

№ 2 (88) март-апрель 2015

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

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

Редакционный совет

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

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

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

Архипов О.П. (Орел, Россия)
Аверченков В.И. (Брянск, Россия)
Еременко В.Т. (Орел, Россия)
Иванников А.Д. (Москва, Россия)
Коськин А.В. (Орел, Россия)
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)
Поляков А.А. (Москва, Россия)
Савина О.А. (Орел, Россия)
Раков В.И. (Орел, Россия)

Сдано в набор 15.02.2015 г.

Подписано в печать 26.02.2015 г.

Формат 60x88 1/8.

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.

Заказ № 43/15П1

Отпечатано с готового оригинал-макета
на полиграфической базе
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК»
302030, г. Орел, ул. Московская, 65

Подписной индекс 15998

по объединенному каталогу

«Пресса России»

Материалы статей печатаются в авторской редакции.

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

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

Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное моделирование.....5-20
2. Информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах21-56
3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.....57-80
4. Математическое и программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем.....81-88
5. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети.....89-123
6. Информационная безопасность и защита информации.....124-142

Редакция

О.И. Константинова
А.А. Митин

Адрес учредителя журнала

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862) 42-00-24; www.gu-unpk.ru;
E-mail: unpk@ostu.ru

Адрес редакции

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40
(4862) 43-40-39; www.gu-unpk.ru;
E-mail: isit@ostu.ru

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере
связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.
Св-во о регистрации средства массовой
информации ПИ № ФС77-47350 от 03.11.2011 г.

№ 2 (88) March-April 2015

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

Editorial council

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

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

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

Arhipov O.P. (Orel, Russia)
Averchenkov V.I. (Bryansk, Russia)
Eremenko V.T. (Orel, Russia)
Ivannikov A.D. (Moscow, Russia)
Koskin A.V. (Orel, Russia)
Podmasteriev K.V. (Orel, Russia)
Polyakov A.A. (Moscow, Russia)
Savina O.A. (Orel, Russia)
Rakov V.I. (Orel, Russia)

In this number

1. Mathematical and computer simulation....5-20
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems.....21-56
3. Automation and control of technological processes and manufactures.....57-80
4. Software of the computer facilities and the automated systems.....81-88
5. Telecommunication systems and computer networks.....89-123
6. Information and data security.....124-142

The editors

Konstantinova O.I.
Mitin A.A.

*It is sent to the printer's on 15.02.2015,
26.02.2015 is put to bed
Format 60x88 1/8.*

*Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies
The order № 43/15П1*

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

The address of the founder of journal

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

The address of the editorial office

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

*Index on the catalogue
«Pressa Rossii» 15998*

*Journal is registered in Federal Service for
Supervision in the Sphere of Telecom, Information
Technologies and Mass Communications.*

*The certificate of registration
ПИ № ФС77-47350 from 03.11.2011.*

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

© State University – ESPC, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Д.С. ГЕРАСИМЕНКО

Обобщенная программная реализация численного решения уравнений Фредгольма первого рода типа свертки.....5-11

А.Ю. КРУЧИНИН

Управление процессом структурного распознавания образов в реальном времени на основе группы грамматик со связями.....12-20

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Т.К. ЖАБОЕВ, А.Е. ДОЛГАНОВ

Управление процессами жизненного цикла расчетного кода на основе технологий коллективной разработки программного обеспечения.....21-30

В.В. ЛИНЬКОВ

Основные аспекты повышения эффективности хранения цифровых изображений в автоматизированных информационных системах Госавтоинспекции.....31-34

П.В. ЛУКЬЯНОВ, А.И. ФРОЛОВ

Методы и алгоритмы нахождения характеристик выходных наборов данных системы административного мониторинга.....35-40

Б.А. ТОРОПОВ, Д.В. МОРОЗ

Средства и методы мониторинга социальных сетей в связи с массовыми общественными мероприятиями.....41-47

В.В. ШИДЛОВСКИЙ, В.Н. ПОНОМАРЁВ, С.В. СУМАРОКОВ, А.С. СОЛДАТОВ, А.А. КЕЧКОВ, К.Е. ГАВРОВ

Информационная модель как основа системы поддержки принятия решений.....48-56

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

О.А. ИВАЩУК, О.Д. ИВАЩУК, В.И. ФЁДОРОВ, Д.А. КВАНИН

Ситуационное моделирование в автоматизированных системах мониторинга и управления экологической безопасностью.....57-64

Н.И. КОРСУНОВ, Д.В. ЕГОРОВ

Математическая модель определения пространственных координат.....65-72

В.А. КРИВОНОСОВ, В.А. БАБЕНКОВ

Система управления технологическими параметрами процесса производства экстракционной фосфорной кислоты.....73-80

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Е.Г. ЖИЛЯКОВ, А.А. ЧЕРНОМОРЕЦ, Е.В. БОЛГОВА, В.Ф. ПАВЛОВ

Об объеме внедряемых в изображения данных.....81-88

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

В.А. БОРХАЛЕНКО

Открытый протокол электронных платежей.....89-94

Д.Н. ДЕМЕНТЬЕВ, В.Г. ГРИШАКОВ, И.В. ЛОГИНОВ

Алгоритм выбора перспективных направлений модернизации системы управления телекоммуникационной сетью.....95-105

А.Н. ЗБИНЯКОВ, В.В. ВЛАСОВ

Разработка научно-технического решения по контролю ошибок сетей Ethernet.....106-110

И.С. КОНСТАНТИНОВ, Ю.Г. ЧАШИН, И.А. ДЕНИСОВ, В.В. ЛУКИН, Б.Ю. ШУЛЯК

Пути повышения производительности высокопроизводительного вычислительного кластера на основе программно-конфигурируемой сети.....111-116

А.В. КОСЬКИН, В.Н. ВОЛКОВ, А.В. ДЕМИДОВ, С.А. ЛАЗАРЕВ, А.А. СТЫЧУК, Р.В. ШАТЕЕВ

Выбор аппаратных и программных средств для управления доступом при разработке технологии построения закрытых виртуальных сред организации распределенных информационно-вычислительных ресурсов.....117-123

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

Н.Г. БОГДАНОВ, П.В. БОЧКОВ, Н.Д. НЕЧАЕНКО

Администрирование безопасности корпоративных информационных систем на основе ролевого управления доступом.....124-130

В.Т. ЕРЁМЕНКО, В.М. ПАРАМОХИН

Метод формирования тестовых комплектов для протоколов безопасности в системах обработки данных.....131-137

В.И. МИЩЕНКО, А.К. ШИЛОВ

Управление рисками информационной безопасности в автоматизированных системах управления.....138-142

CONTENT

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

GERASIMENKO D.S.

Generalized software implementation of the numerical solution of Fredholm equations of the first kind of convolution type.....5-11

KRUChININ A.Yu.

Managing the process of structural pattern recognition in real time based on a group of grammars with links 12-20

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

ZhABOEV T.K., DOLGANOV A.E.

Management of processes lifecycle of the calculation code, based on the technology of collaborative software development.....21-30

LIN'KOV V.V.

Dasic aspects storage efficiency of digital images in an automated information system traffic police.....31-34

LUK'YaNOV P.V., FROLOV A.I.

Methods and algorithms for finding the characteristics of the output data sets of administrative monitoring.....35-40

TOROPOV B.A., MOROZ D.V.

Means and methods for social networks monitoring in connection with the mass public events.....41-47

ShIDLOVSKIY V.V., PONOMARYOV V.N., SUMAROKOV S.V., SOLDATOV A.S., KEChKOV A.A., GAVROV K.E.

Information model as a basis of decision-support systems.....48-56

AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

IVASHhUK O.A., IVASHhUK O.D., FYoDOROV V.I., KVANIN D.A.

Situational modeling in automated monitoring and management system environmental safety.....57-64

KORSUNOV N.I., EGOROV D.V.

The mathematical model for determining the spatial coordinates.....65-72

KRIVONOSOV V.A., BABENKOV V.A.

The control system of technological parameters of production process of phosphoric acid.....73-80

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

ZhILYaKOV E.G., ChERNOMOREC A.A., BOLGOVA E.V., PAVLOV V.F.

About the volume of data embedded into images.....81-88

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

BORXALENKO V.A.

Open electronic payment protocol.....89-94

DEMENT'EV D.N., GRISHAKOV V.G., LOGINOV I.V.

The algorithm of prospective direction selection for telecommunication network management system modernization....95-105

ZBINYaKOV A.N., VLASOV V.V.

Development of the scientific and the technical solutions on error control Ethernet networks.....106-110

KONSTANTINOV I.S., ChASHIN Yu.G., DENISOV I.A., LUKIN V.V., ShULYaK B.Yu.

Ways of increase productivity of the high-performance computing cluster on the basis of the program configured network.....111-116

KOS'KIN A.V., VOLKOV V.N., DEMIDOV A.V., LAZAREV S.A., STY'CHUK A.A., ShATEEV R.V.

Choice of hardware and software for management of access when developing technology of creation of the closed virtual environments of the organization of the distributed information resources.....117-123

INFORMATION AND DATA SECURITY

BOGDANOV N.G., BOChKOV P.V., NEChAENKO N.D.

Security administration corporate information systems based on role of access.....124-130

ERYoMENKO V.T., PARAMOXIN V.M.

Methods and techniques of formation of test kits for security protocols.....131-137

MISHhENKO V.I., ShILOV A.K.

Risk management information security in automated systems management.....138-142

УДК 004

Д.С. ГЕРАСИМЕНКО

**ОБОБЩЕННАЯ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА
ПЕРВОГО РОДА ТИПА СВЕРТКИ**

Статья посвящена задаче программной реализации численного решения интегральных уравнений Фредгольма первого рода. Эта задача используется для реализации методов неразрушающего контроля, применение которого существенно облегчает мониторинг состояния технических объектов. Также в статье уделено внимание выбору методов, позволяющих производить вычисления с минимумом затрат ресурсов вычислительной техники. Также рассматривается тестовая программа, вычисляющая численное решение интегрального уравнения Фредгольма первого рода типа свертки, которая в дальнейшем может быть модернизирована для решения конкретной прикладной задачи.

Ключевые слова: численный метод; уравнение Фредгольма первого рода; уравнение типа свертки; программа; математическое моделирование; неразрушающий контроль.

ВВЕДЕНИЕ

В приложениях [1-4] часто встречается интегральное уравнение Фредгольма первого рода

$$Az = \int_{-\infty}^{+\infty} K(x-s)z(s)ds = u(x), \quad -\infty < x < +\infty, \quad (1)$$

где $K(x-s)$ – математическое ядро (на практике это аппаратная функция, характеристика направленности и т.д.); $u(x)$ – правая часть (сканирующая функция, индикаторный процесс) – известные функции; $z(s)$ – искомая функция; x и s – линейные или угловые координаты (время, частота, температура, энергия и т.д.), причем x – наружная переменная, а s – внутренняя переменная.

Уравнение (1) используется в рентгеновской томографии, позволяющей получить полную трехмерную карту образца для неразрушающих 3D-измерений [5]. Рентгеновская томография имеет множество дополнительных применений помимо неразрушающего контроля качества, например, для оптимизации и снижения затрат времени на разработку и запуск процесса выборочного контроля, сравнения компонентов с их моделью, а также для обратного проектирования.

При вычислительном решении одномерных интегральных уравнений Фредгольма первого рода могут возникнуть проблемы, связанные с низкой производительностью и, как следствие, чрезмерными временными затратами [4]. Решением этой проблемы может послужить использование уравнений типа свертки. Для них возможно построить численные методы, позволяющие решать одномерные уравнения типа свертки на сетках с большим количеством точек [4]. При этом учитывается специфический вид уравнений типа свертки и применяется быстрое преобразование Фурье (БПФ). Для некоторых других типов уравнений Фредгольма рода с ядрами специального вида эффективно применяются другие интегральные преобразования [2, 6, 7]. Разработка численных методов специально для уравнений Фредгольма рода типа свертки началась в работах [8, 9, 3]. На основе программы, приведенной в [4], была написана программа, позволяющая работать с данными с использованием оконного интерфейса.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ

Предлагаемая программа реализует алгоритм решения интегрального уравнения типа свертки с использованием метода регуляризации, основанного на определении экстремали функционала $M^\alpha[z] = \|A_n z - u_\delta\|_{L_2}^2 + \alpha \|z\|_{W_2^1}^2$ и выборе параметра регуляризации (ПР). Блок-схема данного алгоритма представлена на рисунке 1.

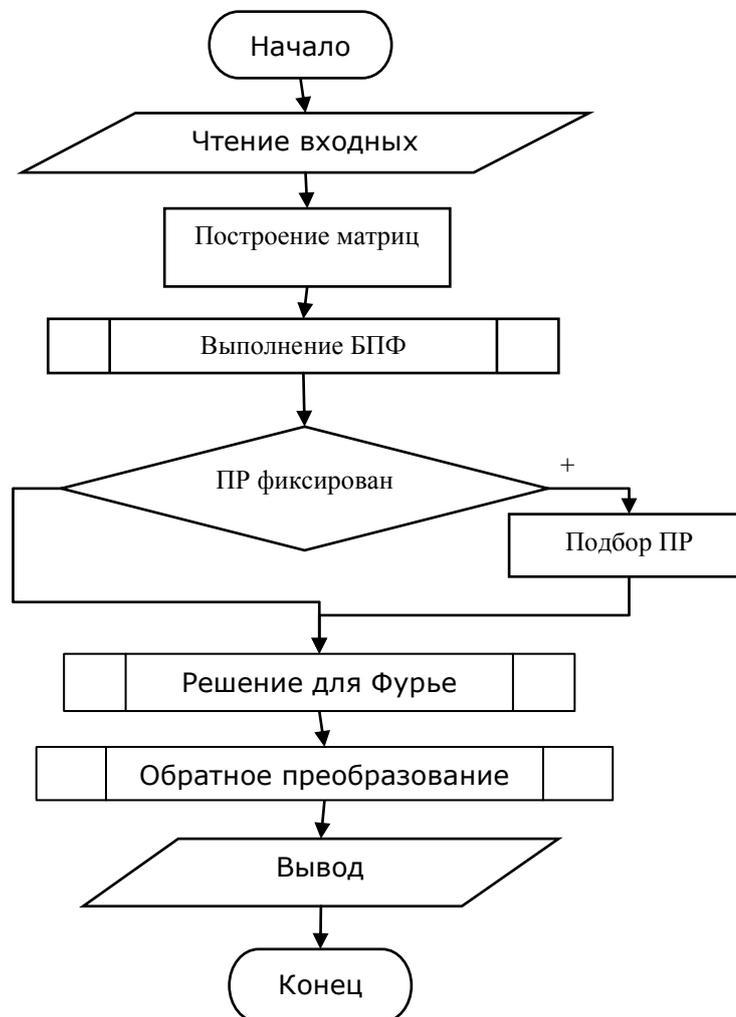


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма решения интегрального уравнения

