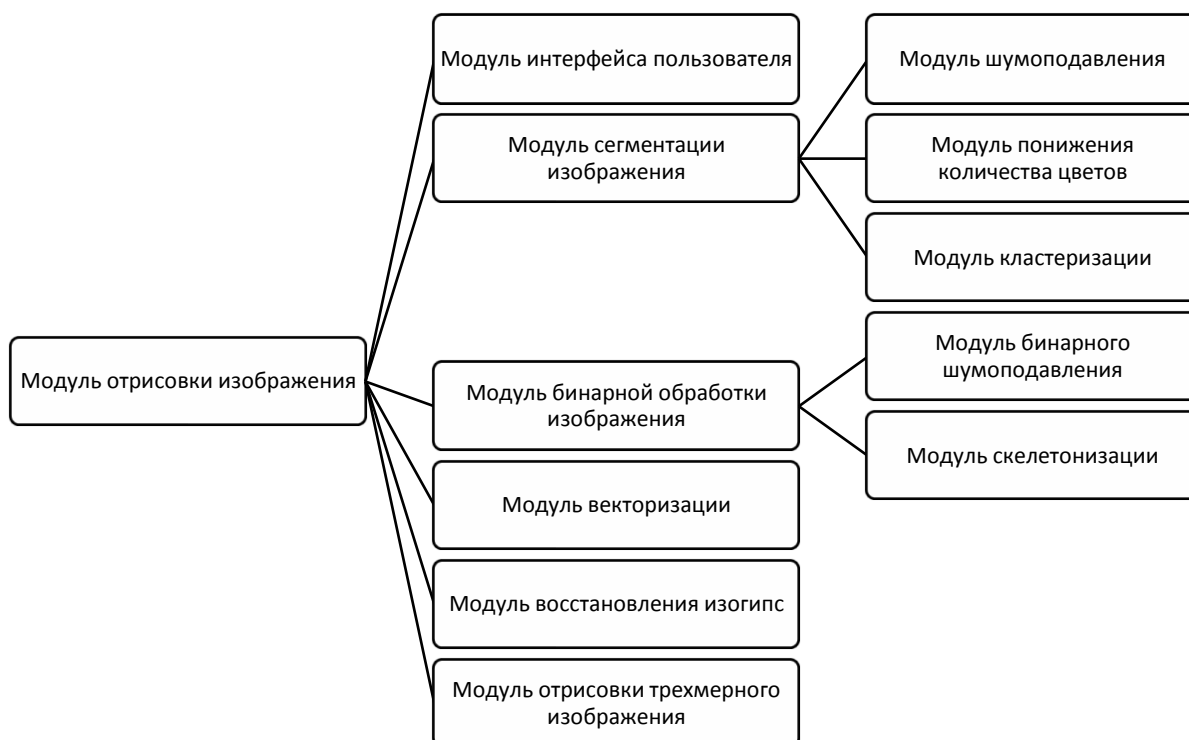


Рисунок 4 - Модульный состав программного обеспечения

Модуль отрисовки изображения реализован в виде библиотеки классов, где проводятся все основные действия по выводу изображения на контекст устройства. А также является связующим звеном всего программного обеспечения.

Модуль интерфейса пользователя реализован в виде приложения WPF, где на экран выводится вся интерфейсная часть программного обеспечения (кнопки, меню, окна, панели инструментов).

Модуль сегментации изображения реализован в виде библиотеки классов, ссылающихся на модули по обработке растрового изображения (модули подавления шумов, понижения цветов и кластеризации).

Модуль шумоподавления цветов реализован в виде библиотеки классов, реализующих алгоритмы шумоподавления (медианный фильтр, гауссово размытие и выборочное гауссово размытие).

Модуль понижения цветов реализован в виде библиотеки классов, реализующих методы квантования цвета (алгоритмы октодеревя, медианного сечения, популярности).

Модуль кластеризации реализован в виде библиотеки классов, реализующих алгоритм кластеризации k-средних.

Модуль бинарной обработки изображения реализован в виде библиотеки классов, ссылающихся на модули бинарного шумоподавления и скелетонизации.

Модуль бинарного шумоподавления реализован в виде библиотеки классов, реализующих алгоритм шумоподавления, основанный на критерии минимальной поверхности.

Модуль скелетонизации реализован в виде библиотеки классов, реализующих классический и модифицированный алгоритм уменьшения толщины линий (утонения) линий Зонга-Суня.

Модуль векторизации реализован в виде библиотеки классов, реализующих трассировку утонщенных линий.

Модуль восстановления изогипс реализован в виде библиотеки классов, реализующих построение диаграммы Вороного (методом «заметающей прямой»), построения триангуляции Делоне.

Модуль отрисовки трехмерного изображения пользователя реализован в виде приложения WPF, где стандартными средствами OpenGL и методом триангуляции отрисовывается трехмерное изображение.

При реализации предложенного подхода были использованы, модифицированы и разработаны многие алгоритмы, связанные с обработкой графических объектов: шумоподавление, модификация фильтрации, понижение количества цветов, выделение скелета изогипс (скелетонизация растра), построение октодеревя, построение диаграмм Вороного, проведение триангуляции Делоне, модификация алгоритма Зонга-Суня для уменьшения толщины изогипс, восстановления дефектных изогипс на основе алгоритма Н.Амента и др.

В результате было создано программное обеспечение с дружелюбным интерфейсом, позволяющее с единых позиций, практически в автоматическом режиме, создавать трехмерные изображения на основе топографических карт, представленных в бумажном виде. Получены достаточно удовлетворительные результаты.

Результаты работы программного обеспечения могут быть продемонстрированы на участке топографической карты Горного Алтая

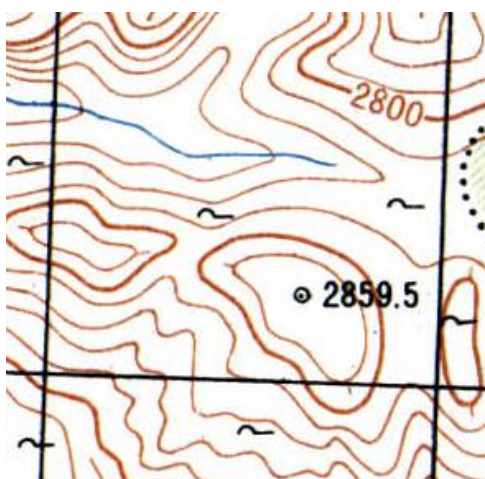


Рисунок 5 – Участок топографической карты Горного Алтая

Результат построения 3D рельефа на его основе, с использованием разработанного программного обеспечения, приведен ниже.

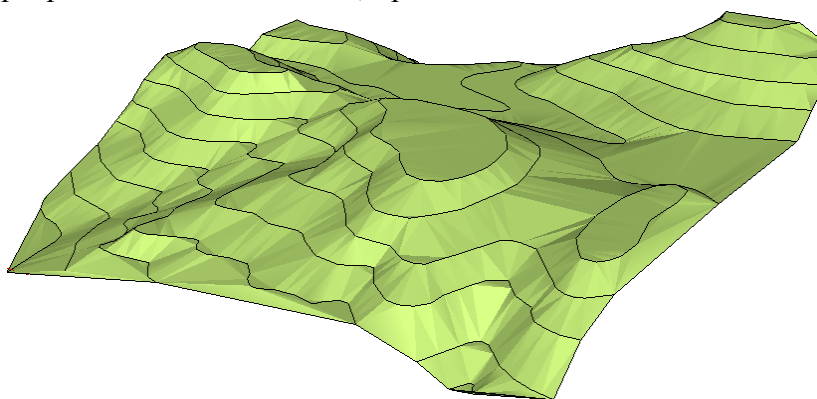


Рис. 6 - Результат построения 3D рельефа на основе триангуляции Делоне для участка топографической карты Горного Алтая

Учитывая сложность поставленных задач, выявились направления улучшений как по части восстановления изогипс (их аппроксимация и распознавание чисел, обозначающих высоту над уровнем моря, вставляемых в изогипсы), так и по части построения трехмерных образов (аппроксимация поверхности и более точное построение, согласно изогипсам).

#### Список литературы

1. [Берлянт А. М.](#) Образ пространства: карта и информация. М.: изд-во Мысль, 1986. 237 с.
2. Кузнецов О.В., Леонов А.Л., Наумов С.В. «ГИС в городском планировании и моделировании» - М. DATA+, ArcReview № 3, 2001, с.20.

3. *Гречищев А. и др.* Трехмерное моделирование и фотореалистичная визуализация городских территорий. //ArcReview №2 (25), с. 17  
[http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=2244&SECTION\\_ID=57](http://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=2244&SECTION_ID=57)

УДК 004.75

## **ОБ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ АСПЕКТАХ СТАНОВЛЕНИЯ БИБЛИОТЕЧНОЙ GRID-СИСТЕМЫ**

*Б.В. Олейников, А.И. Шалабай*  
*Сибирский федеральный университет, Красноярск*  
*e-mail: oleynik48@mail.ru, andrsh@gmail.com*

*При проектировании распределенной библиотечной системы, кроме технических, возникает ряд организационных проблем, рассмотрению решения которых и посвящена данная статья. В качестве инструмента для привлечения участников и обеспечения финансовой безубыточности предлагается использовать подходы краудфандинговых платформ.*

*Ключевые слова: Распределенная библиотечная система, краудфандинг, привлечение участников.*

Постоянный рост количества информации в сети Интернет делает все более актуальными задачи по ее упорядочиванию и каталогизации. Если в январе 2014 года общее количество сайтов в мире составляло 861 млн., то к маю этот показатель увеличился до 975 млн. [1]

Необходимость размещения в каталогах традиционных библиотек информации о цифровой литературе и её каталогизация, а также создание единой системы доступа к полнотекстовым источникам обозначена в руководстве Международной федерации библиотечных ассоциаций и институтов [2].

В России существует проект Национальной электронной библиотеки (НЭБ), призванный собирать, архивировать и описывать электронные документы [3].

Создание подобной системы доступа позволит осуществлять поиск информации по библиотечным принципам (по различным атрибутам, включая автора, год издания, тематику документа), что особенно актуально для научных текстов. В России и за рубежом появляются системы со схожим предназначением, но по-настоящему массовой не стала ни одна из них.

Также необходимо обратить внимание на консолидацию цифровой литературы. В мире насчитывается огромное количество электронных библиотек (в том числе и любительских), использующих собственные базы данных, не всегда корректно обрабатываемых специализированными поисковиками, и, как правило, не формирующих библиографические записи в общепринятых форматах. Следовательно, пользователь вынужден осуществлять поиск необходимой ему цифровой литературы на различных веб-сайтах. Таким образом, необходим единый механизм поиска по различным электронным библиотекам.



Важной является и проблема обеспечения гарантий сохранности цифровой литературы в сети Интернет: по различным причинам сайты могут прекращать свою работу, информация может удаляться вследствие кажущейся неактуальности и т.д.

Для решения последней проблемы некоторые страны, например Великобритания, Австрия, Австралия, проводят архивирование некоторых сайтов, размещенных в национальных доменных зонах [4,5,6].

Существует некоммерческая организация InternetArchive, проводящая архивирование интернет-документов по всему миру и хранящая на сегодняшний день 435 млрд. копий веб-страниц [7].

В ранее опубликованных работах [8,9] авторы предлагают осуществлять консолидацию цифровой литературы на принципах Grid-технологий. Каждая организация или физическое лицо, выступающая в роли источника информации представляет собой отдельный узел Grid, являющийся держателем некоторой информации, а также резервным держателем части информации с других узлов, поставляющий библиографические описания в единое хранилище.

В дальнейшем, субъекта, размещающего цифровую литературу в системе (узел-поставщик), будем называть участником Grid-системы, а субъекта, осуществляющего поиск, просмотр и скачивание полных текстов книг (узел-потребитель), – пользователем Grid-системы.

Пользователь просматривает сформированное хранилище и получает, кроме библиографической информации, прямую ссылку для скачивания полнотекстовых материалов у участников Grid-системы.

Если обмен библиографическими данными с единым хранилищем может осуществляться по протоколам http и Z39.50, то для скачивания полных текстов целесообразно использовать технологию p2p, которая позволит равномерно распределить нагрузку между участниками Grid-системы.

При проектировании систем, рассчитанных на массовое использование, наиболее актуальными становятся организационные вопросы функционирования библиотечных Grid-систем, в том числе:

- способы привлечения финансирования для обеспечения безубыточности функционирования системы, так как, например, одним из важнейших источников пополнения фонда цифровых изданий является оцифровка бумажных носителей, что, при больших масштабах, влечет значительные финансовые затраты.

- необходимость заинтересовать потенциальных пользователей (как поставщиков, так и потребителей научной литературы) в использовании распределенной библиотечной системы.

- необходимость соблюдения авторских прав.

- ответственность участников Grid-системы за истинность предоставляемых библиографических данных.

Использование современных маркетинговых приемов не является целесообразным в силу отсутствия рекламного бюджета. При этом, такими участниками могут быть как юридические лица - государственные, частные библиотеки, научные учреждения, издательства, так и физические лица - ученые, сотрудники различных организаций, использующие в своей повседневной деятельности



большое количество научной литературы и занимающиеся ее хранением на своих персональных компьютерах.

Итак, одним из направлений привлечения участников может стать краудфандинг оцифровки книг. Краудфандинг - это коллективное сотрудничество людей, которые добровольно объединяют свои финансовые ресурсы, чтобы поддержать усилия других людей или организаций. На практике это выглядит следующим образом: организация, имеющая какую-либо идею, но нуждающаяся в финансовых средствах для ее реализации, размещает ее описание и калькуляцию предполагаемых расходов на специальной Интернет-платформе. Любой человек, заинтересованный в реализации проекта, может внести одну из указанных фиксированных сумм на счет этой платформы. В случае, если набирается требуемая сумма - она перечисляется разработчику проекта, в противном случае денежные средства возвращаются всем участникам. Примером таких краудфандинговых платформ могут служить [10,11]. В настоящее время реализовано множество проектов из совершенно различных сфер: разработка компьютерных игр, проектирование и изготовление сложных инженерных устройств, издательство книг, дизайнерские работы, благотворительность. Показательным является пример успешного сбора средств в России на издательство научно-популярных книг [12].

Применительно к библиотечной Grid-системе целью сбора средств может стать оцифровка больших объемов редкой литературы, доступ к бумажным копиям которой ограничен по причине малого количества сохранившихся экземпляров или их уникальности. Стимулом для внесения средств является преимущественный (ранний) доступ к оцифрованным изданиям. В публичный (бесплатный) доступ данная литература должна попадать по прошествии значительного периода времени после оцифровки.

Сами работы по оцифровке могут выполнять библиотеки (на договорной основе), фрилансеры, либо коммерческие структуры. Так, в Японии компания Bookscan предоставляет подобные услуги. Стоимость оцифровки одной книги объемом 350 страниц составляет 100 иен или около 35 рублей [13]. Клиенты компании - владельцы планшетных компьютеров и специализированных устройств для чтения.

Подобные услуги могут быть востребованы и в России, прежде всего среди школьников и студентов, которым приходится ежедневно носить значительное количество бумажной литературы. При этом книги возможно распространять в нераспознанном виде (в форматах djvu и pdf), так как значительная часть мобильных устройств оснащено экраном с диагональю 8-10 дюймов, что сопоставимо с размерами исходных, бумажных книг.

Для изданий, пользующихся повышенным спросом, в процессе сбора средств возможно ставить цели «на вырост». Так, возможно не только оцифровывать, но и осуществлять распознавание текста с помощью OCR-систем (с «ручной» корректировкой ошибок), составлять интерактивные оглавления, улучшать качество иллюстраций и т.п. Очевидно, что в таком случае затраты возрастут многократно, но примеры краудфандинговых проектов показывают, что изначально недорогой проект может собрать сумму в десятки раз превышающую изначально требуемую, приобрести новые функции и превратиться в полноценный конкурентоспособный продукт.

Примером может служить сбор средств на издание детской книги [14], где при изначально запрошенных 30000\$ было собрано более 380000\$ и в процессе сбора были достигнуты следующие цели: улучшение дизайна и качества бумаги, безвозмездная передача 800 экземпляров книги в публичные библиотеки, создание аудиоверсии на английском языке и другое.

Кроме того, размещение проекта на популярной краудфандинговой площадке способно привлечь к себе множество пользователей, заинтересованных в быстрой и качественной оцифровке книг.

Еще одним способом вовлечения участников может стать размещение рекламной информации при просмотре каталога организации. Средства, полученные от рекламодателей, могут пропорционально распределяться между участниками в зависимости от их популярности среди пользователей системы.

Удачным примером подобного подхода может служить популярный видеохостинг YouTube [15]: при просмотре видеороликов пользователь сначала видит рекламный ролик, и чем больше просмотров набирает конкретный видеоматериал, тем большую сумму зарабатывает его автор.

Для повышения качества размещаемых материалов целесообразно внедрение рейтинговой системы: каждому участнику, в зависимости от числа скачиваний размещенных им полных текстов и оценок пользователей, присваивается определенный рейтинг, в зависимости от которого участник получает дополнительные нефинансовые привилегии (более высокое место в поисковой выдаче, право изменения оформления своего каталога, увеличение минимального количества узлов - резервных держателей полных текстов книг, и т.д.).

Для привлечения издательств к пополнению хранилища возможно введение платного скачивания части литературы. Таким образом, в системе будет функционировать полноценный каталогизированный Интернет-магазин цифровых изданий с единой системой поиска книг. Следовательно, издательства при минимальных затратах получат еще один канал реализации цифровой литературы. При этом можно предполагать, что для получения конкурентных преимуществ (нефинансовых привилегий) издательства будут стремиться постоянно пополнять каталог новинками книжного рынка.

Библиотеки могут быть заинтересованы в описываемой системе только в случае предоставления библиографических записей в формате, поддерживаемом используемой АБИС (автоматизированной информационно-библиотечной системой) с использованием специализированного протокола Z39.50. Несмотря на наличие множества форматов, предназначенных специально для описания цифровых ресурсов (DublinCore, METS, ISBD(ER) и т.д.), наиболее используемым в России является RusMarc, в котором и должна работать описываемая Grid-система. Возможно, целесообразным является добавление в RusMarc полей, посвященных изначально цифровой литературе. Например, наличие сведений о контрольной сумме (MD5) электронного документа позволит частично исключить дублирование работ по формированию библиографических записей одних и тех же источников (в случае, если описываемый документ растрован в цифровом виде, а не оцифрован дважды – контрольные суммы будут совпадать). Наличие в Grid-системе функции частичного

автоматического формирования библиографического описания позволит сократить временные затраты по описанию цифровой литературы. Вовлечение библиотек позволит объединить каталоги цифровых и бумажных изданий, что повысит релевантность поиска и позволит традиционным библиотекам привлечь новых читателей (при наличии в каталоге редких, еще не оцифрованных бумажных изданий).

При внедрении указанных мер поощрения участников Grid-системы, строго необходимыми являются гарантии соблюдения авторских прав. В противном случае, к проблемам нарушения законодательства добавятся риски выхода из системы издательств, если у платных книг в этой же системе будут присутствовать бесплатные копии.

Поэтому важным аспектом становится регистрация и строгая фильтрация участников: с каждым необходимо заключать специальное соглашение, в котором, с одной стороны, участник обязуется не нарушать авторские права, а с другой стороны получает гарантии выполнения указанных выше финансовых мер привлечения. Каждая заявка на регистрацию должна рассматриваться индивидуально: доступ к пополнению каталога Grid-системы должны иметь только организации определенных видов (библиотеки, научные и образовательные учреждения, издательства) и публичные физические лица (дорожащие своей репутацией, например, известные ученые, деятели искусств и т.д.). Подобные соглашения заключает «Европеана» - некоммерческий проект, объединяющий в единый электронный каталог сведения о произведениях искусства, находящихся в крупнейших музеях Европы [16]. Целесообразно наличие в Grid-системе функции прикрепления отсканированных копий авторских согласий на публикацию полных текстов.

Кроме того, важно сохранять сведения о принадлежности введенных в систему данных конкретному участнику. В случае многократных нарушений авторских прав, либо за предоставление заведомо ложных библиографических данных возможно оперативное изъятие из системы всей информации, сгенерированной тем или иным участником.

Для выявления подобных случаев следует ввести контроль (модерацию) всех вносимых в систему данных. При большом количестве информации целесообразно назначать модераторов среди простых пользователей системы (на безвозмездной основе) и гибко разграничивать их права, в том числе и по областям знаний. Человек, профессионально разбирающийся в одной дисциплине, не всегда будет компетентен в других. В случае, если публикация данных в системе одобрена несколькими независимыми модераторами, то можно разрешать публичный доступ к этим данным. Однако, все спорные моменты (например, рассмотрение жалоб на публикации) должны разрешать профессиональные модераторы (разбирающиеся в библиотечном деле и знающие законодательство в сфере защиты авторского права).

Конечно, изложенные в настоящей статье организационные вопросы находятся на стадии идей и нуждаются в глубокой проработке и финансовой оценке, которая невозможна без привлечения сторонних специалистов, прежде всего экономистов и юристов. Однако, их изложение в общем виде позволяет представить возможные направления становления библиотечной Grid-системы и способы взаимодействия с ее участниками.

## Список литературы

1. Total numbers of websites / Internet live stats. URL: <http://www.internetlivestats.com/total-number-of-websites/>
2. Sharon Johnson. Key Issues for e-Resource Collection Development: A Guide for Libraries // IFLA Acquisition & Collection Development Section, 2012. URL: <http://www.ifla.org/publications/key-issues-for-e-resource-collection-development-a-guide-for-libraries>
3. О проекте / Национальная электронная библиотека. – URL: <http://нэб.рф/about>
4. UK Government Web Archive / The national archives. URL: <http://www.nationalarchives.gov.uk/webarchive/> Про Австрию
5. Pandora – Australia’s web archive. URL: <http://pandora.nla.gov.au/>
6. Web@rchive Austria / OsterreichischeNationalbibliothek. URL: <http://www.onb.ac.at/ev/about/webarchive.htm>
7. Internet Archive. URL: <http://www.archive.org/>
8. Олейников Б. В., Шалабай А. И. О консолидации электронных библиотечных и Интернет-ресурсов для образовательных и научных целей. Журнал "Открытое и дистанционное образование", №4(48), Томск, 2012, С.40-46
9. Олейников Б.В., Шалабай А.И. Консолидация электронных библиотечных и Интернет ресурсов для образовательных и научных целей на основе GRID-технологии. // 5-я Международная конференция «Распределенные вычисления и Грид в науке и образовании» (16-21 июля 2012 г., Дубна, Россия). – С. 120-122
10. Seven things to know about kickstarter. / Краудфандинговая платформа Kickstarter. - URL: <https://www.kickstarter.com/hello?ref=footer>
11. Введение в Boomstarter. / Краудфандинговая платформа Boomstarter. - URL: [https://boomstarter.ru/help/faq/введение\\_в\\_boomstarter/](https://boomstarter.ru/help/faq/введение_в_boomstarter/)
12. Как мы собрали 823 376 руб. на печать книги через краудфандинг. / Блог компании «Простая наука». - URL: <http://habrahabr.ru/company/gtv/blog/207366/>
13. Оцифровка книг для букридеров / CoolIdea. Журнал идей для бизнеса. Электронное издание. - URL: <http://coolidea.ru/2011/02/26/bookscan/>
14. Zachary Weiner. Augie and the Green Knight: A Children’s Adventure Book / Краудфандинговая платформа Kickstarter. - URL: <https://www.kickstarter.com/projects/weiner/augie-and-the-green-knight-a-childrens-adventure-b>
15. О YouTube. - URL: <http://www.youtube.com/yt/about/ru/>
16. Europeana Terms and Policies / Europeana. URL: <http://www.europeana.eu/portal/rights/terms-and-policies.html>

## АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕАКТИВНЫХ АГЕНТОВ ДЛЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ<sup>12</sup>

*А.И. Павлов, А.Б. Столбов*

*Институт динамики систем и теории управления  
Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск  
e-mail: asd@icc.ru, stolboff@icc.ru*

*В работе описывается алгоритм проектирования реактивных агентов для имитационных моделей сложных систем. Его отличительной особенностью является использование экспертной системы, содержащей базу знаний, в которой находятся шаблоны, правила и факты, описывающие закономерности процесса создания агентной имитационной модели сложной системы на основе онтологии предметной области*

*Ключевые слова: многоагентные системы; система поддержки принятия решения; имитационное моделирование.*

### **Введение**

Существующие средства автоматизации моделирования (AnyLogic, Arena, GPSS, iThink, MADKIT, Matlab Simulink, PowerSim, Repast и др.) уделяют недостаточно внимания этапу создания концептуальной модели и поддержки ее актуальности в рамках итеративного процесса разработки имитационной модели. Обеспечение явного использования формализованного представления концептуальной модели особенно важно при исследовании сложных систем, так как их изучение не укладывается в пределы компетенции ни одного конкретного специалиста и, следовательно, требует междисциплинарного подхода. Использование парадигмы агентного моделирования позволяет учесть специфику междисциплинарного исследования за счет разделения областей компетенции экспертов по группам агентов. Важным преимуществом агентного моделирования является то, что, в отличие от моделей системной динамики или дискретно-событийных моделей [1], здесь нет необходимости подробно определять поведение системы в целом, разработку агента можно осуществить, опираясь на знания об индивидуальной логике поведения объектов предметной области.

Разнообразие структуры и поведения сложных систем в зависимости от задач исследования обуславливает высокую сложность автоматизации процесса разработки агентов, поэтому в большинстве современных инструментальных средств моделирования данный процесс осуществляется путем написания кода на императивном языке программирования с минимальным уровнем автоматизации. Это существенно уменьшает возможности использования подходов имитационного моделирования специалистами-предметниками в процессе исследований, т.к. они, как

---

<sup>12</sup> Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-07-31298.

правило, редко обладают достаточным уровнем квалификации в области программирования.

Для решения описанных выше проблем авторы предлагают разработать интеллектуальное программное средство поддержки проектирования агентов для имитационных моделей сложных систем. При этом, с целью снижения трудоемкости решаемой задачи и апробации подхода, предложено в качестве целевого класса создаваемых агентов использовать реактивных агентов [2], далее термины «агент» и «реактивный агент» будут использоваться в качестве синонимов .

### Предлагаемый подход

Для решения задачи формализации и использования концептуальной модели предметной области при создании агентов предлагается обеспечить исследователей возможностью совместной разработки онтологии предметной области, содержащей описания понятий предметной области, описания их характеристик и типизированных связей между понятиями. Создание онтологии позволит специалистам-предметникам согласовать используемые термины, уточнить их структуру и определить новые связи, обусловленные междисциплинарным характером исследований.

Для поддержки исследователя в процессе создания агентной имитационной модели будет использоваться интегрированная экспертная система, база знаний которой содержит продукционные правила, управляющие процессом формирования структуры и поведения агента.

Полученное с помощью средства поддержки проектирования агентов декларативное описание агента обладает рядом преимуществ. Во-первых, оно позволяет снизить квалификационные требования в области программирования для специалистов-предметников. Во-вторых, так как агенты отличаются друг от друга только набором характеристик и базой знаний, появляется возможность обеспечить реализацию всех агентов на базе одного специализированного класса (типового агента). Применение типового агента обеспечит унификацию процесса создания агентов, а также возможность декларативного определения состояния и поведения агентов. На рис. 1. представлена структура типового агента:

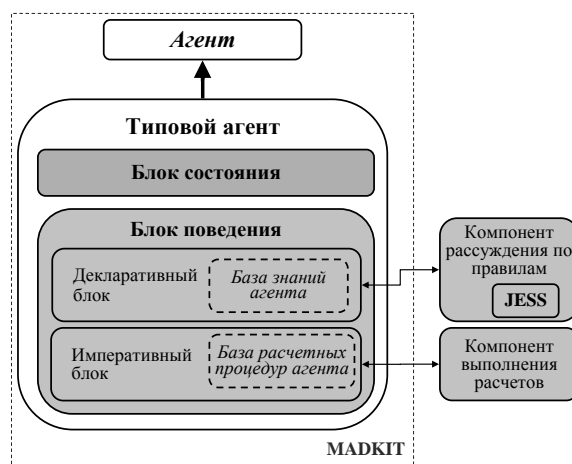


Рисунок 1 – Архитектура типового агента

- блок состояния, описывающий свойства агента и содержащий значения этих свойств в некоторую единицу модельного времени. Причем свойства имеют объектно-ориентированную структуру;
- блок поведения, описывающий закономерности изменения состояний агента (стратегию поведения), в котором выделяются блоки, ответственные за обработку разных типов информации:
  - декларативный блок, содержащий стратегию поведения агента, формализованную в виде знаний, представленных продукционными правилами, прецедентами и др. (при реализации агента данный блок содержит ссылку/указатель на сегмент базы знаний.);
  - императивный блок, содержащий информацию, представленную в виде программной реализации расчетных процедур, используемых в процессе логического вывода (при реализации - это ссылки/указатели на модули/процедуры).

В качестве базового средства, реализующего рутинные операции, связанные с организацией взаимодействия агентов предлагается использовать свободно распространяемую систему агентного моделирования MADKIT (версия 5.0.5) [Fabien Michel, 2014]. В MADKIT агент – это объект класса, который наследуется из базовых классов «AbstractAgent» или «Agent» (рис. 2). Выбор между этими классами определяется типом агентного взаимодействия модели. В MADKIT поддерживаются синхронный и асинхронный типы.

В случае асинхронного взаимодействия программная реализация каждого агента осуществляется с помощью создания нового класса путем наследования от класса «Agent». Далее осуществляется реализация жизненного цикла агента (обычно это бесконечный цикл, внутри которого осуществляется реализация поведения агента), который запускается в отдельном вычислительном потоке. Поэтому имитационные модели асинхронного типа в основном используются для работы с задачами в реальном времени.



Рисунок 2 – Базовые классы агентов MADKIT

В том случае, когда предполагается тактирование процесса имитационного моделирования, используется синхронное взаимодействие. Программная реализация агентов имитационной модели осуществляется путем их наследования от класса

«AbstractAgent», при этом в каждом классе создается специальный метод, ответственный за поведение агента на каждом шаге моделирования. Далее создается специальный планировщик, в качестве которого используется агент асинхронного типа, который в рамках своего жизненного цикла обеспечивает тактирование шагов моделирования, на каждом шаге осуществляет последовательный перебор агентов и вызывает метод, отвечающий за их поведение.

Выбор синхронного типа обусловлен необходимостью обеспечения работы моделей с большим количеством агентов, т.к. реализация имитационных моделей асинхронного типа с большим количеством агентов требует большого объема вычислительных ресурсов, при этом мы пренебрегаем возможностью моделирования процессов в реальном времени.

Помимо реализации базовых методов функционирования агента в инструментальной среде MADKIT класс «AbstractAgent» обеспечивает возможность задания последовательности действий, которые будут выполнены при создании агента, например, указать начальные значения свойств, выходные роли и группы агента. Для этого необходимо переопределить метод activate() в классе, являющемся потомком класса «AbstractAgent». Аналогичным образом, с помощью переопределения метода end() разработчик может указать действия, которые будут выполнены при закрытии/уничтожении агента, как в случае, когда это является следствием его нормального поведения, так и при поступлении запроса на уничтожение (например, от другого агента).

Программная реализация типового агента будет осуществлена на основе класса «AbstractAgent», т.к. синхронный тип агентного взаимодействия лучше подходит для моделирования сложных систем с большим количеством взаимодействующих агентов. Для организации работы декларативного блока типового агента используется машина логического вывода системы JESS [Jess, 2014]. Реализация процедур императивного блока будет осуществляться с использованием языка Java. На рис. 3 представлена диаграмма, отображающая структуру и методы Java классов, обеспечивающих реализацию типового агента.

В соответствии с выбранным типом организации агентного взаимодействия (синхронный тип), процесс имитационного моделирования происходит следующим образом. В первую очередь осуществляется создание необходимого количества агентов нужного типа и инициализация параметров модели (в случае необходимости). Затем управление переходит к специализированному системному агенту MADKIT (планировщику), который осуществляет выполнение шагов моделирования. Для этого на этапе разработки имитационной модели в планировщике регистрируются названия методов, с помощью которых агенты будут осуществлять принятие решения на каждом шаге (например, метод «Принять решение» на рис. 3). В процессе моделирования планировщик последовательно перебирает агенты и вызывает зарегистрированный ранее метод для принятия решения.



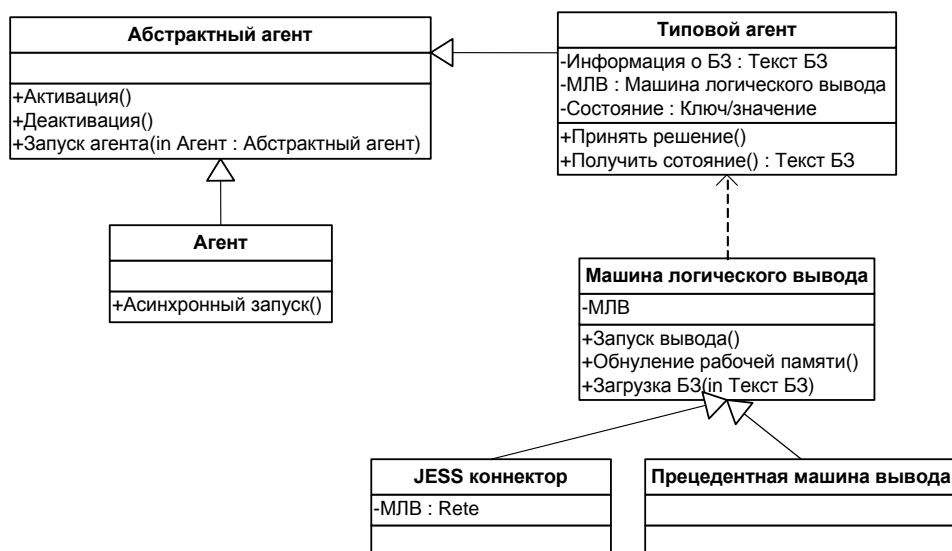


Рисунок 3 – Предлагаемая реализация типового агента в системе MADKIT

Поведение типового агента можно подразделить на три блока:

- 1) Активация агента – предварительный этап, выполняется однократно при создании агента:
  - Инициализация состояния.
  - Загрузка базы знаний.
- 2) Реализация поведения агента (метод «Принять решение») – основной этап, выполняется на каждом шаге моделирования.
  - Преобразование сообщений, полученных от других агентов, в соответствующие факты базы знаний (отказ одной из структурных единиц, внешнее воздействие и т.п.).
  - Преобразования состояния агента в факт «Состояние» в формате используемой базы знаний.
  - Получение состояний наблюдаемых агентов и преобразование их в соответствующие факты базы знаний
  - Запуск логического вывода
  - Обработка действий (изменение своего состояния, посылка сообщения, создание агента, деактивация агента и т.п.)
- 3) Деактивация агента – завершающий этап, выполняется однократно при уничтожении агента:
  - Выгрузка текущего состояния в базу данных (при необходимости).

Функциональность типового агента позволяет изолировать информацию о структуре и поведении агента от его программной реализации в стороннем инструментальном средстве имитационного моделирования. Использование такого средства с отлаженной архитектурой позволяет разработчикам сконцентрироваться на решении задачи интеллектуализации и автоматизации процесса разработки имитационной модели.

## Архитектура средства поддержки проектирования агентов

Архитектура предлагаемой программной системы состоит из перечисленных ниже блоков (рис 4.).



Рисунок 4 – Архитектура программной системы

Блок концептуального моделирования предметной области. Результатом работы этого блока является онтология предметной области, содержащая описание рассматриваемой сложной системы в виде иерархии взаимосвязанных объектов и их свойств.

Интегрированная экспертная система, содержащая базу знаний, в которой находятся шаблоны, правила и факты, описывающие закономерности процесса создания агентной модели сложной системы на основе разработанной онтологии предметной области.

База расчетных процедур, содержащая описания и сигнатуру методов, доступных для использования агентами в процессе принятия решений. Особенностью включаемых в базу процедур является то, что они должны реализовывать методики вычисления конкретных значений, имеющих содержательный смысл для рассматриваемой предметной области, например, расчет атмосферных выбросов теплоэлектростанции в зависимости от ее мощности и типа используемого топлива.

База сформированных имитационных моделей, каждая из которых содержит описание агентов, параметры внешней среды и начальные условия.

Исполняющий блок, использующий инструментальное средство имитационного моделирования общего назначения MADKIT для обеспечения непосредственного выполнения процесса моделирования.

Блок реализации типового агента, обеспечивающий интерпретацию декларативного описания агента и вызов расчетных процедур в процессе имитационного моделирования.

Блок инициализации, обеспечивающий создание необходимого количества агентов и определение конкретных параметров внешней среды для выбранной имитационной модели.

### Алгоритм проектирования реактивных агентов

На первом этапе процедуры проектирования агентов на основе понятий концептуальной модели определяются характеристики агента. Далее для полученной структуры определяется база знаний агента, которая содержит три составляющих поведения: собственная стратегия принятия решений, зависящая от структуры его характеристик; взаимодействие с внешней средой; реакция на действие других агентов.

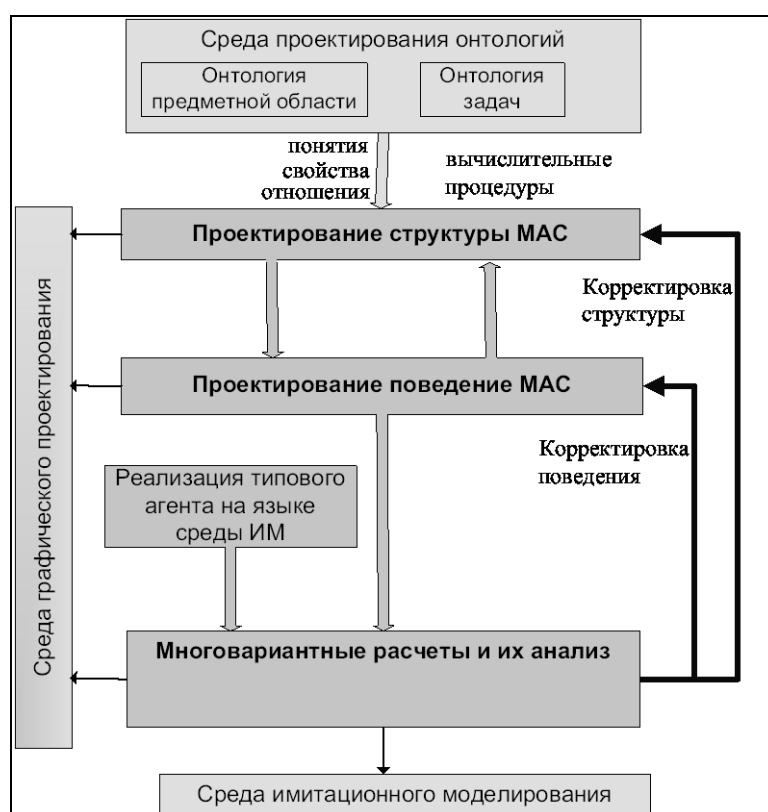


Рисунок 5 – Схема работы программной системы

Поддержка проектирования будет заключаться в последовательном определении каждой составляющей поведения на основе анализа концептуальной модели. Отношения между понятиями концептуальной модели (структурные, причинно-следственные, наследование и т.п.) могут служить основанием для выявления потенциальной связи между агентами, содержащими эти понятия в качестве своих характеристик.

Определение конкретных связей между агентами и/или средой в общем случае производится в результате интерактивного диалога с исследователем. В ходе такого диалога система поддержки может по заданным шаблонам генерировать вопросы о характере связи. Например, «На сколько изменится характеристика X1 агента 1 при

увеличении характеристики Y1 внешней среды?». В некоторых случаях ответы на подобные вопросы могут быть найдены при анализе онтологии предметной области и статистической информации. В процессе создания правил, описывающих поведение агента, может быть использована база расчетных процедур, позволяющие преобразовывать численные значения характеристик.

Данный процесс является итеративным и в случае необходимости существует возможность возврата на предыдущие этапы для уточнения структуры, поведения и связей агента (рис. 4.)

### **Заключение**

Предлагаемый авторами подход к автоматизации и интеллектуализации процесса разработки агентов позволит задавать их структуру и поведение специалистам-предметникам с минимальным участием программистов и инженеров по знаниям. А также позволит обеспечить возможность совместной работы в рамках междисциплинарного исследования, когда каждый эксперт обладает знанием только о части сложной системы. Неизвестная исследователю информация о деталях структуры и поведения агента может быть выявлена путем анализа онтологии предметной области.

### **Список литературы**

1. Борщев А.В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика // Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2004. № 3.
2. Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте // Новости искусственного интеллекта. – 1998. – №2. – С.5-63.
3. Fabien Michel, Jacques Ferber, Olivier Gutknecht. The Multiagent Development Kit. URL: <http://www.madkit.org/> (дата обращения: 31.01.2014).
4. Jess, the Rule Engine for the Java™ Platform. URL: <http://www.jessrules.com/> (дата обращения: 31.01.2014).

УДК 004

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСОМ**

*Т.В. Пен*

*Сибирский федеральный университет*

*Институт управления бизнес-процессами и экономики, Красноярск*

*email: [silp167@inbox.ru](mailto:silp167@inbox.ru)*

*В последнее время, в условиях смены подхода к управлению от функционального к бизнес-ориентированному, особым преимуществом обладают организации, эффективно реализующие информационные системы. В данной статье представлены основные компоненты информационных систем. Проведен структурный анализ*

*экономической информационной системы, рассмотрены функциональные принципы ее построения и информационного обеспечения. Рассмотрены главные автоматизированные системы управления, которые предлагают компаниям множество функций для успешного ведения хозяйства и управления предприятием.*

*Ключевые слова: информационные системы, компоненты, структура, подсистемы, информационное обеспечение, автоматизированные системы управления компании.*

В двадцать первом веке, с которого начинается третье тысячелетие, лидирующие позиции в мировой экономике и торговле страны займут страны, обладающие высокими технологиями и наукоемкими производствами. И если раньше информационные системы применялись в автоматизации бухгалтерского учета, то сейчас наблюдается тенденция развития информационных систем и в других областях. Таким образом, меняется подход к управлению, а именно, от функционального, к бизнес-ориентированному. В условиях нынешней конкуренции преимуществом будет обладать та организация, чье управление будет основано на бизнес-процессах. И именно это управление не может эффективно реализовываться без применения информационных систем.

Экономическая информационная система (ЭИС) – это совокупность, технических, организационных, программных и информационных средств, которые объединены с целью сбора, хранения и обработки информации. Данная система предназначена для создания информационной структуры для управления организацией [1].

Основные компоненты информационных систем это:

- программно-аппаратные средства;
- бизнес-приложения;
- управление информационными системами.

Экономическая информационная система имеет сложную структуру, которая состоит из отдельных частей, называемых подсистемами. Обычно, рассматривают функциональные и обеспечивающие подсистемы. Однако можно выделить и организационную подсистему. В ее задачи входят:

- разработка и внедрение экономической информационной системы, ее организационной структуры, состава работников;
- регулирование процесса создания и эксплуатации системы.

Функциональная подсистема – это комплекс экономических задач с большим числом связей между ними. При этом под задачей подразумевается некий процесс обработки информации со своим входом и выходной информацией.

Функциональные подсистемы строятся по различным принципам:

- предметному;
- проблемному;
- функциональному;
- смешанному (предметно-функциональному).

Принципы предметной направленности определяют подсистемы управления производственными и финансовыми ресурсами: управление производством продукции, управление снабжением, сбытом, финансами, персоналом.

Основные функции управления:

- прогнозирование;
- нормирование;
- планирование (техничко-экономическое и оперативное);
- учет;
- анализ;
- регулирование.

Проблемный принцип существует для необходимости принятия управленческих решений по отдельным проблемам в рамках СППР (Системы поддержки принятия решения). Примером таких задач являются: управление проектами и бизнес-планирование.

Системы, которые строятся по функциональному принципу, охватывают все виды хозяйственной деятельности предприятия (финансы, производство, снабжение и т.д.).

Но, в основном, применяется смешанный (предметно-функциональный) принцип. Структура построения функциональной системы разделена на подсистемы по характеру хозяйственной деятельности, которая соответствует системе управления и структуре объекта [2].

Обеспечивающая часть экономической информационной системы состоит из:

- информационного;
- технического;
- программного;
- организационного;
- лингвистического;
- правового и других видов обеспечения.

Информационное обеспечение. Любая экономическая информационная система работает с внешней и внутренней информацией. К внешней информации относятся состояние рынков и конкурентов, политическая информация, в общем вся информация, которая, так или иначе, касается состояния рынка.

Внутренняя информация возникает в самой системе управления, отражает состояние проекта, его показатели. Все данные записываются в управленческие документы.

К техническому обеспечению относятся: компьютеры, средства коммуникаций и оргтехника, которые помогают определить с составом задач, решаемых ЭИС.

Программное обеспечение (ПО) – это совокупность программ, которая позволяет осуществить на компьютере автоматизированную обработку информации. Программное обеспечение можно разделить на системное (общее) и прикладное (специальное). К системному программному обеспечению относятся: операционные системы, системы технического обслуживания, инструментальные программные средства. Прикладное программное обеспечение рассчитано на взаимодействие с пользователем и предназначено для выполнения определенных пользовательских задач.

Совершенство языков общения пользователя с программным, информационным и техническим обеспечением образует лингвистическое обеспечение.

Организационное обеспечение – это совокупность мероприятий, которые регулируют использование технического, программного и информационного обеспечения и определяющих порядок выполнения действий, приводящих к получению необходимого результата.

Правовые виды обеспечения представляют собой совокупность норм, которые устанавливают цели, задачи и функции на основе правовых актов.

Информационные потоки, средства сбора и обработки информации, передача данных применяются в процессе управления производством, на основе этого возникают автоматизированные системы управления (АСУ).

Рассмотрим главные автоматизированные системы управления компании.

Первыми на рынке появились MRP-системы (**material requirements planning** - планирование потребности в материалах). Данная система позволяет оптимально регулировать поставки комплектующих в производственный процесс, а так же одновременно контролирует запасы на складе и процесс производства. Главной задачей данной системы является обеспечения необходимого количества комплектующих для производства, а так же минимизация издержек, связанных с запасами.

Для анализа производственных мощностей и учета ресурсов были введены CRP-системы. Цель данной системы – это проверка выполнимости графика работ с точки зрения имеющихся ресурсов, оборудования и возможностей, самой главной целью данной системы было распределение нагрузки. CRP-система занимается расчетной функцией, по заданной программе, тем самым моделирует производственную систему.

DRP-система (**distribution requirements planning**) обеспечивает планирование потребностей в распределении, а так же координирует спрос, предложение и ресурсы между подразделениями компаний.

Так как в системе MRP возможности были крайне ограничены, были созданы MRP II-системы (**manufacture resource planning** – планирование потребностей производства). Данные системы учитывали не только ресурсы MRP-систем, но и производственные ресурсы, такие как: производственные мощности и их загрузка, стоимость рабочей силы и т.д. Планирование производилось не только в материальном, но и в денежном выражении.

MRP II включает следующие функции:

1. Sales and Operation Planning – планирование продаж и производства;
2. Demand Management – управление спросом;
3. Master Production Scheduling – составление плана производства;
4. Material Requirement Planning – планирование потребностей в сырье и материалах;
5. Bill of Materials – спецификации продукции;
6. Inventory Transaction Subsystem – складская подсистема;
7. Scheduled Receipts Subsystem – отгрузка готовой продукции;
8. Shop Flow Control – управление производством на цеховом уровне;
9. Capacity Requirement Planning – планирование производственных мощностей;
10. Input/output control – контроль входа/выхода;

11. Purchasing – материально-техническое снабжение;
12. Distribution Resource Planning – планирование запасов сбытовой сети;
13. Tooling Planning and Control – планирование и управление инструментальными средствами;
14. Financial Planning – финансовое планирование;
15. Simulation – моделирование;
16. Performance Measurement – оценка результатов деятельности [3].

ERP (enterprise resource planning) – система управления ресурсами компании. В ERP-системе прибавляются функции к функциям MRP II-систем:

- FRP (finance requirements planning - методология финансового планирования);
- архитектура клиент/сервер;
- механизм планирования потребностей при распределенных запасах;
- реляционная база данных;
- мобильность открытой системы.

Главной особенностью ERP-системы – это управление глобальным производством, товарами и услугами. В данную систему входят механизмы управления транснациональными корпорациями.

MPC-системы (**management planning and control**) – комбинация систем управленческого планирования и бюджетирования. MPC-системы собирают и обрабатывают информацию, необходимую для моделирования будущего компании.

В MPC-системе дополнительно к функциям типичной ERP-системы добавляются:

- BMPC (business performance management and control - система управления эффективностью бизнеса);
- DSS (decision support system – система поддержки принятия решений);
- SPSS (statistical products and service solution - статистический анализ данных);
- OLAP (on-line analytical processing - анализ многомерных данных);
- DW (data warehouse) – централизованное хранилище данных [4].

CRM-системы (**customer relationship management**) – это система взаимодействия с заказчиками (клиентами). Данная система необходима для повышения уровня продаж, улучшения обслуживания клиентов путём сохранения информации о них и истории взаимоотношений. Система создает единую информационную базу данных о клиентах, которая позволяет упорядочить документооборот, выполнить исследование о предпочтении заказчиков. Однако главной функцией для бизнеса и для CRM-системы является удержание клиентов.

SCM-система (**supply chain management**) обеспечивает составление и передачу от производителя к поставщикам планов доставки сырья, материалов и комплектующих. Данная система нацелена на устранение нехватки и избытка складских запасов.

CRM-системы и CSM-системы представляют собой набор программного обеспечения и технологий, включающие в себя следующие модули:

- SFA (sales force automation – технология автоматизированных интенсивных продаж);



- MA (marketing automation – автоматизированный маркетинг);
- CSS (customer service and support – пользовательский сервис и поддержка).

CSRP-системы (**customer synchronized resource planning**) – это система управления, ориентированная на взаимодействие с клиентами, которая включает в себя получение заказов, разработку планов, проектов и заданий, техподдержку.

Критериями для сравнения при выборе ЭИС могут выступать следующие качества: функциональные возможности; возможность последующего развития и интеграции с существующими системами; локализация и поддержка со стороны производителя; технологические и системные возможности; экономические характеристики и др.

Таким образом, экономические информационные системы способствуют усилению обоснованности принимаемых управленческих решений. Выбор таких систем является сложным процессом, принятие решения которого основывается на изучении программ, доступных на рынке на данный момент, цели автоматизации и возможности интеграции с существующими системами.

### **Список литературы**

1. Понятие экономической информационной системы (ЭИС) [Электронный ресурс] – 2009г. – URL: <http://www.economica-upravlenie.ru/content/view/259/206>
2. Функциональные подсистемы информационных систем [Электронный ресурс] – URL: <http://www.irkinfo.ru/funktsionalnye-podsistemy-informatsionnykh-sistem.html>
3. Данилов А. Экономические информационные системы: Часть 1. История развития и обзор различных типов ЭИС [Электронный ресурс] – 2011г. – URL: [http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/1-linux\\_finances\\_01/](http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/1-linux_finances_01/)
4. MPC (Management Planning and Control) [Электронный ресурс] – URL: [http://kyzmin-ka.ru/kis/standart\\_kis/MPC/](http://kyzmin-ka.ru/kis/standart_kis/MPC/)

UDC 004.09

## **THE DEVELOPMENT OF NATIONAL RESEARCH AND EDUCATIONAL NETWORKS IN THE REPUBLICS OF THE FORMER SOVIET UNION WITH THE SUPPORT OF NATO GRANT**

*Erich Peplow*

*University of Applied Sciences Stralsund, Germany*

*epeplow@t-online.de*

*The stages of development of the national research and education networks in the former Soviet Union, supported by NATO grant by the example of the Republic of Moldova and the Russian Federation (Krasnoyarsk).*

*Keywords: national research and educational network, networking infrastructure program, networking infrastructure grant, terrestrial network infrastructure, satellite lines for internet communication.*

### **Introduction**

In the framework of the former Networking Infrastructure Program (NIP) of the NATO Public Domain Division, the civilian branch of the NATO have gotten many of the former Warsaw Pact states (among of these Hungary Poland Romania, Moldova, Transcaucasian Republics, Middle Asian Republics, Russia) support for construction of pieces of networking infrastructure for dedicated groups of researchers in form of a Networking Infrastructure Grant (NIG). The work was organized by a NATO-side co-director and a co-director from the supported workgroup lectures or researchers. In countries, where, beside of the support of the NATO, was a substantial support by the government and by the European Commission we have now powerful NREN's (PIONER (PL), HUNGARNET (HU), RoEduNet (RO)).

In common you have had to fulfill the following steps:

- Search for a partner in a NATO country, who is willing to serve as NATO-side co-director (this co-director is personally responsible especially for the financial part!).
- Prepare an application for a NIG according to the rules of the NIP, figure out the needed support and install a partner country side co-director (this co-director responsible proper work on the project).

An advisor board of the NIP elect than few projects from all of applied (no more than ten of often 30-40 applications) make a decision of the financial support (mostly less than the wished).

This procedure has some disadvantages. You have in most cases only individual advantages in the development of a networking infrastructure because of poor cooperation of granted groups of scientist and lack of coordination power of the NATO side co-directors (co-directors was in common different for each NIG).

### **Development of RENAM, the NREN of Moldova**

RENAM - Research and Educational Networking Association of Moldova – was constructed beginning in 1998. Essential for the success were few important aspects:

- Two leaders of the scientific community of Moldova, the president of Academy of Sciences of Moldova (ASM), Acad. Prof. Andrei Andries and the Rector of the Technical University of Moldova (UTM), Acad. Prof. Ion Bostan realized big potential impact of a powerful network infrastructure for modern education and research. So they took away own interests against common benefits for the scientific community. The ASM and the TUM were the moving spirits behind the foundation of a common non-governmental organization for the conception, construction, organization and administration of the NREN of Moldova. Today most of the institutions of the scientific community of Moldova are members of RENAM (see <http://www.renam.md> (in Russian)).

- In the framework of the first grant (1988, AMNET - Development of the Science and Education Network in Moldova) were discussed the conception of a national grade

scientific network. The further development was a breakdown of this early concept, adapted to the technological and financial constraints.

- There were a few enthusiastic people at the ASM and at TUM, which have spent and spend all here power for the vision of a national grade computer network and its further development.

- The leaders of the ASM and UTM have spent all here influence in governmental circles to support the things of RENAM

- Beginning with the first grant (1987) in this field up to 2010 the author were the only one NATO-side co-director for all grants in that framework.

Stages of scientific-educational networking segment development in Moldova (supported by NATO NIGs).

*Before foundation of RENAM:*

- Independent networking segments of Universities and Scientific Institutions of Moldova – before 1996;

- Moldnet project – 1996 -1997;

- NIG 972759: AMNET - 1997-1999;

The project strategic purposes are: creation and development of AMNET (Academic Moldavian Network) infrastructure with the access into INTERNET, uniting more than 25 research institutes of the Academy of Sciences of Moldova (ASM), Universities and other non-governmental organizations of Moldova; rendering an effective support of regional and international academic cooperation.

- Stage I (1997) Creation of a satellite channel and central communication node of AMNET. Connect remote buildings of ASM and universities complexes.

- Stage II (1998) Academic WWW server and IDC will be realized and AMNET users training will be organized. Creation of applied databases on multi-user SUN Microsystems servers will be arranged.

- Stage III (1999) Link all other establishments and separate users. Optimization of the Network.

- NIG 975476: Polytechnica network (Stage I) - started in 1999;

*After foundation of RENAM:*

- NIG 977228: RENAM network (Stage II) - started in 2000;

«The project strategic purposes are:

Future development of RENAM network infrastructure with the access to INTERNET, uniting now by more than 20 research institutes of the Academy of Sciences of Moldova, «Polytechnics Community» of Moldova with the Technical University of Moldova as the focal point and 11 affiliated colleges, State University in Beltsi and the Academy of Economical Studies.

Including in the created educational networking segment other leading Universities of Moldova (State University of Moldova, State Medical University, Agricultural University, Pedagogical University, State University in Cahul, Comrat City University), colleges and scientific institutions. Widen the network infrastructure for covering all the territory of the country. Render an effective support of regional and international academic cooperation.»

- NIG 978385: RENAM – RoEduNet link - started in 2001 (Radio link);

Adapt an analogous radio relay line to digital transfer of data up to 100MBit/s

- NIG 979922: RENAM – Satellite link for Internet Access Improvement – started in 2003;

Equipping a 2,8m satellite dish with new modems and transceivers and connect to RENAM backbone.

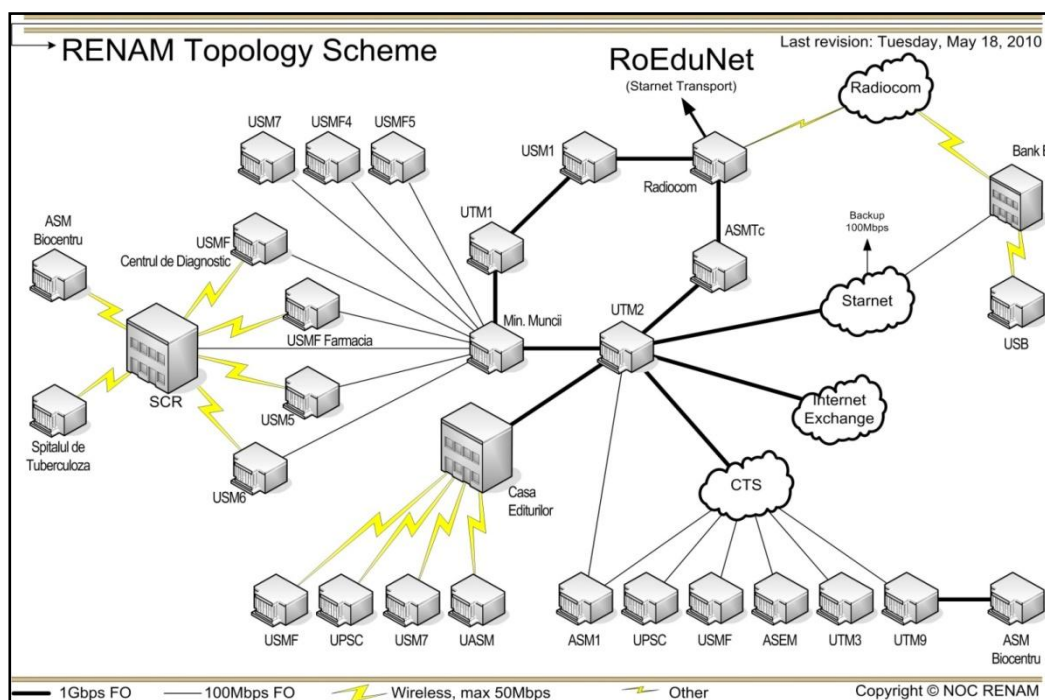
- NIG 981587: RENAM – Wireless Backbone – started in 2004;

Connect remote buildings in Kishinev over WiFi devices from ZAO Radian, St. Petersburg.

- NIG 982702: New RENAM-RoEduNet gateway based on DWDM technologies implementation, Started in 2008;

In summa ca. EUR 500.000 (plus additionally 200.000 € (for the last project from the EC). The construction of the RoEduNet – RENAM fiber link is the highlight in the evolution of RENAM. Now they have the capability to establish multi 10GE lines to the GEAN community. The realized solution was proposed by Nortel Company. The solution scheme is shown below. Nortel Company, represented by its partner in Romania Felix Telecom offered as technical solution its OM5000 platform. The system is based on Common Photonic Layer (CPL) - a next generation amplifier system that leverages years of proven Nortel expertise in developing and building Metro, Regional and Ultra Long Haul Optical Networks

The reached stage of RENAM you can see in the next figure:

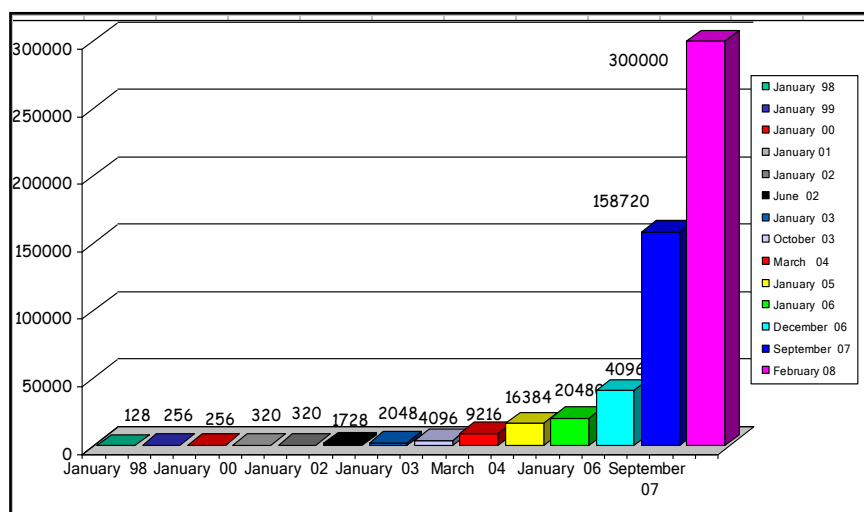


Benefits for the scientific community in Moldova:

- Establishing a direct optical communication gateway between the research and educational networks of Moldova and Romania;
- Creating enhanced conditions for joint investigations, teaching activity promotion, scientific teams communication via videoconferencing, implementation of modern scientific computing services etc.;

- Creating necessary conditions for effective connection of the RENAM network to GEANT's infrastructure and to the Internet;
- Further increasing of the overall reliability and capacity of RENAM network external connectivity;
- Creation and development conditions for new networking services and facilities deployment based on modern networking technological basis that require advanced communication bandwidth that can be provided exclusively by fibre optics communication media;
- Ensure effective data exchange of R&E community of Moldova with partner R&E communities from Romania and other EU states, perfection of the access to global information resources for all RENAM members, which are representing the major part of research and educational institutions of Moldova (annex 6);
- Realization of a new approach to regional and international scientific co-operation and effective integration of RENAM into regional, Trans-European networks and global INTERNET.

The growth of the capacity(kBit/s) of the external channels shows the next figure (with by courtesy of RENAM). In this figure aren't contained the benefits from the DWDM channel to Romania.

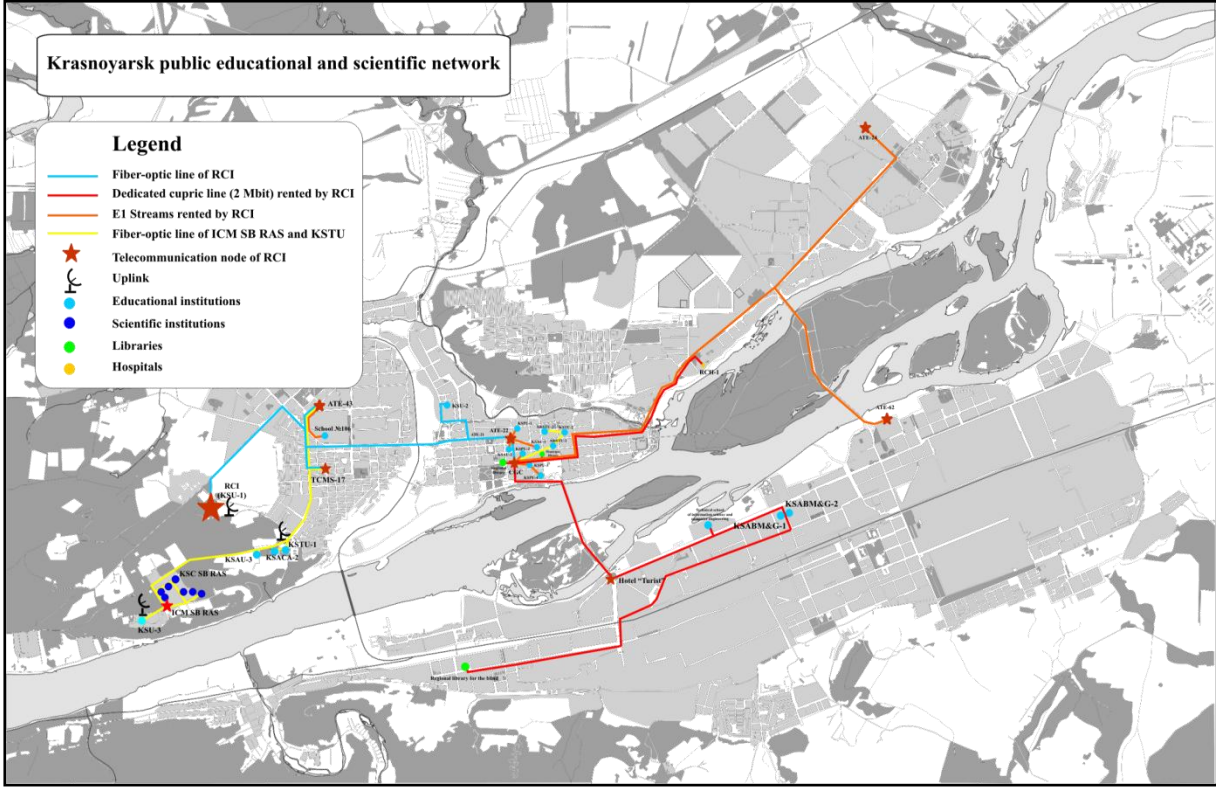


### What is about Krasnoyarsk?

In Krasnoyarsk was an active circle around Prof. Boris Oleynikov from the former KSU and Prof. Wladimir Shaidurov from the SC Krasnoyarsk of the SBRAS. From 2000 to 2008 there were three NIG's (977221, 980525, 982183) with a total of 480.000 Euro. The Author has in served in these cases as co-director, too. The results can shown in the following text and figures from final report for the third grant, for NIG 982183:

«Before reception of the 3-rd grant of fund of the NATO in Krasnoyarsk there was enough advanced ground telecommunication infrastructure created with support of grants of fund of Soros, 1-st (NIG 977221) ) and 2-nd (NIG 980525) grants of the NATO .... Fiber optic communication lines connect among themselves all cases of Krasnoyarsk state university, the Krasnoyarsk scientific centre of the Siberian branch of the Russian academy of sciences, Krasnoyarsk state technical university, Krasnoyarsk state pedagogical university,

Krasnoyarsk state agrarian university (including the remote cases on Vetluzhanka - a northwest part of Krasnoyarsk), the Siberian state space university, the Siberian state technological university, the State university of nonferrous metals and gold, Krasnoyarsk state trade and economic university, Krasnoyarsk architectural - building academy, Krasnoyarsk state medical academy. General extent of the created fiber optic communication lines educational and scientific institutes has made 48 km.»



The goal of the third grant was the connection to the Krasnoyarsk public educational network of the remote universities and branches of the universities located in Krasnoyarsk region, Taimyr, Khakasiya and Tyva. Taking into account remoteness of the specified universities and absence of ground communication lines in the application it was offered to organize for them effective satellite lines for internet communication.

The final list of settlements where 14 satellite stations are placed looks as follows.

Northern zone			Central zone			Southern zone		
Dudinka	(Taimyr)	-SFU	Lesosibirsk	(Kras reg)	-SFU	Abakan	(Khakasiya)	-KhSU
Norilsk	(Taimyr)	-NII	Krasnoyarsk	(Kras reg)	-SFU	Minusinsk	(Kras reg)	-KSAU
Turuhansk	(Kras reg.)	-KSPU	Taseevo	(Kras reg)	-KSPU	Shushenskoe	(Kras reg)	-KSAU
Tura	(Evenkiya)	-KSAU	Sharypovo	(Kras reg)	-KSTEI	Sayanogorsk	(Khakasiya)	-SFU
Vanavara	(Evenkiya)	-KSPU				Kysyl	(Tyva)	-TyvSU





УДК 004.588:004.94

## **ПОДХОД К КОМПЬЮТЕРНОМУ ОБУЧЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ СТУДЕНТОВ БАКАЛАВРИАТА НА ОСНОВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ**

*В. Е. Распопов*

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

*Аннотация. В работе обсуждается технология обучения курсу математического моделирования студентам бакалавриата прикладных специальностей с помощью компьютерной обучающей системы.*

*Ключевые слова: Бакалавриат, прикладные специальности, математическое моделирование, компьютерная обучающая система, трудности и технологии обучения.*

В связи с реформированием и переходом к двухуровневой системе высшего профессионального образования (бакалавриат, магистратура) на первое место выходит не просто получение знаний, но умение применять эти знания для решения разнообразных жизненных, профессиональных задач. Качество образования связывают с понятием конкурентоспособности специалиста, его компетентностью. Данные обстоятельства требуют адекватного изменения педагогических технологий и методик преподавания.

При подготовке «прикладных» бакалавров по естественнонаучным специальностям особо выделяют математическое моделирование. Требование к активному внедрению в учебный процесс данного метода исследований продиктовано его широкими системообразующими возможностями. Изучение технологии математического моделирования может оказать существенное влияние на формирование информационной культуры, на развитие исследовательской компетенции и профессиональных навыков обучающихся. Всё это указывает на актуальность обучения математическому моделированию студентов прикладных специальностей.

Однако зачастую методы обучения математическому моделированию не являются достаточно эффективными, поскольку основное внимание при традиционном обучении концентрируется на математическом аппарате, что необходимо математику-теоретику, но малоэффективно с точки зрения прикладного знания. Студенты по окончании обучения не имеют достаточного опыта для применения на практике полученных знаний. Не каждый студент за математическим аппаратом, описывающим математическую модель, может увидеть реальное явление. Не происходит развитие познавательных и созидательных способностей студента, получение опыта самостоятельной деятельности, формирование современных ключевых компетенций в различных сферах деятельности.

Кроме того, существует ряд противоречий между:

- необходимостью в развитии навыков математического моделирования у студентов естественнонаучных специальностей и отсутствием специальных методик, позволяющих развивать данные навыки;
- групповой формой организации процесса подготовки и индивидуальными потребностями личности в качественном образовании и развитии творческих способностей;
- необходимостью расширять, углублять и совершенствовать содержание курса и ограниченной способностью студента к восприятию материала;
- необходимостью сокращения сроков обучения, связанной с переходом на бакалавриат и требованием большего времени на качественную подготовку студентов;
- высоким уровнем вычислительной техники и недостаточным использованием возможностей ЭВМ в современной научной и образовательной деятельности.

Отметим также некоторые причины, не позволяющие сразу добиться высокого уровня владения технологией математического моделирования необходимого для эффективного решения прикладных задач:

- трудность усвоения математического аппарата вследствие его сложности и наличия в нем большого объема абстрактного материала;
- оторванность теоретического материала от его практического применения ;
- многообразие методов математического моделирования;
- необходимость знаний многих математических и естественнонаучных областей;
- недостаточное использованием возможностей ЭВМ в современной
- научной и образовательной деятельности.



Для повышения эффективности обучения математическому моделированию студентов естественнонаучных специальностей предлагается использовать профессионально-ориентированную компьютерную обучающую систему «Математическое моделирование водных экосистем». В общем виде модель процесса обучения приведена на рисунке 1:



Рисунок 1 – Модель процесса обучения математическому моделированию студентов естественнонаучных специальностей

Приведенная выше схема показывает, что обучение и развитие осуществляются в ходе взаимодействия студентов с компьютерной обучающей системой при непосредственном участии преподавателя. Процесс обучения носит циклический характер, каждое дидактическое звено процесса обучения представляет собой систему, основанную на работе всех его звеньев.

Отметим, что курс «Математическое моделирование водных экосистем» предназначен для студентов прикладных математических и биофизических специальностей и имеет практическую ориентацию. Дисциплина изучается на третьем курсе и является одним из курсов, относящихся к блоку дополнительных дисциплин подготовки бакалавров естественнонаучных специальностей.

При разработке курса «Математическое моделирование водных экосистем» выделены следующие общедидактические принципы отбора содержания курса:

- принцип научности;
- принцип систематичности и последовательности;
- принцип доступности;
- принцип связи теории и практики;
- принцип наглядности обучения;
- принцип сознательности и активности;
- принцип прочности;
- принцип профессиональной ориентированности.

А также следующие принципы:

- принцип использования компьютерных средств в качестве инструмента познания;
- принцип самостоятельности и систематичности в использовании компьютерных средств;
- принцип адекватности.

В качестве критериев отбора содержания курса выбраны следующие критерии: соответствия целям обучения; дидактической изоморфности; перспективности; минимизации; учета средств обучения.