Для уравнения

$$\int_{-\infty}^{+\infty} K(x-s)z(s)ds = u(x) \quad (2)$$

известно, что локальный носитель ядра $K(t)$ сосредоточен на отрезке $[L_1, L_2]$. Если точное решение $z(s)$ уравнения (2) имеет локальный носитель на отрезке $[a, b]$, то точная правая часть $\bar{u}(x)$ сосредоточена на отрезке $[c, d]$, где $c = a + L_1$, $d = b + L_2$. Полагается, что приближенная правая часть известна на отрезке $[c, d]$. Учитывая ограничения, уравнение (2) можно записать в виде:

$$\int_a^b K(x-s)z(s)ds = u(x), \quad x \in [c, d].$$

В силу предположений о расположении локального носителя решения $z(s)$ последнее уравнение можно переписать в виде

$$\int_{L_1}^{L_2} K(t) z(t) dt = u \quad (3)$$

поскольку $\left[\begin{array}{c} L_1 \\ c \\ 2 \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} L_2 \\ d \\ 2 \end{array} \right]$

Остается отметить, что в силу соотношений между локальными носителями решения $\bar{u}(x)$ и ядра $K(t)$ ядро $K(t)$ можно считать периодически продолженным с его локального носителя $[L_1, L_2]$ с периодом $d - c = T$. Поскольку ядро $K(t)$ можно считать периодическим с периодом T , то для решения задачи может быть применена методика, основанная на использовании быстрого преобразования Фурье [10]. Алгоритм решения задачи (3) с периодическим ядром, а, значит, и задачи (2) с финитным ядром, дает решение $z(x)$ на

отрезке $\left[\begin{array}{c} L_1 \\ c \\ 2 \end{array} \right] \left[\begin{array}{c} L_2 \\ d \\ 2 \end{array} \right]$, содержащем локальный носитель точного решения $\bar{z}(x)$

задачи (2). Алгоритм решения задачи (3) с периодическим ядром $K(t)$, с периодом $T = d - c$ был программно реализован ранее в [4]. При этом для решения уравнения невязки $\rho(\alpha) = \|A_h z^\alpha - u_\delta\|^2 - (\delta + h \|z^\alpha\|)^2 = 0$ применяется метод Ньютона. Необходимая для реализации этого метода производная функции $\rho(\alpha)$ легко вычисляется по формуле:

$$\begin{aligned} \gamma'_\eta(\alpha) &= -\left((A_h A_h + \alpha E)^{-1} z_\eta^\alpha, z_\eta^\alpha \right), \quad \beta'_n(\alpha) = -\alpha \gamma'_\eta(\alpha) \\ (p_\eta^k(\alpha))' - \gamma'_\eta \left(\alpha + \frac{h\delta}{\sqrt{\gamma_\eta(\alpha)}} + h^2 \right), \quad \Phi''_\eta(\alpha) &= \gamma'_\eta(\alpha) \end{aligned} \quad (4)$$

Как в случае с $h=0$, функция $\sigma(\mu)=\rho(1/\mu)$ является монотонно убывающей и выпуклой, что гарантирует сходимость метода Ньютона (если на начальном приближении μ_0 значение $\sigma(\mu)=\rho(1/\mu)$ положительно). Предлагаемая программа реализует применение метода Ньютона фактически для решения уравнения $\sigma(\mu) = \rho(1/\mu) = 0$. При этом $\sigma(\mu)=\rho(1/\mu)/\mu^2$.

В случае решения задачи (4) с приближенно заданным оператором ($h \neq 0$) выпуклость функции $\sigma(\mu)$ может нарушаться и сходимость метода Ньютона гарантировать нельзя. Поэтому, если в процессе реализации метода Ньютона появляются такие значения параметра регуляризации $\alpha=1/\mu$, что $\rho(\alpha) < 0$ (что может произойти, если нарушена выпуклость $\alpha(\mu)$), то происходит переход на модификацию метода хорд:

$$\begin{aligned} \mu_n &= \mu_0 - \frac{\mu_n - \mu_1}{\sigma(\mu_0) - \sigma(\mu_1)} \sigma(\mu_0), \quad \alpha_n = \frac{1}{\mu_n} \\ \text{если } \sigma(\mu_0)\sigma(\mu_n) < 0, \text{ то } \mu_1 &= \mu_n; \\ \text{если } \sigma(\mu_1)\sigma(\mu_n) < 0, \text{ то } \mu_0 &= \mu_n. \end{aligned} \quad (5)$$

ВВОД ПРОГРАММЫ

Ввод функции $K(x,s)$ ядра и функции $\bar{z}(x)$ точного решения осуществляется при помощи строки символов, впоследствии интерпретируемой строковым компилятором как выражение (последовательность данных и операторов). Поддерживаются следующие операторы:

- 1) арифметические бинарные операторы +, -, *, /;

- 2) унарный минус -у;
- 3) возведение в степень x^u ;
- 4) круглые (операторные) скобки ();
- 5) элементарные функции $\sin(y)$, $\cos(y)$, $\exp(y)$, $\ln(y)$.

Для того, чтобы функция ядра была обработана программой, необходимо, чтобы она была определена как выражение с переменной t , а точное решение – как выражение, зависящие от u .

Для ввода остальных параметров используются окна с соответствующими названиями:

- 1) границы отрезка на оси абсцисс определяются точками c и d ;
- 2) границы отрезка на оси ординат определяются точками $l1$ и $l2$;
- 3) параметр регуляризации в случае запуска программы с фиксированным его значением;
- 4) радиокнопки, устанавливающие режим вычисления в зависимости от фиксированности параметра регуляризации;
- 5) параметр, устанавливающий размерность сеток как степень двойки;
- 6) значения вносимых погрешностей.

ВЫВОД ПРОГРАММЫ

В ходе работы программы возможны результаты:

1. Найдено значение параметра регуляризации, удовлетворяющее принципу обобщенной невязки (если это требовалось), при этом была найдена экстремаль функционала $M^a[z]$ при фиксированном значении параметра регуляризации.

2. Найдено значение параметра регуляризации, удовлетворяющее принципу обобщенной невязки $\rho(a) = 0$ с заданной точностью, использовался модифицированный метод хорд.

3. Не хватает длины рабочего массива; значение параметра регуляризации α при этом не изменилось, значение остальных выходных параметров не определено.

4. В случае подбора α задано такое начальное значение параметра регуляризации α , что $\rho(\alpha) < 0$. И удваиванием параметра регуляризации не удалось подобрать такого значения, при котором обобщенная невязка положительна, т.е. $\rho(\alpha * 2^{i_{\max}}) < 0$. После окончания главной расчетной процедуры значение параметра регуляризации в $2^{i_{\max}}$ раз больше исходного, в матрице приближенного решения – экстремаль, соответствующая этому параметру.

5. В случае подбора α при реализации метода Ньютона сделано максимальное количество итераций, а корень уравнения невязки $|\rho(a)| \leq \varepsilon = (c_1 - 1)\delta^2$ не найден; по окончании программы переменная параметра регуляризации будет содержать очередное приближение α , а в точном решении соответствующая ему экстремаль.

6. При реализации метода Ньютона встретились значения обобщенной невязки меньше нуля, произошел переход на метод хорд (это возможно при нарушении выпуклости обобщенной невязки $\sigma(\mu)$), погрешность оператора не равна нулю; всего методом Ньютона и методом хорд сделано максимум итераций, а решения уравнения невязки не найдено; по окончании в параметре регуляризации очередное приближение метода хорд, а в приближенном решении соответствующая ему экстремаль функционала $M^a[z]$.

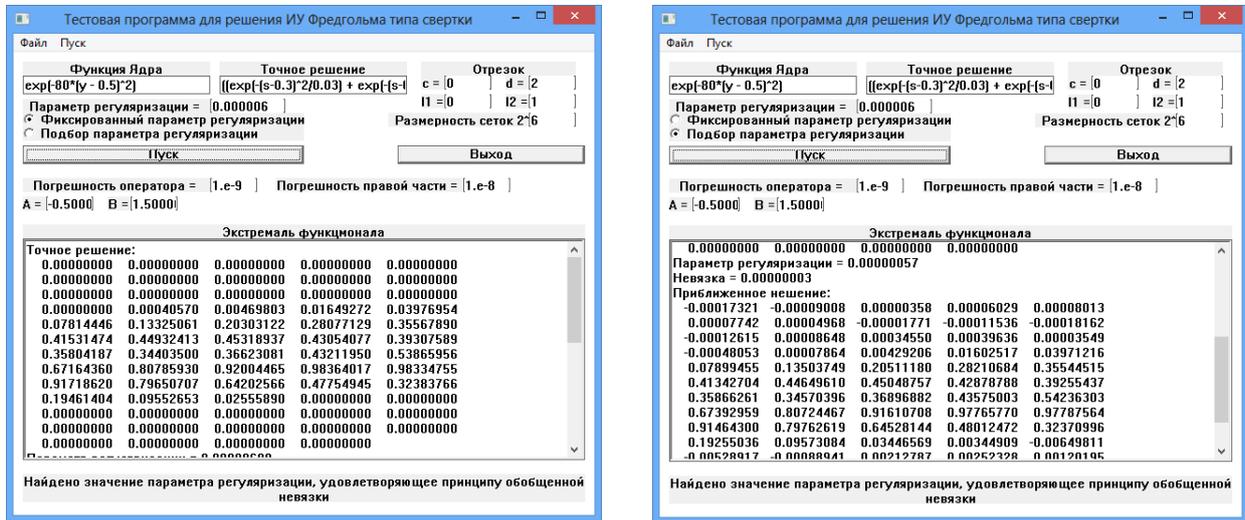
ТЕСТОВЫЕ РАСЧЕТЫ

Описанная ниже программа может быть использована в двух режимах:

- 1) в первом режиме определяется экстремаль сглаживающего функционала $Ma[z]$ при фиксированном значении параметра регуляризации α (рис. 2(а));
- 2) во втором режиме программа подбирает параметр регуляризации α в соответствии с принципом обобщенной невязки (рис. 2(б)).

$$Ma[z] = \int_0^1 (z'(t) - y(t))^2 dt + \alpha \int_0^1 z^2(t) dt,$$

где z^α – экстремаль сглаживающего функционала $Ma[z]$.



а)

б)

Рисунок 2 – Оконный интерфейс программы с расчетами

На рисунке 3 представлены графики точного и приближенного решений уравнения (1) с ядром $e^{-80*(t-0.5)^4}$. Точное решение при этом взято из

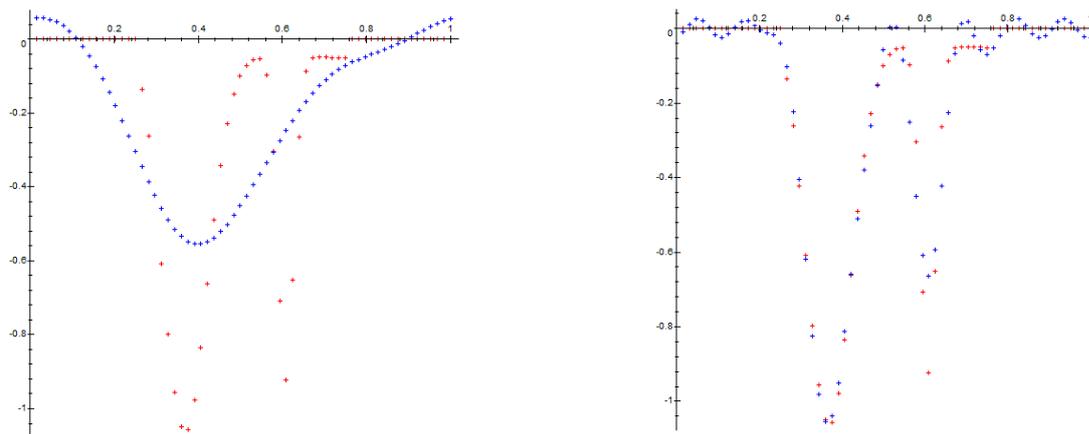
$$\frac{(1.04707565e^{-33.3(s-0.2^2)} + 1.04707565e^{-33.3(s-0.7^2)} + 1.04707565e^{-50(s-0.2^2)} + 0.052130913)(s-1)}{\ln\left(\frac{1}{s}\right)}.$$

Погрешности оператора присвоено значение 1.e-4, погрешности правой части также присвоено значение 1.e-4 (рис. 3(а)). На рисунке 3(б) представлены данные, полученные при погрешности оператора 1.e-10, погрешности правой части присвоено значение 1.e-9.

Сопоставления рисунков подтверждает адекватность математической модели. Приведенный выше алгоритм имеет линейную сложность $O(n)$, что видно, исходя из графика зависимости времени (в тактах процессора) от количества точек (рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При помощи интегрального уравнения Фредгольма первого рода решаются задачи неразрушающего контроля технических объектов. Предложенная программа открывает перспективу создания комплекса программ для решения актуальных прикладных задач неразрушающего контроля.



а) б)
Рисунок 3 – Графики точного и приближенного решений

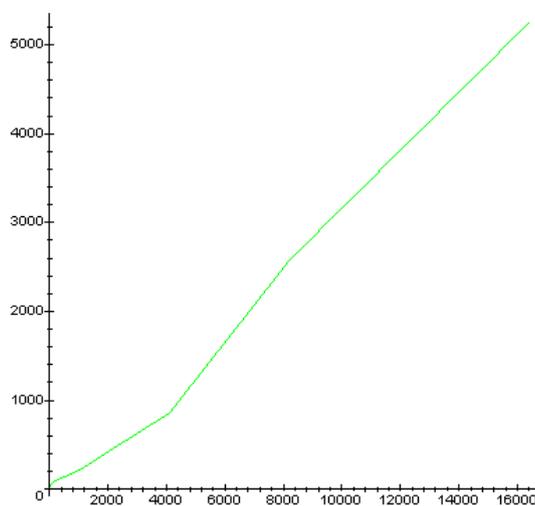


Рисунок 4 – График сложности алгоритма

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончарский А.В., Черепашук А.М., Ягола А.Г. Численные методы решения обратных задач астрофизики. – М.: Наука, 1978.
2. Заикин П.Н. О численном решении обратной задачи операционного исчисления в действительной области // ЖВМиМФ, 1968. – Т. 8. – № 2. – С. 411-415.
3. Тихонов А.Л., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1986.
4. Тихонов А.Н. Гончарский А.В. Степанов В.В. Ягола А.Г. Численные методы решения некорректных задач // Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1990.
5. Румянцев С., Василенко А., Федоров Н. Применение компьютерной томографии высокого разрешения в сфере металлообработки [Электронный ресурс]. – URL: <http://ostec-ct.ru>.
6. Перельман А.Я., Лунина В.А. Применение свертки Меллина к решению интегральных уравнений первого рода с ядром, зависящим от произведения // ЖВМиМФ, 1969. – Т. 9. – № 3. – С. 626-646.

7. Тихонов А.Л., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1986.
8. Гончарский А.В., Гуцин Г.В., Ягола А.Г. Об одном численном эксперименте по решению двумерных интегральных уравнений Фредгольма первого рода // Некоторые вопросы автоматизированной обработки интерпретации физических экспериментов. – Вып. 1. – М.: МГУ, 1973. – С. 192-201.
9. Гончарский А.В., Леонов А.В., Ягола А.Г. О решении двумерных уравнений Фредгольма первого рода с ядром, зависящим от разности аргументов // ЖВМиМФ, 1971. – Т. 11. – № 5. – С. 1296-1301.
10. Бохнер С. Лекции об интегралах Фурье. – М.: Физматгиз, 1962.