В качестве средства обучения используется профессионально-ориентированная обучающая система «Математическое моделирование водных экосистем», позволяющая наряду с изучением теоретического материала выполнять как учебные задания, так и решать исследовательские задачи, находясь в той же операционной среде. Основной дидактической целью такой среды является привитие студенту практических навыков. Эта среда позволяет более эффективно использовать время на самостоятельную подготовку студента, довольно быстро находить толкования неизвестных понятий, освежить сведения, полученные при изучении других дисциплин, а также детально разобрать примеры решения сходных задач.

Разработанная компьютерная обучающая система является, на наш взгляд, новым педагогическим инструментом. Дизайн обучающей системы и схема интерфейса выдерживают эргономические требования, предъявляемые к удобству вызова необходимых функций, а также комфортной работе в соответствии с существующими нормами визуального оформления, формата текста и цветовой гаммы. Структура и содержание обучающей системы приведены на рисунке 2.

После изучения учебного материала и проведения исследований на готовых моделях, для приобретения практических навыков создания и применения математических моделей используется метод проектов. Данный подход позволяет формировать навыки исследовательской работы, осуществлять профессиональную подготовку студентов. Основной организационной формой при этом являются компьютерные лабораторные работы.

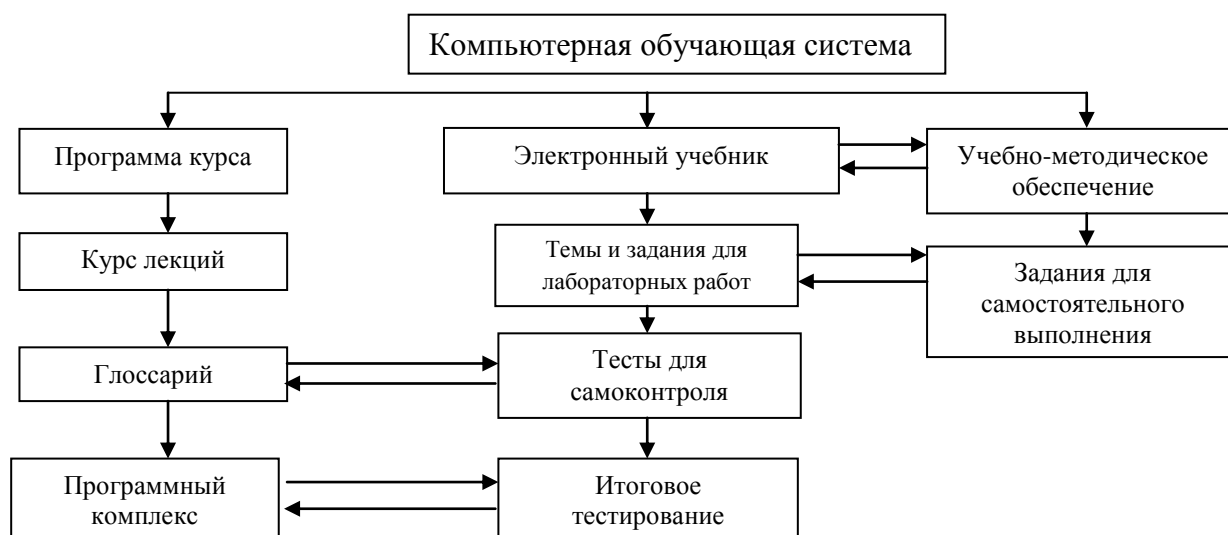


Рисунок 2 – Структура и содержание обучающей системы.

Для проверки эффективности применения предложенной методики обучения проведены педагогические эксперименты. Результаты обучения по традиционной методике выбираются как контрольные. В экспериментальной группе обучение

проводилось на основе разработанной профессионально-ориентированной обучающей системы.

Итоги педагогических экспериментов показали эффективность обучения студентов технологии математического моделирования на основе профессионально-ориентированной компьютерной обучающей системы при организации практико-ориентированных занятий.

### **Список литературы**

1. Васильев В.Г. Опыт, высокий профессионализм и качество образования. Этюд об инновационном образовании / В.Г.Васильев// Вопросы образования. – 2009. - № 2. – С. 300-305.

2. Петров Ю.С., Распопов В.Е. Компьютерная обучающая система «Математическое моделирование водных экосистем» // Системы управления и информационных технологий – 2008. – 4.1(34). – С. 188-192.

3. Петров Ю.С., Распопов В.Е. Результаты вычислительных экспериментов при математическом моделировании водных экосистем // Вестник Сибирской аэрокосмической академии имени академика М.Ф. Решетнева – 2010. -№5. – С. 179-191.

УДК: 532.5: 519.652

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЛАКА ПЫЛИ СО ЗДАНИЯМИ И СООРУЖЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ**

*Т.С.Рейн, Е.Е. Васильев*

*Кемеровский государственный университет, Кемерово*

*e-mail: [tsrein@mail.ru](mailto:tsrein@mail.ru), [evg512@mail.ru](mailto:evg512@mail.ru)*

*Техническое переоснащение угольной промышленности и применение мощной техники будут способствовать увеличению запыленности воздуха в рабочих зонах. В крупных угольных разрезах и шахтах, может наблюдаться перемещение пылевого облака в жилые районы, расположенные вблизи шахт. Поэтому борьба с пылью на угольных карьерах входит в число наиболее важных народнохозяйственных проблем, предусматривающих необходимость разработки программных комплексов, позволяющих проводить моделирование распространения пылевого облака от шахтного разреза до ближайших населенных пунктов. В данной работе проводится обзор основных подходов к решению задачи распространения пыли вблизи населенного пункта. Описывается метод решения. Приводятся расчеты методом контрольного объема тестовых задач.*

*Ключевые слова: Угольная пыль, метод контрольных объемов, загрязнение воздуха*

### **Введение**

В настоящее время существует множество экологических проблем, обусловленных загрязнением воздушной среды в окрестностях энергетических

предприятий, шахт, угольных разрезов а также в больших городах. Крупными источниками твердых и газообразных загрязнителей являются энергетические предприятия. Выхлопы городского автомобильного транспорта являются постоянными источниками угарного газа, окислов азота, углеводородов. Истирание шин и дорожных покрытий приводит к образованию мелкой резиновой, асбестовой и битумной пыли. Химические реакции, протекающие между загрязнителями, приводят к появлению новых токсичных веществ, возникает смог. Интенсивный смог может приводить к удушью, аллергическим реакциям, приступам астмы, обострению множества хронических заболеваний.

Помимо этого, в настоящее время существует множество экологических проблем, обусловленных загрязнением воздушной среды в окрестностях угольных карьеров, в которых постоянными источниками пыли являются отвалы и взрывные работы. В ближайшее время угольная промышленность будет развиваться за счет увеличения добычи угля наиболее эффективным открытым способом на базе широкого внедрения высокопроизводительной циклично-поточной технологии и горной техники, включающей роторные экскаваторы и комплексы производительностью 1250-12500 т/ч, большегрузный автомобильный транспорт 110-200 т. и более, карьерные экскаваторы с ковшами 15 и 20 м<sup>3</sup> и др.

Техническое переоснащение угольной промышленности и применение мощной техники будут способствовать увеличению запыленности воздуха в рабочих зонах. Главным объектом воздействия пылевой взвеси является атмосфера. Загрязнение атмосферы приводит к значительному повреждению растительности. Во многих городах и вблизи них исчезают сосна<sup>1</sup> и другие породы деревьев. В крупных угольных разрезах и шахтах, каковыми являются большинство карьеров Кузбасса, может наблюдаться перемещение пылевого облака в жилые районы, расположенные вблизи шахт. При этом пылевые и взвесенесущие потоки могут под действием ветра и иных погодных условий перемещаться на достаточно большие расстояния. Доказано, что загрязненный воздух из Германии достигает Норвегии, Швеции, а из Японии - США.

Таким образом, борьба с пылью на угольных и сланцевых карьерах входит в число наиболее важных народнохозяйственных проблем, предусматривающих необходимость разработки программных комплексов, позволяющих проводить моделирование распространения пылевого облака от шахтного разреза до ближайших населенных пунктов в зависимости от природных, ландшафтных условий и строительных и жилых сооружений. В связи с резким ростом эффективности вычислительной техники в последнее десятилетие стало возможным численное моделирование процесса распространения пылевых и взвесенесущих облаков [4,11]. Чтобы построить адекватную математическую модель, необходимо описать большое количество процессов, происходящих в реальных условиях, таких как влияние осадков, смены направления ветра и т.д. на процесс распространения пылевых газов.

Процесс распространения пыли в приземном слое атмосфере хорошо изучен с инженерной точки зрения [3]. Существует целый ряд формул, которые позволяют рассчитывать максимальные концентрации газообразных и твердых продуктов взрывных, погрузочных и угледобывающих работ и их положения. Эти формулы широко используются в расчётах, связанных с решением экологических проблем. Исходными

данными расчётов являются скорость ветра; природа вещества, выбрасываемого в атмосферу; температура окружающей среды и продуктов сгорания; массовая и тепловая мощность источника выброса продуктов сгорания и его высота; время года.

В настоящей работе представлено моделирование задачи распространения пыли, формирующейся на угольных разрезах как в процессе их жизнедеятельности, так и во время взрывных работ.

### **Постановка задачи и метод решения**

Рассматривается упрощенная задача, в которой некоторый объем воздушных масс (состав в настоящей работе не учитывается) движется в направлении материальных наземных объектов (жилые и промышленные здания).

#### **Физическая постановка задачи**

При постановке задачи учитываются следующие процессы и факторы. Первое - это ветер. Его скорость меняется от нуля на поверхности земли, до некоторого заданного значения. Из метеорологических наблюдений можно определить порядок этой величины. Как правило скорость движения атмосферы в приземном слое есть величина порядка 5-20 м/с. Температуру окружающей среды можно рассматривать в диапазоне 230-310 °K. Так как основным веществом, находящимся внутри расчётной области, является воздух, то плотность рассматриваемой среды совпадает с плотностью воздуха и приблизительно равна 1.2 кг/м<sup>3</sup>.

Поле скоростей определяется воздействием на элемент сплошной среды следующих сил.

- Градиента давления. Так как воздух имеет небольшую плотность и малую вязкость, то даже сравнительно небольшие градиенты давления достаточно сильно сказываются на поле скоростей.

- Конвективные составляющие инерционных сил. Здесь проявляется нелинейность расчёта поля скоростей.

- Силы вязкости, которые определяются тензором скоростей деформаций. Чем вязкость больше, тем сильнее тензор скоростей деформаций влияет на поле скоростей. Для воздуха вязкость достаточно мала и возникает идея не учитывать её в расчётах, тем самым, упростив исходные уравнения. Однако это допущение приводит к моделированию другой по физической сущности задачи, т.к. именно вязкость определяет взаимодействие воздуха и поверхности земли.

При моделировании распространения газового облака требуется найти:

- поле скоростей в расчётной области;
- распределение температуры;
- распределение концентраций газообразных и твёрдых примесей, содержащихся в выбросе;

- при известном распределении концентраций твёрдых веществ, определить также зону их оседания и влияние высоты трубы на размеры и расположение зоны оседания.

#### **Математическая постановка задачи**

Выпишем полную нелинейную постановку задачи об обтекании облаком газа (пыли) зданий и сооружений в зависимости от погодных условий и направления ветра.

В работе рассматривается модельная задача, в которой смесь газа и пыли считается однородной воздушной массой.

Для турбулентного режима применяется система уравнений Рейнольдса [7,8]. В рассматриваемой задаче течение газа считается установившимся, поэтому все уравнения записываются в стационарной постановке. Искомыми зависимыми переменными являются три компоненты скорости  $u_i$  (решается трехмерная задача), являющиеся проекциями вектора скорости на оси координат, давление  $P$ , молекулярная динамическая вязкость  $\mu$ , компоненты вектора силы тяжести  $g_i$ , плотность газа  $\rho$ , энтальпия смеси  $h$ , массовые доли газовых компонент  $Y_m$ .

Большие размеры области, малое значение  $\mu$  и наличие скоростей, превышающих 10 м/с приводят к тому, что течение газа имеет турбулентный характер. Для описания турбулентного характера течения используется модифицированная  $k-\varepsilon$  модель Чена-Кима, которая позволяет рассчитывать отрывные и закрученные течения [1,6]. При использовании  $k-\varepsilon$  модели турбулентности добавляются переменные  $k$  - кинетическая энергия турбулентных пульсаций и  $\varepsilon$  - скорость ее диссипации. Ниже в таблице 1 представлены дифференциальные уравнения для упомянутых выше переменных.

Таблица 1

Дифференциальные уравнения переменных задачи  
(для системы уравнений Рейнольдса [12])

$\Phi$	$\Gamma_\Phi$	$S_\Phi$
1	0	0
u	$\mu_{eff}$	$-\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{2}{3} \rho \frac{\partial k}{\partial x}$
v	$\mu_{eff}$	$-\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_{eff} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_{eff} \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu_{eff} \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{2}{3} \rho \frac{\partial k}{\partial y}$
w	$\mu_{eff}$	$-\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_{eff} \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_{eff} \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \mu_{eff} \frac{\partial w}{\partial z} \right) - \frac{2}{3} \rho \frac{\partial k}{\partial z} - \rho g$
h	$\mu_{eff} / \sigma_h$	0
$Y_i$	$\mu_{eff} / \sigma_Y$	0
k	$\mu_{eff} / \sigma_k$	$G - \rho \varepsilon$
$\varepsilon$	$\mu_{eff} / \sigma_\varepsilon$	$C_1 \frac{\varepsilon}{k} G - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + C_3 \frac{G^2}{\rho k}$

Здесь  $G = \mu_{eff} \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \frac{\partial u_j}{\partial x_i}$  - член генерации  $k$  за счет турбулентности.

Турбулентная вязкость выражается через локальные характеристики  $k$  и  $\varepsilon$ :

$$\mu_{eff} = \mu + C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}$$

Параметры модели турбулентности являются константами:

$$C_\mu = 0,09; \sigma_k = 0,8; \sigma_\varepsilon = 1,15; C_1 = 1,15; C_2 = 1,9; C_3 = 0,25.$$

Граничные условия:

*Входная граница.* Задаются значения компоненты скорости  $u, v, w$ . Энтальпия вычисляется по заданным температуре входа и составу газов или жидкости. Кинетическая энергия турбулентности и скорость диссипации турбулентности на входе оцениваются по соотношениям вида:

$$k_{in} = k_{in}^0 (u_{in}^2 + v_{in}^2 + w_{in}^2), \quad \varepsilon = \varepsilon_{in}^0 k_{in}^{3/2}.$$

*Выходная граница.* На выходной границе при решении уравнений для  $u, v, w, k$  и  $\varepsilon, h$  ставятся условия отсутствия градиентов («мягкие условия») [9]:

$$\frac{\partial u}{\partial n} = \frac{\partial v}{\partial n} = \frac{\partial w}{\partial n} = \frac{\partial h}{\partial n} = \frac{\partial k}{\partial n} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial n} = 0,$$

где  $n$  - вектор внешней нормали к расчетной области.

### Описание метода решения

В данной работе для моделирование взаимодействия газового потока с воздушным пространством расчетной области, включающей в себя здания с сооружения заданной формы используется метод контрольного объема. Выбор метода обусловлен многофазностью пространства расчетной области. Пылегазовый входящий поток взаимодействуют с воздушной массой расчетной области.

Исходные дифференциальные уравнения переноса последовательно интегрируются по объему контрольных ячеек [9,12]. При этом аппроксимация конвективных членов выполняется по устойчивой схеме третьего порядка точности. Диффузионные члены аппроксимируются на основе центрально-разностной схемы. Система разностных уравнений переноса решается с помощью итерационных методов, таких как метод неполной факторизации Булева [2]. Так как основные уравнения связаны друг с другом и нелинейны, то для получения решения системы требуется использование глобальных итераций [5,10].

В работе используется частично-совмещенная сетка [9,12]. Компоненты скорости  $u, v, w$ , а также кинетическая энергия турбулентных пульсаций, скорость ее диссипации и энтальпия смеси рассчитываются и хранятся в узлах сетки, а давление располагается в углах контрольного объема для  $u, v, w$ . Уравнение для поправки давления выводится из дискретных аналогов уравнения количества движения и неразрывности. В процессе счета поля скорости и давления корректируются согласно SIMPLE-алгоритму [12].

## Численные результаты

Решается модельная задача обтекания воздушной массой 3 объектов заданной формы. Расчетная область представляет собой трехмерную прямоугольную область со следующими размерами: по оси X - 200м, по Y - 120м, по Z - 80м. (рисунок 1,а). Входной поток газа проходит через нижнюю и левую вертикальную и выходит через верхнюю и правую вертикальную стенки (рисунок 1,б).

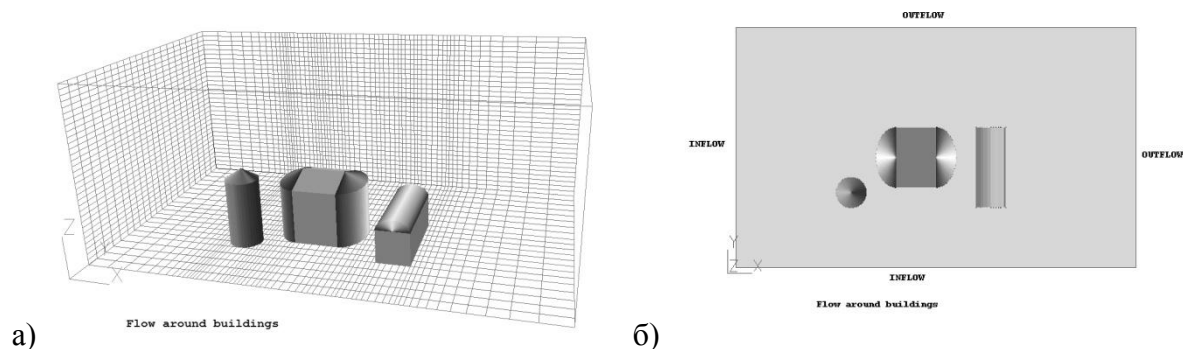


Рисунок 1 – Геометрия расчетной области

При расчете были рассмотрены следующие характеристики задачи. Ось OY направлена на север. Комплекс обдувается ветром. Ветер «дует» с юго-запада. В расчетной области располагается комплекс зданий. Первое представляет из себя цилиндр, диаметром 15м и высотой 30м с крышей-конусом высотой 5м (диаметр основания - 15м). Второе - прямоугольный параллелепипед 15x40x15м и полуцилиндр 15x40x5м. Среднее состоит из двух полуцилиндров 10x30x25м, двух полуконусов 10x30x5м, прямоугольного параллелепипеда 20x30x25м и двух клиньев (выделены синим) 20x15x5м.

Ниже представлены результаты расчетов описанной задачи методом контрольных объемов. На рисунке 2 приведен полученное поле давления в расчетной области.

Можно видеть, что к месту взаимодействия газового потока на трехмерные объекты, моделирующие сооружения различной формы, происходит резкое увеличение давления. Из рисунка видны области и места наибольшего давления потока на здания, по которым можно судить о местах наиболее высокой концентрации пыли и газа. Также видно, что с обратной от входного потока стороны формируются зоны пониженного давления, соответствующие наименьшей концентрации газа и пыли при его движении. Скорость газового облака замедляется при приближении к зданиям, и увеличивается после обтекания здания. В зонах, закрытых зданиями от ветра, воздушная масса движется с меньшей скоростью, чем на открытых участках.

Ниже на рисунках 4,5 представлена зависимость расчетного давления и скорости движения газа от скорости ветра. Приведены данные среза с началом в точке с координатами (115,0,8) и концом в точке с координатами (115,120,8). На рисунке 3 этот срез изображен в виде горизонтального цилиндра, расположенного между вторым и третьим зданиями (расчет слева на право).



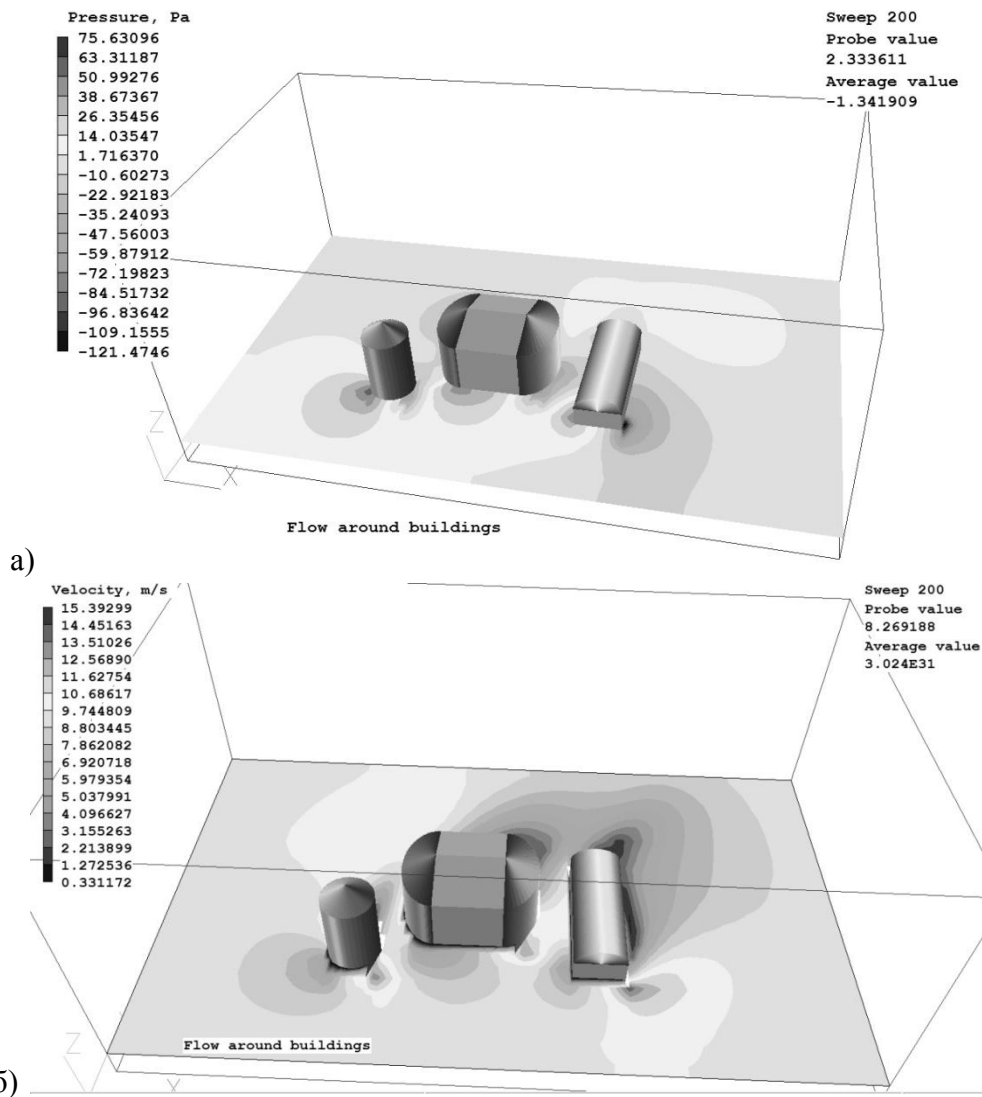


Рисунок 2 – Результаты расчетов. а) поле давление; б) поле скорости

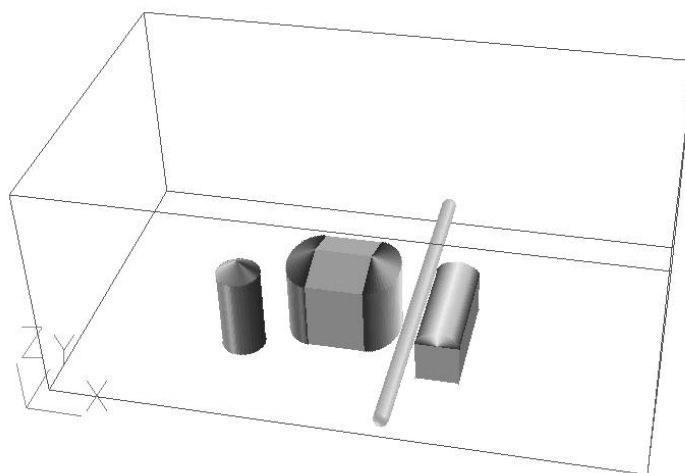


Рисунок 3 – Линия среза для серии расчетов с различными значениями скорости ветра входного потока

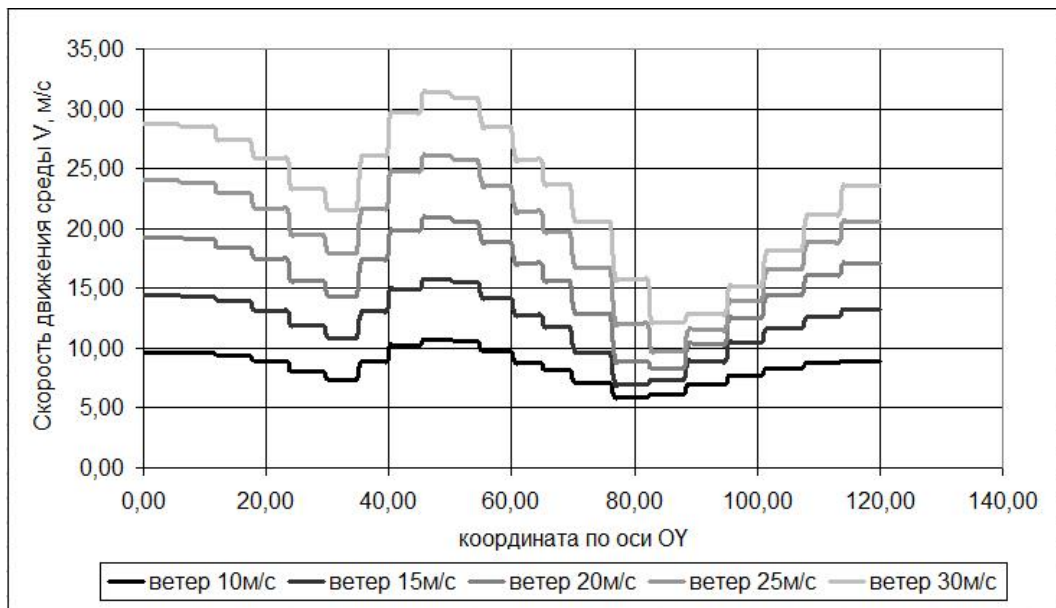


Рисунок 4 – Зависимость скорости движения газового облака от скорости ветра

Из результатов видно увеличение скорости движения воздушной смеси газа и пыли. При этом можно наблюдать небольшие скачки скорости, обусловленный преградами в виде зданий. Наибольшее значение скорости возникает в промежутке между зданиями, что говорит о «физичности» полученных результатов.

Из рисунка 5 видно, что с увеличением скорости ветра в зонах положительного давления наблюдается рост давления, в зонах же отрицательного давления (на задних стенках зданий) - снижение давления. Полученное давление соответствует картине поведения скорости облака газа в зависимости от скорости ветра, что подтверждает правильность результатов.

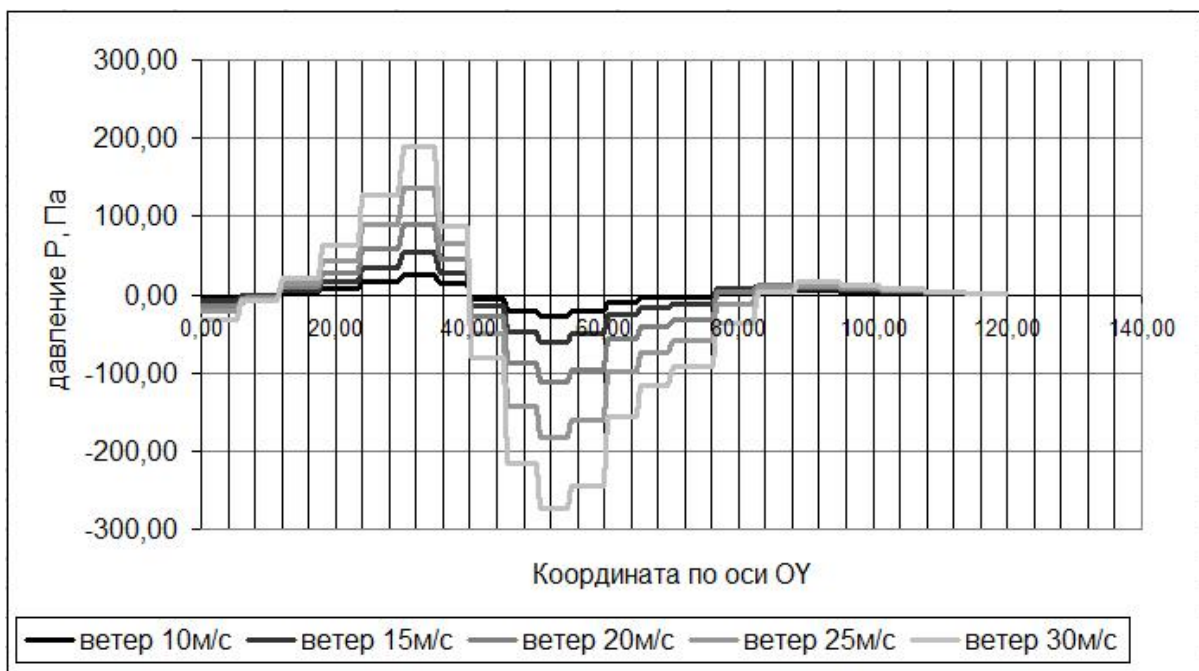


Рисунок 5 – Зависимость давления от скорости ветра

## Заключение

В работе представлена задача, моделирующая один из этапов процесса распространения газо-пылевого облака, распространяемого от угольного разреза в направлении жилого сектора. Описаны физическая и математическая постановки задачи. Кратко изложена суть метода численного моделирования. Приведены результаты расчетов для различных значений варьируемых параметров. Из результатов расчетов можно выделить участки наибольшей концентрации и скорости распространения газопылевого облака.

## Список литературы

1. Белов И. А., Модели турбулентности. Учебное пособие., Л.: Л МИ, 1986, 100 с.
2. Баландин М.Ю., Шурина Э.П., Методы решения СЛАУ большой размерности., Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000, 70 с.
3. Годунов С.К., Забродин А.В., Численное решение многомерных задач газовой динамики., М.-. Наука, 1976, 400 с.
4. Зубков В.Г., Математическое моделирование течений жидкости и газа., МГИУ, 2001, 191 с.
5. Ильин, В.П. Методы конечных разностей и конечных объемов для эллиптических уравнений [текст] / В.П. Ильин, - Новосибирск: изд. инст. мат-ки, 2000. – 345 с.
6. Колесниченко А.В., Турбулентность многокомпонентных сред., М.: Наука, 1998, 336 с.
7. Либби П.А., Вильяме Ф.А., Турбулентные течения реагирующих газов., М.: Мир 1983, 328 с.
8. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М., Теоретическая физика. Т VI. Гидродинамика., М.: Наука, 1986, 736 с.
9. Патанкар С., Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости., М.: Энергоатомиздат, 1984, 152 с.
10. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика: пер. с англ. [текст] / П. Роуч, - М.: Мир, 1980. - 616 с.
11. Федосеев А.А., Булгаков В.К. Численное моделирование распространения продуктов сгорания ТЭЦ в приземных слоях атмосферы в трёхмерной постановке., Сборник трудов международной научной конференции: Фундаментальные и прикладные вопросы механики, Хабаровск: ХГТУ, 2003 - с. 225-234
12. Patankar S.V., A Calculation Procedure for Two-Dimensional Elliptic Situations, Num. Heat Transfer, vol. 2, (to be published), 1979

**SYSTEM DYNAMICS MODEL FOR CONVERSION TO ORGANIC FARMING**Č Rozman<sup>1</sup>, M Kljajić<sup>2</sup>, A Škraba<sup>2</sup><sup>1</sup>University of Maribor, Faculty of agriculture and life sciences, Pivola 10, 2311 Hoče,  
Slovenia<sup>2</sup>University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kidričeva cesta 55,  
4000 Kranj, Sloveniae-mail: [crt.rozman@um.si](mailto:crt.rozman@um.si), [miroljub.kljajic@fov.uni-mb.si](mailto:miroljub.kljajic@fov.uni-mb.si), [andrej.skraba@fov.uni-mb.si](mailto:andrej.skraba@fov.uni-mb.si)

*In this paper a system dynamics model for organic farming development to support government decision making is presented. After performing several simulation scenarios we discovered that conversion to organic farming relies on subsidies which provide the main motivation for conversion from conventional farming to organic farming. However, the subsidies are not the only driving force in the system, even more important are activities that promote organic farming, since sufficiently large subsidies could not be provided in order to complete the conversion from conventional to organic farming to the extent desired. Another important feature is food demand, determined by population size, which negatively influences the conversion to organic farming due to the increased demand leading to increased food prices.*

*Key words: system dynamics, organic farming, simulation, model*

Bontkes and Van Keulen (2003) argue that the study of agricultural systems requires the use of non-linear dynamic models that allow the simulation of the system in a qualitative way, based on a description of the underlying processes. Their approach is illustrated with a regional model that has been developed to simulate agricultural development in the Koutiala region in the south-western part of Mali. There are many factors, such as farm type and soil quality, which might influence farmers' decisions. However, attempting to consider the complex interactions of all factors, the authors (Kaufmann et al., 2009) have adopted the approach of isolating parts of a system and examining them individually, while assuming that all other things are equal. In their research, the diffusion of organic farming practices is modeled by a generic agent model, based on the theory of planned behavior (Ajzen, 1991), for understanding and modeling the farmer's decision-making process. Darnhofer et al. (2005) study reasons for converting to organic farming with the use of a decision tree that has been tested with survey data, while the complete overview of modeling approaches in the area of organic farming is provided by Acs et al. (2005). The detailed analysis of organic farming development scenarios is provided by Zanolli et al. (2000) and Zanolli et al. (2012).

Besides econometric modeling and mathematical programming, other approaches can also be used for the modeling of agricultural systems. System dynamics (SD) methodology (Forrester, 1994) can be used as an alternative for modeling policy scenarios (Bockermann et al., 2005; Elshorbagy et al., 2005; Saysel et al., 2002; Škraba et al., 2003). In particular, SD methodology has an advantage in cases in which it should be considered that (Zanolli et al. 2000): "organic farming's future development is a difficult task, given the almost total lack of time series data for the sector". In such cases, scenarios may be considered as hypothetical

images of the future evaluated on dynamic model-based on LD and SD. In that case, the SD model combined with different scenarios could be a useful explanatory tools for policy analyses for experts. The most significant work in the field of simulation of development policy scenarios is presented by Shi and Gill (2005) who developed a system dynamics-based simulation model for ecological agriculture development for Jinshan County (China); and by Kljajić et al. (2003) who developed an integrated system dynamics model for development in the Canary Islands, where interactions between agriculture, population, industry and ecology were taken into consideration. The preliminary investigations into SD simulation of organic farming development have been conducted by Rozman et al. (2007) and by Rozman et al. (2013). The model incorporates key variables affecting organic farming systems and is used to identify the main reasons that the strategic goal (15% of organic farms) has not been achieved; this research did not include all aspects of the food market and consumer factors (Rozman et al., 2007). However, consumer concerns are inherently dynamic because they respond to complex societal and technological situations and developments. For example, because of rising concerns about global warming, the carbon dioxide absorption of crops is now attracting public attention, which means that new requirements are being proposed for the environmentally friendly production of crops (Korthals, 2008).

This paper presents a system dynamics model for the development of organic agriculture in Slovenia in order to identify key variables that determine conversion dynamics and to propose development policy in order to achieve strategic goals as set in the strategic document called “Action Plan for the Development Organic Farming ” (ANEK) (Majcen and Jurcan, 2006). The paper is organized as follows: first, we present the basics of system dynamics methodology; this is followed by system analysis and identification of key variables, showing the main flows and feedback loops within the systems. The results section presents scenarios (different policies in organic farming) and their evaluation through the application of the developed SD model. The main findings and suggestions for further study conclude the article.