Герасименко Дмитрий Сергеевич

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Михайловск, Ставропольский край

Аспирант

E-mail: PoliMorfff@gmail.com

D.S. GERASIMENKO (*Post-graduate Student*)

North-Caucasus Federal University, Mixajlovsk, Stavropol Region

GENERALIZED SOFTWARE IMPLEMENTATION OF THE NUMERICAL SOLUTION OF FREDHOLM EQUATIONS OF THE FIRST KIND OF CONVOLUTION TYPE

Article is devoted to the problem of software implementation of the numerical solution of Fredholm integral equations of the first kind. This task is used to implement the methods of nondestructive testing. The application, which greatly facilitates the monitoring of the state of technical objects. The article also paid attention to the choice of methods to calculate, with a minimum of overhead computing. Also considered a test program that calculates a numerical solution of a Fredholm integral equation of the first kind of convolution type, which can be further upgraded for a particular application.

Keywords: *numerical method; Fredholm equation of the first kind; equation of convolution type; program; mathematical modeling; non-destructive testing.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Goncharskij A.V., Cherepashhuk A.M., Yagola A.G. Chislenny'e metody' resheniya obratny'x zadach astrofiziki. – М.: Nauka, 1978.
2. Zaikin P.N. O chislennom reshenii obratnoj zadachi operacionnogo ischisleniya v dejstvitel'noj oblasti // ZhVMiMF, 1968. – Т. 8. – № 2. – С. 411-415.
3. Tixonov A.L., Arsenin V.Ya. Metody' resheniya nekorrektny'x zadach. – М.: Nauka, 1986.
4. Tixonov A.N. Goncharskij A.V. Stepanov B.V. Yagola A.G. Chislenny'e metody' resheniya nekorrektny'x zadach // Moskva: Nauka. Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury', 1990.
5. Romyancev S., Vasilenko A., Fedorov N. Primenenie komp'yuternoj tomografii vy'sokogo razresheniya v sfere metalloobrabotki [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://ostec-ct.ru>.
6. Perel'man A.Ya., Lunina V.A. Primenenie svertki Mellina k resheniyu integral'ny'x uravnenij pervogo roda s yadrom, zavisyashhim ot proizvedeniya // ZhVMiMF, 1969. – Т. 9. – № 3. – С. 626-646.
7. Tixonov A.L., Arsenin V.Ya. Metody' resheniya nekorrektny'x zadach. – М.: Nauka, 1986.
8. Goncharskij A.V., Gushhin G.V., Yagola A.G. Ob odnom chislennom e'ksperimente po resheniyu dvumerny'x integral'ny'x uravnenij Fredgol'ma pervogo roda // Nekotory'e voprosy' avtomatizirovannoj obrabotki interpretacii fizicheskix e'ksperimentov. – Vy'p. 1. – М.: МГУ, 1973. – С. 192-201.
9. Goncharskij A.V., Leonov A.V., Yagola A.G. O reshenii dvumerny'x uravnenij Fredgol'ma pervogo roda s yadrom, zavisyashhim ot raznosti argumentov // ZhVMiMF, 1971. – Т. 11. – № 5. – С. 1296-1301.
10. Boxner S. Lekcii ob integralax Fur'e. – М.: Fizmatgiz, 1962.

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ
СТРУКТУРНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ
В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ
НА ОСНОВЕ ГРУППЫ ГРАММАТИК СО СВЯЗЯМИ**

Целью работы является повышение эффективности распознавания протяженного объекта в реальном времени с использованием структурных методов распознавания. Показано, что протяженный объект можно представить в виде последовательности символов, а возможные состояния протяженного объекта будут определяться с помощью грамматики в форме Бэкуса-Наура. Показано, что для управления процессом распознавания в реальном времени одной грамматики недостаточно и для каждого режима распознавания требуется собственная грамматика. Вводится определение группы грамматик со связями и описывается подход к установлению связей между грамматиками, который позволяет в реальном времени в зависимости от входящей информации изменять режим распознавания, тем самым меняя грамматику. Приведен подход к оценке эффективности управления процессом распознавания образов с примером расчета показателей общей достоверности и производительности и сравнения с результатами распознавания без управления.

***Ключевые слова:** распознавание образов; управление процессом распознавания; реальное время; протяженный объект; сложность распознавания образов; структурное распознавание; грамматики со связями.*

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных задач при проведении различного рода исследований является идентификация состояния объекта исследования. В различных случаях объект является протяженным, т.е. распределенным в пространстве или времени. Это значит, что идентификация состояния в какой-то момент времени или в каком-то местоположении не дает общей картины состояния объекта, а является лишь шагом в общей идентификации. Примерами протяженных в пространстве объектов являются буровая скважина [1], железнодорожное полотно, трубопровод. К протяженным во времени объектам могут относиться системы видеонаблюдения, где фиксируются, например, передвижения какого-либо объекта. Также существуют объекты, которые являются протяженными во времени и пространстве. Например, для подвижного робота объектом исследования является меняющийся окружающий мир.

Как показано в работе [2], протяженный объект может быть представлен последовательностью состояний

$$O = (o_1, o_2, \dots, o_i, \dots, o_N),$$

где o_i – состояние i -ой части протяженного объекта; N – длина (количество частей) объекта.

С точки зрения распознавания образов объект будет представлен как последовательность образов:

$$\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_i, \dots, \omega_M),$$

где ω_i соответствует определенному классу образов из множества возможных образов исследуемого объекта $\Omega = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_K\}$; K – количество возможных образов. Идентификация протяженного объекта – это распознавание каждого образа и получение последовательности распознанных образов.

Упрощенно протяженный объект можно представить в виде последовательности символов (образов), а идентификация протяженного объекта сводится к распознаванию этой цепочки символов. Для распознавания цепочек символов часто используются структурные

методы распознавания [3]. Последовательность символов должна быть описана соответствующей грамматикой, которая в форме Бэкуса-Наура выглядит следующим образом:

$$G = (N, T, P, S),$$

где N – множество нетерминальных (служебных) символов; T – множество терминальных символов; P – правила вида $\alpha \rightarrow \beta$ (α, β – цепочки); S – начальный символ.

Ряд задач распознавания образов предполагает их решение в реальном времени (РВ). Конечно, было бы хорошо получать данные с максимальной разрешающей способностью, однако процесс исследования протяженного объекта может сильно замедлиться. К примеру, было бы очень неудачным решением проводить спускоподъемные операции при геофизических исследованиях одной буровой скважины в течение нескольких недель. Поэтому выбирается такая скорость движения каротажного зонда, которая бы давала приемлемые данные с оптимальной скоростью [1]. Поскольку протяженный объект отличается тем, что образы поступают на распознавание не в случайном порядке, то возникает идея подстраивать режимы работы системы распознавания образов (СРО) реального времени (РВ) под эти образы. В работе [4] показан подход к управлению процессом распознавания образов в РВ на основе оценки сложности распознавания образов, который позволяет добиться оптимальных значений достоверности и производительности на основе того, что в различной ситуации используются различные режимы. Однако этот подход предусматривает изменение количества поступающей информации, что при структурном методе распознавания означает изменение цепочки символов, характеризующих образ. В таком случае невозможно использовать одну грамматику, поскольку в зависимости от количества поступающей информации одни и те же цепочки могут соответствовать разным образам. Поэтому целью данной работы является повышение эффективности распознавания протяженного объекта в реальном времени с использованием структурных методов распознавания. Для достижения цели необходима реализация подхода к анализу входных цепочек символов, который бы позволял работать в условиях изменения информации, т.е. в условиях изменения грамматик.

ГРАММАТИКИ СО СВЯЗЯМИ

В качестве примера рассмотрим простейший случай, когда существуют 5 различных образов и 3 режима работы (табл. 1). Режим 4 символов – это режим с полной информацией. Остальные режимы получаются дискретным съемом символа из потока данных.

Таблица 1 – Цепочки символов в различных режимах

Образы	Режим 4 символов	Режим 2 символов	Режим 1 символа
#1	aaaa	aa	a
#2	aaab	aa	a
#3	bbbb	bb	b
#4	bbaa	ba	b
#5	cccc	cc	c

В режиме с 4 символами распознаются все цепочки. В режиме с 2 символами есть неопределенность в определении образов #1 и #2. В режиме 1 – неопределенность между образами #1 и #2, образами #3 и #4.

Понятно, что если бы образы чередовались по некоторой логике, например, 10 образов #3, затем 10 образов #4, затем 20 образов #5, то тогда можно было бы использовать режимы с недостатком информации, что в реальных условиях означает повышение

производительности исследований протяженного объекта. В этом случае необходимо использовать подход, описанный в работах [2, 4].

Для того, чтобы распознавать цепочки, представленные в таблице 1, необходимо для каждого режима построить грамматику. Ниже представлены грамматики для всех 3-х режимов, позволяющие разобрать возможные ситуации.

$$\begin{aligned}
 G_1 &= (\{S, A, B, C, D, E\}, \{a, b, c\}, P_1, S), P_1 : \\
 S &\rightarrow A | B | C \\
 A &\rightarrow aaaD \\
 D &\rightarrow a | b \\
 B &\rightarrow bbE \\
 E &\rightarrow bbaa
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 G_2 &= (\{F, I, J, K, L\}, \{a, b, c\}, P_2, F), P_2 : \\
 F &\rightarrow I | J | K \\
 I &\rightarrow aa \\
 J &\rightarrow bL \\
 L &\rightarrow b | a \\
 K &\rightarrow cc
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 G_3 &= (\{M\}, \{a, b, c\}, P_3, M), P_3 : \\
 M &\rightarrow a | b | c,
 \end{aligned} \tag{3}$$

где G_1, G_2, G_3 – это соответственно грамматики для режимов с 4 символами, с 2 символами, с 1 символом.

Правильность входных цепочек определяется с использованием синтаксического анализа. Однако такое независимое определение грамматик не позволяет производить переключение между режимами распознавания, соответственно, и между актуальными грамматиками в процессе разбора, поэтому предлагается использовать дополнительную разметку грамматик, которую можно называть грамматиками со связями. Группой грамматик со связями называется группа грамматик, в правилах которых с каждым символом правила могут быть связаны индекс точки входа (i), указатель готовности перехода в другую грамматику (r), указатель перехода на индекс точки входа в другую грамматику (o). Группа грамматик обозначается так:

$$X_{r}^{i, o}$$

Указатель готовности предназначен для сообщения о том, что далее будет производиться смена режима сбора данных, номер указателя говорит о грамматике, на которую осуществляется переключение. Указатель перехода связывает текущую грамматику с точкой входа в другой грамматике по соответствующему индексу. Если между указателем готовности и указателем перехода несколько символов, то это означает, что цепочка уже опознана и следующие символы необходимо выбрать только для синхронизации между грамматиками (попросту пропустить их).

Прежде всего связи в грамматиках выбираются, исходя из возможностей режимов сбора данных. К примеру, измерительное устройство перемещается с некоторой скоростью относительно объекта идентификации, замедление скорости означает увеличение данных

(переход из режима 2 символов к режиму 4), а увеличение скорости приводит к уменьшению данных (переход из режима 2 символов к режиму 1). Устройство не может мгновенно изменить скорость и перескочить через режим.

Предположим, что никаких проблем со сменой режимов нет. Также учтем тот факт, что грамматики (1-3) рассчитаны только на распознавание одной цепочки (одного образа), поэтому пополним их для распознавания последовательности цепочек (образов). Далее приведены пополненные грамматики со связями между собой.

$$G_1 = (\{S', S, A, B, C, D, E\}, \{a, b, c\}, P_1, S'), P_1 :$$

$$S' \rightarrow SS' | S\lambda$$

$$S \rightarrow A | B | C$$

$$A \rightarrow a a a D$$

$$D \rightarrow a | b$$

$$B \rightarrow b b^1 E$$

$$E \rightarrow b b a a$$

$$C \rightarrow c c c c^2$$

$$G_2 = (\{S'', F, I, J, K, L\}, \{a, b, c\}, P_2, S''), P_2 :$$

$$S'' \rightarrow FS'' | F\lambda$$

$$F \rightarrow I | J | K$$

$$I \rightarrow a^3 a$$

$$J \rightarrow b L$$

$$L \rightarrow b | a$$

$$K \rightarrow c c^2$$

$$G_3 = (\{S''', M\}, \{a, b, c\}, P_3, S'''), P_3 :$$

$$S''' \rightarrow MS''' | M\lambda$$

$$M \rightarrow a^4 | b^5 | c,$$

где λ – пустая цепочка.

Для примера использования группы грамматик со связями возьмем следующую цепочку образов:

Образы: #3#1#5#5#2#1#4#5#3#4.

Цепочка символов: bbbbaaaacccccssaaabaabbaaccccbbbbbaa. (4)

Цепочка (4) будет получена в режиме с 4-мя символами. Для режимов с 2-мя и 1-им символом цепочка примет следующие виды соответственно:

bbaacccsaaabaccbbba,

бассаabcbb.

Пусть начальным будет второй режим, тогда дерево вывода для цепочки (4) со сменой режимов распознавания будет таким, как показано на рисунке 1.