## METHODOLOGY

### System dynamics methodology

This study is based on system dynamics methodology. The fundamentals of system dynamics were defined by Forrester (1958) as a method for the modeling of industrial dynamics. In the early 1980s, at the beginning of the Information Age, the method was renamed as System Dynamics (SD). The idea of this modeling is based on the assumption that every real system, as well as any business system, could be described by a system of equations that represent interconnected flows or Rates and Stocks i.e. Levels.

Figure 1 provides an example of the symbolic representation of described elements, in which  $L$  represents the Levels (stock),  $R_{in}$  the input flow,  $R_{out}$  the output flow and  $P_1$  and  $P_2$  some arbitrary parameters. One of the common elements is an element representing the Auxiliary expression ( $A_1$  and  $A_2$  in Figure 1) by which one expresses the arithmetic relations between  $L$ ,  $R$  and  $P$ . Each level,  $L$ , or state element, has its own input rate,  $R_{in}$  and its own output rate,  $R_{out}$ ,

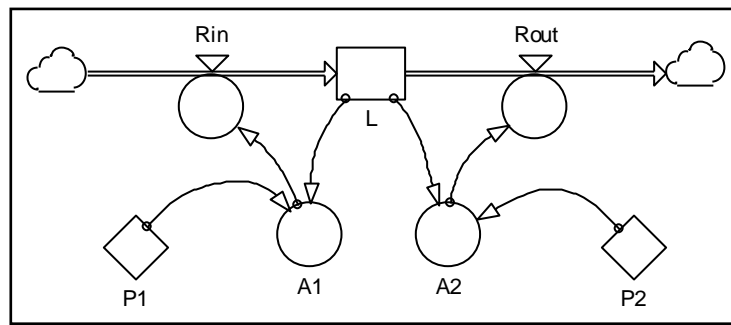


Figure 1 – Basic elements in system dynamics

In Figure 1,  $P_1$  and  $P_2$  represent the decision parameters by which the flows are regulated via the auxiliary elements  $A_1$  and  $A_2$ . The clouds at the beginning and at the end represent the environment of the model. This is, therefore, our boundary for the modeling of the addressed model. From the formal viewpoint, this method is indeed straightforward and clear, as well as understandable. In the case of a concrete problem, the possible meaning of the L and R elements are obtained.

The conservation-of-mass principle for the above model could be described with the dynamics equation in the form of difference equation:

$$L(k + 1) = L(k) + \Delta t(R_{in}(k) - R_{out}(k)) \quad k = 0,1,2 \dots n \quad (1)$$

in which  $k$  represents discrete time,  $\Delta t$  is the time interval of computation. Each entrepreneur understands that the value of Level element  $L(k+1)$  increases if  $R_{in}(k) > R_{out}(k)$ ; it is unchanged if  $R_{in}(k) = R_{out}(k)$ , and decreases if  $R_{in}(k) < R_{out}(k)$ .

The method for problem solving with the use of system dynamics methodology is similar to that used with the systems approach, and can be described as a synthesis of the following steps (Forrester, 1994):

- definition of the problem,
- setting objectives,
- drafting the study,
- formulation of a mathematical model,
- developing a computer program,
- model validation,
- preparation of the experiment (simulation scenario),
- simulation with analysis of results.

In this study, we followed these steps to develop the simulation model of organic farming development, which will be presented in detail in Section 2.2. Several scenarios were prepared and tested on the model in order to determine the impact of changes in key parameter values.

## **THE SYSTEM DYNAMICS MODEL**

### System analysis of the organic agriculture system

There are approximately 80,000 farms in Slovenia, both conventional and organic. In 2006, only 1,728 farms were under the organic farm control system, equaling 2.4% of all farms in that year (77,138), which is 26,831 hectares representing 5.5% of all arable area.

Even though a subsidy had been offered to the farmers, the proportion of organic farms was still low, less than 5%. Recent research by Rozman et al. (2007) has shown that the growth of the number of organic farms slowed down despite increased subsidies. The short-term strategic goal is to reach 10%, or 15%, of organic farms by the year 2015. This goal is determined by the state action plan, ANEK (Majcen and Jurcan, 2006). Although the number increased to 2,000 in 2007 and 2,067 in 2008, the strategic goal of 15% has still not been achieved.

According to an analysis of “state of the art” organic farming, the simulation model should consider the key variables that influence the development of organic farming, which are in accordance with the previous research in this field (Zanoli et al., 2000; Zanoli et al., 2012), such as:

- the number of conventional farms,
- the number of organic farms,
- conversion from conventional to organic farming,
- subsidies,
- the promotion of organic farming (marketing, market development, education),
- the organization of a general organic farming support environment,
- a system of self-support (self organization such as shared processing and marketing),
- the delay constants of process change (for example, an increase in one parameter causes visible consequences after a time delay),
- the aggregate food demand and supply.

A key variable in the model is the number of organic farms. These are those farms that are under the system of one of the control organizations.

During the development of the Causal Loop Diagram (CLD) (Figure 2), as the first step towards the development of the SD model, the following key variables were identified:

- (1) the number of potential candidates (farms) for conversion to organic farming,
- (2) the number of farms already converted to organic farming,
- (3) the flow between (1) and (2): conversion rate (transition).

A causal loop diagram consists of variables connected by arrows denoting the causal influences between the considered variables. Each Level and Rate element has a directed arrow assigned so that one element represents the cause and the other the consequence. Directed arrows from cause to consequence have the “+” sign if the cause and consequence have the same direction and “-” if the opposite direction exists.

Loop B1 represents a negative loop, with a goal value of 0 (depleting the number of “Conventional Farms”). The number of “Conventional Farms” divided by the “Total Number of Farms” yields the “Concentration of Conventional Farms”, which is initially high, meaning that there should be a high initial preference for “Conversion”. “Concentration of Conventional Farms” positively influences the “Communication”. This variable represents the general communication between the conventional approach members and the organic approach members. “Conversion” positively influences the number of “Organic Farms”. If the number of “Organic Farms” increases, the “Information Spread” increases above the level that it would otherwise have been. “Information Spread” by “Organic Farms” members is positively influenced by the “Information Spread Factor”, which could be, for example,





marked with “R2” have the characteristic of reinforcing feedback loops. According to government policy, the growth in the number of “Organic Farms” should be properly supported in order to promote an increase in self-organization of, for example, organic food marketing and promotion. Thus, the reinforcing feedback loop R2 should serve as a growth generator in the system.

Loop B2 represents a balancing loop. If the number of “Organic Farms” increases, the “Application of Resources” increases above the level that it would otherwise have been. The “Application of Resources” is also dependent on the resources needed per farm i.e. “Support Demand per Farm”. Higher “Application of Resources” can cause the depletion of the “Support Resources”. The conversion is dependent on the “Support Demand per Farm” and “Application of Resources”. If more resources are needed per farm, fewer organic farms can be supported, and therefore lower numbers of “Conversion” should be expected. In considering a real case, the negative loops B1 and B2 are dominant, leaving the system in an undesirable state of equilibrium. This would mean that the number of organic farms is constant and well below the desired level. In order to move the system away from the equilibrium, one should consider the policies that would raise the impact of the reinforcing feedback loops R1 and R2, which should move the system state, i.e. the number of “Organic Farms”, to the higher equilibrium values. “Price”, “Desired production” and “Production efficiency” are also key factors that impact the intensity of the transition.

### Model development

A system dynamics model structure is shown in Figure 3. The model consists of 36 variables and 60 links.

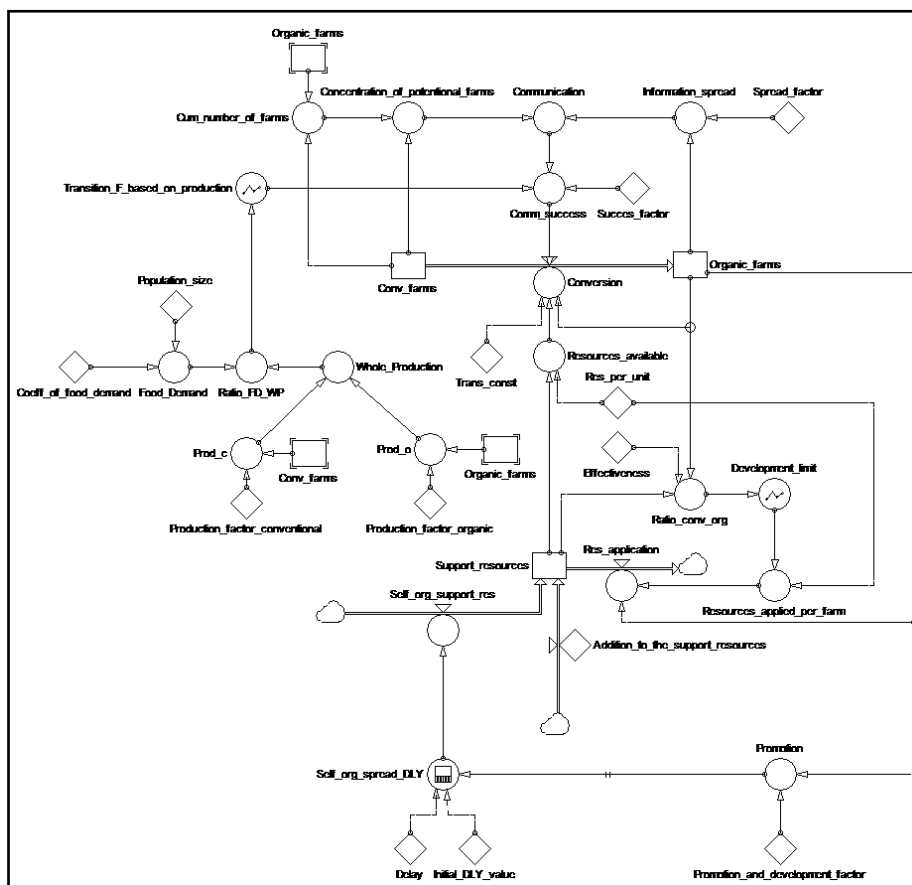


Figure 3 – System Dynamics model of Organic Farming Development

There are two levels to the elements applied in the upper part of the model: The variable “Conventional\_farms” represents the number of conventional farms. By the flow “Conversion” the “Conventional\_farms” become “Organic\_farms”. This structure is commonly known as the market absorption model (Hines, 2005). “Conversion” is dependent on the “Support\_resources” available, modeled as a level element that actually determines the goal value of the organic farms. The desired conversion can only be achieved if there are enough “Support\_resources” present in order to make a “Conversion”. The “Support\_resources” are not only the financial means. Here, the support of society is also considered; for example, education should create positive attitudes in relation to organic farming. In this category, the market development, as well as the demand, should also be considered. However, at present the “Support\_resources” are mainly dependent on subsidies from the government. The key variable “Self\_organization\_resources” is driven by the impact of the policy and the level of societal support, which will intensify with increasing numbers of “Organic\_farms”. This represents the application of a reinforcing feedback loop that should be augmented. The “Development\_limit” represents the function of the variable consumption of resources. If the resources are scarce, the usage is lower than in the case of abundance. Resources are consumed by the “Organic\_farms”. The prosperity of the “Organic farms” therefore depends on the “Support\_resources”, which are not only financial means; here, the social impact of organic farming represents the supportive environment that should sustain such an activity, which in the world of consumption is counterintuitive (Forrester, 1958). “Conversion” is also dependent on the total food production and “Food demand”. In our case, the effect of prices to the conversion is considered by the empirical function captured in the “Transition Function Based on Production”, which limits the conversion if the overall supply falls under desired level of food production. What is noteworthy here is that one could not expect that the conversion would be made if the food supply falls under particular level. With extensive research (Saufert et al., 2012), it has been proven that conventional production is higher than organic production; however, this depends on the crop considered. Lower productivity of organic farming was therefore considered in the model. The model addresses a situation in which the imports and exports are stable and concentrates on the relations between selected variables. The model that would take in the consideration imports and exports would be significantly more complex, and it is out of scope of the present research.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

The model is used in order to simulate different scenarios that enable assessment of policy scenarios with respect to development of organic farming. Table 1 shows input parameters for 7 scenarios simulated. The main policy parameter being changed are subsidies.

Scenario analysis is a qualitative tool for strategic policy analysis that enables researchers and policymakers to support decision making, and a systemic analysis of the main determinants of a business or sector (Zanoli et al., 2012). SC1 is the initial scenario in which the initial amount of the subsidy provided is 2000, i.e. that there are sufficient resources provided by subsidy to support 2000 organic farms.

Table 1

Input parameters for each scenario

Scenario	Subsidies	Coefficient of food demand	Delay	Promotion factor	Population
1	2000	1,2	24	0,8	2M
2	3000	1,2	24	0,8	2M
3	4000	1,2	24	0,8	2M
4	4000	1,2	24	2	2M
5	4000	1,2	48	2	2M
5	4000	1,2	48	2	2.3M
7	4000	1,1	48	2	2.3M

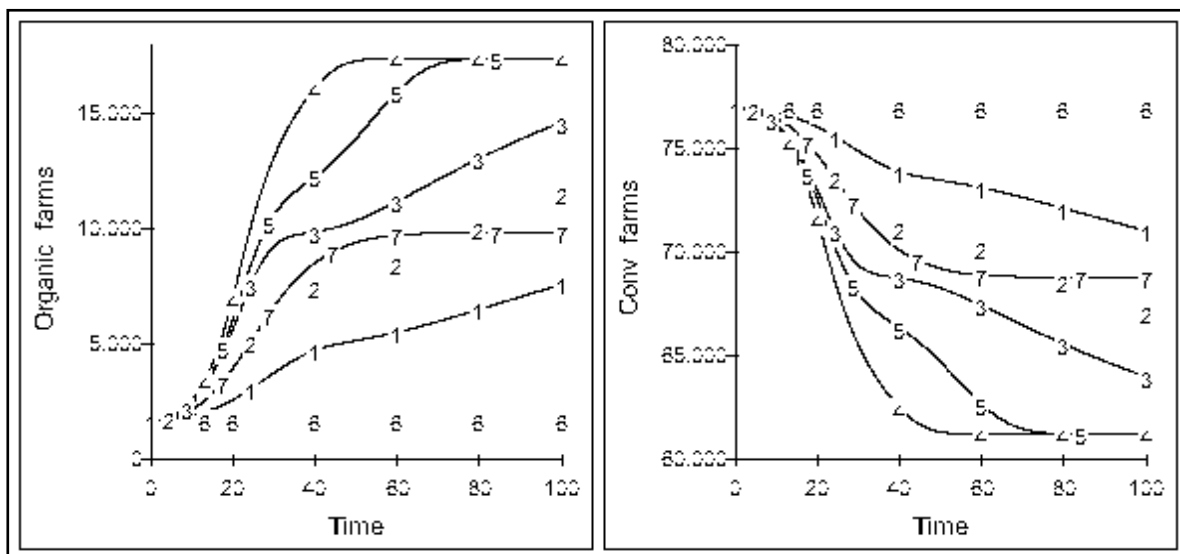


Figure 4 – Number of organic farms

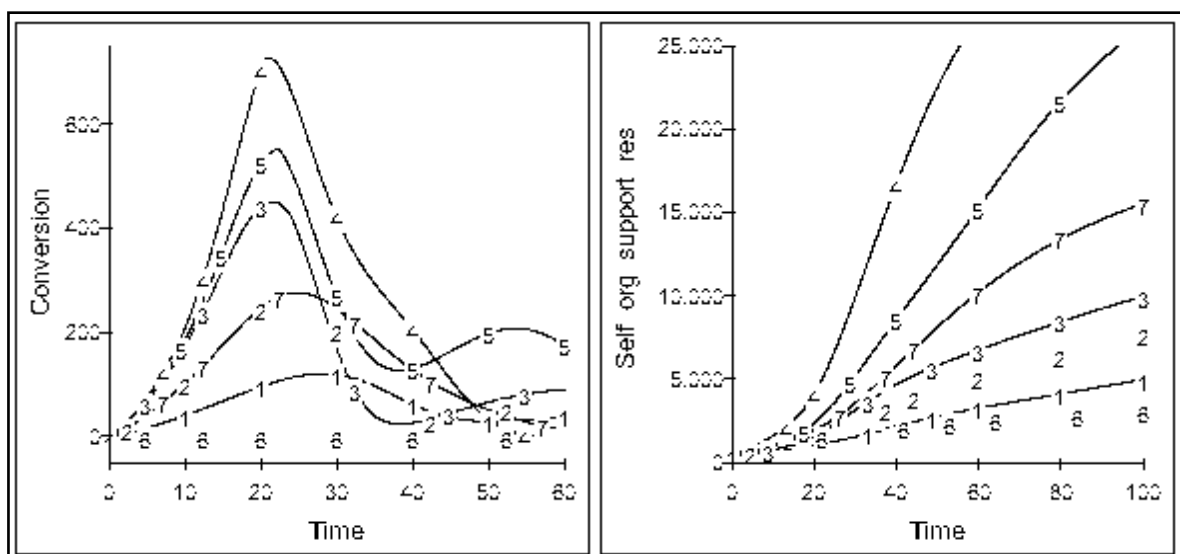


Figure 5 – Conversion dynamics

Scenarios (figures 4 and 5) SC1, SC2 and SC3 represent the increase of the subsidies and the impact on the transition rate. Scenario 4 shows the impact of the increased promotion factor, which would yield the higher limit conversion to the organic farming. Impact of the increased delay in the providing self-support resources is shown by the scenario 5. Here one assumes, that this delay is increased from two to four years on average. Scenario 6 represents the increase in the population which would lead to the status Quo in the number of Organic and Conventional farms. It is supposed, that the transition in this case would not occur due to the increased food demand. In this case the negative conversion could also be considered however, this is the limitation of the proposed model. Scenario 7 shows the transition to the organic farming if the Coefficient of food demand would decrease; this would be the case if for example the imports of the food would be increased.

### **CONCLUSION**

Conversion to the organic farming relies on subsidies which provide the main source of conversion from conventional farming to organic farming. However, the Subsidies are not the only driving force in the system; even more important are other activities that promote organic farming. Subsidies could not be provided in sufficient amount in order to complete conversion from the conventional to organic farming. Feasible strategy to achieve complete conversion should consider reinforcing feedback loop between resources, number of organic farms and supportive actions which are bounded to the number of organic farms. Current output parameter i.e. number of organic farms, is caught in an unwanted equilibrium value due to the domination of balancing feedback loops in the system. Important factor is self-organization of the organic farming environment which includes market development and general public awareness.

### **REFERENCES**

1. Acs S., . Berentsen P.B.M, Huirne R.B.M., 2005. Modelling conventional and organic farming: a literature review, *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, Volume 53 (1), 1–18
2. Ajzen, I., 1991. The Theory of Planned Behavior. *Orga. Behav. Hum. Decis. Proc.* 50(2), 179–211.
3. Darnhofer, I., Schneeberger, W., Freyer, B. 2005. Converting or not converting to organic farming in Austria: Farmer types and their rationale. *Agric. Human Values* 22, 39–52.
4. Elshorbagy, A., Jutla, A. and Barbour L., 2005. System dynamics approach to assess the sustainability of reclamation of disturbed watersheds. *Can. J. Civ. Eng.* 32(1), pp. 144–158.
5. Forrester, J. W., 1958. Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers. *Harv. Busin. Rev.* 36(4), 37–66.
6. Forrester, J. W., 1994. System dynamics, systems thinking, and soft OR. *Syst. Dynam. Rev.* 10(2-3), 245–256.
7. Kaufmann, P., Stagl, S. and Franks, D.W., 2009. Simulating the diffusion of organic farming practices in two New EU Member States. *Ecol. Econ.* 68, 2580–2593.

8. Kljajić, M., Legna, C.A.V., Škraba, A. and Peternel, J., 2003. Simulation Model of the Canary Islands for Public Decision Support – Preliminary Results. Proceedings of the 20th International Conference of the System Dynamics Society; The System Dynamics Society, Albany, New York, ZDA.
9. Rozman, Č., Škraba, A., Kljajić, M., Pažek, K., Bavec, M. and Bavec, F., 2007. The system dynamics model for development of organic agriculture. 8th International Conference on Computing Anticipatory Systems. Liege, Belgium.
10. Rozman, Č., Pažek, K., Bavec M., Bavec, F., Turk, J. and Majkovič, D., 2006. The Multi-criteria analysis of spelt food processing alternatives on small organic farms. J. Sustain. Agric. 28(2), 159–179.
11. Saysel, A.K., Barlas, Y. and Yenigun, O., 2002. Environmental sustainability in an Agricultural development project: a system dynamics approach. J. Envi. Manag. 64, 247–260.
12. Shi, T. and Gill, R., 2005. Developing effective policies for the sustainable development of ecological agriculture in China: the case study of Jinshan County with a system dynamics model. Ecol. Econ. 53(2), 23–246.
13. Statistical office of the Republic of Slovenia SORS, 2011. Organic farming, Slovenia, 2010 - final data. Available at: [http://www.stat.si/eng/novica\\_prikazi.aspx?id=4080](http://www.stat.si/eng/novica_prikazi.aspx?id=4080) (27 January 2012).
14. Škraba, A., Kljajić, M. and Leskovar, R., 2003. Group exploration of system dynamics models - Is there a place for a feedback loop in the decision process? Syst. Dynam. Rev. 19(3), 243–263.
15. Zanolli, R., Gambelli, D., Vairo, D. 2000. Organic Farming in Europe by 2010: Scenarios for the future. Stuttgart-Hohenheim.
16. Zanolli, R., Gambelli, D., Vairo, D. 2012. Scenarios of the organic food market in Europe. Food Policy 37, 41–57.

УДК 004.9

## **ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА ГУБЕРНАТОРСКОГО МНОГОПРОФИЛЬНОГО ЛИЦЕЯ-ИНТЕРНАТА**

*Н. А. Русакова, Ф. И. Медведев*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Кемеровский государственный университет»,  
Кемерово*

*e-mail: [rusakovana@mail.ru](mailto:rusakovana@mail.ru)*

*Создание информационно-образовательной среды позволит обеспечить широкий доступ к информации об образовательном учреждении, оперативно формировать отчеты, организовать учебный процесс на новой основе. Все это будет способствовать эффективности деятельности образовательного учреждения.*

Модернизация системы образования и реализация национальной образовательной инициативы «Наша новая школа» предполагает широкое развитие и внедрение информационных образовательных Интернет-ресурсов и информационных систем, обеспечивающих деятельность образовательных учреждений. При этом, внимание уделяется как оказанию государственных услуг в электронном виде, так и развитию информационно-образовательной среды образовательных учреждений. В Кемеровской области ведется большая работа по созданию единой образовательной среды, основой которой является Единый образовательный портал и сайты образовательных учреждений всех типов и видов.

В соответствии с поручением президиума Совета при Президенте Российской Федерации по развитию информационного общества от 22 декабря 2010 года, подготовлен документ [1], содержащий требования к информационным системам, которые могут использоваться в образовательных учреждениях РФ, в части выполнения задач учета успеваемости и посещаемости обучающихся. Утвержден перечень услуг [2], оказываемых в электронной форме, к которым относится предоставление информации о текущей успеваемости учащегося, ведение дневника и журнала успеваемости

В Кузбассе по инициативе Губернатора Кемеровской области А.Г. Тулеева с целью поддержки и защиты детей, нуждающихся в поддержке государства: детей-сирот, детей, оставшихся без попечения родителей, а также детей из многодетных, неполных и малообеспеченных семей. Начиная с 1998 года, действуют и успешно развиваются 8 губернаторских образовательных учреждений интернатного типа, среди которых семь учреждений являются общеобразовательными. Эти образовательные учреждения имеют существенные отличия. Кроме обучения воспитанников сотрудникам лицеев и интернатов приходится решать множество вопросов, которые касаются проживания детей, получения ими пенсий и стипендий и многих других. Учащиеся большую часть времени проводят в стенах интернатов, что ограничивает возможность получения необходимой информации, получения ими дополнительных знаний. Родители или опекуны не могут оперативно получать сведения о своих детях.

В настоящее время в Губернаторском многопрофильном лицее-интернате функционирует два электронных ресурса – информационный сайт и «Электронный журнал». Однако они не охватывают все процессы, требующие информатизации. Поэтому основной задачей на данном этапе является информатизация воспитательно-образовательного процесса в целом. Данная задача предполагает разработку системы, отвечающей потребностям учреждения интернатного типа. [3]

Новая информационная система будет представлять собой комплекс взаимосвязанных подсистем, в которых реализованы функции поддержки различных направлений деятельности образовательного учреждения.

Целевой аудиторией данной системы являются:

- различные городские, областные и региональные управления образованием;
- сотрудники образовательного учреждения.
- обучающиеся образовательного учреждения:
- родители\опекуны обучающихся
- заинтересованные пользователи образовательных сайтов и порталов.

Информационно-образовательная среда Губернаторского многопрофильного лицея-интерната является Web-ориентированной системой, в которой реализованы следующие функции

- сбор и редактирование данных об образовательном учреждении и его сотрудниках;
- сбор и редактирование данных об учащиххся и их родителях;
- хранение данных;
- Web-ориентированное представление данных с возможностью поиска;
- обеспечение безопасности доступа к данным и управление пользователями системы;
- обеспечение деятельности по всем направлениям работы образовательного учреждения: организационной, учебно-методической, организационно-методической
- генерация отчетов по заданным параметрам.

Архитектура данной системы является трехзвенной: серверная часть представлена системой управления базами данных MySQL; приложение, реализующее прикладную функциональность – Web-сервер Apache с поддержкой PHP; в качестве клиентского приложения выступает стандартный Web –браузер. Обмен данными происходит по стандартным сетевым протоколам в среде Intranet/Internet. Такая архитектура позволяет работать с системой из любой точки, имеющей выход в Internet, а также обеспечивает независимость от платформы и минимальные требования к клиентам.

В процессе создания системы были реализованы информационный, учебно-методический и организационно-методический блоки.

В информационном блоке представлена необходимая информация по образовательному учреждению, паспорт школы, ежегодный публичный отчет. Кроме этого в информационном блоке реализованы функции размещения информации по проводимым мероприятиям, родительским собраниям.

По решению Департамента образования и науки Кемеровской области каждое образовательное учреждение должно иметь собственный сайт, а также в целях развития информационных систем образования всем образовательным учреждениям рекомендовано разработать и внедрить электронные дневники и журналы. С этой целью был создан учебно-методический блок. В данном блоке реализованы следующие модули:

- модуль «Журнал»;
- модуль «Экзаменационный блок»;
- модуль «Отчеты»;
- модуль «Библиотека»;
- модуль «Расписание занятий»;
- модуль «Дневник»;
- модуль «Форум»;
- модуль «Дополнительное образование».

В данных модулях реализованы функции формирования и просмотра расписания занятий, как по классам, так и по преподавателям. Также создан электронный журнал и электронный дневник, где родители, учащиеся и преподаватели

возможность получения информации по результатам обучения, домашним заданиям, пропущенным занятиям и т.д. Наличие электронного журнала позволяет также формировать отчеты по результатам учебной деятельности, проводить сравнительный анализ успеваемости по годам и параллелям, отображение рейтингов учеников и различных статистических данных в виде таблиц и диаграмм. Особое внимание было уделено разработке модуля по дополнительному образованию обучающихся, с учетом специфики образовательных учреждений интернатного типа. Также при разработке системы большое внимание уделялось созданию школьной медиатеки, а также модулей для организации дистанционного обучения по профильным предметам.

Развитие информационной инфраструктуры образовательного учреждения требует не только использования некоторых информационных ресурсов, но и создания цельной информационной системы, содержащей данные об образовательном учреждении.[4] В связи с этим возникла необходимость создания организационно-методического блока, состоящего из следующих блоков:

- модуль «Направления деятельности преподавателей»;
- модуль «Рейтинг преподавателей»;
- модуль «Отчеты»;
- модуль «Социальный педагог»;

Модуль «Социальный педагог» предназначен для автоматизации процесса сбора, обработки, хранения данных о поступивших в лицей учащихся, информацию об их родственниках/опекунах, принятия организационных решений на основе обработки и анализа данных как в целом по лицу, так и по ученикам. Пользователями данного блока являются, в первую очередь, руководители образовательного учреждения, социальный педагог. Наличие базы данных по обучающимся позволяет оперативно получать необходимую информацию, генерировать отчеты.

Остальные модули реализуют функции работы по формированию рейтинга преподавателей по таким направлениям деятельности как урочная и внеурочная деятельность, методическая и научная работа преподавателей. Необходимость реализации таких функций продиктована тем, что в каждом учебном заведении ежемесячно подводятся итоги работы преподавателей по определенным критериям, на основании которого строится рейтинг преподавателя, формируется его портфолио, что позволяет эффективно оценивать деятельность преподавательского состава и всего образовательного учреждения. Также эти данные могут быть использованы при аттестации учителей. Разрабатываемая система обладает специализированной подсистемой разграничения доступа к информационным ресурсам, функционирующей на основе системы пользователей и пользовательских групп.

В настоящее время созданная информационная система поддержки деятельности образовательного учреждения интернатного типа проходит апробацию в Губернаторском многопрофильном лицее-интернате. В ходе эксплуатации идет процесс расширения технических и аналитических возможностей системы, в том числе средств обработки, анализа и представления результирующих данных. Внедрение этой системы позволит обеспечить доступ к необходимой информации для всех заинтересованных пользователей, повысить эффективность деятельности образовательного учреждения по всем направлениям его деятельности. Анализ



полученных данных дает возможность формировать необходимые отчеты и принимать актуальные решения по организации воспитательно-образовательного процесса лица.

### Список литературы

1. Министерство образования и науки Российской Федерации. Системы ведения журналов успеваемости учащихся в электронном виде в общеобразовательных учреждениях Российской Федерации. Шифр «Электронный журнал». Единые требования. Версия 1.0. 1 июля 2011г. – 32с.
2. Распоряжение Правительства РФ от 25.04.2011 N 729-р.
3. Русакова, Н.А., Мурышкина, Е.В., Кузнецов, В.С. Информационно-образовательная среда образовательного учреждения интернатного типа [Текст] / Н.А. Русакова, Е.В. Мурышкина, В.С. Кузнецов.// Ершовская конференция по информатике. 2011. 27 июня-1 июля 2011 года, Новосибирск, Академгородок, Секция «Информатика образования»: Доклады и тезисы. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. - с.104-106.
4. Бессонов, П. Н. Информационная система для поддержки организационно методической работы в образовательном учреждении. [Текст] / П. Н. Бессонов // Материалы 51-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2013: Информационные технологии / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2013. с. 98-99.

УДК 621.311

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОБЛОКА ТЭС

*А. В. Сафронов*

*Конструкторско-технологический институт вычислительной техники  
Сибирского отделения РАН,  
Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск  
e-mail: [a.v.safronov@ngs.ru](mailto:a.v.safronov@ngs.ru)*

*Определение технико-экономических показателей (ТЭП) работы тепловой электрической станции (ТЭС) ведется расчетным путем на основании работы информационно-измерительной системы (ИИС). При расчете ТЭП ТЭС несходимость энергобалансов может достигать 10...20% из-за погрешности измерений расходно-термодинамических и технических параметров. Повышение точности расчета ТЭП может быть достигнуто путем применения метода, получившего название метода согласования балансов.*

*Ключевые слова: расчет ТЭП, несходимость балансовых уравнений ТЭП, метод согласования балансов.*

Определение технико-экономических показателей (ТЭП) тепловой электрической станции (ТЭС) ведется расчетным путем на основе работы информационно-измерительной системы (ИИС), которая отвечает за сбор и обработку сигналов, поступающих от измерительной аппаратуры. Определение ТЭП возможно

лишь с известной точностью, которая зависит от специфических методических погрешностей алгоритма расчета, погрешностей измерительной техники и методики измерений. Рациональный алгоритм расчета ТЭП позволяет существенно снизить влияние первой группы погрешностей на точность конечного результата, но даже при полном исключении погрешностей этой группы фактическая погрешность вычисления ТЭП в рабочем диапазоне измерения параметров при использовании выпускаемых приборов находится в пределах  $0,3 + 0,6\%$  для к.п.д. парогенератора,  $2,3 + 3,0\%$  для показателей турбины и энергоблока [1].

Поскольку экономическая эффективность от применения АСУ ТП на ТЭС лежит в пределах вероятностного значения ТЭП, то повышение точности исходной информации для ИИС чрезвычайно актуально. Погрешности расчетов ТЭП при использовании ИИС может быть снижена в результате индивидуальной градуировки элементов каналов измерений. Эффективным мероприятием для повышения точности является градуировка отдельных элементов или всего измерительного канала с помощью более высокоточной контрольной аппаратуры. Выявленные в процессе градуировки систематические погрешности могут быть затем уменьшены в рабочем диапазоне, либо учтены при вычислении показателей. С помощью индивидуальной градуировки можно снизить погрешность канала измерения мощности генератора более чем на 40%, а расход пара вследствие относительно высокой погрешности сужающих устройств лишь на 15-20%. Полная погрешность показателей турбины и блока снижается при этом на 25% [2]. Вторым подход, это стабилизации внешних условий, снижение дополнительных погрешностей, которые в совокупности могут даже превышать основную погрешность прибора. Основными мероприятиями, способствующими снижению дополнительных погрешностей является установка приборов в помещения с постоянной температурой и влажностью, стабилизация источников питания, тщательная подгонка сопротивлений входной и выходной цепи, устранение вибраций, влияния магнитных полей и другие мероприятия, а так же подбор для измерений основных технологических параметров приборов, имеющих наименьшие дополнительные погрешности. В результате стабилизации внешних влияющих факторов полная погрешность показателей может быть уменьшена на 20% [2]. Третьим подходом является применение оптимальных измерительных средств и приборов повышенной точности. В комплексе указанные мероприятия могут снизить погрешности ТЭП до 1,1% для блока в целом [3, 4].

При расчетах ТЭП функционирующих ТЭС несходимость энергобалансов может составить 10...20% из-за погрешности (в основном методической) измерения расходно-термодинамических и технических параметров. Повышение точности информационного обеспечения может быть достигнуто путем применения специального метода, получившего название «согласование энергобалансов» [5]. Применение такого метода является актуальным для ТЭС.

Суть предлагаемого подхода заключается в следующем. Несходимость балансовых уравнений (из-за неточности измерений и вычислений):

$$H_k(v_1, \dots, v_n, x_1, \dots, x_u) = -\omega_k$$

где:  $v_n$  – неизмеряемые (рассчитанные) величины;  $x_u$  – измеренные величины;  $\omega_k$  – несходимость -го балансового уравнения.

Введение в балансовое уравнение поправок к каждому члену позволяет получить согласованное балансовое уравнение:

$$H_k(v_1 + \delta_1, \dots, v_n + \delta_n, x_1 + \varepsilon_1, \dots, x_u + \varepsilon_u) = 0 \quad (1)$$

где:  $\delta$  и  $\varepsilon$  – соответствующие поправки к вычисленной и измеренной величинам.

Нахождение поправок основано на линеаризации уравнений (1) путем разложения в ряд Тейлора и использования дополнительных условий, вытекающих из представлений о наиболее вероятном распределении погрешностей как минимуме взаимной суммы квадратов поправок:

$$\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial H_k}{\partial v_i} \right) \delta_i + \sum_{j=1}^u \left( \frac{\partial H_k}{\partial x_j} \right) \varepsilon_j = \omega_k, \quad (k = 1, \dots, r),$$

$$\left( \frac{\partial H}{\partial v} \right) \lambda = 0, \quad (i = 1, \dots, n),$$

$$\frac{\varepsilon_j}{m_j^2} = \sum_{k=1}^r \left( \frac{\partial H_k}{\partial x_j} \right) \lambda_k, \quad (j = 1, \dots, u),$$

где:  $\lambda_k$  – неопределенные множители Лагранжа, выполняющие роль коэффициентов пропорциональности;  $m_j$  – абсолютное значение среднеквадратической погрешности (с учетом методической составляющей) измеренной величины;  $n, u$  – число неизмеряемых и измеряемых параметров;  $r$  – размерность количества балансовых уравнений (например, в зависимости от типа исследуемого блока).

Следует отметить, что современный энергоблок ТЭС оснащен информационно-измерительной системой, отслеживающей до 700 аналоговых сигналов, рис.1, однако не каждый измеряемый параметр (например, содержание кислорода в основном конденсате, температура и давление масла в подшипниках турбины, линейное удлинение трубопроводов, температура факела, давление на всасе/напоре различных насосов и вентиляторов и т.д. и т.п.) заметно влияет на эффективность блока. Поэтому из всего массива параметров выделяют лишь наиболее важные параметры с точки зрения термодинамической эффективности энергоблока, рис.2, которые и подвергаются согласованию.