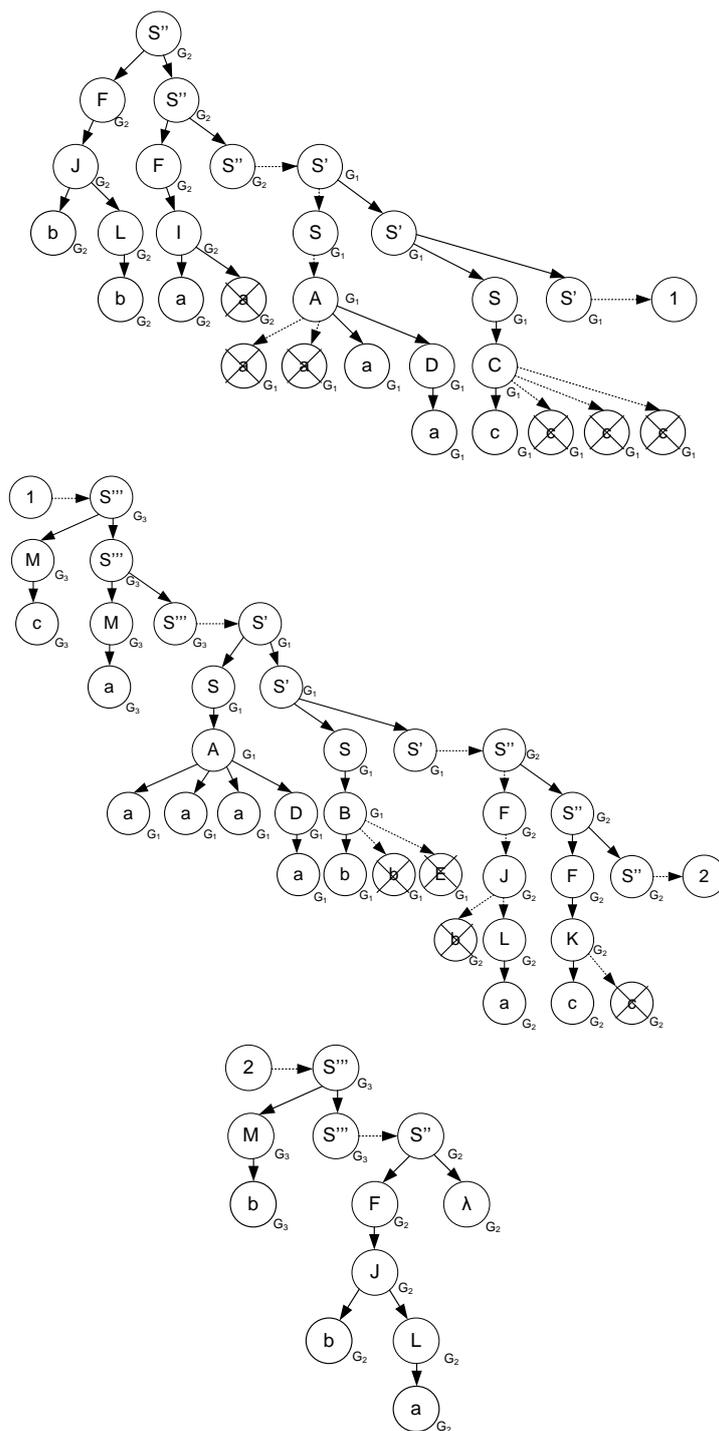


Рисунок 1 – Дерево вывода цепочки (4) для группы грамматик со связями

На рисунке зачеркнутые терминальные символы означают, что правило применяется, но поскольку происходит смена режима (пунктирные стрелки), то символы не выводятся. В результате смен режимов будет выведена следующая цепочка:

bbaaassaaaaabascbba.

Однако в отличие от режима с 4-мя символами такой вывод не дает достоверного результата с вероятностью 100%. В таблице 2 представлены режимы и время сбора данных

(определяется количеством считанных символов) с достоверностью распознавания для цепочки (4). Достоверность определяется как количество правильно распознанных образов, неопределенный результат распознавания, например, образ #1 или #2 считается неправильным.

Таблица 2 – Время и достоверность распознавания различными режимами для цепочки (4)

Режим	Время (ед. времени)	Достоверность (%)
Режим 4 символа	40	100
Режим 2 символа	20	70
Режим 1 символ	10	30
Режим с грамматиками со связями	18	80

Из таблицы видно, что время распознавания цепочки (4) составляет 40 единиц времени для режима с 4 символами. Предположим, что это слишком медленно для системы РВ. Следующий статический режим с 2 символами в 2 раза быстрее, но достоверность всего 70%, что может быть недостаточно. Но если применить режим грамматик со связями, то достоверность будет больше (80%), а время распознавания меньше. Естественно, что значения времени и достоверности будут разными для грамматик со связями при различных цепочках. А для режимов 1 и 2 символа может быть различной достоверность распознавания для различных цепочек. Для того, чтобы оценить общую эффективность группы грамматик со связями на цепочке очень большой (бесконечной – непрерывное распознавание) длины, можно воспользоваться стохастическими грамматиками и стохастическим анализом [3]. Однако проще воспользоваться методом, предложенным в работе [5].

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ ПРИ СТРУКТУРНОМ РАСПОЗНАВАНИИ

Распознаваемые образы можно разделить по классам сложности. Так, если проанализировать таблицу 1, то можно выделить 3 класса сложности распознавания:

- 1) простой (образ ssss – распознается в любом режиме) Sl_1 ;
- 2) средний (образы bbbb и bbaa можно отличить только в режимах 2 и 4 символа) Sl_2 ;
- 3) сложный (образы aaaa и aaab можно отличить только в режиме 4 символа) Sl_3 .

Последовательность образов, поступающих на СРО, можно описать однородной цепью Маркова [6]. Матрица переходов последовательности на шаге 1 описывается следующим образом:

$$M_1 = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1K} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{K1} & p_{K2} & \dots & p_{KK} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где p_{ij} – условная вероятность перехода из i -го состояния в j -ое. Номер состояния характеризует режим СРО для анализа образа с тем же номером. Режим характеризуется объемом данных для распознавания, причем режимы отсортированы в сторону увеличения сложности (первый режим соответствует минимуму сложности):

$$1 \leq N_1 \leq N_2 \leq \dots \leq N_K.$$

где N – размер образа (в данном случае 1, 2 или 4 символа).

Целью управления процессом распознавания является сохранение одного уровня достоверности для каждого значения сложности распознавания. Т.е., если поступают образы одной сложности, то режим не меняется и устанавливается некоторая заданная

достоверность распознавания образов D_3 . Поэтому матрица статистического уровня достоверности при переходе из одного состояния в другое имеет следующий вид:

$$MD = \begin{pmatrix} D_3 & D_3 - \Delta D_{12} & \dots & D_3 - \Delta D_{1K} \\ D_3 + \Delta D_{21} & D_3 & \dots & D_3 - \Delta D_{2K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_3 + \Delta D_{K1} & D_3 + \Delta D_{K2} & \dots & D_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_{11} & D_{12} & \dots & D_{1K} \\ D_{21} & D_{22} & \dots & D_{2K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_{K1} & D_{K2} & \dots & D_{KK} \end{pmatrix}.$$

Для того, чтобы вычислить безусловную вероятность появления каждого образа, достаточно рассчитать матрицу перехода за L шагов (где $L \rightarrow \infty$), которую можно определить, возведя в степень L матрицу перехода на шаге 1 [5]:

$$M_L = M_1^L. \tag{6}$$

Результирующая матрица будет содержать одинаковые строки с безусловными вероятностями для каждого состояния $p = \{p_1, p_2, \dots, p_K\}$:

$$p_1 + p_2 + \dots + p_K = 1.$$

Согласно теореме умножения вероятностей [6], можно найти вероятность каждого перехода в выражении (5), которая будет равна произведению безусловной вероятности состояния на условную вероятность перехода в то же или другое состояние. Данные вероятности необходимы для определения среднего значения достоверности распознавания образов:

$$D_{cp} = (D_{11}p_1p_{11} + D_{12}p_1p_{12} + \dots + D_{1K}p_1p_{1K}) + (D_{21}p_2p_{21} + D_{22}p_2p_{22} + \dots + D_{2K}p_2p_{2K}) + \dots + (D_{K1}p_Kp_{K1} + D_{K2}p_Kp_{K2} + \dots + D_{KK}p_Kp_{KK}) \tag{7}$$

Производительность работы СРО РВ напрямую связана с объемом анализируемых данных, поэтому достаточно вычислить средний объем данных на распознавание одного образа для оценки производительности:

$$N_{cp} = N_1p_1 + N_2p_2 + \dots + N_Kp_K. \tag{8}$$

Ниже приведены расчеты величин достоверности и производительности для двух случаев: А) наиболее сложные образы поступают редко; В) вероятности появления всех образов одинаковы. Матрицы переходов для обоих случаев:

$$M_1(A) = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,1 & 0,1 \\ 0,1 & 0,8 & 0,1 \\ 0,2 & 0,3 & 0,5 \end{pmatrix}, \quad M_1(B) = \begin{pmatrix} 0,4 & 0,3 & 0,3 \\ 0,3 & 0,4 & 0,3 \\ 0,3 & 0,3 & 0,4 \end{pmatrix}.$$

Используя выражение (6), рассчитываются безусловные вероятности: А) $p = \{0,384; 0,444; 0,167\}$; В) $p = \{0,333; 0,333; 0,333\}$. Матрица статистической достоверности для рассматриваемого в работе примера:

$$MD = \begin{pmatrix} 1,0 & 0,5 & 0,5 \\ 1,0 & 1,0 & 0,5 \\ 1,0 & 1,0 & 1,0 \end{pmatrix}.$$

Данная матрица показывает, что если в режиме 1 символ поступит образ Sl_2 или Sl_3 , то в результате будет неопределенность в распознавании, например, если поступит образ #1, то с равной вероятностью можно будет утверждать, что это образ #1 или #2. В режиме же с 4 символами достоверность всегда будет равна единице.

Воспользовавшись выражениями (7-8), были вычислены значения достоверности и производительности для обоих случаев (табл. 3). Как видно из таблицы 3, для вариантов А и

В достоверность управляемого режима превышает достоверность статического режима с 2 символами. Однако производительность лучше только для случая А, когда сложные образы поступают гораздо менее часто, чем образы с низкой сложностью распознавания.

Таблица 3 – Среднее количество символов на распознавание одного образа и достоверность распознавания для случаев А и В

Режим	Среднее количество символов	Достоверность (%)
Режим с грамматиками со связями (А)	1.94	93,4
Режим 2 символа (А)	2	91,2
Режим с грамматиками со связями (В)	2.33	84,9
Режим 2 символа (В)	2	83,2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Грамматики со связями позволяют использовать структурные методы распознавания образов в случаях с управлением процессом распознавания образов в РВ. Для этого нужно определить различные грамматики для всех возможных режимов распознавания и установить переходы (связи) между ними. Однако такой подход не гарантирует значительного роста производительности и достоверности распознавания, а для его применения необходима оценка эффективности этого метода по заранее собранной статистической информации.

Важной особенностью использования грамматик со связями является то, что они не предназначены для распознавания цепочек языка программирования, поскольку не дают 100%-ой вероятности правильного распознавания цепочки. Данные грамматики предназначены для работы в условиях с некоторым заранее заданным уровнем достоверности распознавания образов и могут использоваться, например, в модели динамической оптимизации режимов мониторинга и диагностирования буровой скважины [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кручинин А.Ю., Аралбаев Т.З. Модель динамической оптимизации режимов мониторинга и диагностирования буровой скважины // Информационные системы и технологии, 2006. – № 1-2. – С. 81-85.
2. Кручинин А.Ю. Управление режимом распознавания протяженного объекта в реальном времени на основе оценки сложности каждого этапа распознавания // Информационно-управляющие системы, 2014. – № 1. – С. 16-22.
3. Фу К. Структурные методы в распознавании образов; пер. с англ. Завалишина З.В., Петрова С.В., Шейнина Р.Л.; под ред. Айзермана М.А. – М.: Мир, 1977. – 319 с.
4. Кручинин А.Ю. Управление процессом распознавания образов в реальном времени // Автоматизация и современные технологии, 2010. – № 3. – С. 33-37.
5. Кручинин А.Ю. Особенности разработки программных систем распознавания образов реального времени // Автоматизация в промышленности, 2011. – № 7. – С. 53-56.
6. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 2004. – 479 с.

Кручинин Александр Юрьевич

Оренбургский государственный университет, ООО «ИнтБуСофт», г. Оренбург
Кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники и защиты информации;
генеральный директор ООО «ИнтБуСофт»
Тел.: 8 903 367 09 12
E-mail: kruchinin-al@mail.ru

A.Yu. KRUCHININ (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department of Computer Science and Information Protection;
General Manager LLC IntBuSoft*)
Orenburg State University, LLC IntBuSoft, Orenburg

MANAGING THE PROCESS OF STRUCTURAL PATTERN RECOGNITION IN REAL TIME BASED ON A GROUP OF GRAMMARS WITH LINKS

The aim is to develop an approach to the management of the process of recognition of an extended object in real time using the structural pattern recognition methods. It is shown that an extended object can be represented as a sequence of characters, and the possible states of an extended object will be determined by using the grammar in BNF. It is shown that the management of the recognition process in real time using only a single grammar is not enough, therefore, for each recognition mode requires its own grammar. Introduce the concept of group grammars with links, and describes an approach to establish links between grammars, which allows real-time, depending on the incoming data, change the mode of recognition, thereby changing the grammar. An approach to evaluating the effectiveness of process control pattern recognition with an example of calculating the overall reliability and performance and comparison with the results of recognition without control.

Keywords: *pattern recognition; the recognition process control; real time; an extended object; the complexity of pattern recognition; structural recognition; grammar with links.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kruchinin A.Yu., Aralbaev T.Z. Model' dinamicheskoy optimizatsii rezhimov monitoringa i diagnostirovaniya burovoj skvazhiny' // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2006. – № 1-2. – S. 81-85.
2. Kruchinin A.Yu. Upravlenie rezhimom raspoznavaniya protyazhennogo ob''ekta v real'nom vremeni na osnove ocenki slozhnosti kazhdogo e'tapa raspoznavaniya // Informacionno-upravlyayushhie sistemy', 2014. – № 1. – S. 16-22.
3. Fu K. Strukturny'e metody' v raspoznavanii obrazov; per. s angl. Zavalishina Z.V., Petrova S.V., Shejnina R.L.; pod red. Ajzermana M.A. – M.: Mir, 1977. – 319 s.
4. Kruchinin A.Yu. Upravlenie processom raspoznavaniya obrazov v real'nom vremeni // Avtomatizatsiya i sovremenny'e texnologii, 2010. – № 3. – S. 33-37.
5. Kruchinin A.Yu. Osobennosti razrabotki programmny'x sistem raspoznavaniya obrazov real'nogo vremeni // Avtomatizatsiya v promy'shlennosti, 2011. – № 7. – S. 53-56.
6. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika. – M.: Vy'sshaya shkola, 2004. – 479 s.

УДК 007.3, 65.011.56

Т.К. ЖАБОЕВ, А.Е. ДОЛГАНОВ

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАСЧЕТНОГО КОДА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Обоснование безопасности проектируемых реакторов на быстрых нейтронах для атомных электрических станций обеспечивается за счет методов расчетного моделирования и инструментария, именуемого расчетными кодами. Создание расчетных кодов в этих целях предъявляет к их разработчикам повышенные требования в области качества и надежности данных программ. Задачи обеспечения качества при создании интегрированной системы «кодов нового поколения», разрабатываемой в рамках проектного направления «Прорыв», решаются посредством реализации системы управления разработкой расчетных кодов (СУРПК). В статье приводится описание подхода по управлению жизненным циклом расчетного кода, положенного в основу при реализации и внедрении СУРПК. В контексте предложенного авторами подхода, рассматриваются также известные методологии управления жизненным циклом программного обеспечения.

***Ключевые слова:** методология; расчетный код; система управления; управление жизненным циклом программного обеспечения.*

ВВЕДЕНИЕ

В 2011 году в рамках Федеральной целевой программы «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 гг. и на перспективу до 2020 г.» стартовал проект «Прорыв». В проекте ведется работа по созданию реакторов на быстрых нейтронах большой мощности, которые не уступят по своим технико-экономическим показателям атомным электрическим станциям (АЭС) с водо-водяными реакторами и превзойдут их по параметрам безопасности, топливообеспечения и образования РАО. Успех в выполнении данной задачи возможен только с использованием методов расчетного моделирования, которые позволят на раннем этапе проектирования оценить технико-экономические показатели, реализовать оптимальные конструкторские решения и доказать безопасность проектируемых установок.

Поэтому в качестве одного из направлений в рамках проекта «Прорыв» выделен частный проект «Коды нового поколения», который нацелен на создание подобного инструментария расчетного моделирования – интегрированной системы кодов нового поколения для разработки и обоснования безопасности реакторных установок (РУ), проектирования атомных электростанций, создания технологий и объектов ядерного топливного цикла.

Для того, чтобы обеспечить конструкторов, проектантов и технологов современными средствами численного моделирования и создать инновационный программный продукт, в разработку расчетных кодов (РК) вовлечен широкий спектр организаций-разработчиков, ведущих специалистов и экспертов. Решить задачу подобной кооперации в рамках заданных требований к качеству, срокам и затратам возможно только с применением новейших подходов и технологий управления процессами жизненного цикла РК.

В статье рассмотрен подход по управлению процессами жизненного цикла расчетных кодов, разрабатываемых и предназначенных для анализа и обоснования безопасности атомных электрических станций. Представленный подход применяется при разработке, тестировании, верификации и сопровождении расчетных кодов, создаваемых и аттестуемых

в рамках частного проекта «Коды нового поколения» проектного направления «Прорыв». Основные положения подхода легли в основу разработки системы управления разработкой расчетных кодов (СУРПК), предназначенной для поддержки работ частного проекта [1].

ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМАТИКИ РАЗРАБОТКИ РАСЧЕТНЫХ КОДОВ

В общем случае создание типового РК можно описать следующей последовательностью основных этапов:

- постановка задачи по объекту РУ;
- разработка физической модели;
- разработка численных методов и алгоритмов;
- проектирование расчетного кода;
- разработка расчетного кода;
- тестирование расчетного кода;
- верификация расчетного кода.

Этап «Постановка задачи по объекту РУ». На данном этапе руководитель проекта, основываясь на полученных от заказчика требованиях к разработке РК, готовит документ, в котором содержатся требования к разработке физической модели процессов.

Этап «Разработка физической модели». На данном этапе разработчик физической модели определяет физические процессы, которые будут протекать в аварийных и эксплуатационных режимах для данного объекта РУ. Затем, основываясь на полученных от руководителя проекта требованиях из постановки задачи по объекту РУ, готовит описание данных физических процессов и разрабатывает для них физическую модель.

Этап «Разработка численных методов и алгоритмов». На данном этапе разработчик математической модели на основании подготовленной специалистом-физиком физической модели проектирует требуемую реализацию математической модели. При этом определяются необходимые алгоритмы и численные методы, позволяющие реализовать математическую модель.

Этап «Проектирование расчетного кода». На данном этапе проектировщик, основываясь на подготовленном на предыдущем этапе отчете о физической модели, проектирует РК на уровне многомодульного решения или отдельного модуля, разрабатывает дизайн решения, определяет структуры данных, форматы и требования, необходимые для реализации кода.

Этап «Разработка расчетного кода». На данном этапе программист разрабатывает РК в соответствии с требованиями, указанными в отчете по структуре программного кода, и алгоритмами, определенными в отчете о физической модели. Затем проводит компиляцию текста кода, линковку программ и внешних библиотек в среде разработки РК. Результатами разработки РК являются файлы текста программы, исполняемые модули и техническая документация.

Этап «Тестирование расчетного кода». На данном этапе тестировщик тестирует разработанный код, проверяет разработанную документацию на соответствие стандартам оформления. Дефекты и несоответствия, выявленные тестировщиком, передаются программисту на исправление. Исправленный и доработанный код передается в процесс тестирования РК. Процесс итерационно повторяется до тех пор, пока не будут полностью исправлены дефекты и реализованы все необходимые требования.

Этап «Верификация расчетного кода». Сначала верификатор определяет множество и последовательность экспериментов для требуемой области применения РК, создает матрицу верификации и начинает подбирать необходимые экспериментальные данные. Экспериментальные данные определяются заданным в матрице верификации множеством экспериментов. Далее разрабатываются файлы входных данных для верификационных

расчетов и выполняется серия численных расчетов. Выходные данные анализируются, составляются графики и таблицы расхождения с данными экспериментов. По окончании проведения верификационного расчета готовится верификационный отчет, подаваемый впоследствии в орган по аттестации программ.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ РАЗРАБОТКОЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Очевидно, что для успешной разработки РК необходимо следовать лучшим мировым тенденциям и максимально полно использовать современные подходы к разработке программного обеспечения (ПО). Существует немало стандартов и методологий, которые описывают, как должны быть выстроены процессы разработки ПО. Выбор конкретной методологии зависит от предъявляемых требований, от размера команды разработчиков и от личных качеств сотрудников, от специфики и сложности проекта.

Стандарты и «тяжелые» методологии (ГОСТ, RUP, OpenUP, PMBOK, SWEBOOK, ISO 9000, CMMI, BABOK, MSF, ITIL) зачастую описывают очень богатую процессную модель, переполненную отдельными ролями и артефактами [2]. При этом использование таких стандартов и методологий в неизменном виде может привести к появлению огромного количества документации и вспомогательных процессов, которые в отдельно взятом проекте могут быть и вовсе не нужны. В то же время какие-то специфические для проекта проблемы могут быть упущены из виду. Кроме того, при строгом следовании стандарту может возникнуть риск невозможности оперативного внесения изменений в проект ввиду ограничений, накладываемых стандартами.

Таким образом, внедрение того или иного стандарта или «тяжелой» методологии будет совершенно недостаточно для выстраивания работающего процесса, такие стандарты следует использовать скорее как набор шаблонов, как основу для построения собственного процесса.

В противовес «тяжелым» процессам разработки в последние годы набирают популярность так называемые «гибкие» (Agile-) методологии разработки (Crystal, XP, SCRUM, FDD, TDD, Lean, Kanban,), пропагандирующие ценности эффективной командной работы специалистов высокого уровня, ориентированных на результат. Agile-методологии направлены на сведение разработки к серии коротких циклов (итераций), длительность которых обычно составляет от двух недель до двух месяцев [3]. Особенностью данного класса методологий можно считать их ориентацию на проекты небольшого масштаба, в которых команда разработчиков не превышает нескольких десятков человек. Для крупных проектов «гибкие» методологии требуется дополнять процедурами, регламентами и документацией, описанными в более сложных и формальных методологиях.

Процесс разработки РК не существует в отрыве от поставленной задачи – получения инструмента численного моделирования для обоснования безопасности АЭС. В его создание вовлечен широкий спектр специалистов атомной отрасли, не ограничивающийся разработчиками кода. Кроме того, в ходе разработки РК могут возникать новые требования к моделям или уточняться характеристики моделируемого объекта, параметры и режимы расчета, что приводит к необходимости своевременного реагирования и внесения изменений в код.

Учитывая специфику процессов жизненного цикла РК, не может быть создан «лучший процесс» управления жизненным циклом РК. Данный процесс должен представлять собой симбиоз рассмотренных подходов и методик. Поэтому в ходе создания СУРПК в рамках проекта «Коды нового поколения» авторы описываемого в настоящей статье подхода ориентировались на принципы «гибких» методологий, но в то же время использовали элементы формальных методологий и стандарты в области качества ПО.

ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССАМИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАСЧЕТНОГО КОДА. ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ

Выделены следующие основные принципы управления разработкой РК:

- удовлетворение потребностей заказчика за счет регулярной поставки программных средств для проведения независимого тестирования и верификации кода с целью контроля соответствия заявленных функциональных возможностей кода и выявления методических и константных погрешностей;
- постоянная адаптация к изменениям требований на всех стадиях жизненного цикла РК;
- непрерывная интеграция, предполагающая объединение полученных результатов участниками разработки РК друг с другом не в конце цикла разработки, а на регулярной основе (не реже раза в день);
- вовлеченность в разработку и активное, регулярное общение всех категорий участников: заказчиков, экспертов, специалистов атомной отрасли, бизнес-аналитиков, проектировщиков, программистов, тестировщиков, инженеров по качеству, менеджеров проектов;
- четкая подотчетность, при которой каждый участник разработки подотчетен коллективу (и организации, которая за ним стоит) за достижение целей, установленных для его роли. То есть представитель каждой роли обязан отчитываться за свой вклад в конечный результат.

УЧАСТНИКИ ПРОЦЕССОВ

Сотрудникам, участвующим в реализации задач в рамках жизненного цикла РК, назначаются определенные проектные роли, причем каждый сотрудник может отвечать за выполнение нескольких ролей. На рисунке 1 представлена концептуальная схема, демонстрирующая роли участников процессов управления жизненным циклом РК и выполняемые ими задачи.

Определены следующие основные роли участников процессов жизненного цикла РК:

- аналитик требований выполняет идентификацию, выявление, документирование, анализ, отслеживание, приоритизацию требований; занимается согласованием новых требований с заинтересованными лицами, а также согласованием изменений требований в процессе управления изменениями;
- верификатор выполняет подготовку матрицы верификации, анализирует и верифицирует данные выполняемых расчетов, готовит верификационный отчет;
- главный разработчик руководит процессом реализации требований программистами, согласовывает инициативы по изменению требований РК в процессе управления изменениями;
- консультант по сопровождению консультирует пользователей РК, заводит и классифицирует заявки пользователей РК, участвует во внедрении и последующем сопровождении эксплуатации пользователей РК;
- менеджер конфигурации формирует план конфигурации, контролирует корректность соблюдения регламентов работы с версионным хранилищем, управляет конфигурацией хранилища и выпуском релизов РК;
- менеджер проекта выполняет административные руководящие функции, управляет проектной командой, отвечает за формирование плана проекта, контролирует выполнение задач проекта;

- нормоконтролер отвечает за соответствие требований (внутренних, отраслевых и государственных) стандартам при написании кода и подготовки проектной документации;
- пользователь ПК использует разрабатываемый ПК по его функциональному назначению, проявляет инициативы в доработке ПК;
- программист занимается реализацией предъявляемых к ПК требований, производит модульное тестирование;
- разработчик физико-математической модели исследует и описывает физико-математические модели, которые будут реализованы в ПК;
- системный архитектор проектирует архитектуру ПК;
- тест-аналитик готовит тестовые данные и тестовые артефакты для проведения тестирования ПК, осуществляет верификацию ПК;
- тест-менеджер формирует план тестирования на основании согласованного набора требований к релизу ПК, контролирует процессы подготовки и проведения тестирования и верификации;
- тестировщик производит выполнение тестирования и первичную обработку результатов;
- технический писатель подготавливает пользовательскую документацию на ПК.

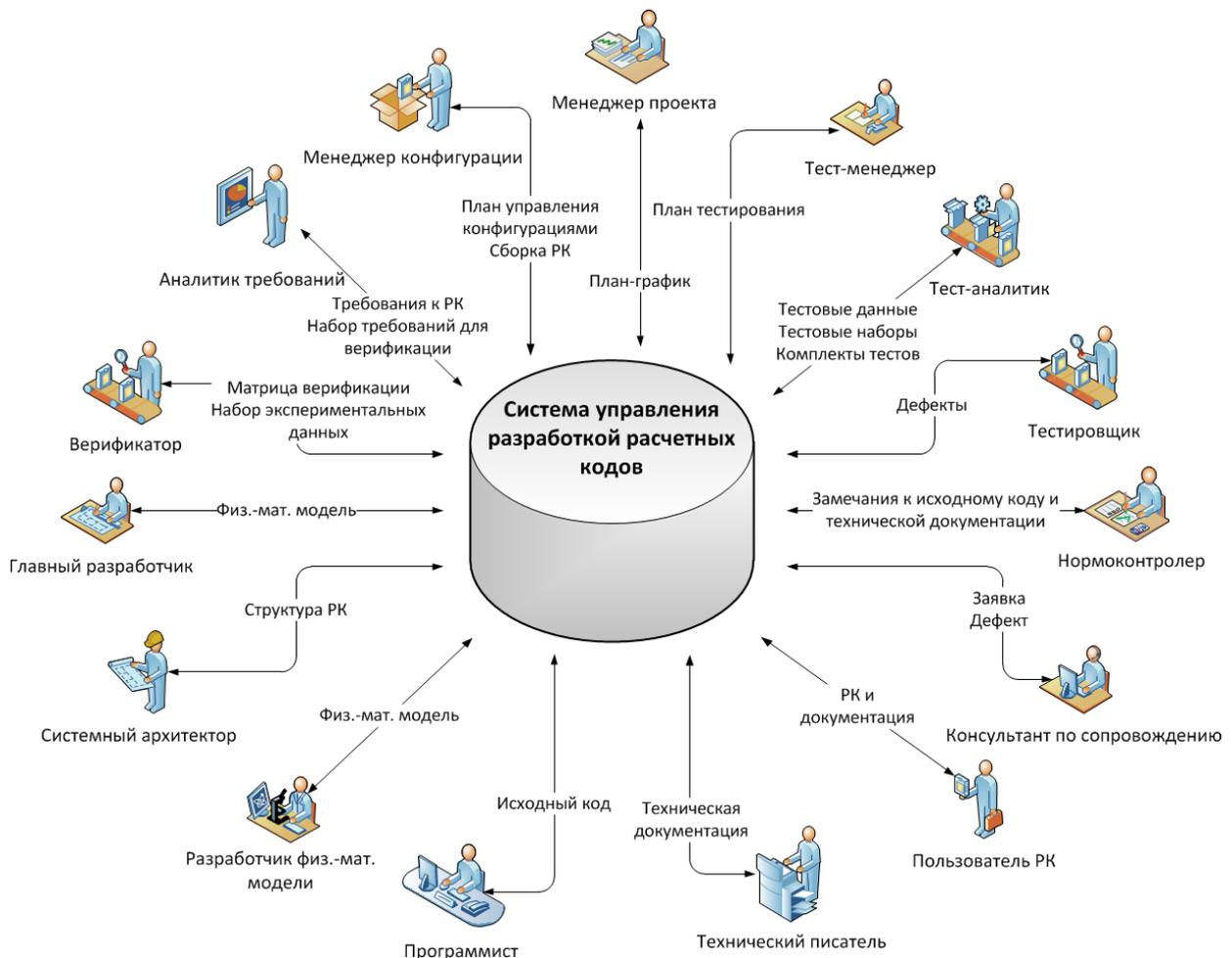


Рисунок 1 – Роли и задачи участников процессов

ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РАСЧЕТНОГО КОДА

Жизненный цикл РК сопровождается множеством взаимосвязанных процессов. На рисунке 2 представлена диаграмма процессов, выделенных в рамках рассматриваемого подхода по управлению жизненным циклом РК, отображающая (приблизительно) последовательность и длительность процессов.