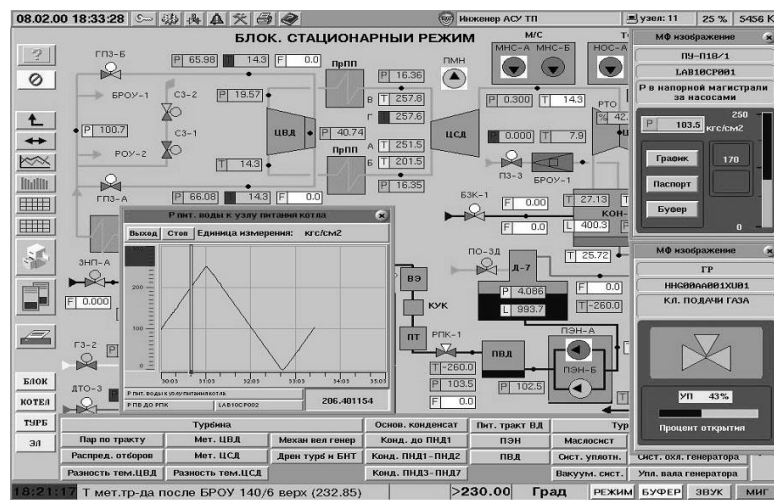


Рисунок 1 – Пример информационно-измерительной системы энергоблока ТЭС: видеокادر АРМ инженера АСУ ТП блока

Для какого-либо режима ТЭС при отпуске потребителю электрической и тепловой мощности задаются электрической мощностью и температурой окружающего воздуха [5, 6]. Затем рассчитываются температурный и тепловой графики нагрузки при качественном регулировании отпуска тепла и заданном коэффициенте теплофикации. Определяются температуры прямой и обратной сетевой воды и давление пара в Т-отборе. Для известных (на данном шаге расчета) начальных и конечных параметров пара, параметров промперегрева, питательной воды, Т-отборов рассчитывается тепловая схема энергоблока.

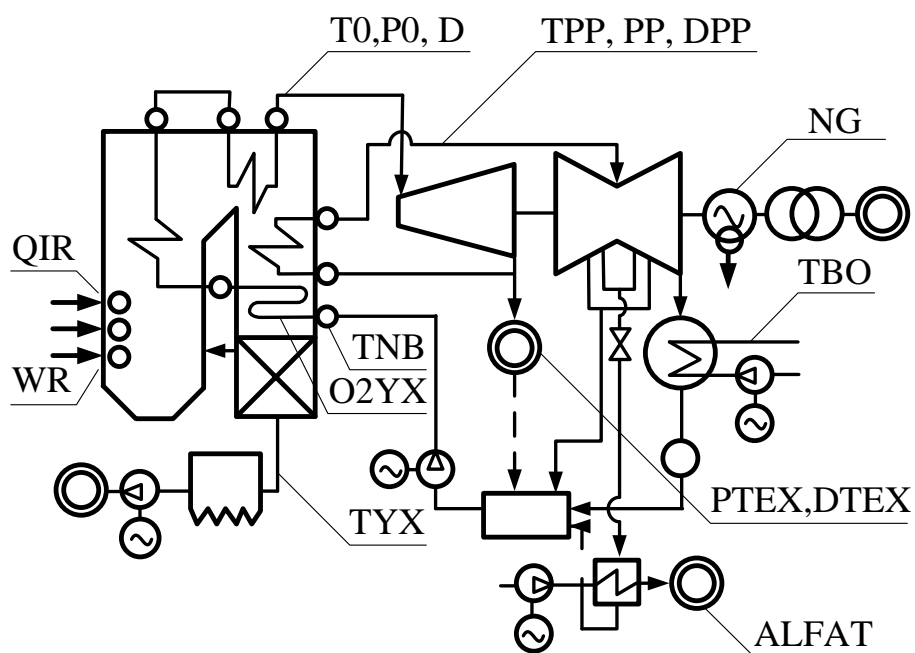


Рисунок 2 – Схема измерения расходно-термодинамических и технических параметров энергоблока ТЭС

В качестве независимых параметров  $x_i \in X$  рассматриваются измеряемые параметры (начальные и конечные параметры пара, параметры промперегрева, питательной воды, коэффициент теплофикации, параметры топлива). К функционально зависимым параметрам ( $y_i \in Y$ ) относятся расходы рабочих сред, передаваемые тепловые и энергетические потоки. В такой постановке множества независимых  $X$  и зависимых  $Y$  параметров определяют многомерное вещественное пространство  $R^n$ , размерность которого  $n$  обусловлена количеством согласуемых переменных. Условия протекания процессов, системные и физико-технические ограничения представлены в виде неравенств – равенств:

$$F(X, Y) \leq 0, \quad (2)$$

$$X^* \leq X \leq X^{**}, \quad (3)$$

где:  $X^*$ ,  $X^{**}$  – наименьшие и наибольшие значения (определяемые погрешностями измерения параметров с учетом методических погрешностей);  $F$  – нелинейные функции несходимости балансов. Для настоящей задачи авторы используют эксергетический подход (не противопоставляя его другим методам исследования), так как эксергетическая функция в данном случае позволяет избежать процедуры

разнесения топливных издержек на разные виды отпускаемой продукции (что характерно для теплофикационных энергоблоков), снижает число балансовых уравнений и заметно упрощает моделирование.

Тогда несходности балансов  $F$  (энергетического, расходного и эксергетического) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \sum_{k \in V(i)} (\eta \cdot M^X \cdot h)_{ki} - \sum_{j \in W(i)} (\eta \cdot M^Y \cdot h)_{ij} <> 0 \\ \sum_{k \in V(i)} M_{ki}^X - \sum_{j \in W(i)} M_{ij}^Y <> 0 \\ \sum_{k \in V(i)} E_{ki}^X - \sum_{j \in W(i)} E_{ij}^Y \cdot \eta_i^{-1} <> 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь:  $M$ ,  $h$  - расход и энтальпия энергоносителя;  $\eta$  - коэффициент, учитывающий соответствующие потери энергии (или эксергии). Уравнение (4) отражает функцию энергетического баланса и сохранено для настройки модели на реальный энергоблок.

Система уравнений балансов в элементах оборудования устанавливает такое соотношение между термодинамическими и расходными параметрами, которое обеспечивает получение заданной нагрузки энергоблока. Для каждого расчетного варианта тепловой схемы энергоблока выполняются с совместной увязкой: тепловые и балансовые расчеты котла, турбины, регенеративных и сетевых подогревателей, конденсатора, технических систем; расчет мощности собственных нужд; определение расходов топлива.

В соответствии с содержанием расчетов полная система операторов, кроме вышеперечисленных, включает процедуры: определения термодинамических параметров воды и водяного пара, перебора вариантов параметров, изменение типа и схемы энергоблока. Расчет тепловой схемы производится итерационно по отношению к расходу топлива на энергоблок.

В целом, разработанная расчетная схема представляет собой совокупность математических моделей элементов (групп элементов) реально функционирующего энергоблока со связями [7-9]. Каждой технологической связи между элементами (группами элементов) энергоблока соответствует информационная связь между моделями, которые обеспечивают достаточно точное описание реальных процессов. Модели включают зависимости между входными и выходными расходно-термодинамическими параметрами, а также зависимости между этими параметрами и эксергетическими характеристиками элементов, проверку параметров по всем видам ограничений, проверку допустимости расчетных значений (неотрицательность расходов, энергетических и материальных потоков и т.д.). Все модели функционирующих частей согласованы между собой по входным параметрам и параметрам связей.

Оптимизатор представлен как:

$$\left\{ \min_{x \in R^n} [\eta_e(x)]^{-1} \mid [\bar{\varphi}_u(\omega) = 0, u \in U] \right\},$$

или:

$$\left\{ \max_{x \in R^n} \eta_e(x) \mid [\overline{\varphi}_u(\omega) = 0, u \in U] \right\} \quad (5)$$

где:  $\eta_e$  – эксергетический КПД энергоблока;  $\overline{\varphi}_u(\omega)$  – вероятностный логико-числовой оператор функциональных отношений;  $U$  – множество логико-числовых операторов;  $\omega = (x, G, R^n, L, \sigma)$  – информационная структура;  $L$  – множество логических управляющих параметров;  $G$  – множество внешних связей и исходных данных;  $\sigma$  – несходимость балансов энергоблока;  $x$  – измеряемые параметры.

Минимум функции (4) находится методом случайного направленного поиска с учетом ограничений (2, 3). Модель реализована в программном комплексе «CSPS» [10].

Результатом оптимизации является нахождение согласованных параметров, рис.3. При этом входными параметрами являются фактические показатели действующих ТЭС.

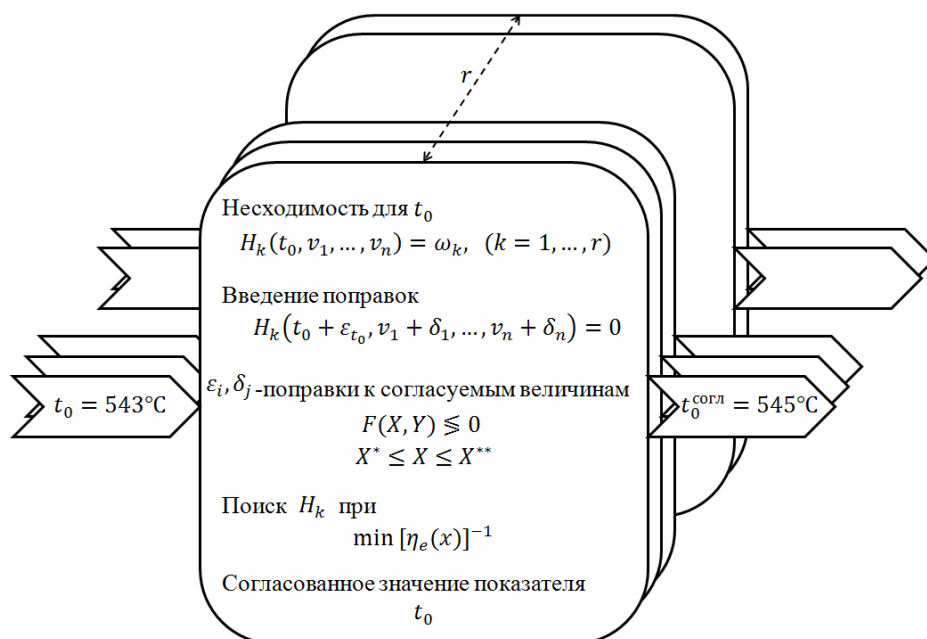


Рисунок 3 – К методике согласования балансов на примере получения согласованного значения температуры острого пара.

Изложенный подход позволяет сократить количество обрабатываемых показателей, необходимых для расчета ТЭП энергоблока ТЭС, до 14-18 (в зависимости от типа энергоблока), так как в основе методики согласования балансов лежит расчет тепловой схемы энергоблока, который, в свою очередь, опирается на фундаментальные законы термодинамики и массопереноса.

### Список литературы

1. Овчинников Ю.В., Ноздренко Г.В., Алтухов И.М. Применение методики согласования балансов для уточнения исходной информации применительно к ТЭС // Управление режимами и развитием электроэнергетических систем в условиях АСУ: межвузовский сборник трудов под редакцией В.К. Щербакова. –Новосибирск, 1980. – С.45-53.

2. Цейтлин Р.А., Степанов В.И., Шестов Э.Д. К вопросу о точности автоматизированного вычисления технико-экономических показателей энергоблока // Теплоэнергетика. -1975. -№ 1-С.8-13.
3. Аракелян Э.К., Панько М.А., Асланян А.Ш. Методические положения оценки технико – экономической эффективности модернизации АСУ ТП электростанций // Теплоэнергетика. -2010. -№ 10-С.45-49.
4. Аронсон К.Э. Система информационной поддержки принятия решений при техническом обслуживании оборудовании ТЭС / К.Э. Аронсон [и др.] // Электрические станции. -2006. № 10-С.55-61.
5. Щинников П.А. Согласование материальных и энергетических балансов / П. А. Щинников [и др.] // Доклады ТУСУРа. 2012. №1, (25), ч. 1. С. 212-216.
6. Щинников П.А. Комплексные исследования ТЭС с новыми технологиями / П.А. Щинников [и др.] // Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – 528 с.
7. Ноздренко Г.В., Щинников П.А. Использование вычислительного комплекса ОРТЭС для технико-экономических исследований ТЭС // Научный вестник НГТУ. 2005. №1 С.51-62.
8. Зыкова Н.Г. Схемно-параметрическая оптимизация котлов ТЭС с кольцевой топкой / Н.Г. Зыкова [и др.] // – Теплофизика и аэромеханика. 2003. т.10, №3. С.477-483.
9. Nakoryakov V.E., Nozdrenko G.V., Shchinnikov P.A., Grigoryeva O.K. Basic provisions of exergy method and analysis of power plants with state-of-the-art heat pump combined cycle heating systems // Journal of Engineering Thermophysics. 2010. Volume 19 (№2). pp.53-61.
10. Щинников П.А. Computation System Power Station / П.А. Щинников, А.И. Дворцевой, А.В. Сафронов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013614948. – Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 23 мая 2013 г.

УДК 004.01

## **ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ СО РАН – СРЕДСТВО ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК**

*О.Д. Соколова, С.В. Кратов*

*Институт Вычислительной математики и математической геофизики, Новосибирск  
e-mail: [olga@rav.sccc.ru](mailto:olga@rav.sccc.ru) , [kratov@sccc.ru](mailto:kratov@sccc.ru)*

*В докладе представлен Фонд алгоритмов и программ СО РАН, его цели и задачи. Описываются структурные составляющие Фонда - информационная система, подсистема регистрации разработок, каталог Фонда, демонстрационная площадка. На примере деятельности Фонда показаны возможности популяризации наукоемкого программного обеспечения и продвижения его к потребителям.*

*Ключевые слова: информационные системы, наукоемкое программное обеспечение, каталогизация научных разработок, популяризация науки.*

В последнее время Министерством образования и науки РФ принят ряд постановлений, направленных на повышение конкурентоспособности научных разработок российских ученых. Уделяется особое внимание информированию сообщества о научных достижениях, результатах исследований и их потенциальной прикладной и социально-экономической значимости. Разрабатываются и внедряются новые механизмы демонстрации и популяризации достижений науки. Цели проводимых мероприятий - обеспечение междисциплинарного обмена научными знаниями, привлечение молодежи в науку, информирование потенциальных инвесторов о результатах исследований.

Эффективными инструментами для популяризации результатов научно-исследовательской деятельности являются публикации в высокорейтинговых журналах, участие в конференциях и т.д. Для продвижения результатов к потенциальным потребителям, к организациям коммерческого сектора этих инструментов недостаточно - требуется проведение мероприятий, направленных на представление использования результатов, с демонстрацией разработок и их прикладной ценности [1].

В Сибирском Отделении РАН работает Фонд алгоритмов и программ (ФАП СО РАН), одной из функций которого является регистрация и каталогизация программных продуктов, имеющих научное, техническое, организационное или образовательное назначение [2].

Фонд алгоритмов и программ СО РАН начал свою работу в 2010 г., инициатором его создания выступил Объединенный ученый совет СО РАН по математике и информатике. Был разработан сайт, осуществляющий информационную и техническую поддержку деятельности Фонда (<http://fap.sbras.ru>). Работа Фонда осуществляется под руководством Научно-координационного совета по математическому моделированию, алгоритмическим и программным ресурсам СО РАН. К основным задачам Фонда относятся:

- организация процесса регистрации, каталогизации и продвижения программного обеспечения (ПО) и баз данных (БД), разрабатываемых в институтах СО РАН и других организациях-заявителях,
- создание центра компетенции по технической и консультационной поддержке наиболее значимого системного и прикладного наукоемкого ПО,
- создание системы координации и кооперации с целью обеспечения конкурентоспособности ПО.

В настоящее время все разработки принимаются в ФАП на условиях предоставления информационной поддержки – включения в каталог Фонда информации о программе (базе данных) с указанием контактных данных разработчиков. Любой зарегистрированный пользователь сайта [fap.sbras.ru](http://fap.sbras.ru) может подать заявку на включение своей разработки в каталог Фонда – заполнить



необходимые формы с описанием, указать возможность применения, прикрепить файлы.

В настоящее время доступ к информации обо всех зарегистрированных в Фонде разработках (просмотр каталога Фонда) является свободным (см. рис. 1). Организован свободный доступ к исполняемым модулям тех программ и БД, в заявке на регистрацию которых указан «полностью свободный доступ». Также регистрируются программы и БД, авторы которых в заявке указали признак доступности «доступ по запросу», условия распространения таких продуктов оговариваются в каждом конкретном случае.

**Тип разработки**  
- Любой -

**Заявитель**  
- Любой -

**Объединенные ученые советы СО РАН**  
- Любой -

**Научные центры СО РАН**  
- Любой -

2014-11-10  
Численный метод решения совмещенной обратной задачи для уравнений мелкой воды

**Назначение.** Программа предназначена для уточнения формы источника цунами по двум типам измерений высоты возмущения водной поверхности океана: точечные (надводные буи DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis)) и пространственные (альтиметрические спутниковые) измерения.

**Область применения.** Океанология. Предсказание чрезвычайных ситуаций (цунами). Программа может быть применена для определения формы возможного источника цунами по нескольким типам данных: надводные станции типа DART и спутниковые данные.

**Используемый алгоритм:**  
В работе используется градиентный метод решения обратных задач (метод сопряженных градиентов) для волнового уравнения, основанный на решении соответствующей сопряженной задачи [1-3].

Рисунок 1 – Поиск информации в каталоге Фонда

Подача заявки осуществляется на сайте в интерактивном режиме - заполняется форма, в которой указывается тематическая направленность заявки, краткая аннотация, требования к аппаратным средствам и т.д. (см. рис. 2). Для разработок, принимаемых в Фонд на условиях свободного доступа, требуется указывать адрес сайта в сети Интернет, на котором располагаются исполняемые модули программных средств или их исходные тексты, документация, описание алгоритма, справочные и иные дополнительные материалы. Документация на разработки, включенные в каталог ФАП на условиях свободного доступа, должна содержать сведения, необходимые для эксплуатации или сопровождения программных продуктов без участия авторов.

Экспертиза качества заявленной разработки проводится членами **Научно-координационного Совета** (экспертной группой по соответствующему направлению), принимается решение о целесообразности размещения продукта в ФАП СО РАН. При положительном решении разработка регистрируется в Фонде, ей присваивается регистрационный номер, информация заносится в каталог Фонда, а авторам выдается **Свидетельство**.

Наполнение каталога Фонда разработками идет достаточно активно – многие НИИ и ВУЗы имеют программные продукты, которые могут быть переданы в Фонд для всеобщего свободного пользования или на других условиях (например, для информационной поддержки продвижения программных продуктов на рынок). Большинство отчетов по НИР, интеграционным и заказным проектам содержат пакеты прикладных программ, которые до настоящего времени не регистрировались в Роспатенте (за редким исключением), не имеют общего хранилища. Форма заявки на включение разработки в каталог ФАП составлена таким образом, что некоторые поля сходны с полями аналогичной заявки в Роспатент. Поэтому для тех разработчиков, которые не регистрировали в Роспатенте свои продукты, регистрацию в ФАП можно считать первым шагом к получению патента. Главное отличие при подаче заявки на регистрацию разработки в ФАП от аналогичной заявки в Роспатент – обратная связь с заявителями. Каждая заявка рассматривается специалистами в соответствующей области или в смежной с ней. При подаче заявки есть требование – указание выходных данных публикации, в которой описан реализованный в программе алгоритм. При рассмотрении заявки рецензентом анализируется указанная статья. Принцип работы такой же, как и в журналах при приеме статей к публикации

Тип разработки:

- Не указано -

\* Обязательное поле

Название программы (базы данных): \*

Тематическая направленность:

\* Обязательное поле

Заявитель:

- Не указано -

Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН

Алтайский государственный университет

Алтайский филиал Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН "Горно-Алтайский ботанический сад"

\* Обязательное поле

- Из списка выбрать организацию, от имени которой подается заявка. Можно выбрать несколько организаций с удержанием кнопки Ctrl.
- Если организации нет в списке (она не входит в состав СО РАН), Вы можете добавить ее самостоятельно.
- Если заявка подается от физического лица (одного из разработчиков программы или базы данных), то в списке выбрать "Физические лица".

Разработчики программы (базы данных):

\* Обязательное поле

- При наборе в поле первых букв ФИО разработчика Вам будут показаны возможные варианты.
- Если разработчика нет в списке, Вы можете внести информацию о нем самостоятельно.

Добавить ещё

Рисунок 2 – Фрагмент формы подачи заявки на регистрацию в Фонде

Тематика зарегистрированных программ и БД очень разнообразна: системы имитационного моделирования, биоинформатика, молекулярная биология, химия нефти, анализ сейсморазведочных данных, моделирование процессов в атмосфере, параллельные вычисления, обучающие программы и многое другое. Различается также

и уровень разработок – от программ, решающих небольшие частные задачи, до крупных баз данных, вычислительных пакетов и систем моделирования.

Среди наиболее значимых разработок, зарегистрированных в Каталоге ФАП, можно выделить следующие:

- PARMONC – пакет универсальных подпрограмм для больших параллельных расчетов по методу Монте-Карло (разработка ИВМиМГ СО РАН).
- GALA-2.0 - пакет для решения задач линейной алгебры с гарантированной оценкой точности (ИМ СО РАН, ИЯФ СО РАН).
- Spectrum Qualifier - программа потрассного анализа амплитудно-частотных спектров сейсмических трасс (ООО "Тюменский Нефтяной Научный Центр").
- База данных по составу и физико-химическим свойствам нефти и газа (ИХН СО РАН).
- Комплекс для компьютерного моделирования физико-химических свойств органических матричных нанокompозитов (МГУ им. М.В. Ломоносова, НИЦ «Курчатовский институт»).

Среди зарегистрированных разработок есть завершенные программные продукты, которые уже сейчас можно использовать для решения актуальных задач. Для некоторых из них заявители указали свободный доступ всех пользователей. На демонстрационной площадке Фонда [3] можно посмотреть работу некоторых из таких программ – например, GALA-2.0 - пакет для решения задач линейной алгебры с гарантированной оценкой точности. Основные задачи площадки - предоставление потенциальным пользователям максимально полного объема информации по каждой имеющейся программе, а также демонстрация их работы на технологических мощностях Фонда.

Демонстрационная площадка ФАП включает в себя следующие основные компоненты:

- Каталог демонстрационных страниц ПО. Страница отдельной программы (рис. 3) содержит следующие основные поля: аннотацию, описание достоинств и недостатков, ссылку на домашнюю страницу, дистрибутивы для различных платформ либо исходные коды, максимально полную документацию пользователя, форму обратной связи и пр. На сайте каталог отображается в виде рубрикатора с возможностью поиска.

- Демонстрационный сервер с предустановленной сборкой на основе ОС Ubuntu, свободным ПО, разработанным как в СО РАН, так и поступившим от внешних заявителей. Цель его создания - демонстрация работы свободного ПО путем его запуска на выделенном сервере с ограниченным авторизованным доступом для пользователей. Пользователи могут не только увидеть описание, получить всю необходимую документацию и дистрибутив ПО, но и оценить его в режиме реальной работы без необходимости в предварительной установке на собственных компьютерах. Доступ к серверу осуществляется по протоколам RDP, VNC, NX.

В каталоге Фонда зарегистрировано много разработок, интересных своим применением:

- «Система определения зон атмосферного загрязнения» (ИХН СО РАН) предназначена для моделирования рассеяния загрязняющих веществ в атмосфере и визуализации зон атмосферного загрязнения.

- Информационно-вычислительная система «Вибросейсмическое просвечивание Земли» (ИВМиМГ СО РАН) предоставляет доступ через Интернет к данным экспериментов по зондированию литосферы Земли с помощью мощных сейсмических вибраторов (эксперименты проводились в Алтае-Саянском регионе, Байкальской рифтовой зоне, Таманской грязевулканической провинции).

- «Экспертный Банк Данных по Землетрясениям» (ИВМиМГ СО РАН, ИНГГ СО РАН) разработан для исследования геодинамического режима территорий; область применения - оперативный прогноз землетрясений и сейсмо-районирование территорий.

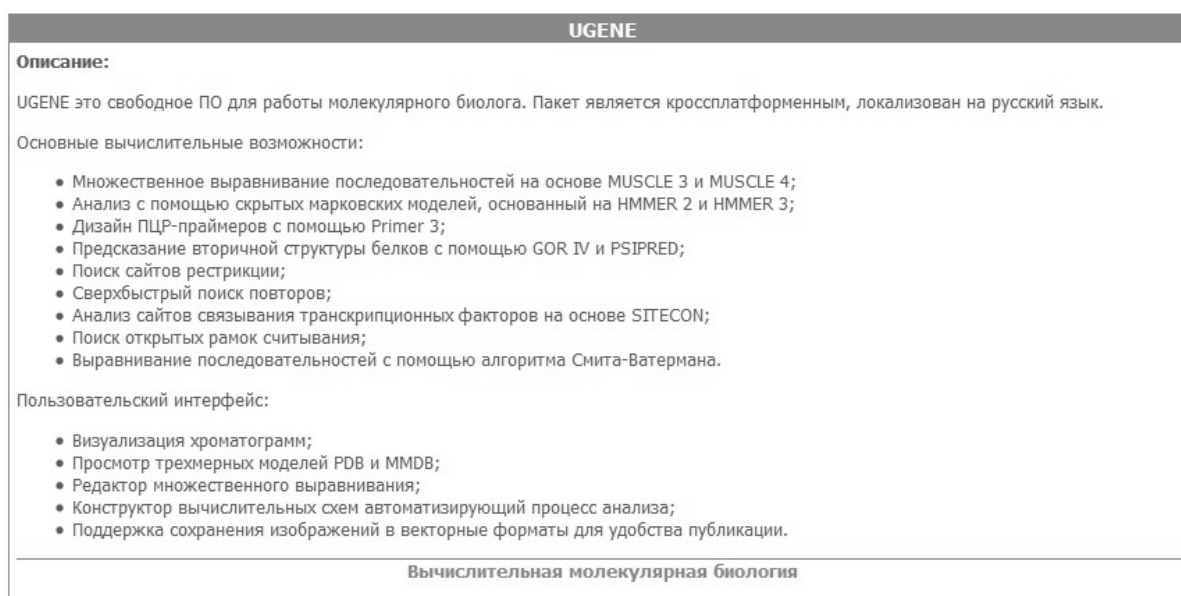


Рисунок 3 – Демонстрационная страница программы

«База данных нефти и газа» (ИХН СО РАН) включает более 18 000 записей с параметрами образцов нефти и газа, отобранных в разные годы из различных месторождений.

Программа «СПОРА» (ИСИ СО РАН) автоматизирует процесс составления учебного расписания занятий в высших и средне-специальных учебных заведениях.

Зарегистрированы разработки по медицинской тематике – программа «Цифровой анализ временных кардиологических рядов» и «Медицинская информационная специализированная система для управления станцией скорой медицинской помощи (МИСС 03)». МИСС 03 представляет собой автоматизированную систему управления для станций скорой медицинской помощи. Есть несколько программ по тематике «Образовательные программы»: Тесты по физике (для дистанционного обучения и контроля знаний по физике студентов технических специальностей университетов), самоучитель английского языка Hollywood Vocabulary.

В информационных паспортах каталога можно найти подробную информацию о назначении программ и БД, функциональных возможностях, инструментальных средствах создания и т.д. Таким образом, каталог Фонда кроме инвентаризации программных средств выполняет еще одну функцию – популяризирует разработки организаций СО РАН и других заявителей, предоставляет информацию потенциальным пользователям.

### **Список литературы**

1. Yurii Zybarev, Sergey Kratov The Information Support System of Corporate Software Resources Development // The 7th International Forum on Strategic Technologies: Proceedings (Томск, 17-21 сентября 2012 г.). – Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2012. С. 683-685.

2. Зыбарев Ю.М., Кратов С.В., Кальянов О.В., Бухтияров И.В., Соколова О.Д. О развитии корпоративной программной среды СО РАН // Ершовская конференция по информатике, рабочий семинар «Научное программное обеспечение»: труды (Новосибирск, 27 июня – 1 июля 2011 г.). – Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2011. – С. 99-102.

3. Kratov S.V. The free software demonstration platform [Электронный ресурс] // The 6th International Forum on Strategic Technology (Китай, Харбин, 22-24 августа 2011 г.). – ISBN 978-1-4577-0397-3. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

УДК 37.018

## **СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ**

*Н. Ю. Соснов, А.Р. Дуисеева*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск*

*e-mail: [kolan.1993@mail.ru](mailto:kolan.1993@mail.ru)*

*В данной статье представлены сайты, виртуальные платформы и сервисы, с помощью которых можно создавать проекты краеведческой направленности. Автором делается попытка выявить опыт работы студентов в сетевых образовательных конкурсах, марафонах по формированию патриотически-развитой личности.*

*Ключевые слова: патриотизм, воспитание, патриотическое воспитание, мультимедийный ресурс, сервис, сайт.*

В условиях современного общества, когда становление патриотических качеств у студентов – одна из основных задач образовательной политики, воспитание любви к близким людям, родной улице, любимому городу и родной стране играет зачастую основополагающую роль. В последние годы идет переосмысление сущности патриотического воспитания: идея воспитания патриотизма, приобретая все большее

общественное значение, становится задачей государственной важности, а также одним из ведущих направлений в развитии личности студента, а для этого требуется непрерывное совершенствование как основных знаний и умений, так и личностных и профессиональных качеств личности.

В соответствии с **Федеральным законом «О патриотическом воспитании граждан Российской Федерации»** *патриотическое воспитание – это систематическая и целенаправленная деятельность органов государственной власти и организаций по формированию у граждан высокого патриотического сознания, готовности к выполнению гражданского долга и конституционных обязанностей по защите интересов Родины [8].* В связи с этим, мы считаем, что воспитание патриотических чувств является необходимым и значительным компонентом не только в становлении самой личности студента, но и в формировании его профессиональной компетентности как будущего специалиста.

Как известно, теорию патриотического воспитания активно разрабатывают в отечественной педагогике такие авторы, как: А. А. Аронов [1], И. А. Гликман [2], А. Д. Жариков [3], А. А. Замостьянов [4], Ш. И. Исмаилов [5], Б. Ф. Павлов [6] и другие, но в их работах внимание уделялось преимущественно общим и частным основам патриотического воспитания студентов.

Так, сообщество «Профобразование» считает, что в современных условиях молодежь не имеет четких нравственных ориентиров, отдавая предпочтение легким заработкам, бездуховному времяпрепровождению, погоней за удовольствиями, что приводит к утрате общественных ценностей (чувство патриотизма, норм морали, духовности), ослаблению роли семьи. В сознании и поведении молодых людей формируются стандарты и идеалы потребителя. А патриотизм – чувство не врожденное, оно воспитывается и приобретается в процессе многогранной жизнедеятельности человека [7]. Таким образом, делается вывод, что формирование патриотических качеств личности – это целенаправленный, специально организуемый процесс, который возможен лишь через вовлечение студентов в специфическую патриотическую деятельность.

Доказано, что применение активных форм и методов патриотического воспитания (чтение, эвристическая беседа, просмотр и обсуждение видеофильмов, написание исторических сочинений, эссе, проведение конференций, круглых столов, работа с мемуарами, биографиями, праздники и т.д.) развивают теоретическое мышление; умения и навыки работы с большим объемом информации развивают историческую память; коллективные творческие дела, ролевые и тематические игры формируют опыт поведения, регуляции взаимоотношений со сверстниками и взрослыми. Эффективным средством патриотического воспитания может быть музей, который позволяет не только изучать этнографические материалы, но и знакомит с историей, культурой, искусством народа. Также в последнее время расширился интерес студентов и к историческим наименованиям улиц, городов, станций. Студенты активно участвуют в изучении этих вопросов, собирают материал о достопримечательностях, районах, городах. Практическая значимость такой работы велика – удачное использование материалов в рамках различных конференций. К следующей практической форме деятельности студентов относится экскурсия. Ученые отмечают,

что с помощью экскурсий активно развиваются познавательные способности студентов, прививаются нравственно-эстетические качества, воспитывается чувство патриотизма. Но наряду со всеми вышеперечисленными формами работы, немало возможностей для формирования у студентов патриотических чувств заключает в себе довольно популярная на сегодняшний день работа с сетевыми мультимедийными сервисами, ресурсами, которые позволяют создавать или просматривать интерактивные «продукты», сайты, виртуальные платформы, сетевые разделы и т.д. Разработка мультимедийных проектов, слайд-презентаций, как известно, развивают толерантность, коммуникативные навыки, опыт ролевого взаимодействия. Но имеются также и другие виды программных продуктов, которые предлагают как креативный подход к решению нравственной проблемы, так и быстрое освоение новых информационных технологий.

Так, осуществляя мониторинг процесса патриотического воспитания средствами информационных технологий студентов ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (г. Иркутск), мы отметили, что основной формой работы в данном направлении является как совместное участие команды «Железка.ру» в различных дистанционных конкурсах патриотической направленности, так и отдельно студентов. В качестве основного мероприятия можно выделить всероссийский сетевой образовательный марафон «Многоликий интернет» (<http://nitforyou.com>), организованный ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный лингвистический университет» (г. Иркутск) при поддержке Центра компетенций и поддержки СПО БГУЭП, Межрегионального консалтинг – центра разработок и экспертиз в области образования «Интер-пацифик-Австралия» (INTERPA, Австралия) и Института иностранных языков и медиа-технологий университета Грайфсвальда (Германия) и ранее – Общества прикладных лингвистов МИМ ЛИНК (г. Жуковский). Марафон имеет цель привлечения внимания обучающихся к истории и культуре родного края, повышения уровня информационной культуры участников и имеет 4 этапа, которые дистанционно выполняют команды. При выполнении каждого из этапов команды самостоятельно решают вопрос о том, какие из предложенных интернет-сервисов использовать. Участвуя в марафоне с 2011 года, команда преодолела различные сетевые испытания каждого из двух имеющихся в году сезонов конкурса: осенний и весенний. Так, различные сезоны предусматривали выполнение заданий по созданию различных мультимедийных проектов. Начало марафона всегда предусматривает представление команды с помощью коллажа (сервис <http://photovisi.com>). Далее, например, первый марафон «Мой родной край» состоял из заданий по созданию:

- виртуальных экскурсий по местам памятников, стел, мемориальных досок родных земель, городов на различных сервисах (<http://goprotravelling.com>, <http://tripgeo.com>, <http://mapjack.com>, <http://zoomandgo.com>, <http://stay.com>, <http://click2map.com>, <http://mapvivo.com>, <http://scribblemaps.com>, <http://vidmap.com>);
- электронных пособий, книг, журналов (<http://calameo.com>, <http://littlebirdtales.com>, <http://flippingbook.com>, <http://www.youblisher.com>);
- временных шкал, хронологических периодик событий, судеб исторических личностей (<http://tiki-toki.com>, <http://www.learningtools>, <http://timeglider.com>, <http://www.preceden.com>, <http://timeline.com>);

- *викторин и игр* (<http://purposegames.com>, <http://www.jspuzzles.com>, <http://studystack.com>, <http://quizlet.com>, <http://www.superteachertools.com> и др.).

На данном этапе нами была создана виртуальная экскурсия на платформе <http://mapvivo.com> на тему «Путешествие по памятным местам г. Иркутска», где размещены и описаны все памятники города, создана книга «Родной край» на ресурсе <http://calameo.com>, викторина на тему «А Вы знаете?» на ресурсе <http://> и презентационный материал героев на платформе <http://prezi.com>. Один из этапов осеннего сезона «Вот эта улица, вот этот дом» предполагал выполнение заданий с использованием следующих сервисов: <http://goprotravelling.com>, <http://tripgeo.com>, <http://mapjack.com>, <http://zoomandgo.com>, <http://stay.com>, <http://click2map.com>, <http://mapvivo.com>, <http://scribblemaps.com>, <http://vidmap.com>. В контексте данного марафона нами была представлена серия виртуальных путешествий по родным краям: виртуальная презентационная экскурсия по городу с отметками и фотографиями всех центральных улиц города и их достопримечательностей, хронологическая схема судьбы сибирского писателя Григория Распутина.