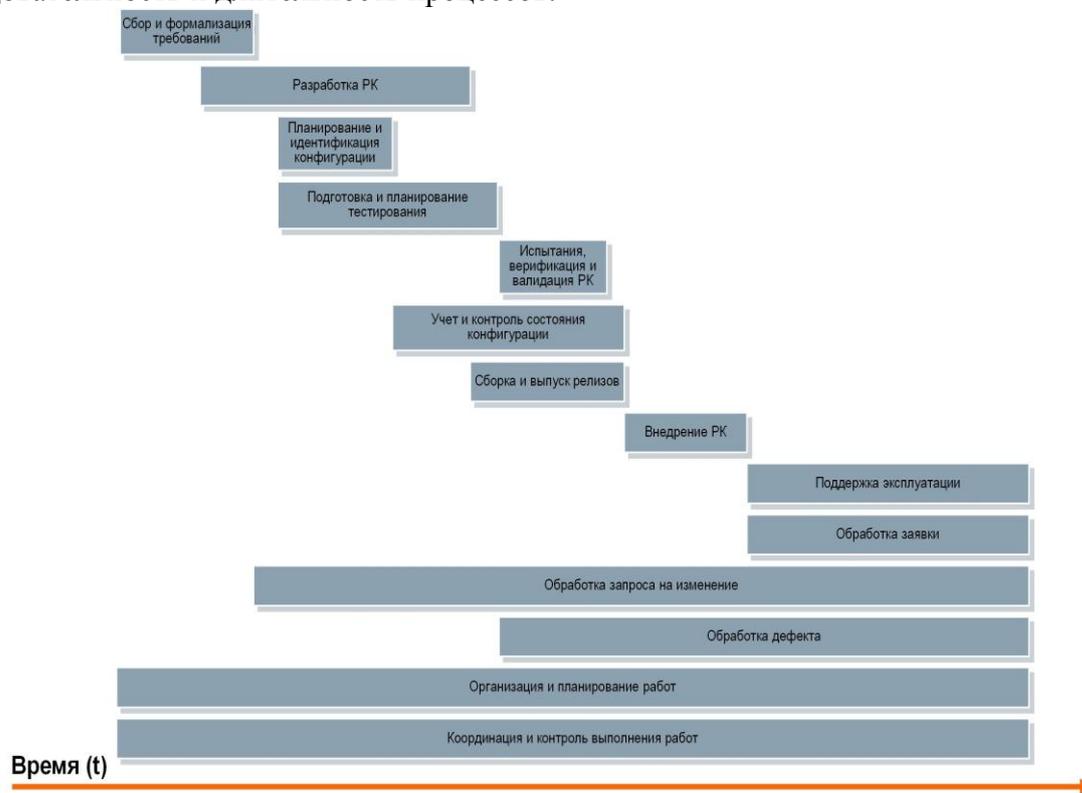


Рисунок 2 – Диаграмма процессов жизненного цикла расчетного кода

ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы жизненного цикла РК были сгруппированы по дисциплинам, каждая из которых определяет отдельную «область знаний» подхода. В совокупности семь основных дисциплин формируют единый подход к управлению процессами жизненного цикла расчетного кода:

- управление требованиями. Определяет деятельность участников процесса разработки РК в рамках одного проекта в части, касающейся сбора и формализации требований, согласования и утверждения требований;

- управление разработкой. Определяет деятельность участников процесса разработки РК в части непосредственной разработки РК, включая разработку физико-математической модели, проектирование РК, программирование, документирование и ревьюирование РК, и ориентирована на применение современных технологий и средств управления разработки РК;

- управление тестированием, верификацией и валидацией. Определяет деятельность участников процесса разработки РК в части, касающейся подготовки и проведения тестирования, верификации и валидации РК, включая проверку соответствия разработанных РК предъявляемым к ним требованиям, а также их применимости в реальных условиях эксплуатации;

- управление поставкой и сопровождением. Определяет деятельность участников процессов по поставке и сопровождению РК, в том числе по проведению опытной эксплуатации с последующей аттестацией кодов;
- управление проектом. Определяет деятельность участников процесса разработки РК в части планирования всех видов проектных работ и координацию их выполнения соответствующими исполнителями;
- управление конфигурациями. Определяет деятельность участников процесса разработки РК по планированию, идентификации и контролю за состоянием конфигурации, а также компоновку РК и выпуск релизов;
- управление изменениями. Определяет деятельность по управлению запросами на изменение (требований) и дефектами в процессе разработки РК.

Если процессы управления требованиями, управления разработкой, управления тестированием, верификацией и валидацией, управления поставкой и сопровождением составляют определенную последовательность на протяжении всего ЖЦ РК, то процессы управления проектом, управления изменениями и управления конфигурациями действуют на всех этапах жизненного цикла РК и непрерывно сопровождают разработку РК.

Важной организационной составляющей внедрения описываемого подхода стала подготовка регламентов в соответствии с выделенными дисциплинами для обеспечения выполнения процессов управления жизненным циклом РК. Для этого был определен порядок работы участников процессов с учетом их роли в проекте, были разработаны соответствующие схемы бизнес-процессов и проекты регламентирующих документов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В настоящем разделе приводятся реальные примеры использования описанных подходов к разработке РК на основе применения СУРРК в рамках частного проекта «Коды нового поколения» проектного направления «Прорыв».

ЭЛЕМЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В процессе жизненного цикла РК создаются, изменяются, связываются (в СУРРК) между собой множество различных документов и артефактов, в совокупности составляющие общую информационную модель проекта и РК. Для примера неполный перечень документов и артефактов в контексте представленных выше дисциплин приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Типы документов и артефактов

Дисциплина	Выходные артефакты
Управление проектами	План-график проекта
Управление требованиями	Требование к РК Техническое задание Набор требований для верификации
Управление разработкой РК	Физ.-мат. модель Архитектура РК Исходный код Техническая документация к РК
Управление тестированием, верификацией и валидацией	План тестирования Тестовые данные Тестовые наборы Матрица верификации Комплект тестов
Управление конфигурациями	План управления конфигурациями Сборка РК

	Комплекты поставки (релизы)
Управление изменениями	Дефект Запрос на изменение Заявка Задача
Управление поставкой и сопровождением	Уведомление о выпуске релиза Журнал регистрации замечаний Протокол приемочных испытаний Акт приемки в эксплуатацию План сопровождения

На рисунке 3 представлен фрагмент информационной модели СУРПК, на которой схематично отображены отдельные связи между артефактами системы.

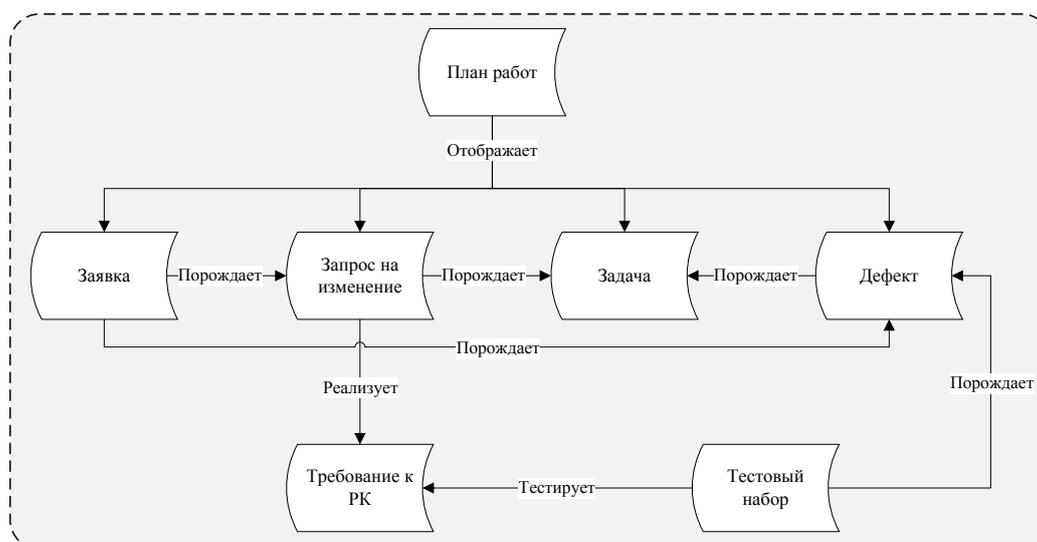


Рисунок 3 – Фрагмент информационной модели

НЕПРЕРЫВНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ

Непрерывная интеграция является одним из наиболее важных принципов управления процессами жизненного цикла РК, заключающимся в частой сборке и тестировании кода с целью выявления ошибок на ранней стадии. Основными целями подобной автоматизации являются:

- ускорение циклов разработки и тестирования кода;
- соблюдение сроков по проекту;
- обеспечение заданного уровня качества РК.

В проекте «Коды нового поколения» непрерывная интеграция осуществляется на базе использования СУРПК, которая отвечает за поиск изменений в коде в версионном хранилище, автоматическую сборку, развертывание и тестирование. Для этого в СУРПК выделены подсистемы автосборки и автоматического тестирования.

На рисунке 4 представлена схема взаимодействия объектов при автоматической сборке и автоматическом тестировании РК.

Система автосборки обеспечивает:

- автоматический запуск автосборки по расписанию;
- получение сведений о результатах сборки билда на сервере для автосборки;
- передачу билда в тестовую среду;

- откат изменений в хранилище в случае сбоя при выполнении сборки.
- Система автоматического тестирования обеспечивает:
- автоматический запуск автотестов в случае успешной сборки билда на сервере для автосборки;
 - запуск автотестов по расписанию;
 - загрузку тестов из версионного хранилища в тестовую среду с заданной структурой каталогов.

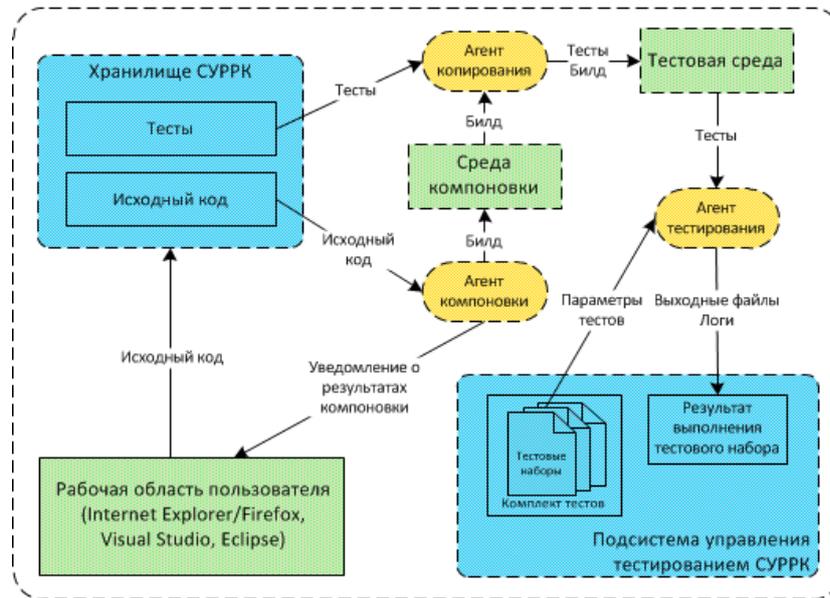


Рисунок 4 – Схема взаимодействия объектов при автосборке и автотестировании

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотренный в статье подход по управлению процессами жизненного цикла РК глубоко связан (интегрирован) с реализованной системой управления разработкой РК, поэтому давать оценки и делать выводы об эффективности подхода целесообразно в контексте результатов внедрения данной системы, которое в настоящий момент еще не завершено (внедрение продолжается, находится в активной фазе). Кроме того, продолжается развитие самого подхода, которое осуществляется за счет получения обратной связи от пользователей системы в рамках процесса внедрения СУРПК.

Ожидается, что в результате внедрения представленного подхода и системы управления разработкой РК будут обеспечены:

- оперативность и качество управления проектом (выполнение запланированной работы с учетом ограничений по срокам и бюджету, без снижения качества результата);
- высокий уровень качества разрабатываемых кодов;
- эффективность взаимодействия участников проекта по разработке кодов нового поколения;
- оперативность и качество поддержки пользователей кодов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлен авторский подход к управлению процессами жизненного цикла РК, применяемый для поддержки работ по созданию интегрированной системы кодов нового поколения для разработки и обоснования безопасности ядерных реакторов, проектирования атомных электростанций, создания технологий и объектов ядерного топливного цикла,

выполняемых в рамках частного проекта «Коды нового поколения» проектного направления «Прорыв». Приведены общие положения и частные аспекты использования данного подхода применительно к системе коллективной разработки ПК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жабоев Т.К., Мосунова Н.А., Арутюнян А.Р. Реализация системы управления разработкой расчетных кодов на базе платформы IBM Rational Jazz // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2014. – № 1. – С. 34-38.
2. Игорь Беспальчук. Управление изменениями в прикладном ПО уровня предприятия // Intelligent Enterprise, 2011. – № 4. – С. 48-51.
3. Manifesto for Agile Software Development [Электронный ресурс]. – URL: <http://agilemanifesto.org>.

Жабоев Тембулат Караканович

ИБРАЭ РАН, г. Москва

Заведующий лабораторией информационных технологий

Тел.: 8 926 374 14 18

E-mail: tembulat@ibrae.ac.ru

Долганов Алексей Евгеньевич

ИБРАЭ РАН, г. Москва

Ведущий инженер

Тел.: 8 910 440 07 40

E-mail: dae@ibrae.ac.ru

T.K. Zhaboev (*Head of the Laboratory of Information Technologies*)

A.E. Dolganov (*Senior Engineer*)

Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

MANAGEMENT OF PROCESSES LIFECYCLE OF THE CALCULATION CODE, BASED ON THE TECHNOLOGY OF COLLABORATIVE SOFTWARE DEVELOPMENT

The fast neutron reactors for nuclear power plants operations safety justification is provided by the computational methods and computer modeling tools, called computational codes. Such computational codes creation process demands highly qualified developers and these programs quality and reliability high requirements fulfillment. The quality assurance tasks for integrated system of «the new generation codes», developed as a part of «Proryv» project, are solved by means of the computer codes development management system, called SURRK. This article describes the computational code lifecycle management approach on base of SURRK. The well-known application lifecycle management methodologies are considered in the context of the proposed by authors approach.

Keywords: methodology; computational code; management system; application lifecycle management.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Zhaboev T.K., Mosunova N.A., Arutyunyan A.R. Realizaciya sistemy' upravleniya razrabotkoj raschetny'x kodov na baze platformy' IBM Rational Jazz // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tehnologij, 2014. – № 1. – S. 34-38.
2. Igor' Bepal'chuk. Upravlenie izmeneniyami v prikladnom PO urovnya predpriyatiya // Intelligent Enterprise, 2011. – № 4. – S. 48-51.
3. Manifesto for Agile Software Development [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://agilemanifesto.org>.

УДК 004.9

В.В. ЛИНЬКОВ

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХРАНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ГОСАВТОИНСПЕКЦИИ

В статье рассматриваются порядок информационного обмена при обработке данных о дорожно-транспортных происшествиях и вопросы оптимизации хранения цифровых изображений в автоматизированных информационных системах Госавтоинспекции.

Ключевые слова: информационные технологии; автоматизированные информационные системы; информационное обеспечение Госавтоинспекции.

В настоящее время обеспечение безопасности дорожного движения является одной из приоритетных задач в Российской Федерации. Ежегодно в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) погибают или получают ранения свыше 275 тысяч человек. Внедрение программ повышения безопасности на дорогах России Президент Российской Федерации В.В. Путин в своем Послании Федеральному Собранию назвал одной из актуальных задач развития страны. Обеспечение безопасности дорожного движения является составляющей социально-экономического и демографического развития страны. Для улучшения ситуации в сфере обеспечения безопасности дорожного движения разработана и утверждена Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах». Основной целью программы является снижение смертности на дорогах. Достигать эту цель предполагается решением ряда задач, в том числе немалая роль отводится и информационным технологиям. Основными направлениями информатизации деятельности подразделений по обеспечению безопасности движения являются:

- внедрение автоматизированных комплексов фото/видеофиксации нарушений правил дорожного движения;
- активное использование автоматизированных информационных систем для сбора, обработки, хранения информации о дорожно-транспортных происшествиях, а также для анализа статистических данных и принятия обоснованных управленческих решений в сфере безопасности дорожного движения.

16 августа 2014 года приказом МВД России № 700 «О порядке эксплуатации в органах внутренних дел Российской Федерации автоматизированных систем оперативного сбора, учета и анализа сведений о показателях в области обеспечения безопасности дорожного движения» внедрены в эксплуатацию автоматизированная информационно-управляющая система Госавтоинспекции (АИУС Госавтоинспекции), автоматизированная система учета ДТП (АС УДТП) и многопараметрическая информационно-аналитическая система прогнозирования и моделирования ситуации в области обеспечения безопасности дорожного движения (МИАС).

Порядок информационного обмена на основе выше указанных автоматизированных информационных систем при фиксации информации о дорожно-транспортных происшествиях в Госавтоинспекции можно представить схемой (рис. 1).

АИУС Госавтоинспекции предназначена для автоматизированного сбора, обработки и хранения информации о ДТП.

В этой системе регистрируются все дорожно-транспортные происшествия и содержится подробная информация о каждом из них, включая фотографии с места происшествия и схемы ДТП.

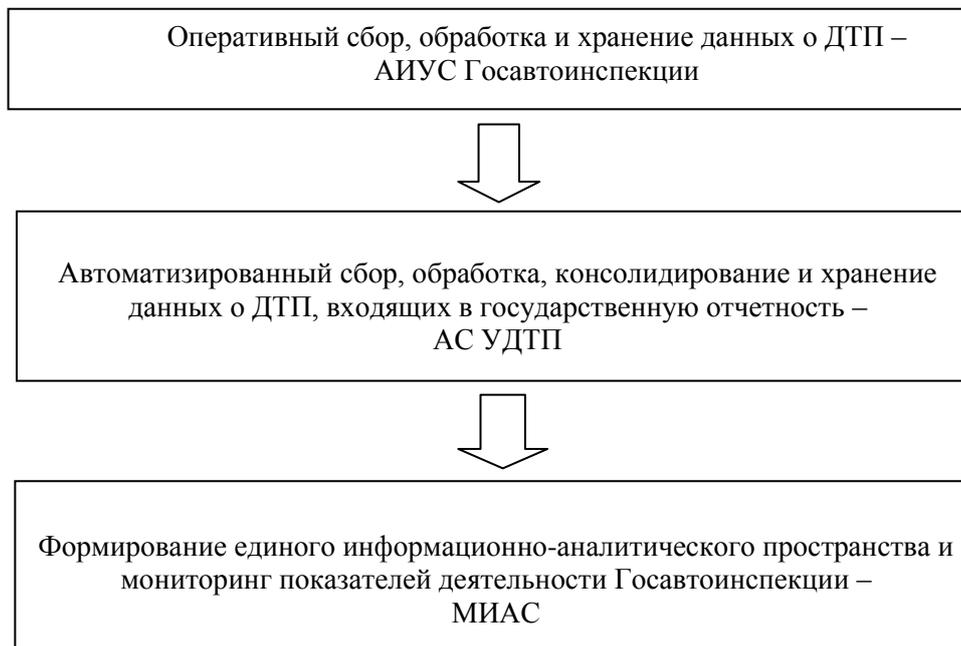


Рисунок 1 – Порядок информационного обмена в Госавтоинспекции

Ежегодно в Российской Федерации регистрируются более 200 тысяч ДТП и по каждому из них в АИУС создается учетная карточка с несколькими фотографиями с места ДТП. Таким образом в системе накапливается значительный объем информации в графическом виде, что делает актуальной задачу сжатия и хранения изображений в АИУС Госавтоинспекции.

В настоящее время существует множество методов и способов сжатия изображений. Их эффективность во многом зависит от структуры самого изображения. Для оптимального выбора метода сжатия необходимо построить модель изображения.

Обычно модель растрового изображения строится на основе гистограммных количественных характеристик и при этом изображение рассматривается как однородное стационарное поле. Для моделирования используются такие характеристики, как среднее значение яркости, дисперсия, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса, энергия, энтропия, автокорреляция, ковариация, момент инерции, энергия второго порядка, энтропия второго порядка, средняя абсолютная разность.

Данная модель применима, если изображения состоят из малого количества цветов и значительные области заполнены одним цветом. Если же изображение содержит большое количество деталей и границ, то вышеуказанная модель изображения не позволит добиться высоких коэффициентов сжатия при допустимом качестве изображения. Поэтому при моделировании изображения необходимо использовать признаки, которые характеризуют неоднородности.

Для описания неоднородностей изображения целесообразно использовать двоичное дерево. При построении двоичного дерева каждой его вершине приписывается числовая характеристика, которая используется для определения типа родительской вершины. Тип каждой вершины следующего яруса определяется на основе предыдущих по следующему правилу: тип вершины принимается черным, если тип всех предыдущих – черный, и

всевозможные попарные разности их характеристик не превышают порога, в противном случае тип вершины принимается белым. В качестве порога целесообразно использовать гистограммную характеристику дисперсия. Характеристика вершины следующего яруса принимается равной среднеарифметическому от характеристик предыдущих вершин. Ярусы двоичного дерева предлагается нумеровать от листьев с 0. Нулевой ярус соответствует листьям двоичного дерева.

Используя вышеуказанные правила построения, на каждом ярусе двоичного дерева сформируется уменьшенный черно-белый образ исходного изображения, составленный из вершин разного типа (черных и белых). В результате такого преобразования получится изображение, состоящее из черных и белых областей. Черные области будут соответствовать областям изображения с плавным переходом цвета, а белые области будут соответствовать областям изображения с различными неоднородностями.

Доля черных областей в преобразованном изображении может быть использована как признак стационарности изображения, а доля белых областей – как признак неоднородности изображения.

Для определения связности между элементами изображения целесообразно использовать число Эйлера, которое является топологическим признаком и определяется по формуле:

$$E = H - D,$$

где H – число объектов в составе изображения; D – число дыр внутри объектов.

В связи с тем, что вид зависимости коэффициента сжатия от указанных признаков не установлен, то для селективного поиска моделей целесообразно использовать метод группового учета аргументов (МГУА), который позволяет решать задачу определения структуры сложных объектов по результатам наблюдений.

Алгоритмы, в которых используется МГУА, реализуют схему массовой рекурсивной селекции. При реализации алгоритма МГУА строится множество регрессионных моделей и происходит самоотбор оптимальных моделей для конкретного изображения.

В методе используются квадратичные полиномы вида:

$$f(x_1, x_2) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1x_2 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2.$$

На каждом этапе селекции происходит отбор моделей. Этот отбор осуществляется на основе критерия минимального смещения.

В результате селекции модели упорядочиваются по данному критерию, выбирается m моделей, где m – число входных переменных. На следующий этап селекции отбираются модели с переменными, которые оказывают существенное влияние на объект изображения. Некоторые переменные моделей могут оказывать влияние на объект лишь совместно с другими составляющими. Для того, чтобы при селекции не потерять эти переменные, в методе используется протекция переменных, которая реализуется в виде дополнительного анализа исключенных моделей. В результате этого анализа формируется список входных переменных и, если в этом списке имеются переменные, которые не вошли в отобранные модели, то на следующий этап селекции дополнительно отбираются наилучшие модели, включающие эти переменные. Найденные модели также участвуют в формировании моделей для следующего ряда селекции.

Данный алгоритм селекции выполняется до того момента, пока критерий минимального смещения не достигнет своего минимального значения при увеличении сложности модели. Полученная в результате селекции модель соотносится с оптимальным для данного изображения методом сжатия, при котором можно добиться максимального коэффициента сжатия. Таким образом, при программной реализации данного алгоритма

можно автоматизировать процесс оптимального выбора метода сжатия для конкретного изображения, что позволит эффективнее использовать ресурсы для хранения графических изображений (фотографий с места ДТП и схемы ДТП) в автоматизированной информационно-управляющей системе Госавтоинспекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах». Утверждена постановлением правительства Российской Федерации № 864 от 2 октября 2013 года.
2. Приказ МВД России от 16.08.2014 № 700 «О порядке эксплуатации в органах внутренних дел Российской Федерации автоматизированных систем оперативного сбора, учета и анализа сведений о показателях в области обеспечения безопасности дорожного движения».
3. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. – Киев: Наукова думка, 1982. – 296 с.

Линьков Вадим Вячеславович

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

Кандидат технических наук, старший преподаватель

Тел.: 8 920 808 8118

E-mail: linkov_vadim@mail.ru

V.V. LIN'KOV (*Candidate of Engineering Sciences, Senior Teacher*)
Law Institute of the Russian Interior Ministry named V.V. Luk'yanov, Orel

DASIC ASPECTS STORAGE EFFICIENCY OF DIGITAL IMAGES IN AN AUTOMATED INFORMATION SYSTEM TRAFFIC POLICE

The article discusses the procedure of information exchange in the processing of data on road accidents and how to optimize the storage of digital images in automated information systems of traffic police.

Keywords: *information technology; automated information systems; information support of traffic police.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Federal'naya celevaya programma «Povy'shenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013-2020 godax». Utverzhdena postanovleniem pravitel'stva Rossijskoj Federacii № 864 ot 2 oktyabrya 2013 goda.
2. Prikaz MVD Rossii ot 16.08.2014 № 700 «O poryadke e'kspluatatsii v organax vnutrennix del Rossijskoj Federacii avtomatizirovanny'x sistem operativnogo sбора, ucheta i analiza svedenij o pokazatelyax v oblasti obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya».
3. Ivaxnenko A.G. Induktivny'j metod samoorganizacii modelej slozhny'x sistem. – Kiev: Naukova dumka, 1982. – 296 s.

УДК 65.011.56: 519.254

П.В. ЛУКЪЯНОВ, А.И. ФРОЛОВ

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ НАХОЖДЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫХОДНЫХ НАБОРОВ ДАННЫХ СИСТЕМЫ АДМИНИСТРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА

В статье рассматриваются вопросы автоматического выбора алгоритма прогнозирования состояния объекта мониторинга. Выбор осуществляется посредством подстановки в классификационную функцию характеристик временного ряда, на выходе которой будет оптимальный метод прогнозирования. В статье рассматриваются методы и алгоритмы, с помощью которых можно автоматически определять характеристики временных рядов.

Ключевые слова: мониторинг; прогнозирование; определение характеристик; классификация.

ВВЕДЕНИЕ

Результаты административного мониторинга играют важнейшую роль в ходе принятия управленческих решений при реализации проектного управления в организационных, организационно-технических и социально-экономических системах [8]. Однако получаемые в результате административного мониторинга сложных систем огромные объемы данных не могут быть одновременно восприняты и осмыслены лицом, принимающим стратегические решения. Для эффективного использования полученных информационных ресурсов необходимо их преобразование в информационно-аналитические, отличающиеся более высокой степенью абстракции. То есть встает вопрос об организации интеллектуальной обработки данных, в частности, одной из важнейших и сложных задач является прогнозирование состояния объекта мониторинга. В системе мониторинга выходные наборы данных представляют собой множество показателей объектов учета, значения которых фиксируются через равные промежутки времени – периоды. Поэтому выходные наборы данных мониторинга можно рассматривать как временные ряды.

Для анализа временных рядов чаще всего применяется аппарат математической статистики, что приводит к необходимости наличия у специалиста или исследователя знаний в области соответствующих методов и моделей прогнозирования, поскольку использование нерациональной модели может дать правдоподобный, но далекий от реальности результат. Это обусловлено тем, что выполнение численных операций в различных моделях не приводит к алгебраическим ошибкам и, следовательно, применение ошибочной модели зачастую незаметно. Использование статистических пакетов не позволяет избежать описанной проблемы, поскольку в них автоматизировано выполняются лишь вычисление по выбранной модели (алгоритму) и формальная проверка входных данных. Кроме того, данные программные продукты обычно обладают сложным пользовательским интерфейсом, возможностью настройки большого количества параметров малознакомых обычному пользователю [5].

Для прогнозирования временных рядов разработано большое количество методов или алгоритмов. Результат работы каждого алгоритма зависит от свойств прогнозируемого ряда, поэтому возникает задача автоматического или в существенной степени автоматизированного выбора наилучшего алгоритма из некоторого заданного семейства.

В статье [9] говорится, что задачу автоматического или в существенной степени автоматизированного выбора рационального метода прогнозирования для временного ряда значений показателей, полученных по результатам административного мониторинга, можно рассматривать как задачу классификации. Также в статье [9] было проведено исследование, в

результате которого был сформирован набор потенциальных классификационных признаков. В него, основываясь на специфике модели хранения данных (являющейся абстракцией объекта мониторинга) в системе административного мониторинга, помимо широко известных характеристик временного ряда, введены структурные характеристики модели хранения данных объекта мониторинга. Данные критерии характеризуют как один из выделенных в ходе исследования классов структуры хранения данных, так и конкретную структуру хранения данных исследуемого объекта мониторинга.

Для решения задачи классификации был разработан алгоритм нахождения оптимального набора характеристик временного ряда на всем пространстве признаков, а также их весов [4]. В результате эксперимента был достигнут максимум классификационной функции оптимальности на сочетании признаков: наличие или отсутствие тренда, наличие или отсутствие сезонной компоненты, наличие или отсутствие случайной компоненты, количество выбросов, количество терминальных объектов учета, связанных по общему показателю.

Чтобы автоматически определять наилучший метод прогнозирования для временного ряда, нужно на вход классификационной функции подать характеристики (признаки) временного ряда. Для этого рассмотрим методы и алгоритмы нахождения характеристик (признаков) временного ряда.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕНДА

В работе [3] проводились исследования совокупности критериев, ориентированных на проверку гипотез отсутствия тренда в средних и дисперсиях. Критерии тренда и случайности предназначены для проверки гипотез о случайности расположения полученных выборочных данных, т.е. отсутствия взаимосвязи между значениями наблюдаемой случайной величины и их номерами в выборочной последовательности. Эти критерии имеют широкую область применения, особенно при анализе временных рядов. Ниже приведены результаты исследования.

Рассматриваемые критерии проверки гипотез об отсутствии тренда в средних можно упорядочить по мощности (относительно линейного тренда) следующим образом: Кокса-Стюарта > Бартелса > ранговой сериальной корреляции Вальда-Вольфовитца > автокорреляции > сериальной корреляции Вальда-Вольфовитца > Фостера-Стюарта.

Если рассматривать в качестве конкурирующих гипотез наличие периодического и смешанного тренда, то целесообразно рекомендовать использование критериев Бартелса, Вальда-Волфовитца (ранговый и неранговый вариант) и автокорреляции.