Марафон «Ученик 21 века или Студент 21 века» обернулся для нас также выполнением сетевых испытаний с использованием мультимедийных ресурсов. Среди основных были такие, как: <http://photovisi.com>, <http://prezi.com>, <http://gloster.com>, <http://wix.com>, <http://webnode.ru>, <http://vcasmo.com> и другие. Нами был представлен современный студент с описанием нашего видения его как личности. Для этого мы использовали виртуальные коллажи, видео-ресурсы, а также сервисы для обработки виртуальных плакатов (<http://calameo.com>, <http://flippingbook.com>, <http://www.youblisher.com> и т.д.).

Весенний сезон 2012-2013 посвящался Дню победы и предусматривал выполнение заданий на тематику Великой отечественной войны: 1 этап – создание экскурсионного маршрута по памятным местам г. Иркутска. При выполнении мы использовали сервис <http://goprotravelling.com> (работу можно посмотреть, пройдя по ссылке на нашем сайте - <http://mnogolikiy.wix.com/victoryday#!maps/c2pa>) и создали интерактивную карту города Иркутска с указанием всех памятников, стел и мемориалов, организованных в честь Великой победы и ее героев. Далее нами был выполнен второй этап «Они сражались за Родину», в котором мы составили рассказ о героях иркутской земли «Ветераны Великой отечественной войны – сибиряки» на сервисе <http://calameo.com> (адрес ссылки <http://ru.calameo.com/read/002217318fe2f4a3869b3>). Работа на данном сервисе позволила нам не только научиться работать с интерактивной книгой в 3D формате, но и познакомиться с теми ветеранами, которых мы ранее не знали. Сервис <http://www.vcasmo.com> позволил нам разместить не только теоретический материал о героях, но и сопроводить его видеофрагментов из беседы со студентами 1 курса ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения» (<http://www.vcasmo.com/video/gearok108/22865>). Веб-сервис, с помощью которого мы создали интерактивную мультимедийную презентацию с нелинейной структурой про ветеранов ВОВ из Сибири, приложив и видео <http://prezi.com> помог нам наглядно разместить всю необходимую информацию (ссылка на работу - [http://prezi.com/rjwihunobuk\\_/untitled-prezi/](http://prezi.com/rjwihunobuk_/untitled-prezi/)). Видеофрагменты из беседы с учащимися 4



«А» класса МБОУ СОШ № 6 г. Иркутска мы разместили на известном сервисе, предоставляющем услуги видеохостинга - <http://youtube.com>. Заключительное задание на тему «События и люди: что мы знаем о них?» было выполнено нами на платформе <http://calameo.com> и представило собой книгу с рассказами о деталях Великой отечественной войны. Но с целью проверки знаний школьников и студентов, нами также было создано тестирование с помощью программы «Hot potatoes», предназначенной для создания интерактивных упражнений в виде поиска соответствий, кроссвордов, заполнения пропусков, перепутанных предложений, выбора альтернатив или коротких ответов и т.д. ([http://media.wix.com/ugd//6e77c4\\_473f75450e764206234a298084eb9a29.docx](http://media.wix.com/ugd//6e77c4_473f75450e764206234a298084eb9a29.docx)).

Завершая каждый из марафонов, перед нами вставала задача – создать итоговые сайты, на которых мы должны были структурировать и разместить все выполненные в ходе конкурса получившиеся мультимедийные «продукты». Среди основных конструкторов нами были рассмотрены такие, как: <http://ucoz.ru>, <http://wix.com>, <http://weebly.com>, <http://edicy.com>. Так, нами были проанализированы различные сервисы для создания интерактивных мультимедийных ресурсов, но все же свое предпочтение мы отдали сервису <http://wix.com>. Среди основных преимуществ мы выделили удобный интерфейс, русскоязычную платформу, приятное оформление и дизайн, структурированность разделов. В целом, мы считаем, что данный сервис способствует легкому, быстрому созданию и оформлению сайтов. Нами был изготовлен мультимедийный ресурс «Дню Победы посвящается...». В структуре нашего сайта представлены такие разделы, как: «О нас», «Вот эта улица, вот этот дом», «Они сражались за Родину», «События и люди» (адрес сайта - <http://mnogolikiy.wix.com/victoryday>).

Подводя итог данному участию в марафонах, отметим, что создание мультимедийных продуктов помогает не только быстро освоить сервисы, будь-то они англо- или русскоязычные, но и повысить уровень культурного развития и формировать патриотические чувства, одновременно учитывая и развитие одной из составляющих профессиональной компетентности будущего специалиста - информационную компетентность.

Однако мы предполагаем, что для успешного формирования патриотически-развитой личности не достаточно участия только в марафоне «Многоликий интернет». По нашему мнению, необходимо участвовать и в других мероприятиях патриотической направленности. К таким, например, относится Международный творческий конкурс для детей и юношества «Виртуальная мультимедийная энциклопедия сказок», организованный ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный лингвистический университет» при поддержке Института иностранных языков и медиа-технологий университета Грайфсвальда (ФРГ), Ассоциации Российских Соотечественников в Италии «Алые паруса» (Италия), Лаборатории электронных СМИ ООДТДМ им. В.П. Поляничко (г. Оренбург), Центра дистанционного образования детей-инвалидов Института развития образования Сахалинской области, МБОУ ДОД «ДДТ» Чамзинского муниципального района (респ. Мордовия, Россия) и проводимый в дистанционном формате с целью повышения уровня культурного развития и формирования информационной компетентности

обучающихся. Конкурс содержит несколько номинаций: «Авторская медиа-сказка», «Перевод народной медиа-сказки», «Народная медиа-книга», «Медиа-обзоры», «Онлайн-викторина или игра по сюжетам сказок на русском или на иностранном языках». Участвуя в данном конкурсе, мы выбрали номинацию «Перевод народной медиа-сказки» и выполнили работу над русско-народной сказкой «Теремок» обработав результат в презентационном варианте на сервисе <http://calameo.com> и создав, тем самым, интерактивную книгу в формате 3D. В результате нами были занято первое место и выслан диплом победителя.

Сотрудничество с МБОУ СОШ №4 г. Саянска Иркутской области позволило нам принять участие и в номинации «Авторская медиа-сказка». Нами была выполнена медиа-обработка на сервисе <http://calameo.com> и представлены 2 сборника авторских работ учащихся 3 класса Жабкиной Ксении и Галсановой Александры.

Заключительным конкурсом, позволяющим апробировать результаты всей нашей работы в данном направлении, является Международный педагогический конкурс «Цифровые технологии», организованный Центром дистанционного развития креативности Teachers.kz. Рассмотрев все работы, жюри конкурса присвоило нам I место в номинации «Веб-ресурс творческой группы педагога и обучающихся». Апробировав доклад в рамках межвузовской итоговой конференции студентов «МИКС-2013», мы также разместили статью «Конструктор WIX: основные преимущества и недостатки при создании мультимедийного ресурса» в сборнике докладов участников, в которой мы поднимаем достаточно волнующий современное общество вопрос использования новых информационных технологий, приводим конкретные примеры определенного перечня ресурсов.

Таким образом, проведенный этап исследования показал, что работа по созданию мультимедийных проектов в ходе участия в марафоне «Многоликий интернет», международном конкурсе «Виртуальная мультимедийная энциклопедия сказок», Международном педагогическом конкурсе «Цифровые технологии» и др. способствует активному расширению возможностей патриотического воспитания студентов. Следует также учитывать, что практический материал, используемый при участии в данного рода мероприятиях, наблюдения и размышления самих студентов, должны способствовать формированию патриотически-воспитанных студентов, оказывать положительное влияние и на становление профессиональной компетентности студента как будущего специалиста. В процессе исследования мы выявили, что вследствие регулярной работы в данном направлении происходит не только формирование патриотически-развитой личности, способной расширять личный кругозор, реализовывать интеллектуальный и творческий потенциал, но и формирование информационной компетенции, необходимое в ходе дальнейшей работы, внедрения или совершенствования имеющихся знаний.

### **Список литературы**

1. Аронов А. А. Воспитывать патриотов [Текст] : книга для учителя / А. А. Аронов. – М. : Просвещение, 1989. – 356 с.
2. Гликман И. А. Воспитание в законе и воспитание... в загоне [Текст] / И. Гликман // Народное образование. – 2004. - № 6. – С. 39-42.

3. Жариков А. Д. Растите всех патриотами [Текст] / А. Д. Жариков. – М. : Просвещение, 1980. – 213 с.
4. Замостьянов А. А. Просвещение и патриотизм [Текст] / А. Замостьянов // Народное образование. – 2002. – № 4. – С. 183-186.
5. Исмаилов Ш. И. Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации [Текст] / Ш. И. Исмаилов // Педагогика. – 2004. - № 4. – С. 102-111.
6. Павлов Б.Ф. Воспитание патриотов [Текст] : учеб. пособие для высш. и средн. спец. учеб. завед. / Б. Ф. Павлов, А. Н. Хузиахметов. – Казань: ТаРИХ, 2004. – 319 с.
7. Сообщество «Профобразование» [Электронный ресурс] : Сайт «Профобразование». – 2013. – <http://www.profobrazovanie.org/> (01 нояб. 2014)
8. Федеральный закон «О патриотическом воспитании граждан Российской Федерации» [Электронный ресурс] : Инф.-аналит. ежемесячник «Федеральный патриотический вестник». – 2012. – <http://fpvestnik.ru/zakonodatelstvo/fz-o-patrioticheskom-vozpitanii-grazhdan-rossijskojj-federacii-proekt/> (1 нояб. 2014)

УДК 67.05; 539.3

## **ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

*Т. Х. Хунов, Д. В. Медведев*

*Национальный исследовательский университет Высшая Школа Экономики, Москва  
e-mail: [tkhkhunov@edu.hse.ru](mailto:tkhkhunov@edu.hse.ru), [dvmedvedev\\_1@edu.hse.ru](mailto:dvmedvedev_1@edu.hse.ru)*

*В данной работе рассматриваются модели прогнозирования интенсивности отказов электродвигателей, приведенные в трех справочниках по надежности: NSWC-11, MIL-HDBK 217f и Надежность ЭРИ. В этих справочниках находятся формулы для расчета интенсивности отказов электродвигателей и разбиваются на коэффициенты. Выявляется самая точная модель расчета и по ней производится вычисление интенсивности отказов конкретного электродвигателя.*

*Данное научное исследование (№ проекта 14-05-0038) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2014 г.*

*Ключевые слова: электродвигатель, модель прогнозирования, интенсивность отказов, справочник по надежности, наработка на электродвигатель.*

Электродвигатель – это электрическая машина, в которой электрическая энергия преобразуется в механическую. На сегодняшний день электродвигатели играют важную роль в нашей жизни. [1] По оценкам специалистов, более 90% промышленного оборудования оснащены электродвигателями. В связи с этим, в современном мире высоких технологий возникает потребность в прогнозировании надежности электродвигателей с максимальной точностью.

Определение надежности деталей, компонентов механизмов и устройств в целом является важнейшей задачей производителей современной техники. градации деталей

по вероятности отказа. Надежность на сегодняшний день вносит существенное влияние, как на технические параметры устройства, так и на дизайн конструкций. [2]

Основным источником прогнозирования показателей надежности электронных средств, электромеханических систем и всего класса технических изделий являются справочники, в которых содержатся статистические данные об отказах, условиях эксплуатации, математические модели прогнозирования, эмпирические коэффициенты и другие факторы, влияющие на надежность.

На данный момент существует около 20 справочников по надежности. Не во всех из этих справочников приведена модель прогнозирования интенсивности отказов. Такая модель приведена только в трех справочниках: NSWC-11, MIL-HDBK 217f и Надежность ЭРИ.

В таблице 1 приведены краткие обзоры этих трех справочников по надежности.

Таблица 1

Краткий обзор справочников: NSWC-11, MIL-HDBK 217f и Надежность ЭРИ.

Название справочника	Аннотация справочника
MIL-HDBK-217f	Стандарт оценки надежности, опубликованный в США министерством обороны в 1991 г. Он содержит оценку надежности для электронных компонентов. Считается, что этот стандарт содержит наиболее полный каталог компонентов и обеспечивает высокий уровень контроля качества. [3]
NSWC-11	Стандарт оценки надежности, впервые выпущенный Naval Surface Warfare Center Carderock Division 31 июля 2007 г. Он содержит оценку надежности для механических компонентов, таких как пружины, прокладки, насосы, клапаны, тормоза и другие. [4]
Надежность ЭРИ	Справочник содержит сведения, предназначенные для использования при расчетах показателей надёжности радиоэлектронной аппаратуры военного назначения в соответствии с требованиями основополагающих нормативных документов комплексов Государственных военных стандартов «Мороз-6» и «Надёжность ВТ». [5]

Уравнение интенсивности отказов электродвигателя, приведенное в справочнике MIL-HDBK-217f имеет вид:

$$\lambda_p = \left( \frac{\lambda_1}{A \cdot \alpha_B} + \frac{\lambda_2}{B \cdot \alpha_W} \right)$$

где:

$\lambda_1$  - поправочный коэффициент;

$\lambda_2$  - поправочный коэффициент;

$\alpha_B$  - интенсивность отказов подшипника;

$\alpha_W$  - интенсивность отказов обмотки электродвигателя;

A и B – поправочные коэффициенты.

Значение коэффициентов  $\alpha_B$ , учитывающего интенсивность отказов подшипника рассчитывается по формуле:

$$\alpha_B = \left( 10^{\left( 2.534 - \frac{2357}{T_A + 273} \right)} + \frac{1}{10^{\left( 20 - \frac{4500}{T_A + 273} \right)} + 300} \right)^{-1}$$

где:  $T_A$  - температура окружающей среды.

Значение коэффициента  $\alpha_W$ , учитывающего интенсивность отказов обмотки рассчитывается по формуле:

$$\alpha_W = 10^{\left( \frac{2357}{T_A + 273} - 1.83 \right)}$$

где:  $T_A$  - температура окружающей среды.

Значения коэффициентов A и B, учитывающих тип двигателя, приведено в таблице 2.

Таблица 2.

Коэффициенты A и B, учитывающие тип двигателя.

Тип электродвигателя	A	B
Электрический	1.9	1.1
Серводвигатель	2.4	1.7
Шаговый	11	5.4

Значения коэффициентов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  приведены в таблице 3.

Таблица 3

Значения коэффициентов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$

$\frac{LC}{\alpha_B}$ или $\frac{LC}{\alpha_W}$	$\lambda_1$ или $\lambda_2$
0 – 0.1	0.13
0.11 – 0.2	0.15
0.21 – 0.3	0.23
0.31 – 0.4	0.31
0.41 – 0.5	0.41
0.51 – 0.6	0.51
0.61 – 0.7	0.61
0.71 – 0.8	0.68
0.81 – 0.9	0.76
> 1.0	1.0

где: LC – ожидаемое время работы.

Обобщенное уравнение интенсивности отказов электродвигателя, приведенное в справочнике «Надежность ЭРИ» имеет вид:

$$\lambda_{\text{Э}} = (\lambda_{\text{б.с.э.эл}} \cdot K_t + \lambda_{\text{б.с.э.м}} \cdot K_{T,n,t}) \cdot K_{\text{Э}}$$

где:

$\lambda_{\text{б.с.э.эл}}$  - базовая среднегрупповая интенсивность электрических отказов на время минимальной наработки  $T_{н.м}$  на электрическую машину (приведено в таблице 3);

$\lambda_{\text{б.с.э.м}}$  - базовая среднегрупповая интенсивность механических отказов на время наработки  $T = 500$  ч – для коллекторных и  $T = 3000$  ч – для бесколлекторных машин при частоте вращения  $n = 2000$  об/мин (приведено в таблице 4);

Таблица 4

Характеристика надежности и справочные данные отдельных групп электродвигателей

Группа изделий	$\lambda_{\text{б.с.э.эл}} \cdot 10^{-6}$	$\lambda_{\text{б.с.э.м}} \cdot 10^{-6}$
Д	0.333	0.149
ДМ	0.17	0.075
ДП	0.21	0.21
ДПМ..Н1,Н2	0.0317	0.049

Значения коэффициента  $K_{T,n,t}$  учитывающего влияние времени наработки  $T$ , частоты вращения  $n$  и температуры окружающей среды  $t$  на интенсивность механических отказов электрических машин с коллектор (таблица 5) .

Таблица 5

Значения коэффициента  $K_{T,n,t}$

t, °C	$K_{T,n,t}$ при частоте вращения n, тыс. об/мин									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
25	0.76	0.83	0.85	0.94	0.97	1.03	1.09	1.15	1.21	1.27
40	0.83	0.85	0.94	0.97	1.03	1.12	1.15	1.21	1.27	1.45
50	0.85	0.91	0.97	1.00	1.12	1.18	1.21	1.33	1.42	1.63
60	0.88	0.97	1.00	1.03	1.15	1.24	1.33	1.45	1.63	2.00

Значения коэффициента  $K_t$  в зависимости от температуры нагрева изоляции  $t$  и электродвигателей с различными классами нагревостойкости изоляции (таблице 6).

Таблица 6

Значения коэффициента  $K_t$

t, °C	$K_t$			
	A (105 °C)	B (130°C)	F (155°C)	H (180°C)
30	0.51	0.50	0.80	0.78
40	0.57	0.67	0.84	0.81
50	0.63	0.75	0.89	0.86
60	0.69	0.84	0.93	0.91

Значения коэффициента жесткости условий эксплуатации  $K_3$  для электрических машин (таблица 7).

Таблица 7

Значения коэффициента  $K_3$

Группа изделий	Значения $K_3$ по группам аппаратуры ГОСТ РВ 20.39.304-98														
	1.1	1.2	1.3-1.10	2.1.1, 2.1.2, 2.3.1, 2.3.2	2.1.3, 2.3.5	2.1.5, 2.3.5	2.2, 2.4, 2.1.4, 2.3.4	3.1	3.2	3.3, 3.4	4.1-4.9 в условиях			4.6	5.1, 5.2
											Запуска	Свободного полета	Брежущего полета		
Электродвигатели	1	2	4	5.5	7.0	8	9	19	15	19	24	8	12	1	

Обобщенное уравнение интенсивности отказов электродвигателя, приведенное в стандарте NSWC-2011 имеет вид:

$$\lambda_M = (\lambda_{M,B} \cdot C_{SF}) + \lambda_{WI} + \lambda_{BS} + \lambda_{ST} + \lambda_{AS} + \lambda_{BE} + \lambda_{GR} + \lambda_C$$

- где:
- $\lambda_M$  – интенсивность отказов для двигательной системы;
  - $\lambda_{M,B}$  – базовая интенсивность отказов электродвигателя;
  - $\lambda_{WI}$  – интенсивность отказа обмотки электродвигателя;
  - $\lambda_{BS}$  – интенсивность отказа щетки;
  - $\lambda_{ST}$  – интенсивность отказов статора;
  - $\lambda_{AS}$  – интенсивность отказа вала якоря; [6]
  - $\lambda_{BE}$  – интенсивность отказа подшипника;
  - $\lambda_{GR}$  – интенсивность отказа шестерни;
  - $\lambda_C$  – интенсивность отказа конденсатора (если присутствует);
  - $C_{SF}$  – поправочный коэффициент.

Значение коэффициента  $C_{SF}$ , учитывающего условия работы электродвигателя, приведено в табл. 8.

Таблица 8

Условия работы электродвигателя

№ п/п	Условие работы	Описание	$C_{SF}$
1	Равномерная нагрузка	Непрерывная работа, минимальная разница в нагрузке, нет ударов или вибрации	1.00
2	Минимальные импульсы	Частая остановка и продолжение нагрузки, минимальные удары и вибрация	1.50
3	Средние импульсы	Частая двунаправленная, обратная работа двигателя, средняя смена нагрузки, средние нагрузки и вибрация	2.00
4	Сильные импульсы	Воздействие сильной вибрации, ударная нагрузка, сильная смена нагрузок	3.00

Значение интенсивности отказов  $\lambda_{M,B}$ , учитывающего тип двигателя, приведено в табл. 9.

Таблица 9

Зависимость интенсивности отказов от типа двигателя

№ п\п	Тип двигателя	$\lambda_{M,B}$
1	Постоянный ток	2.17
2	Постоянный ток, бесщеточный	1.75
3	Переменный ток, однофазный	6.90
4	Переменный ток, многофазный	10.00

Значение интенсивности отказов  $\lambda_{WI}$ , учитывающего тип обмотки электродвигателя рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{WI} = \lambda_{WI,B} \cdot C_T \cdot C_V \cdot C_{alt}$$

где:  $\lambda_{WI,B}$  – базовая интенсивность отказов обмотки электродвигателя, которая рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{WI,B} = \frac{1.0 \cdot 10^6}{L_I}$$

где:  $L_I$  – ожидаемое время эксплуатации обмотки.

Значение коэффициента  $C_T$ , учитывающего окружающую температуру, рассчитывается по формуле:

$$C_T = 2^{(T_0 - 40)/10}$$

где:  $T_0$  – температура среды около двигателя работающего при полной нагрузке.

Значение коэффициента  $C_V$ , учитывающего различное напряжение источника рассчитывается по формулам:

Для однофазного двигателя:

$$C_V = 2^{10(V_D/V_R)}$$

где:  $V_D$  – разница между номинальным и фактическим напряжением;  $V_R$  – номинальное напряжение.

Для трехфазного двигателя:

$$C_V = 1 + (0.40 \cdot V_U)^{2.5}$$

где:  $V_U = 100 \cdot (\text{наибольшая разница напряжения}) / (\text{среднее напряжение})$ .

Значение коэффициента  $C_{alt}$ , учитывающего высоту над уровнем моря, определяется как:

Для высоты более 1000 метров:

$$C_{alt} = 1.00 + 8 \cdot 10^{-5} \cdot (a - 3300)$$

где:  $a$  – рабочая высота.

Для высоты менее 1000 метров:

$$C_{alt} = 1.0$$



Проведенный анализ справочников наглядно показывает, что в справочнике NSWС-11 для прогнозирования интенсивности отказов используется на порядок больше коэффициентов, чем в остальных.

Для расчета интенсивности отказов был выбран ДПМ-20-Н1-01. Этот коллекторный электродвигатель постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов предназначен для применения в качестве силовых двигателей и для привода различных механизмов кратковременного, повторно-кратковременного и непрерывного действия в аппаратуре промышленной автоматики, телемеханики, радиоэлектроники.

#### Техническое описание электродвигателя ДПМ-20-Н1-01:

Напряжение питания:

- минимальное - 26В;
- номинальное - 29В;
- максимальное - 32В; [7]

Срок службы двигателя – 135000 ч;

$$\lambda_{\text{тy}} = 7,4 \cdot 10^{-6}$$

Температура окружающей среды - 40°С;

Рабочая высота над уровнем моря – 150 м.

Расчет по справочнику NSWС-11:

$$C_T = 2^{(T_o - 40)/10} = 1$$

$$C_V = 2^{10(V_D/V_R)} = 2,05$$

$$C_{alt} = 1,0$$

$$\lambda_{\text{wI,B}} = \frac{1,0 \cdot 10^{-6}}{L_I} = 3,09 \cdot 10^{-10}$$

$$\lambda_{\text{wI}} = \lambda_{\text{wI,B}} \cdot C_T \cdot C_V \cdot C_{alt} = 1,27 \cdot 10^{-9}$$

$$\lambda_{\text{BS}} = 1,6 \cdot 10^{-6}$$

$$\lambda_{\text{ST}} = 0,84 \cdot 10^{-6}$$

$$\lambda_{\text{AS}} = 0,56 \cdot 10^{-6}$$

$$\lambda_{\text{BE}} = 1,13 \cdot 10^{-6}$$

$$\lambda_{\text{GR}} = 1,00 \cdot 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} \lambda_M &= (\lambda_{\text{M,B}} \cdot C_{\text{SF}}) + \lambda_{\text{wI}} + \lambda_{\text{BS}} + \lambda_{\text{ST}} + \lambda_{\text{AS}} + \lambda_{\text{BE}} + \lambda_{\text{GR}} = \\ &= (2,17 \cdot 1,00) \cdot 10^{-6} + 1,27 \cdot 10^{-9} + 1,6 \cdot 10^{-6} + 0,84 \cdot 10^{-6} + \\ &+ 0,56 \cdot 10^{-6} + 1,13 \cdot 10^{-6} + 1,00 \cdot 10^{-6} = 7,30 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

Интенсивность отказов электродвигателя из технического описания равна  $7,4 \cdot 10^{-6}$ , а по математической модели NSWС-11 интенсивность отказов получается  $7,3 \cdot 10^{-6}$ .

Подводя итоги, нужно признать, что электродвигатели на сегодняшний день являются неотъемлемой частью промышленного оборудования. В связи с этим, важно с максимальной точностью уметь спрогнозировать интенсивность отказов электродвигателей.

Если стоит задача привести интенсивность отказов электродвигателя к заданной интенсивности, то по математической модели NSWC-11 это будет сделать гораздо легче, так как в этом справочнике используется много параметров, влияющих на надежность электродвигателя.

### **Список литературы**

1. Медведев, Д.В. Исследование моделей интенсивности отказов механических элементов класса «Электродвигатели». / Д.В. Медведев, Т.Х. Хунов, С.Н. Полесский // XX Международная научно-техническая конференция и Российская научная школа молодых ученых и специалистов: тез. докл. – Материалы Международной конференции, Российской научной школы и Форума, 2014. - с. 178-181
2. Абрамешин, А.Е Информационная технология обеспечения надежности электронных средств наземно-космических систем. / А.Е. Абрамешин, В.В. Жаднов, С.Н. Полесский. - Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2012 – с. 13-14.
3. Справочник «MIL-HDBK-217f». – США, 1995.
4. Справочник «NSWC-11». – США, 2011.
5. Справочник «Надежность ЭРИ». – МО РФ, 2006.
6. Хунов, Т.Х. Исследование моделей интенсивности отказов механических элементов класса «Валы». / Т.Х. Хунов, Д.В. Медведев, С.Н. Полесский // XX Международная научно-техническая конференция и Российская научная школа молодых ученых и специалистов: тез. докл. –Материалы Международной конференции, Российской научной школы и Форума, 2014. - с. 182-184
7. [Электронный ресурс]. Технические условия на электродвигатель ДПМ-20-Н1-01. Режим доступа: <http://zapadpribor.com/dpm-20-n1-01/> (дата обращения 18.10.2014).

УДК 025.11

## **БЛАГОТВОРИТЕЛЬНАЯ РЕСУРСНАЯ ПОДДЕРЖКА ВУЗОВСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ( ОПЫТ-МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ПРИВЛЕЧЕНИЯ РЕСУРСНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ)**

*Р.А. Чучукалова*

*Российская международная академия туризма.*

*Восточно-Сибирский институт туризма*

*Рассматривается концепция организации благотворительности, основанной на формировании ресурсных банков.. Формирование ассоциаций, ресурсных объединений держателей полнотекстовых ресурсов, позволит наполнить образование доступными ресурсами и проводить целенаправленный обмен ресурсами .*

*Ключевые слова: полнотекстовые ресурсы, распределенные ресурсы, ассоциации, благотворительность*

Благотворительность в библиотечной сфере добровольная деятельность физических и юридических лиц по бескорыстной (безвозмездной или на льготных условиях) передаче библиотеке материальных ресурсов (в том числе финансовых), бескорыстному выполнению работ, предоставлению услуг и оказанию иной поддержки с целью содействия библиотечному обслуживанию.

Для успешного привлечения благотворительной помощи определяющую роль имеют знание и правильный выбор возможных ресурсных доноров (с учетом географических и тематических критериев, ограничений типов оказываемой поддержки и получателей средств), освоение ответственными специалистами технологии составления проектов целевых программ, принципов написания заявок на инвестиции, правил подготовки отчетов об использовании поступивших финансовых ресурсов. Правил заключения благотворительных контрактов по предоставлению ресурсов.

Что касается спонсорства, то оно предполагает предоставление ресурсной поддержки на прагматической основе (в том числе рассчитано на получение так называемого косвенного эффекта от сделанных инвестиций). Среди целей спонсорской деятельности в информационной сфере обозначим дополнительную рекламу, формирование позитивной общественной репутации (положительного имиджа), демонстрацию финансовой состоятельности, получение предусмотренных налоговых и иных льгот. Руководителям желающим получать благотворительный доступ к информационным ресурсам важно знать правовой режим и четко представлять возможные варианты благотворительной поддержки, уметь экстраполировать их на конкретные участки деятельности вуза, учитывать общественные и социальные мотивы современной филантропии, отличать цели благотворителей и меценатов от целей спонсоров, освоить методику бизнес планирования и технологии «паблик рилейшнз».

Правомерность благотворительной и спонсорской помощи по отношению к получателю благотворительного доступа к информационному ресурсу в форме благотворительного контракта определяется собственником держателя ресурса учреждения на основании Конституции Российской Федерации, Гражданского кодекса Российской Федерации, Бюджетного кодекса Российской Федерации, федеральные законы «О некоммерческих организациях», «О благотворительной деятельности и благотворительных организациях», «О рекламе», «О библиотечном деле», а также налоговое законодательство. В них зафиксированы правовой статус, особенности и границы различных направлений благотворительности ( в том числе относящихся к социально-культурной и информационно-образовательной сферам), специфика спонсорства, предоставление льгот по налогу на прибыль при взносах на благотворительные цели.

В качестве участников благотворительной деятельности регламентированы: благотворители («лица, осуществляющие благотворительные пожертвования»), добровольцы («граждане, осуществляющие благотворительную деятельность в форме безвозмездного труда») и благополучатели («лица, получающие благотворительные' пожертвования от благотворителей, помощь добровольцев»). Здесь же обозначены

возможные формы благотворительных пожертвований - бескорыстные (безвозмездные) или на льготных условиях: передача в собственность имущества (в том числе денежных средств, а также интеллектуальных продуктов); наделение правами владения, пользования и распоряжения любыми объектами права собственности; выполнение работ, предоставление услуг. Одновременно закреплено право благотворителей «определять цели и порядок использования своих пожертвований» Подчеркнем, что подобная детализация крайне важна для информационных учреждений, сталкивающихся на практике с широким спектром потенциальных вариантов благотворительности, но, зачастую, не идентифицируемыми должным образом, не получающими необходимого статуса и соответствующей оценки.

Будучи проявлением филантропии, благотворительность не предполагает каких-либо финансовых и прочих ответных обязательств со стороны получающих ресурсную поддержку (за исключением особо оговариваемых случаев целевого использования средств и условий обращения с материальными объектами).

Анализируя благотворительную практику в некоммерческой сфере, можно обозначить следующие базовые звенья благотворительной помощи:

- безвозмездная передача материальных ценностей и имущественных прав (дары/пожертвования);
- предоставление на конкурсной основе невозвратных целевых финансовых средств (гранты);
- передача на льготных условиях объектов собственности (в частности, оборудования, интеллектуальной продукции);
- Благотворительный контракт о доступе к информационному ресурсу
- комплексная организационная поддержка и защита интересов (попечительство/патронаж). Возможен патронажный контракт по поддержке ресурса
- Участие в благотворительных аукционах

Следует отметить, что мы рассмотрим вопросы организации благотворительного контракта о доступе к информационному ресурсу и не станем рассматривать финансирование через благотворительные фонды. Благотворительные фонды известны, грантовая политика уже наработана и довольно популярна в отличие от благотворительных контрактов. Работа с благотворительным контрактом довольно сложна и требует системного подхода.

Инфраструктура научных информационных ресурсов и систем, имеющаяся сегодня в мире позволяет говорить о разветвленной сети держателей ресурсов различных научных направлений. Реализованы многочисленные информационные проекты, созданы информационные БД научных ресурсов, появился институт агрегаторов научных ресурсов, как за рубежом, так и в России. Институт агрегаторов это специализированные организации, консолидирующие разнообразные цифровые ресурсы из различных источников: фильтрация специализированных ресурсов, лицензионно-договорная работа. Обзор основных проблем возникающих в этой связи позволяет заметить, что в науке происходит процесс лавинного поступления информации, в первую очередь связанного с успехами в технологии создания приемных устройств. В современных крупных экспериментах, включая и численное моделирование, анализ терабайтов и даже петабайтов становится повседневной

задачей. Россия также, в настоящее время, располагает достаточно большими информационными ресурсами и по составу, и в количественном отношении. Интерес к российской научно-технической литературе со стороны зарубежных информационных служб не ослабевает. В результате исследований (2013 г.) Института научной информации (США), была определена доля России в мировом информационном потоке, она составила 3,67 % (124557 статей). Перечень областей знания, в которых вклад России превышает ее долю в мировом потоке:

Физика – 9,71%

Науки о Земле – 7,43%

Космические исследования – 7,19%

Химия – 6,78%

Материаловедение – 4,29%

Математика – 3,83%

Техника – 3,70%.

Области знаний, в которых доля значительно ниже, чем средняя доля России в мировом потоке – Молекулярная биология 2,63%, Биология и биохимия (1,93%), Вычислительная техника 1,05% и пр.

В национальном докладе по информатизации при Госкомсвязи России от 16 декабря 2012г г. № 8. отмечается необходимость координации по формированию ресурсов, а также необходимость разветвленной сети обменного доступа к ресурсам. И прозвучала как критика состояние дел по доступу к ресурсам Вузов страны, которые не с координированы и недоступны друг другу. Национальный доклад отмечает, что уровень развития информационных сервисов и доступа к ресурсам является отражением уровня развития информационных технологий в обществе в сочетании с законодательными нормами государства и мира. Ежегодно в информационном пространстве растёт доля изданий, предоставляемых пользователям в электронном виде, а также увеличивается число сетевых изданий, не имеющих аналога в бумажном формате. Структура информационных ресурсов стала столь сложной, что зачастую не до конца понятно, какие действия с ними разрешены. Организационно-технологические схемы предоставления доступа отдельным, университетам, библиотекам, информационным центрам, а также их комплексам совместно с их отделениями или филиалами являются не менее сложной проблемой, ведь не всегда очевидно, где проходит черта правовых ограничений и как решать возникающие проблемы.

В современном мире всё чаще звучат слова в защиту права человека на получение информации, о недопустимости барьеров, препятствующих доступу к знаниям. В настоящее время среди проблем которые тормозят создание вузовского агрегатора ресурсов обеспечивающего доступ к ресурсам существует ряд проблем:

- первая проблема то, что осознавая незаконченный процесс формирования электронного рынка, большинство предпочитают дождаться его становления, и уже после присоединиться.

- вторая проблема нет центра кодификации и регистрации электронного ресурса.

– третья проблема для агрегирующих, электронный ресурс на коммерческой основе с выплатой вознаграждения издателям и авторам, помимо процесса подписания и продления договоров большие трудозатраты вызывает необходимость регулярного оперирования по ним и предоставления отчетов в налоговую службу

Национальный доклад отмечает, что контрактное право обычно обладает приоритетом над авторским правом, поэтому исполнение лицензионного соглашения является обязательным; стороны лицензионного соглашения (информационный центр, издательство, агрегатор) могут обсуждать сроки и условия пользования ресурсом.

Таким образом отмечаем для себя, что приоритетом над авторским правом имеет контрактное право. Благотворительный контракт – один из методов разветвленного доступа к ресурсу и создания вузовского центра агрегации ресурсов.

Благотворительный контракт позволит вам опираться на принцип партнерства заложить идеи самоорганизации и горизонтальной координации деятельности.<sup>13</sup>

Необходимо обозначить отдельную задачу — формирование политики взаимодействия с локальными тематическими научно-образовательными электронными коллекциями.

Если мы принимаем как предпосылку, что в рамках агрегации ресурсов не ставится задача иметь копию всех интернет-ресурсов, созданных в России или с участием российских юридических и физических лиц (более расширительная трактовка включает русскоязычный Интернет, а также пространство интернета Европы. Вообще следует отметить, что нельзя, исключать ни одной возможности и обращаться с предложениями к крупным держателям ресурсов. Такие держатели ресурсов с большей охотой идут на сближение.

Так у СФУ был опыт благотворительного контракта с World Public Library (<http://www.netlibrary.net/Home>) заключался контракт по темам естественных наук. Но это был первый опыт и мы робко заключили контракт на три месяца. Мы имели право скачивать все необходимые полные тексты и размещать в своей библиотеке.

Другой опыт это благотворительный контракт с Национальной библиотекой Шотландии National Library Skotland <http://www.nls.uk> . По контракту предоставлялся доступ к части электронного ресурса-исторической коллекции.

Благотворительные контракты чаще и рассматривают постепенный доступ ко всему ресурсу. Благотворитель должен убедиться в вашей порядочности.

Сложность агрегации ресурсов через благотворительные контракты заключается в том, что согласно правилам каталогизации не книжных материалов, единицей библиографического описания является база данных. Затем, следует отметить, что разные агрегаторы предлагают разную хронологическую глубину и разный период эмбарго, то есть отсутствие доступа к свежим номерам. Существует практика, когда предоставляется доступ только к архивам полных текстов журналов или источникам.

---

<sup>13</sup> Чугунов А.В. Идея формирования центра агрегации национальных ресурсов и базовые принципы организации партнерства // Румянцевские чтения — 2004:// Инновационные технологии и многообразие культур. Материалы международной конференции (13 – 16 апреля 2013) / Российская государственная библиотека. — М.: Пашков дом, 2013. С. 276 – 286.

Чтобы избежать эмбарго к свежим номерам прибегаем к благотворительному контракту.

Следует проводить регулярный мониторинг информационного поля для понимания текущей ситуации и принятия решения в избрании ресурса. Разные исследовательские компании публикуют различные цифры временных затрат: поиск в Internet необходимой информации, ее отбор, систематизация занимают в среднем около 35% рабочего времени сотрудников, причем у 40% этих сотрудников по тем или иным причинам результативность данного процесса близка к нулю. Скорее всего, время (те самые 35%), которое сотрудник потратил на поиск информации, можно было использовать с большей пользой для организации. Поэтому будем считать его упущенной выгодой. Таким образом, 14% (35% x 0,4) от месячного фонда заработной платы — это нерационально использованный бюджет.<sup>14</sup>

Система информационного мониторинга событий — лишь один из инструментов, который позволяет решать глобальную задачу управления корпоративными знаниями и информацией и позволит оценивать партнера по благотворительному взаимодействию.

Приступая к мониторингу, рабочая группа должна изучить материалы агрегаторов ресурсов, запросить тестовые доступы, оценить эффективность использования, приступить к формированию благотворительного контракта. Необходимо формировать учетно-регистрационную карту ресурсов, с которыми вам необходимо сотрудничать. Вы можете сказать, что Интернет заполнен справочниками по полнотекстовым ресурсам. РНБ, РГБ, и ряд других библиотек создают такие справочники, но вы должны учесть, что вы агрегатор ресурсов своего вуза. Вы в данном случае выступаете как агрегатор интеллектуальных активов обеспечивающих конкурентоспособность вуза. Естественно, что потребуются серьезные изменения персонального состава, организационной работы информационного центра. Без этого, однако, реально поставить вас в ряд интеллектуальных активов вуза вряд ли возможно.

### **Список литературы**

1. Конституция Российской Федерации [офиц. текст]: принята всенародным голосованием 12.12.1993, (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ) [текст] [Электронный ресурс] // доступ: СПС Консультант плюс.
2. Васильев П. Мониторинг информационных ресурсов / П.Васильев [Электронный ресурс] // Информационные технологии, 2014, №5, //доступ: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).
3. Костюк Р.А. Агрегаторы информационных ресурсов : методы и формы/Р.А. Костюк[Электронный ресурс]//доступ: [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru).
4. Чугунов А.В. Идея формирования центра агрегации национальных ресурсов и базовые принципы организации партнерства // Румянцевские чтения — 2004:// Инновационные технологии и многообразие культур. Материалы международной

---

<sup>14</sup> Васильев П.Мониторинг информационных ресурсов/П.Васильев//Информационные технологии,2014,№5,//доступ:[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

УДК 519.78

## ПРИМЕНЕНИЕ САМОКОНФИГУРИРУЕМОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

*А. Шкраба<sup>(1)</sup>, Д. Кофьяч<sup>(1)</sup>, А. Жнидаршич<sup>(1)</sup>, М. Малетич<sup>(1)</sup>, Ч. Розман<sup>(1)</sup>,  
Е. Семенкин<sup>(2)</sup>, М. Семенкина<sup>(2)</sup>, В. Становов<sup>(2)</sup>*

<sup>(1)</sup>Факультет организационных наук, университет Марибора, Словения

<sup>(2)</sup>Сибирский государственный аэрокосмический университет, Красноярск  
*e-mail: andrej.skraba, davorin.kofjac, anja.znindarsic, matjaz.maletic,  
[crtomir.rozman@um.si](mailto:crtomir.rozman@um.si), eugeneseimenkin@yandex.ru, semenking88@mail.ru,  
vladimirstanovov@yandex.ru*

*В данной статье описывается задача управления человеческими ресурсами, которая может быть актуальной для организаций в период реструктуризации. Поведение системы описывается динамической имитационной моделью, аналогичной модели цепи поставок с несколькими рангами. Поиск оптимальной комбинации передаточных коэффициентов, включающих также коэффициенты флуктуаций, сводится к задаче оптимизации. Для решения этой задачи применяется самоконфигурируемый генетический алгоритм с несколькими методами учета ограничений. Ограничения в данной проблеме возникают в связи с необходимостью избежать нежелательных осцилляций в системе. Результаты показывают, что поставленная задача может быть эффективно решена предложенными методами.*

*Ключевые слова: человеческие ресурсы, имитационное моделирование, генетический алгоритм, самоконфигурирование, условная оптимизация.*

### Introduction

Present paper describes the continuation of the research in the field of human resource management (Škraba et al., 2011) where the problem of modelling and optimal control of the restructuring process in hierarchical management system for eight topmost ranks was addressed. Since the new standards for the structure of the system were issued, the goal was to achieve new desired values, i.e. number of officers in particular rank in shortest possible time. Additional condition is that the oscillations in the promotions should be avoided. The problem was addressed in several previous studies (Mehlman, 1980, Pastor and Olivella, 2008), nevertheless the dynamic character of the problem as well as time variant boundaries were not adequately addressed.

The problem of human resource management is similar to the problem of supply chain management therefore the results provided in present paper could also be applied in the field of supply chain. Efficient control of supply chain is one of the main concerns of the cost-effective enterprise management. Since the basic structure of the supply chain consists of cascaded, exponential delay elements it will inevitably examine the oscillations known as the



bullwhip or Forrester effect (Forrester, 1973). It is important to mention, that the problem of oscillations in control of human resources management as well as supply chain is an important topic of current research efforts (Kok et al, 2005, Tarantilis, 2008).

In present paper, a novel approach to minimize the oscillations in the control strategies based on evolutionary computations will be presented providing promising results with possible application not only in the field of human resource management but in the field of supply chain management as well.

As an optimization technique in this paper we used a self-configuring genetic algorithm. The genetic algorithm is a stochastic global search method which simulates the model of natural evolution. This algorithm was chosen as it does not require any special information about the goal function and can effectively solve problems with algorithmically given objective and constraints.

### Modeling of discrete strictly hierarchical human resources transition system

In the strictly hierarchical manpower model, we suppose that the promotion to the higher rank is only possible from the rank, which is one step lower. There is no possibility, for example, to jump from rank  $x_1$  to the rank  $x_3$ , the only possible transition would be  $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3$ . Figure 1 shows the structure of the manpower system with eight elements as the case study. The input recruitment to the system are represented marked as  $u(k)$ . The transitions between particular ranks  $x$  are determined by functions  $R$ , which depends on the number of humans at the particular rank  $x$  and the transition coefficient  $r$ . The last transition  $R(x_8, r_8)$  represents the retirement. Wastage is determined by functions  $F$ , which are also dependent on the number of humans at the particular rank and the fluctuation coefficients  $f$ .

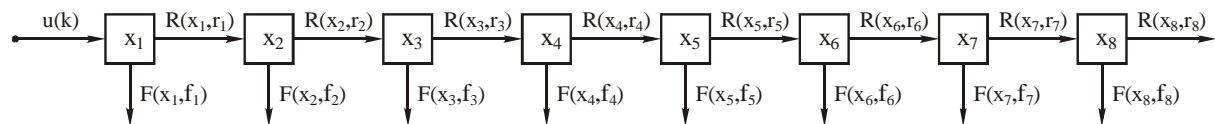


Figure 1 – Structure of manpower system with eight ranks, from  $x_1$  to  $x_8$

The function  $R(x_n, r_n)$  represents the transition function from lower to the higher rank. The function value is determined by the number of humans at the particular rank  $x_n$ , and transition coefficient  $r_n$ . Similarly, the  $F(x_n, f_n)$  represents the wastage (fluctuation) function from particular rank. The function value is determined by the number of humans at the particular rank  $x_n$ , and fluctuation coefficient  $r_n$ . The system is defined in a discrete state space as:

$$\begin{cases} \mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}u(k) \\ \mathbf{y}(k) = \mathbf{C}\mathbf{x}(k) + \mathbf{D}u(k) \end{cases} \quad (1)$$

where the matrix of coefficients  $\mathbf{A}$  is as follows:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1-s_1(k) & 0 & 0 & \dots \\ r_1(k) & 1-s_2(k) & 0 & \dots \\ 0 & r_2(k) & 1-s_3(k) & \dots \\ 0 & 0 & r_3(k) & \ddots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}, \quad (2)$$

where net growth factor  $s_n(k) = r_n(k) - f_n(k)$ ;  $n = 1, 2, \dots, 8$ . The input  $u(k)$  to the considered system is provided by coefficients of the matrix  $\mathbf{B}$  to  $x_1$  where the dynamics of the inflow to the first rank could be described as:

$$x_1(k+1) = [1 - s_1(k)]x_1(k) + u(k). \quad (3)$$

The system represents cascaded exponential delay chain with outflows from particular ranks which in general exercises the exponential response when triggered by the input value, i.e. recruitment  $u(k)$ .

### Case study example

Figure 1 shows the values of our test example from previous study (Škraba et al., 2011), where we consider current and desired numbers for each of eight considered ranks. X-axis represents the number of humans and y-axis represents eight ranks. Initial values are shown in the left column. Current value is shown on the graph by the solid line rectangle while the desired values are represented as dashed rectangles. One can observe, that at some ranks, the desired values are below the current values and at others vice versa. Since the considered system represents a hierarchical chain, it represents additional challenge at the system control. Therefore the prescribed task is to set the values of humans at the particular rank to the desired values, which might be below, above or equal to the current value.

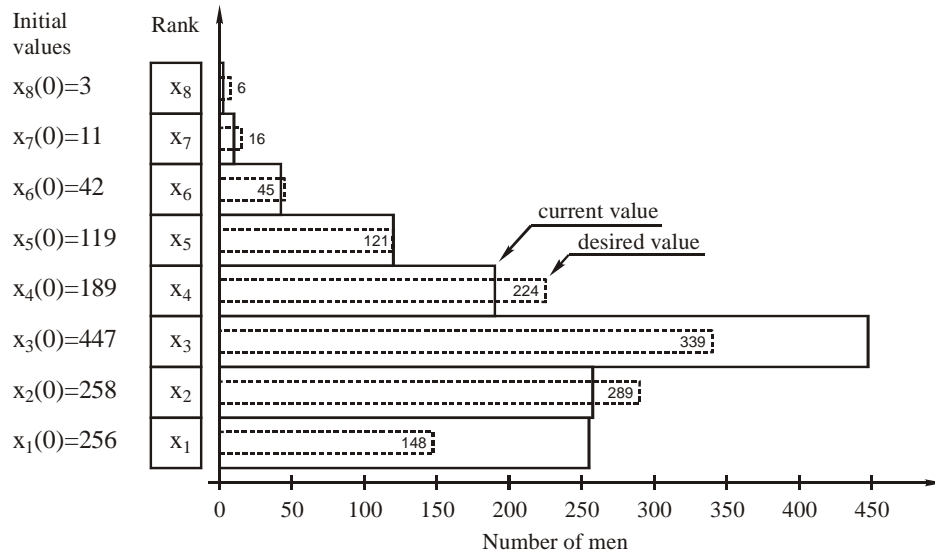


Figure 2 – Example of current number of humans at the particular rank and desired number of humans for eight ranks

The criteria function which determines the deviation of the number of humans at the particular ranks from the desired values is stated as:

$$J = \sum_{n=1}^r \sum_{i=0}^{t_q} (z_n(i) - x_n(i))^2, \quad (4)$$

where  $z_n(i)$  is the target function value for the rank  $n$  at the step  $i$ . Eq. (4) represents the summation of the squared deviation from the target for prescribed time horizon  $t_q$  as well as for the number of ranks  $r$ . Therefore we should determine the minimum deviation with respect to time and ranks as  $\min_{u \in U, r \in R, f \in F} J$ , where  $U$ ,  $R$  and  $F$  are sets of input parameters subject to constraints:

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_{min}(k) &\leq \mathbf{u}(k) \leq \mathbf{u}_{max}(k) \\ \mathbf{r}_{min}(k) &\leq \mathbf{r}(k) \leq \mathbf{r}_{max}(k), \\ \mathbf{f}_{min}(k) &\leq \mathbf{f}(k) \leq \mathbf{f}_{max}(k) \end{aligned} \quad (5)$$

where  $\mathbf{u}_{min}(k)$  and  $\mathbf{u}_{max}(k)$  are vectors of lower and upper boundaries for the recruitment,  $\mathbf{r}_{min}(k)$  and  $\mathbf{r}_{max}(k)$  are vectors of lower and upper boundaries for transitions between ranks and  $\mathbf{f}_{min}(k)$  and  $\mathbf{f}_{max}(k)$  are vectors of lower and upper boundaries for fluctuations. All boundaries are time dependent that increases the complexity of the addressed optimization problem.

### Description of optimization technique

The genetic algorithm for finding the optimal strategy for every rank was applied at the optimization. That means that we encoded all the coefficient values  $r(k)$  and  $f(k)$ , as well as the input to the system  $u(k)$ , into the binary string for all the following time steps. The total dimensionality of the resulting optimization problem was  $k*t$ , where  $k$  is the number of ranks, and  $t$  is the number of time steps, for example, for 8 ranks and 8 time steps the dimensionality was 64. For every variable the minimum and maximum values were set, and the algorithm worked within these borders.

We also used the self-configuring procedure in our genetic algorithm which allows an automatic selection of the most suitable set of genetic operators during the algorithm run. This self-configuring procedure is important as the genetic algorithm efficiency strongly depends on the types of genetic operators used, and the optimal combination of operators cannot be determined beforehand.

The applied self-configuration method [Semenkin et al. 2012-1] is based on the idea of encouraging those operators which received the highest total fitness in the current generation. This approach has proved its efficiency in the solving hard real-world optimization problems [Semenkin et al., 2012-2, Semenkin et al., 2014] and has been recommended for practical use.

Let  $z$  be the number of different operators of the  $i$ -th type. The starting probability values are set to  $p_i=1/z$ . The success estimation for every type of operator is performed based on the averaged fitness values:

$$AvgFit_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} f_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_i} 1}, i = 1, 2, \dots, z \quad (6)$$

where  $n_i$  is the number of offspring formed with  $i$ -th operator,  $f_{ij}$  is the fitness value of  $j$ -th offspring, obtained with  $i$ -th operator,  $\text{AvgFit}_i$  is the average fitness of the solutions, obtained with  $i$ -th operator.

Then the probability of applying the operator, whose  $\text{AvgFit}_i$  value is the highest among all the operators of this type, is increased by  $(zK-K)/(zN)$ , and the probabilities of applying other operators are decreased by  $K/(zN)$ , where  $N$  is the number of evolutionary algorithm generations,  $K$  is the constant equal to 0.5.

### Application of the Finite Automaton

In order to eliminate the undesired oscillations in the transitions and fluctuations, the finite automaton  $A$  was developed (Škraba et al., 2011), which considers strategies with one extremum point where the set of automaton states is  $S = \{S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5\}$ , the comparison alphabet is  $A = \{l, e, g\}$ , the initial state is  $i = S_0$  and the set of terminal states is  $T = \{S_0, S_1, S_2, S_3, S_4\}$

The transitions function of  $A_2$ ,  $\delta : S \times A \rightarrow S$ , can be defined by the following figure:

$$J = \min_{u,r,f} (A[\mathbf{r}, \mathbf{f}, \sum_{k=1}^{t_q} (\mathbf{z}(k) - \mathbf{x}(k))^T (\mathbf{z}(k) - \mathbf{x}(k))]) \quad (7)$$

subject to:

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_{min}(k) &\leq \mathbf{u}(k) \leq \mathbf{u}_{max}(k) \\ \mathbf{r}_{min}(k) &\leq \mathbf{r}(k) \leq \mathbf{r}_{max}(k), \\ \mathbf{f}_{min}(k) &\leq \mathbf{f}(k) \leq \mathbf{f}_{max}(k) \end{aligned} \quad (8)$$

where  $A$  represents applied automaton, which is applied at the evolutionary algorithm and alters the value of minimization function when the terminal state is not acceptable by appropriate weight, which eliminates improper strategies. Automaton is also defined by the penalty coefficients  $p_0, p_1, p_2$  and  $p_3$  according to the number of alternating steps that were exercised by a particular strategy.

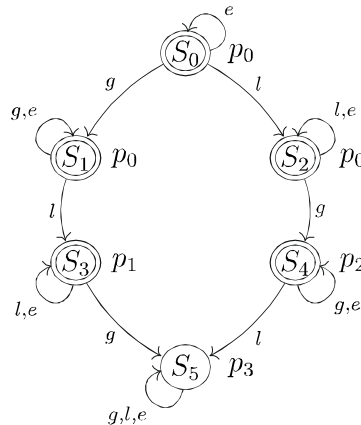


Figure 3 – Scheme of a finite automaton used to track the oscillations

### Constraints handling methods

To track the infeasible solutions which contain oscillations of input parameters, such as  $r(k)$  and  $f(k)$ , the penalty method was developed. The basic idea behind this method is that

the discrete derivative of each  $r$  and  $f$  can be used to see if this function changed its orientation, i.e. the function is non-monotonic.

In the genetic algorithm, after evaluating the error, the feasibility is checked. To calculate the penalty value, we calculated the number of times when the derivative was more or equal to zero, and the number of times when it was less than zero. Also, in each case we calculated the sum of derivative values for positive and negative points separately. Besides, the derivative value for the input to the system  $u$  was normalized to the interval  $[0,1]$ , as its value is much bigger than for the rest of variables.

After this, two conditions were checked. First, if all derivative values are positive or negative, the penalty value for this time series is zero. Second, if there were several positive and several negative values, than the penalty size was set to the smallest module value between two sums of positive and negative derivatives respectively. The penalty calculation can also be described as follows:

$$penalty = \begin{cases} 0 & \text{if } (N_p = T - 1 \text{ or } N_n = T - 1) \\ |S_n| & \text{if } S_p < S_n \\ |S_p| & \text{if } S_n < S_p \end{cases} \quad (9)$$

where  $N_p$  and  $N_n$  are numbers of positive and negative derivative values, and  $S_p$  and  $S_n$  are the sums of positive and negative derivative values respectively. This heuristic penalty values are calculated based on the idea that if most of the time the derivative was higher than zero, than the negative values should be changed to positive ones, so that these time series would become feasible, and vice versa.

In the genetic algorithm we used a modification of dynamic penalties approach, so that the overall penalty value for all the time series was:

$$TotalPenalty = C \cdot \left( \sum_{i=0}^{k-1} penalty_r + \sum_{i=0}^k penalty_f + penalty_u \right) \cdot \sqrt{G} \quad (10)$$

where  $C$  is a penalty weight constant, and  $G$  is the current generation number, so that the penalty size increases at each generation.

We also used a modification of a finite automaton shown at figure 3 as a constraints handling method, and its main idea was that if the system ends up in states  $S_3$ ,  $S_4$  or  $S_5$ , that means that the corresponding coefficient made at least one oscillation, which is not desirable. So, in this case the finite automaton returned some value showing that this time series is not desirable and forming the penalty function. The return value is shown as  $p_i$  value, defined by the equation:

$$penalty = \begin{cases} 0 & \text{if } p_0 \\ c_{i+1} - c_i & \text{if } p_1 \\ c_i - c_{i+1} & \text{if } p_2 \\ |c_{i+1} - c_i| + penalty_{i-1} & \text{if } p_3 \end{cases} \quad (11)$$

where  $c_i$  is the coefficient value for the state  $i$ , and  $penalty_{i-1}$  is the penalty value for the previous state. The return value is zero in states  $S_0$ ,  $S_1$  and  $S_3$ . For states  $S_3$  and  $S_4$  the return value depends on the size of the oscillation tracked, and for the final state  $S_5$  the return

value was the sum of the current and previous penalty during the oscillations of the time series.

### Experimental results

For testing different combinations of approaches discussed before, for the genetic algorithm we used the following parameters:

- Number of individuals: 1000,
- Number of generations: 10000,
- Tournament size: 25,
- Penalty weights: 40, 4000 and 40000.
- The selection, crossover and mutation types were self-configuring.

First, we solved the problem of finding the optimal values of  $r$ ,  $f$  and  $u$  as an unconstrained optimization problem. In this case, we always observed huge oscillations for these parameters, for every run of the algorithm performed. Figure 4 shows the resulting values of  $r$  and  $f$ . The goal function mean square error in this case is 2.540.

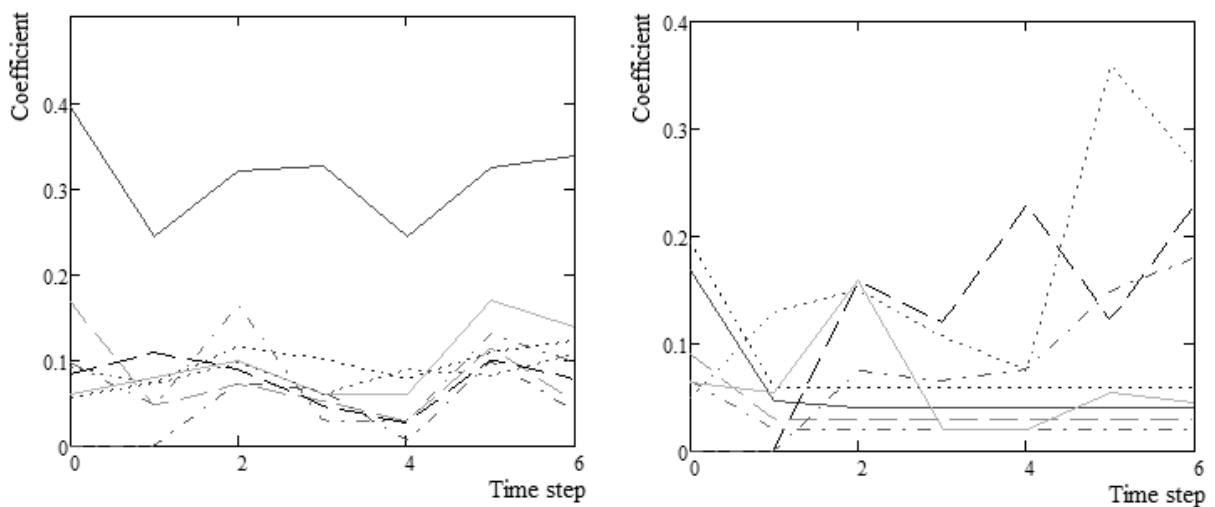


Figure 4 – Oscillations of transition and fluctuation coefficients ( $r$ 's and  $f$ 's) in unconstrained case

The second series of experiments was performed using the finite automata to check the feasibility and calculate the penalty values. The penalty weight was set to 40. In this case we were able to get much less oscillations, although they are still presented. Figure 5 depicts the results. The goal function mean square error in this case is 2.547.

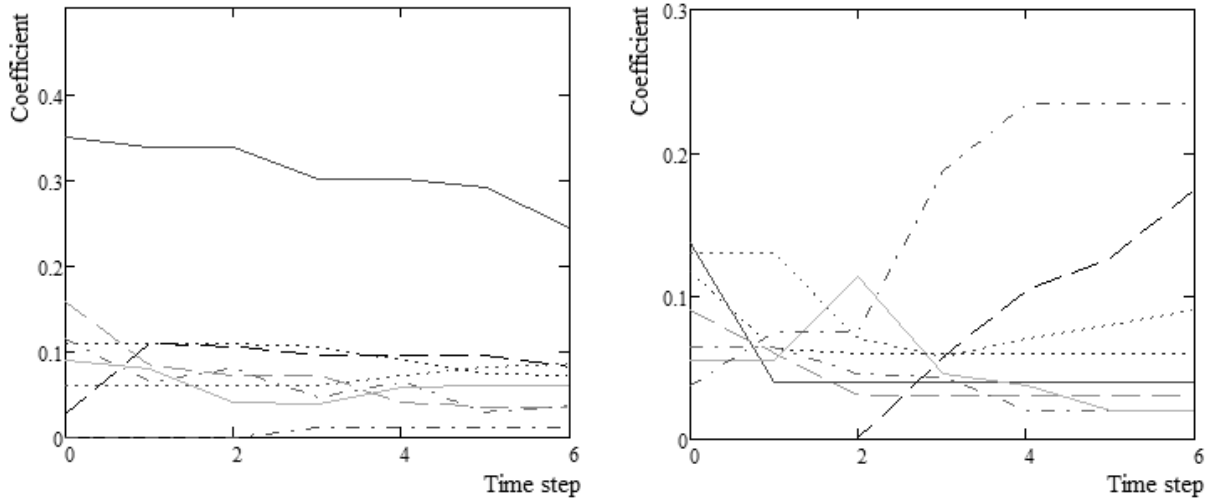


Figure 5 – Oscillations of transition and fluctuation coefficients ( $r$ 's and  $f$ 's) when using finite automaton

After getting the results with the standard finite automaton, we applied our modification with different return values depending on where the calculation stopped. Weight coefficient for this case was set to 40000. Figure 6 depicts the results, and the mean square error for this case is equal to 2.684.

In the following set of experiments we applied the derivative-based penalty assignment approach, and the penalty weight value of 4000. In this case still there are small oscillations, although they are not seen on Figure 7. The goal function mean square error in this case is 2.580.

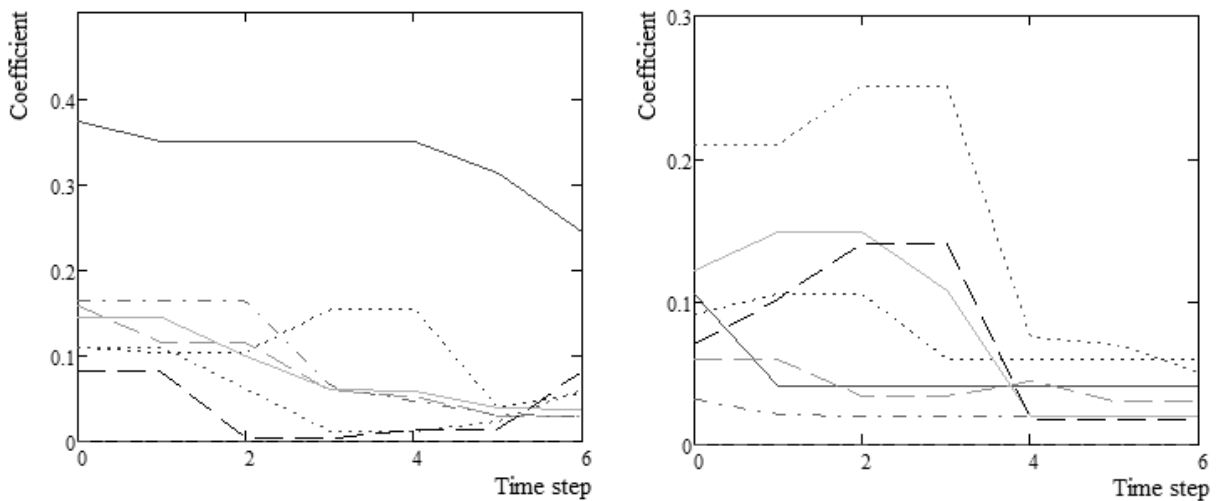


Figure 6 – Oscillations of transition and fluctuation coefficients ( $r$ 's and  $f$ 's) when using modified finite automaton

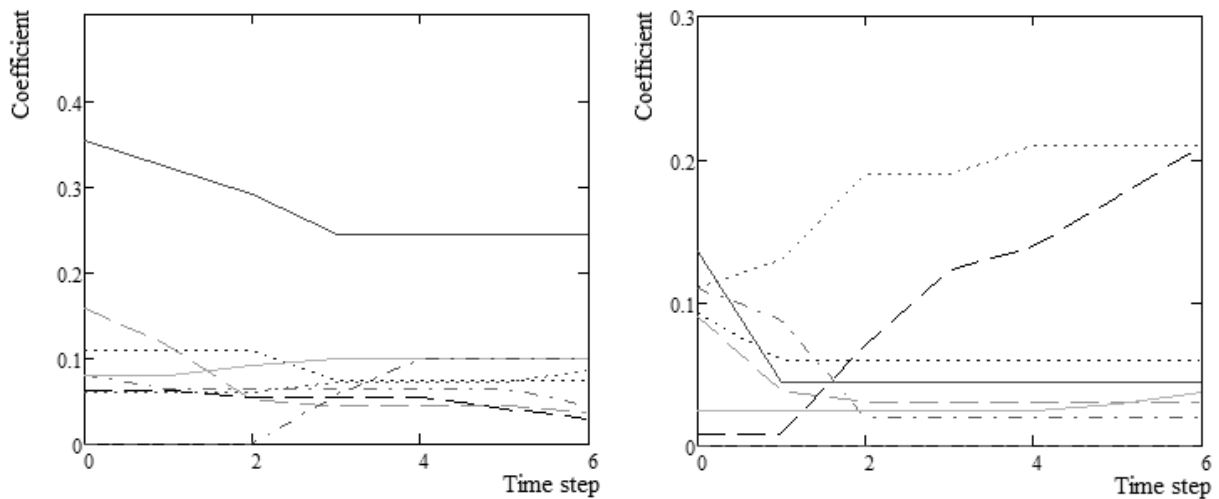


Figure 7 – Oscillations of transition and fluctuation coefficients ( $r$ 's and  $f$ 's) when using derivative-based method

### Conclusion

The experimental results show that we managed to solve the manpower management problem by modeling the process and representing it as an optimization problem. By applying the self-configuring genetic algorithm we were able to solve this complex problem with 64 variables for a real example and receive satisfactory results. The main disadvantage of this result was the oscillations that we observed in the change on transition coefficients. These oscillations are not desirable, as they mean that the system policy must be significantly changed during the system operation that may bring additional costs in real-life applications. By adding constraints handling methods, first finite automaton then its modification and finally the derivative-based method, we were able to receive the non-oscillatory behavior for the transition coefficients without significant reduction in achieving the goal state of the system. The finite automaton gave much better results comparing to unconstrained case, although still there were some oscillations for several transition coefficients. The derivative-based method allowed achieving even better results, so that we received almost no oscillations in the final solution. So, the described methods and approaches may be successfully applied to the human resources management and also to similar supply chain problems. The approach proposed could also be applied as the general improvement of control principle where oscillations might occur although for real-time application the hardware realization would be needed as e.g. FPGA.

### References

1. Škraba A., Kljajić M., Papler P., Kofjač D., Obed M. (2011) Determination of recruitment and transition strategies. *Kybernetes*, Vol. 40, No. 9/10, pp. 1503-1522.
2. Mehlman, A. (1980), "An approach to optimal recruitment and transition strategies for manpower systems using dynamic programming", *Journal of Operational Research Society*, Vol. 31 No. 11, pp. 1009-1015.



3. Pastor, R. and Olivella, J. (2008), "Selecting and adapting weekly work schedules with working time accounts: A case of a retail clothing chain", European Journal of Operational Research, Vol. 184 No. 1, pp. 1-12.
4. Forrester, J.W. (1973), Industrial Dynamics, MIT Press, Cambridge, MA.
5. Kok T., Janssen F., Doremalen J., Wachem E., Clerkx M., Peeters W. (2005) Philips Electronics Synchronizes its Supply Chain to End the Bullwhip Effect. Interfaces. Vol. 35, No. 1, pp. 37–48.
6. Tarantilis C. D. (2008) Editorial: Topics in Real-time Supply Chain Management. Computers & Operations Research 35 (2008) 3393 – 3396.
7. Bres E. S., Burns D., Charnes A., Cooper W. W. (1980) A Goal Programming model for planning officer accessions. Management Science, Vol. 26, No. 8 pp. 773-783.
8. Semenkin E., Semenkina M. Self-configuring Genetic Algorithm with Modified Uniform Crossover Operator // Y. Tan, Y. Shi, and Z. Ji (Eds.): Advances in Swarm Intelligence. – Lecture Notes in Computer Science 7331. – Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012. – P. 414-421.
9. Semenkin, E.S., Semenkina, M.E. The Choice of Spacecrafts' Control Systems Effective Variants with Self-Configuring Genetic Algorithm // Ferrier, J.L. et al (Eds.): Informatics in Control, Automation and Robotics: Proceedings of the 9th International Conference ICINCO'2012. – Vol. 1. – Rome: Italy, 2012. – P. 84-93.
10. Semenkin E., Semenkina M. Stochastic Models and Optimization Algorithms for Decision Support in Spacecraft Control Systems Preliminary Design // Informatics in Control, Automation and Robotics. - Lecture Notes in Electrical Engineering, Volume 283. – Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2014. – P. 51-65.
11. Škraba A., Semenkin E., Semenkina M., Kofjač D., Žnidaršič A., Rozman Č., Maletič M., Akhmedova Sh., Stanovov V. Development of discrete manpower model and determination of optimal control strategies // Proceedings of the XVIII International Scientific Conference "Reshetnev Readings". – 2014. – P. 421-423.

УДК 004

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И УЧЕТА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

*Ярославцев Н.С., Безгачев Д.А.*

*Сибирский Федеральный Университет, Красноярск  
e-mail: [yarik.mik@gmail.com](mailto:yarik.mik@gmail.com), [karamamburu.84@mail.ru](mailto:karamamburu.84@mail.ru)*

### **Введение**

Одним из перспективных направлений создания искусственных систем является компьютерное зрение – технология, которая позволяет получить информацию из изображения. Не существует единого метода для решения задач компьютерного зрения, на практике под каждую задачу разрабатывается свое конкретное решение.

Все больше и больше компьютерное зрение используется в коммерческих системах, примером такой системы является видеонаблюдение.

## **Описание проблемы**

Рассмотрен участок производства предприятия по производству асбестоцементных изделий. После выхода из камеры твердения тележка со смешанной стопой асбестоцементных изделий поступает на устройство для поперечного перемещения стоп, а затем на разборщик укладчик стоп.

Процесс учета продукции на участке разборки полуфабрикатов и процесс передачи складскому хозяйству:

- выход продукции (хризолит цементных листов) из камеры твердения.
- укладка продукции в стопы на деревянные поддоны (150 – 180 шт).
- прием стопы контролером отдела технического контроля.
- перемещение стопы на склад готовой продукции, прикрепление торгового ярлыка, определение сектора складского помещения для хранения.
- одновременно с процессом разборки, проверкой отделом технического контроля и формированием стоп хризолит цементных листов ведется журнал приемки производственного заказа в программном решении Microsoft Dynamics AX (далее Ахарта)

При заказе клиентом продукции, отдел продаж формирует заказ на продажу и пропуск для транспорта клиента (если производится самовывоз). На основании заказа на продажу кладовщик должен отгрузить необходимую продукцию клиенту. Поиск необходимой готовой продукции по складу затрудняется тем, что полностью отсутствует автоматический процесс по учету положения необходимой стопы. Кладовщик знает только сектор склада, куда производилось перемещение произведенных партий, за определенный период. Поиск проводится вручную по наклеенным на стопах товарным ярлыкам. Также поиск затрудняется тем, что при отгрузке возможно внутреннее перемещение стоп внутри сектора (освобождение пути для погрузчика) или между секторами (перенос на другой склад). Такие перемещения автоматически не фиксируются.

## **Постановка задачи**

Разработать решение программно-аппаратного комплекса, выполняющего следующие функции:

- Интеграция с Microsoft Dynamics AX (Ахарта) – получение данных из Ахарта о формировании стопы, присвоение уникального идентификационного номера.
- Отслеживание перемещения стопы от разборщика-укладчика до места хранения.
- Отслеживание перемещения стопы в секторе склада и между секторами.
- Отслеживание местоположения стопы внутри сектора склада.
- Вывод актуальной информации на терминал работника склада с информации о положении необходимой стопы, ее комплектации. Отображение карты склада с положением размещенных стоп.
- Возможность программного поиска расположения необходимой стопы по уникальному идентификатору.
- Возможность редактирования данных.

## **Способы разработки**

Поставленная задача, по сути, представляет собой задачу организации складского учета. Для автоматизации данного процесса рассмотрены существующие решения:

Системы на основе штрихового кода. Не полностью удовлетворяют поставленной задаче т.к. невозможно реализовать автоматическое слежение за перемещением товара по складу, потребуется ручное изменение штрих кода (если в коде зашифровано местоположение), и перезапись информации в базу склада о новом местоположении, соответственно вывод актуальной информации о расположении нужной стопы будет не возможен.

Системы на технологии радиометок (RFID). RFID технологии имеют свои недостатки на конкретном предприятии: при установке RFID ворот считываться будет только факт перемещения из/на склад, без определения места хранения стопы, установка RFID ворот на складские помещения со способом доставки рельсовым краном не актуальна. Большая стоимость радиометок, стационарных и мобильных считывателей.

Видеорегистрация складского помещения. Недостатки видеоконтроля - необходимость написания программного обеспечения, т.к. не существует готовых стандартных решений, способных выполнить все поставленные задачи на конкретном участке производства, дороговизна видеооборудования, но существует возможность задействовать уже существующие на предприятии видеокамеры и сервера видеорегистрации.

Из вышеперечисленных методов автоматизации, полностью реализовать поставленные задачи способна система, основанная на видеонаблюдении.

### **Среда разработки**

Разработку модуля обработки видеопотока возможно реализовать с помощью библиотек компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV. OpenCV содержит необходимые для решения задачи алгоритмы интерпретации изображений, определение сходства, анализ перемещения объекта, определение формы объекта и слежение за объектом.

Программное обеспечение должно захватить объект, попавший в кадр, присвоить ему идентификатор согласно полученным из Ахарта данным о готовности продукта к перемещению на склад, отследить путь до ячейки склада и передать позицию и номер продукта на терминал кладовщика (карта склада).

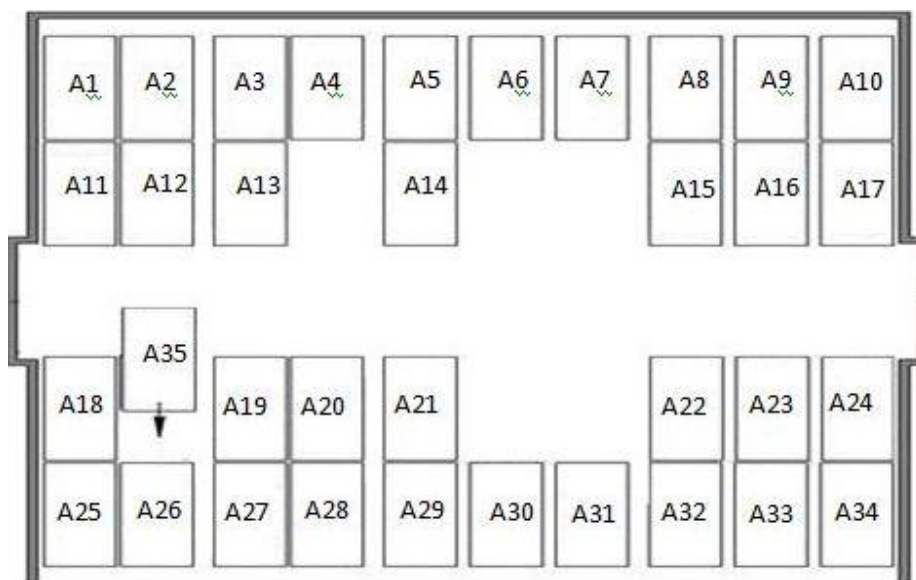


Рисунок 1 – Графическое отображение карты склада

Графическое представление (карта склада - рисунок 1) создается с помощью среды разработки Visual Studio. На терминале отображается актуальная информация о наполненности склада, наличии свободных мест, расположении продукции. Необходимо реализовать возможность редактирования информации о стопе (комплектация, номенклатура) в случае ручной переборки или отгрузки стопы, возможность выгрузки информации в Ахарта, возможность вывода на экран заказа от отдела продаж, для подготовки необходимых стоп к отгрузке.

УДК 004.92

## ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ<sup>15</sup>

*С.А. Коршунов, Н.О. Дородных, А.И. Павлов А.Б. Столбов*  
 Институт динамики систем и теории управления СО РАН, Иркутск  
 e-mail: [grey.for@gmail.com](mailto:grey.for@gmail.com), [tualatin32@mail.ru](mailto:tualatin32@mail.ru) [asd@icc.ru](mailto:asd@icc.ru), [stolboff@icc.ru](mailto:stolboff@icc.ru)

*Рассмотрено программное средство для визуализации результатов агентного моделирования. Разрабатываемое средство позволит визуализировать результаты моделирования, используя описание предметной области и ее объектов, при этом оставаясь независимым от предметной области. Описана архитектура предлагаемого программного средства, аспекты его программной реализации, также описан графический редактор моделей. Рассмотрена апробация на примере из состава мультиагентной системы MADKIT.*

*Ключевые слова: визуализация, машинная графика, агентное моделирование*

<sup>15</sup> Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-07-31298).

## Введение

На сегодняшний день многие системы агентного моделирования (AnyLogic, Repast Symphony, MadKit, MASON, Breve, Framsticks, NetLogo) обеспечивают двухмерную и трехмерную визуализацию своих моделей [1]. При этом визуализация результатов моделирования осуществляется по двум направлениям:

высокая когнитивность модели в сочетании с высокими затратами на ее создание, а также зависимость от предметной области;

либо низкая когнитивность в сочетании с низкими затратами на создание модели.

При выборе первого направления, общая модель визуально максимально приближена к реальности, а отдельные объекты достаточно полно отражают все основные свойства объектов-прототипов. Основная проблема подобного подхода к визуализации состоит в отсутствии каких-либо средств автоматизации создания, как общей сцены имитационной модели, так и отдельных визуальных моделей объектов. Построение визуальной сцены модели происходит «вручную», что существенно увеличивает время на разработку сложных моделей с большим количеством объектов.

Визуализация второго типа кардинально отличается от первого. Визуальное представление модели и объектов зачастую довольно абстрактно и недостаточно отражает специфику какой-либо предметной области. Но явным преимуществом является то, что разработчик лишен необходимости в «ручном» наполнении сцены – это происходит программно.

Таким образом, существует проблема увеличения наглядности отображения результатов имитационного моделирования с целью повышения эффективности принятия управленческих решений с помощью автоматизации процесса создания визуального отображения результатов, что также позволит снизить трудоемкость разработки имитационных моделей. Для решения этой проблемы предлагается разработать программное средство, которое позволит автоматизировать процесс визуализации результатов агентного моделирования. Данное программное средство будет обеспечивать возможность создания визуальных моделей по описанию объектов предметной области, таким образом, обеспечивая возможность учета специфики используемой предметной области.

**Архитектура системы.** Разрабатываемое программное средство позволяет дополнить существующие описания понятий исследуемой области правилами их графического отображения. Для этого объекту исследуемой области назначается определенный графический примитив, либо сложная структура. Разрабатываемое средство состоит из 5 модулей: websocket-сервер, HTTP-сервер, модуль визуализации, графический редактор, библиотека графических элементов (рис.1).

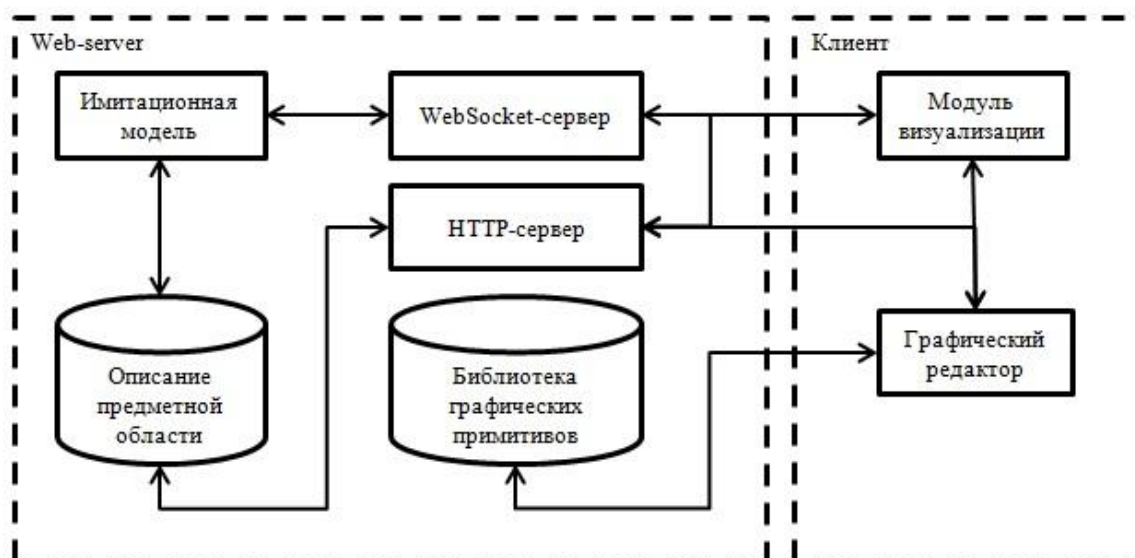


Рисунок 1 – Общая архитектура программного средства

Обмен данными между имитационной моделью и модулем визуализации осуществляется с помощью протокола полнодуплексной связи WebSocket [2]. WebSocket-протокол позволяет серверу и клиенту асинхронно обмениваться данными, что позволяет осуществить реализацию имитационной модели в виде приложения на сервере, а терминалы пользователя использовать в качестве средства отображения результатов, причем отдельные терминалы могут отображать различные аспекты процесса имитационного моделирования. Также, асинхронный обмен данными позволяет повысить производительность процесса визуализации, т.к. клиенту нет необходимости ожидать ответа от сервера.

Таким образом, websocket-сервер является связующим звеном между модулем визуализации и имитационно моделью. WebSocket-клиент служит для отправки данных от клиента на сервер и обратно, тем самым обеспечивая динамический обмен данными между модулем визуализации и имитационно моделью.

Модуль визуализации отвечает за трехмерное отображение имитационной модели, а встроенный графический редактор моделей позволяет конструировать свои собственные графические модели, для наиболее полного соответствия исследуемой предметной области (рис. 2). Ключевые для построения моделей параметры сохраняются в базу данных, тем самым дополняя существующее описание предметной области.

**WebSocket.** WebSocket-клиент реализован на языке Java и представляет собой программный интерфейс обмена данными с websocket-сервером. Для установления соединения клиент формирует особый HTTP-запрос для отправки серверу. После установления соединения, сервер присваивает клиенту уникальный ID, который позволит идентифицировать его в списке клиентов сервера (рис 3). Данный идентификатор также необходим для верификации оставшихся клиентов, в случае отключения одного из них.

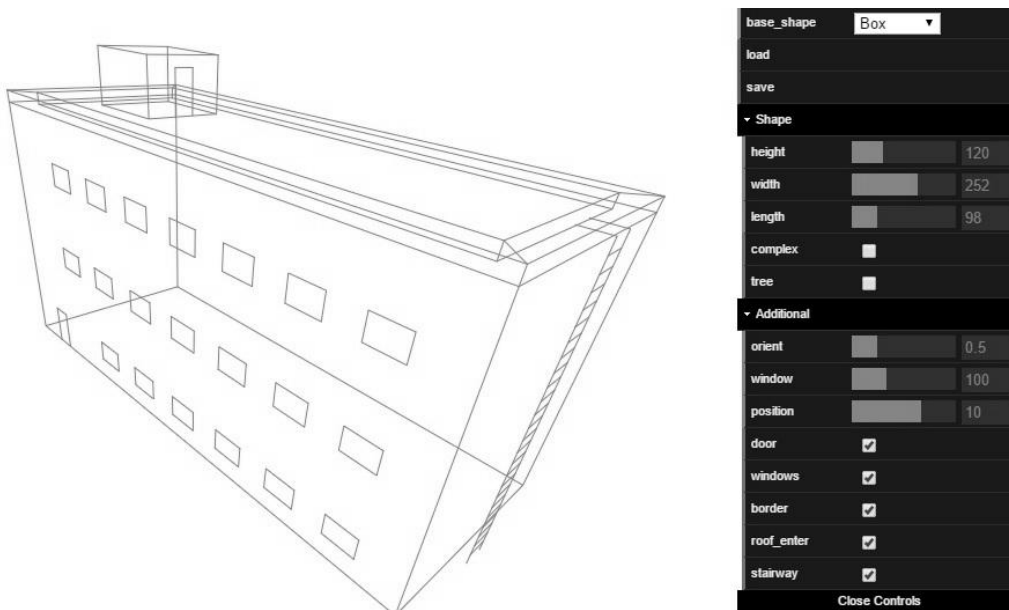


Рисунок 2 – Графический редактор моделей

Клиент может передавать серверу сообщения трех типов (Broadcast, Client-to-Client, Client-to-Server), которые сервер обрабатывает и, в случае адресного обращения, перенаправляет адресату.

WebSocket-сервер, реализованный на языке JavaScript, служит для обмена данными между websocket-клиентом и модулем визуализации.



Рисунок 3 – Диаграмма последовательности работы WebSocket-а

**Модуль визуализации.** Основной модуль программного средства, непосредственно выполняющий визуализацию результатов агентного моделирования. Он представляет собой JavaScript-приложение и основан на технологии WebGL [3] в сочетании с библиотекой ThreeJS [4]. WebGL – программная библиотека, позволяющая создавать на языке JavaScript интерактивную 3D-графику. Модуль принимает и обрабатывает сообщения от WebSocket-сервера, и, следуя полученным указаниям,

добавляет/удаляет со сцены графические модели (примитивы и ), соответствующие объектам предметной области, либо изменяет их внутреннее и внешнее состояние.

Основной элемент модуля – объект scene. Новые объекты добавляются на сцену (рис. 4) при помощи метода scene.add() и удаляются с помощью scene.remove().

```
function new_bee(ID,X,Y,Z,Color)
{
    var bee = scene.getObjectByName(ID);
    if ((bee==undefined)&&(KilledBees.indexOf(ID)==-1))
    {
        var geometry = new THREE.BoxGeometry(4,4,4);
        var material = new THREE.MeshBasicMaterial( { color: Color} );
        var newbee = new THREE.Mesh( geometry, material);
        newbee.position.set( X, Y, Z );
        newbee.name=ID;
        console.log("New: "+newbee.name);
        scene.add(newbee);
    } else if (KilledBees.indexOf(ID)==-1){
        bee.position.set( X, Y, Z );
    }
}
```

Рисунок 4 – Функция добавления графического примитива на сцену

Апробация. Для апробации программного средства была выбрана свободно распространяемая система MADKIT [5], а также агентная модель, входящая в пример в составе MADKIT и моделирующая процесс роев пчел. При этом поведение пчел реализовано с использованием декларативного подхода к описанию поведения агентов [6]. Имитационная модель была реализована в виде web-приложения, что позволило обеспечить двухсторонний обмен данными между сервером и терминалом пользователя.

MADKIT (multi-agent development kit) – модульная и масштабируемая мультиагентная платформа, написанная на Java. Поддерживает реализацию агентов на разных языках: Java, Python, JESS, Scheme, BeanSchell.

Инструментальная среда MADKIT представляет собой библиотеку классов Java, реализующих основные операции, необходимые для организации имитационного моделирования многоагентной системы:

- управление жизненным циклом агента;
- инфраструктура коммуникаций между агентами;
- графический интерфейс по умолчанию для отображения журнала событий агента;
- подсистема для организации распределенных вычислений.

Система генерирует случайное количество хаотично движущихся пчел, малую долю из которых составляют королевы (рис. 5).



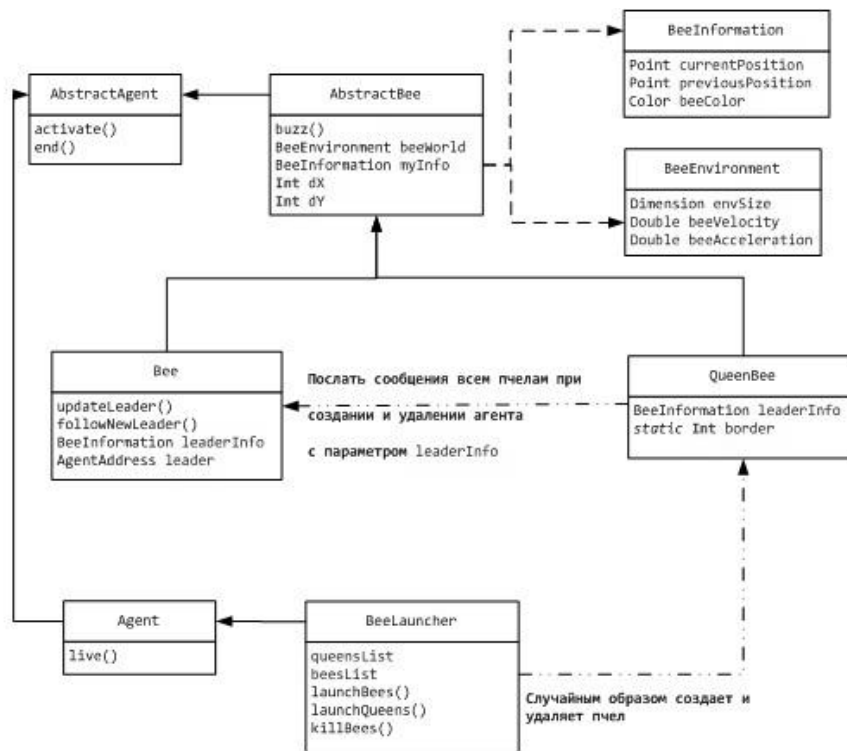


Рисунок 5 – Диаграмма классов имитационной модели

Сами королевы также движутся хаотично, но имеют ограничение, не позволяющее им выйти за пределы моделируемого пространства. При создании агента-королевы, она посылает широковещательное сообщение всем пчелам, сигнализируя о своем появлении. Те из пчел, которые еще не следуют за какой-либо королевой, имеют некоторый шанс последовать за ней.

На каждой итерации модели, система может «убить» случайное количество пчел. Как и при создании, при удалении королева посылает широковещательное сообщение о прекращении следования за ней. Все пчелы, которые следовали за данной королевой, возвращаются к хаотичному движению. Визуально на сцене пчелы представлены графическими примитивами (рис. 6) (кубами). Простота графических моделей позволяет сохранить высокий уровень производительности, даже при большом количестве агентов (до 25 тысяч примитивов).

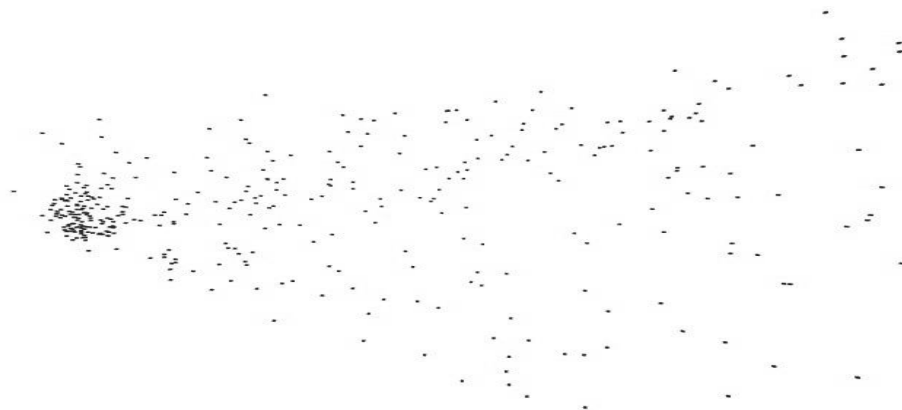


Рисунок 6 - Визуальная модель пчелиного роя

## Заключение

Разрабатываемое программное средство позволит автоматизировать процесс визуализации результатов агентного моделирования, путем дополнения существующего описания предметной области правилами графического отображения объектов. Встроенный графический редактор, позволяющий сопоставить каждому объекту исследуемой области определенную графическую модель, максимально отражающую его основные свойства, обеспечивает независимость программного средства от исследуемой предметной области и модели.

Основные направления развития программного средства на данный момент – проработка структуры базы данных для хранения описания предметной области и развитие графического редактора моделей для более широкого охвата возможных примитивов и структур. Также одной из важнейших задач является развитие методов визуализации не только статичных объектов, но и динамических процессов.

## Список литературы

1. Статья, посвященная мультиагентным системам [Электронный ресурс] URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сравнение\\_средств\\_разработки\\_для\\_создания\\_мультиагентных\\_систем](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сравнение_средств_разработки_для_создания_мультиагентных_систем) (дата обращения: 12.10.2014).
2. Статья, посвященная протоколу WebSocket [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebSocket> (дата обращения: 13.11.2014).
3. Статья, посвященная программной библиотеке WebGL [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebGL> (дата обращения: 13.11.2014).
4. Сайт, посвященный программной библиотеке ThreeJS [Электронный ресурс] URL: <http://threejs.org/> (дата обращения: 13.11.2014).
5. Fabien Michel, Jacques Ferber, Olivier Gutknecht. The Multiagent Development Kit. URL: <http://www.madkit.org/> (дата обращения: 13.11.2014).
6. Столбов А.Б., Павлов А.И. Разработка системы поддержки проектирования имитационных моделей сложных систем на основе декларативного метода описания агентов // Сборник докладов шестой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2013), 2013, Том 1. - С. 267-270.

УДК 519.63

## ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДВУХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

*Е.В. Гохвайс, В.Е. Распопов*

*Сибирский федеральный университет, Красноярск  
e-mail: elenagohvais@mail.ru, lenina112kv34@mail.ru*

*Рассматривается система двух уравнений параболического типа, которая является пространственной модификацией математической модели «хищник – жертва». Потребление моделируется по закону Моно. Неизвестные параметры*

модели предлагается находить численно, решая обратные задачи. Рассмотрены случаи нескольких неизвестных коэффициентов. Реализованы вычислительные алгоритмы.

*Ключевые слова:* Система параболических уравнений, неизвестные коэффициенты, обратные задачи, условия переопределения, разностные схемы, вычислительные эксперименты.

Рассматривается система уравнений

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_1}{\partial t} + \nu(t) \frac{\partial u_1}{\partial x} &= \mu_1 \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + \frac{\gamma_1 u_1 u_2}{K + u_1} + f_1(t) \cdot H_1(t, x), \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} + \nu(t) \frac{\partial u_2}{\partial x} &= \mu_2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} - \frac{\gamma_2 u_1 u_2}{K + u_1} + f_2(t) \cdot H_2(t, x). \end{aligned} \quad (1)$$

Для системы уравнений (1) численно решены обратные задачи по определению одного или нескольких коэффициентов из  $\nu, \mu_1, \mu_2, \gamma_1, \gamma_2, K, f_1, f_2$ . Предполагается, что неизвестные коэффициенты зависят только от  $t$  либо являются константами. Задачи решаются в модельной области  $D = \{(t, x) \mid 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq 1\}$ . Заданы начальные условия

$$u_1(0, x) = u_{10}(x), u_2(0, x) = u_{20}(x), 0 \leq x \leq 1, \quad (2)$$

краевые условия первого рода

$$u_1(t, 0) = \psi_1(t), u_1(t, 1) = \psi_2(t), 0 \leq t \leq 1, \quad (3)$$

$$u_2(t, 0) = \psi_3(t), u_2(t, 1) = \psi_4(t), 0 \leq t \leq 1 \quad (4)$$

и условия переопределения. Условиями переопределения (за исключением случаев, когда неизвестны  $\mu_1, \mu_2$ ) служат значения неизвестных  $u_1$  и  $u_2$  в одной или нескольких фиксированных точках. Условий переопределения ставится столько, сколько неизвестных коэффициентов в системе (1) [1, 2].

Например, пусть неизвестны коэффициенты  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ . Условия переопределения задаем следующим образом:

$$\begin{aligned} u_1(t, \xi) &= \beta_1(t), \\ u_2(t, \xi) &= \beta_2(t), \end{aligned} \quad (5)$$

$t \in [0, 1], \xi \in (0, 1)$  - фиксированная точка. Задача (1)-(5) аппроксимируется явной или неявной схемой. В случае явной схемы, предполагая, что  $\xi$  есть узел сетки, сначала с помощью (5) определяем  $\gamma_1(t)$  и  $\gamma_2(t)$  при  $t = t_n$ , а затем остальные неизвестные на этом временном слое. Если задача (1)-(5) аппроксимирована неявной схемой, то все неизвестные определяются одновременно на каждом слое по времени, однако здесь на каждом слое нужно решать систему линейных алгебраических уравнений с сильно

разреженной матрицей специального вида. Эффективный алгоритм решения таких систем линейных алгебраических уравнений предложен в [1].

Если неизвестными являются коэффициенты при старшей производной, то в качестве условий переопределения задаются потоки на границе

$$\begin{aligned}\mu_1(t) \frac{\partial u_1(t,0)}{\partial x} &= \beta_1(t), \quad 0 \leq t \leq 1, \\ \mu_2(t) \frac{\partial u_2(t,0)}{\partial x} &= \beta_2(t), \quad 0 \leq t \leq 1.\end{aligned}\tag{6}$$

Дифференциальная задача (1)-(4), (6) аппроксимируется неявной разностной схемой. Разностная задача решается итерационным методом [3].

Проведенные вычислительные эксперименты показали, что с уменьшением шагов сетки абсолютная и относительная погрешности убывают. Это позволяет сделать предположение о сходимости численных решений рассмотренных обратных задач к точным.

### Список литературы

1. Распопов В.Е., Мандрык Ю.В. Численная идентификация коэффициентов одномерного параболического уравнения // Вестник КрасГУ. Серия физ.-мат. наук, 2006, № 1. С. 133-137.
2. Белов Ю.Я., Распопов В.Е., Сорокин Р.В. Численная идентификация коэффициентов одномерных параболических уравнений // Труды международной конференции «Математические модели и методы их исследования». Т.1. – Красноярск: ИВМ СО РАН, 2001, С. 95-97.
3. Распопов В.Е. Идентификация коэффициентов системы двух уравнений типа «хищник-жертва». // Труды международной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании». II Том. – Павлодар. 2006. С.148-150.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Агафонов Е.Д., Миронов А.Г.</i> ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB/SIMSCAPE .....	4
<i>Адмаев О.В., Казаков А.В., Садомов Е.Н., Смольников Е.О., Ткаченко А.М.</i> ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРИГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПРИГОРОДНЫМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....	11
<i>Амбросенко Н. Д.</i> СОЗДАНИЕ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ УНИВЕРСИТЕТА.....	12
<i>Баженова И.В.</i> К ВОПРОСУ ОТБОРА СОДЕРЖАНИЯ КУРСА «ИНФОРМАТИКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ НА ОСНОВЕ ПРОЕКТИВНО-РЕКУРСИВНОЙ СТРАТЕГИИ.....	18
<i>Безгачев Д.А., Ярославцев Н.С.</i> СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ И УЧЕТА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ ОТГРУЖАЕМОЙ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ООО «КРАСНОЯРСКИЙ ЦЕМЕНТ» .....	23
<i>Белуосов А.В., Гребеник А.Г., Кошлич Ю.А.</i> WEB-ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	26
<i>Белошанкин В.В., Груздев Д.А., Кучер О.Н.</i> ЭЛЕКТРОННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА УНИВЕРСИТЕТА НА БАЗЕ СЕТИ СЕРВЕРОВ MOODLE.....	30
<i>Борде Б.И.</i> МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ .....	39
<i>Борде Б.И.</i> ПРОГРАММНО МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ .....	44
<i>Веселова Ю. А.</i> ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЛОЖНОСТЬ МАНИПУЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ГОЛОСОВАНИЯ .....	51
<i>Волков Д.В., Бурлаков А.В., Епихин А.М.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ОБЛАЧНЫЙ СЕРВИС МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ .....	61
<i>Гарин Е.Н., Панько С.П., Тяпкин В.Н., Шайдуров Г.Я.</i> РАЗРАБОТКИ ВОЕННО-ИНЖЕНЕРНОГО ИНСТИТУТА В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	68
<i>Гаркуша В.В. , Гилев В.М. , Мишнев А.С., Шпак С.И. , Яковлев В.В.</i> ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА .....	70

<i>Голушко С.К. , Пищик Б.Н. , Чейдо Г.П., Шакиров С.Р.</i> РАЗРАБОТКА АСУ ТП ДЛЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПОНЕНТАХ.....	76
<i>Голушко С.К. , Пищик Б.Н.</i> ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ АСУ ТП .	85
<i>Гринченко С.Н. , Шапова Ю.Л.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АРХЕОЛОГИЯ .....	91
<i>Гронь Д.Н., Любанова А.Ш., Ченцов С.В.</i> СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ РАФИНИРОВАНИЯ МЕДИ .....	101
<i>Гудов А.М., Завозкин С.Ю., Григорьева И.В., Бондарева Л.В., Окулов Н.Н.</i> НАУКОЕМКИЙ ПРОГРАММНЫЙ WEB-ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭКОЛОГИИ УГОЛЬНОГО РЕГИОНА .....	109
<i>Гуров А.В.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ МОДИФИЦИРОВАННЫМ МЕТОДОМ .....	120
<i>Доморацкий Е.П., Байбикова Т.Н.</i> СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСКРЕТНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ .....	125
<i>Дородных Н.О., Юрин А.Ю., Коршунов С.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКЦИОННЫХ БАЗ ЗНАНИЙ .....	129
<i>Доррер Г.А., Шаталов П.С.</i> ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРИРОДНЫМИ ПОЖАРАМИ .....	139
<i>Доррер Г.А., Яровой С.В., Буслов И.А.</i> СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ «ТАЙГА-3» .....	150
<i>Дьячук П.П., Грицков М.К., Кудрявцев В.С.</i> СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ .....	156
<i>Дьячук П.П., Масленников И.А., Якунов Р.Р.</i> САМООРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	170
<i>Журавлев В.Ю.</i> ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО .....	177
<i>Зыбарев Ю.М.</i> РАЗВИТИЕ ПРОГРАММНОЙ ИНДУСТРИИ И ШЕСТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УКЛАД.....	183
<i>Капустина С. В., Капустина А.В., Кирякова О.В., Лапина Л.А.</i> ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ МНОГОПРОФИЛЬНОГО МЕДИЦИНСКОГО ЦЕНТРА .....	186
<i>Кирякова О.В., Лапина Л.А., Капустина С.В.</i> О ПОДХОДАХ К ПОСТРОЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	192
<i>Клунникова М.М., Распопов В.Е.</i> ЧИСЛЕННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ СИСТЕМ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ .....	200

<i>Колтунов Л.И., Глаголев С.Н., Белоусов А.В., Потапенко А.Н.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ И ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА.....	202
<i>Корнеева Я. В., Лесникова С. Л., Русакова Н. А., Шикер К. В.</i> АНАЛИЗ ПРОЦЕССА АДАПТАЦИИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ .....	212
<i>Кучкин И.А. , Сухотин В.В., Панько С.П., Адмаев О.В., Ильинский И.В. , Садомов Е.Н. , Смольников Е.О.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ ДЛЯ ИСКЛЮЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО НАБЕГА ФАЗЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ .....	216
<i>Лапина Л.А., Кирякова О.В., Капустина С.В.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ CASE-СРЕДСТВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	223
<i>Лепп Н. Э.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ.....	232
<i>Логинов Д.А., Дьячук П.П.</i> ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВЕРБАЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ «ДИКТАНТ» .....	236
<i>Лосева Е.Д.</i> РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИЙ, ПОЛА И ВОЗРАСТА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ».....	239
<i>Лушина И.Л.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАКРОМОДЕЛИ ПРИ РАСЧЕТЕ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ОТКАЗОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ .....	249
<i>Ляпин А.П., Кытманов А.А.</i> АЛГОРИТМ ОТЫСКАНИЯ ПРОИЗВОДЯЩЕЙ ФУНКЦИИ РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНОГО РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ .....	258
<i>Магденко Р.П., Цыганок Д.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА ДВИЖУЩИХСЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	260
<i>Маркина Л. Н., Морозов Р. В.</i> УЧЕТ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КАК ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ .....	264
<i>Медведев М.С.</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ.....	269
<i>Минькович Т.В.</i> ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ВУЗОВСКИЙ КУРС «ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ НАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА» .....	277
<i>Музафарова Л.Б.</i> ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТЕЖНЫХ СИСТЕМ В РОССИИ .....	285
<i>Нартюв Б.К.</i> К ЗАДАЧАМ УПРАВЛЕНИЯ ПОИСКОМ СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	288

<i>Олейников Б.В., Каменский А.С.</i> ПОСТРОЕНИЕ 3D РЕЛЬЕФА НА ОСНОВЕ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ .....	293
<i>Олейников Б.В., Шалабай А.И.</i> ОБ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ АСПЕКТАХ СТАНОВЛЕНИЯ БИБЛИОТЕЧНОЙ GRID-СИСТЕМЫ .....	299
<i>Павлов А.И., Столбов А.Б.</i> АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕАКТИВНЫХ АГЕНТОВ ДЛЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ .....	305
<i>Пен Т.В.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕСОМ .....	312
<i>Replow E.</i> THE DEVELOPMENT OF NATIONAL RESEARCH AND EDUCATIONAL NETWORKS IN THE REPUBLICS OF THE FORMER SOVIET UNION WITH THE SUPPORT OF NATO GRANT .....	317
<i>Распопов В. Е.</i> ПОДХОД К КОМПЬЮТЕРНОМУ ОБУЧЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ СТУДЕНТОВ БАКАЛАВРИАТА НА ОСНОВЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ.....	323
<i>Рейн Т.С., Васильев Е.Е.</i> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОБЛАКА ПЫЛИ СО ЗДАНИЯМИ И СООРУЖЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ.....	327
<i>Rozman Č, Kljajić M, Škraba A</i> SYSTEM DYNAMICS MODEL FOR CONVERSION TO ORGANIC FARMING .....	336
<i>Русакова Н. А., Медведев Ф. И.</i> ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА ГУБЕРНАТОРСКОГО МНОГОПРОФИЛЬНОГО ЛИЦЕЯ-ИНТЕРНАТА.....	345
<i>Сафронов А. В.</i> ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОБЛОКА ТЭС.....	349
<i>Соколова О.Д., Кратов С.В.</i> ФОНД АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ СО РАН – СРЕДСТВО ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК.....	355
<i>Соснов Н. Ю., Душеева А.Р.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ.....	361
<i>Хунов Т. Х., Медведев Д. В.</i> ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ..	367
<i>Чучукалова Р.А.</i> БЛАГОТВОРИТЕЛЬНАЯ РЕСУРСНАЯ ПОДДЕРЖКА ВУЗОВСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ( ОПЫТ-МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ПРИВЛЕЧЕНИЯ РЕСУРСНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ) .....	374
<i>Шкраба А., Кофьяч Д., Жнидаршич А., Малетич М., Розман Ч., Семенкин Е., Семенкина М. , Становов В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ САМОКОНФИГУРИРУЕМОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ .....	380



<b>Ярославцев Н.С., Безгачев Д.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И УЧЕТА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА.....	389
<b>Кориунов С.А., Дородных Н.О., Павлов А.И., Столбов А.Б.</b> ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	392
<b>Гохвайс Е.В., Распопов В.Е.</b> ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДВУХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ .....	398

Научное издание

Подготовлено к публикации ИЦ БИК СФУ  
Компьютерная верстка: М.М. Клунникова

Подписано в печать 19.11.2014. Печать плоская. Формат 60x84/8.  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 49,6. Тираж 100 экз. Заказ 3218

Издательский центр Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
Тел/факс (391) 206-21-49, E-mail: [rio.bik@mail.ru](mailto:rio.bik@mail.ru) <http://rio.sfu-kras.ru>  
Адрес редакции:  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, ИМФИ СФУ

Отпечатано Полиграфическим центром Библиотечно-издательского комплекса  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а  
Тел/факс (391) 206-26-49