При исследовании мощности критериев обнаружения тренда в характеристиках рассеяния в качестве конкурирующих гипотез рассматривалась ситуация с линейным трендом в дисперсии. Исследовалась мощность критериев Фостера-Стюарта, Кокса-Стюарта, автокорреляции, ранговой сериальной корреляции Вальда-Волфовитца, сериальной корреляции Вальда-Вольфовитца и Бартелса. Оказалось, что критерии Фостера-Стюарта и Кокса-Стюарта, специально построенные для выявления тренда в дисперсии, весьма значительно превосходят по мощности остальные критерии. Для обнаружения тренда в дисперсии можно рекомендовать к применению критерии Фостера-Стюарта и Кокса-Стюарта, расположив их по предпочтению: Фостера-Стюарта > Кокса-Стюарта.

По вышеописанным результатам можно сделать вывод, что для определения тренда в выходных наборах данных системы административного мониторинга нужно использовать два критерия: критерий Бартелса и Фостера-Стюарта.

Критерий Бартелса [1]: пусть R_i – ранг i -го наблюдения в последовательности n наблюдений x_i . Бартелсом был предложен ранговый критерий случайности ряда, основанный на статистике:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (R_i - R_{i+1})}{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}.$$

Нормализованная статистика:

$$B^* = \frac{B - M(B)}{\sqrt{D(B)}} = \frac{B - 2}{\sqrt{\frac{5}{5n + 7}}}.$$

Если $|B^*| < u_{1-\alpha/2}$, то гипотеза случайности не отклоняется; $u_{1-\alpha/2}$ – квантиль стандартного нормального распределения.

Критерий Фостера-Стюарта [1]: статистики критерия имеют вид:

$$S = \sum_{i=2}^n s_i; d = \sum_{i=2}^n d_i,$$

где $d_i = u_i - l_i$; $S_i = u_i + l_i$; $u_i = 1$, если $x_i > x_{i-1}, x_{i-2}, \dots, x_1$, иначе $u_i = 0$; $l_i = 1$, если $x_i < x_{i-1}, x_{i-2}, \dots, x_1$, иначе $l_i = 0$.

Статистика S используется для проверки наличия тренда в дисперсиях, а статистика d – для обнаружения тренда в средних. При отсутствии тренда величины $t = \frac{d}{f}$; $\tilde{t} = \frac{S - f^2}{l}$ приближенно подчиняются распределению Стьюдента с $\nu = n$ степенями свободы. Формулы для f и l применимы при $n > 50$, значения при $n \leq 50$ приведены в [2]:

$$l = \sqrt{2 \ln n - 3,4253}; f = \sqrt{2 \ln n - 0,8456}.$$

Нулевая гипотеза отсутствия тренда отклоняется с заданным уровнем значимости α , если $|t|, |\tilde{t}| > t_{1-\alpha/2}$.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЗОННОЙ КОМПОНЕНТЫ

В работе [7] используется автокорреляционная функция для исследования ряда на наличие периодической компоненты, сдвигая ряд на несколько отсчетов и сравнивая с самим собой. Автокорреляционная функция – это характеристика временного ряда, которая помогает находить его повторяющиеся участки, скрытые из-за наложений шума или других помех. Для дискретного временного ряда X_1, X_2, \dots, X_n с известными матожиданием μ и дисперсией σ автокорреляционную функцию можно рассчитать по следующей формуле:

$$R(\omega) = \frac{1}{(n - \omega)\sigma^2} \sum_{i=1}^{n-\omega} [X_i - \mu][X_{i+\omega} - \mu],$$

где n – длина временного ряда, ω – текущая задержка во времени. Таким образом получим функцию $R(\omega)$, зависящую от лагов (задержек во времени). Исследуя ее на экстремальные значения, получим значения периодов во временном ряде.

Анализ автокорреляционной функции позволяет выявить структуру ряда, т.е. определить присутствие в ряде той или иной компоненты. Так, если наиболее высоким оказался коэффициент автокорреляции первого порядка, то исследуемый ряд содержит только тренд. Если наиболее высоким оказался коэффициент автокорреляции порядка m , то ряд содержит сезонную компоненту с периодичностью в m моментов времени. Если же ни один из коэффициентов автокорреляции не является значимым, то можно сделать одно из двух предположений:

1) либо ряд не содержит тренда и сезонную компоненту, а его уровень определяется только случайной компонентой;

2) либо ряд содержит сильный нелинейный тренд, для выявления которого нужно провести дополнительный анализ.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ КОМПОНЕНТЫ И КОЛИЧЕСТВА ТЕРМИНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ УЧЕТА, СВЯЗАННЫХ ПО ОБЩЕМУ ПОКАЗАТЕЛЮ

Для определения значимости случайной компоненты будет использоваться совокупность характеристик моделей хранения – уровень ОУ, количество связей с ОУ по показателям, количество терминальных ОУ.

В результате анализа различных структур хранения данных при решении конкретных задач административного мониторинга были получены следующие результаты:

1) если объект учета имеет самый низкий уровень, то он имеет значимую случайную компоненту;

2) если ОУ имеет меньше 10 терминальных ОУ, то он имеет значимую случайную компоненту.

Для определения количества терминальных ОУ и количества терминальных ОУ, связанных по общему показателю, будет использоваться смешанный обход по дереву, которым представлена логическая структура модели хранения данных. Уровень ОУ может быть определен нисходящим обходом по дереву, которым представлена логическая структура модели хранения.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ

Во временных рядах наибольшее распространение получил метод Ирвина, основанный на определении λ -статистики [6]. При его использовании выявление аномальных наблюдений производится по формуле:

$$\lambda_i = \frac{|y_i - y_{i-1}|}{\sigma_y},$$

где y_i – текущее значение во временном ряду, которое проверяется на аномальность; y_{i-1} – значение во временном ряду, идущее перед тем, которое проверяется на аномальность; σ_y – среднеквадратическое отклонение уровней ряда от их среднего уровня.

Если расчетное значение превысит уровень критического $\lambda_{кр}$ (с заданным уровнем точности и числом наблюдений) (табл. 1), то расчетное значение признается аномальным.

Таблица 1 – Табулированные значения λ_i

Число наблюдений	$\lambda_{кр}$	
	0,95	0,99
2	2,8	3,7
3	2,2	2,9
10	1,5	2,0
20	1,3	1,8
30	1,3	1,7
50	1,1	1,6
100	1,0	1,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам анализа методов и алгоритмов нахождения характеристик (признаков) временного ряда можно сделать следующие выводы:

- 1) рассмотренные методы и алгоритмы позволяют автоматически находить характеристики временного ряда;
- 2) суммарная сложность нахождения характеристик временного ряда по времени значительно меньше (как минимум на порядок) работы любого алгоритма прогнозирования.

Исследования проводились при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Орловской области, грант № 12-07-97528-р_центр_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беркович А.С., Лемешко Б.Ю., Щеглов А.Е. Исследование распределений статистик критериев тренда и случайности // Материалы X международной конференции «Актуальные проблемы электронного приборостроения» АПЭП – 2010. – Т. 6. – Новосибирск, 2010. – С. 13-17.
2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006.
3. Комиссарова А.С., Лемешко Б.Ю. Сравнительный анализ мощности критериев проверки случайности и отсутствия тренда // Материалы Российской НТК «Информатика и проблемы телекоммуникаций». – Новосибирск, 2011. – Т. 1. – С. 72-75.
4. Лукьянов П.В., Фролов А.И. Получение классификационной функции для автоматического выбора алгоритма прогнозирования состояния объекта административного мониторинга // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. ИТНОП – 2014: материалы VI-й Международной научно-технической конференции [Электронный ресурс]. – URL: <http://irsit.ru/files/article/402.pdf> – 7.
5. Паротькин Н.Ю. Автоматизация прогнозирования временных рядов генетическим алгоритмом // Молодежь и наука: сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию первого полета человека в космос. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2011.
6. Садовникова Н.А., Шмойлова Р.А. Анализ временных рядов и прогнозирование. – М.: Изд-во Московского гос. ун-та экономики, статистики и информатики, 2001. – 67 с.
7. Токмакова А.А. Выделение периодической компоненты из временного ряда // Машинное обучение и анализ данных, 2011. – № 1. – Т. 1. – С. 31-41.
8. Фролов А.И., Константинов И.С. Административный мониторинг как элемент процесса организации управления в организационно-технических системах // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011) // Материалы Пятой международной конференции (3-5 октября 2011 г., Москва, Россия). – Том II. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 383-386.
9. Фролов А.И., Лукьянов П.В. Исследование характеристик выходных наборов данных системы административного мониторинга в контексте автоматизации прогнозирования состояния объекта мониторинга // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 1. – С. 17-21.

Лукьянов Павел Вадимович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Младший научный сотрудник УНИЛ СПО УНИИ ИТ
Тел.: 8 (4862) 76-19-10
Email: ckboji@gmail.com

Фролов Алексей Иванович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 (4862) 43-09-44
Email: aifrolov@ostu.ru

P.V. LUK'YaNOV (*Junior Researcher*)

A.I. FROLOV (*Candidate of Engineering Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Department «Information systems»
State University – ESPC, Orel*)

**METHODS AND ALGORITHMS FOR FINDING THE CHARACTERISTICS OF THE OUTPUT
DATA SETS OF ADMINISTRATIVE MONITORING**

In article questions of automatic selection of algorithm predicting the state of the monitoring object are considered. The selection is made by substituting in the classification function of characteristics of the time series, on the output of which will be the best method of forecasting. In article methods and algorithms that can be used to automatically determine the characteristics of time series are considered.

Keywords: *monitoring; predicting; determine the characteristics; classification.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Berkovich A.S., Lemeshko B.Yu., Shheglov A.E. Issledovanie raspredelenij statistik kriteriev trenda i sluchajnosti // Materialy' X mezhdunarodnoj konferencii «Aktual'ny'e problemy' e'lektronogo priborostroeniya» APE'P – 2010. – T. 6. – Novosibirsk, 2010. – S. 13-17.
2. Kobzar' A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. – M.: Fizmatlit, 2006.
3. Komissarova A.S., Lemeshko B.Yu. Sravnitel'ny'j analiz moshhnosti kriteriev proverki sluchajnosti i otsutstviya trenda // Materialy' Rossijskoj NTK «Informatika i problemy' telekommunikacij». – Novosibirsk, 2011. – T. 1. – S. 72-75.
4. Luk'yanov P.V., Frolov A.I. Poluchenie klassifikacionnoj funkicii dlya avtomaticheskogo vy'bora algoritma prognozirovaniya sostoyaniya ob''ekta administrativnogo monitoringa // Informacionny'e tehnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve. ITNOP – 2014: materialy' VI-j Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://irsit.ru/files/article/402.pdf> – 7.
5. Parot'kin N.Yu. Avtomatizaciya prognozirovaniya vremenny'x ryadov geneticheskimi algoritmi // Molodezh' i nauka: sbornik materialov VII Vserossijskoj nauchno-texnicheskoj konferencii studentov, aspirantov i molody'x ucheny'x, posvyashhennoj 50-letiyu pervogo poleta cheloveka v kosmos. – Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t., 2011.
6. Sadovnikova N.A., Shmojlova R.A. Analiz vremenny'x ryadov i prognozirovanie. – M.: Izd-vo Moskovskogo gos. un-ta e'konomiki, statistiki i informatiki, 2001. – 67 s.
7. Tokmakova A.A. Vy'delenie periodicheskoy komponenty' iz vremennogo ryada // Mashinnoe obuchenie i analiz danny'x, 2011. – № 1. – T. 1. – S. 31-41.
8. Frolov A.I., Konstantinov I.S. Administrativny'j monitoring kak e'lement processa organizacii upravleniya v organizacionno-texnicheskix sistemax // Upravlenie razvitiem krupnomasshtabny'x sistem (MLSD'2011) // Materialy' Pyatoy mezhdunarodnoj konferencii (3-5 oktyabrya 2011 g., Moskva, Rossiya). – Tom II. – M.: IPU RAN, 2011. – S. 383-386.
9. Frolov A.I., Luk'yanov P.V. Issledovanie xarakteristik vy'vodny'x naborov danny'x sistemy' administrativnogo monitoringa v kontekste avtomatizacii prognozirovaniya sostoyaniya ob''ekta monitoringa // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x tehnologij, 2013. – № 1. – S. 17-21.

УДК 311.21

Б.А. ТОРОПОВ, Д.В. МОРОЗ

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ В СВЯЗИ С МАССОВЫМИ ОБЩЕСТВЕННЫМИ МЕРОПРИЯТИЯМИ

В статье рассматриваются различные подходы к мониторингу и анализу онлайн-социальных сетей. Авторы рассматривают три основных подхода к социально-сетевому анализу: автоматизированный, ручной и с применением систем автоматического мониторинга.

Ключевые слова: социальные сети; мониторинг; программные средства; массовые мероприятия.

Современные онлайн-социальные сети насчитывают сотни миллионов пользователей по всему миру и играют все возрастающую роль в общественной жизни. Ни одно хоть сколько-нибудь масштабное массовое мероприятие сегодня не обходится без предварительного обсуждения, организации, привлечения участников через социальные сети. В ходе проведения самих массовых мероприятий социальные сети служат для их освещения в режиме реального времени, а зачастую и для координации участников, находящихся непосредственно на месте событий. При подготовке кампаний по продвижению новых товаров и услуг коммерческие компании сегодня начинают эту деятельность с мониторинга социальных сетей на предмет отношения пользователей к тем или иным товарам, уже существующим на рынке, прогнозируя потенциал готовящейся компании и внося в нее соответствующие коррективы. Актуальной научно-практической задачей сегодня является проработка методов социально-сетевого мониторинга и анализа в различных областях деятельности.

В настоящей работе авторы пытаются обобщить и классифицировать существующие подходы к сбору значимой информации из социальных сетей, рассмотреть возможности программных средств, позволяющих осуществлять эту работу.

Рассмотрим задачу мониторинга социальных сетей в связи с готовящимися или проходящими массовыми мероприятиями. В качестве наиболее значимых таких мероприятий следует, безусловно, выделить революции, потрясшие Арабский мир зимой 2011 г., зачастую упоминаемые в англоязычной прессе как Twitter Revolutions (пер. с англ. – «твиттерные революции»). Они, конечно, не были единственными массовыми политическими акциями, сопровождавшимися активным освещением и координацией через онлайн-социальные сети. Нельзя недооценивать роль «Твиттера» и других социальных сетей в массовых беспорядках весны 2009 г. в Молдове, в подавленном восстании после иранских выборов того же года. В российской протестной активности 2011-2012 гг. социальные сети тоже сыграли важную роль, позволив организаторам существенно увеличить число участников митингов и шествий. Равно как акций и действий, приведших к нарушениям общественного порядка (ряд несогласованных митингов) и прямым насильственным столкновениям с силами полиции (события 6 мая 2012 г.), где с обеих сторон были пострадавшие, получившие серьезный вред здоровью.

Революции в Тунисе и Египте во многом благодаря своему политическому успеху напрямую ассоциированы с социальной сетью «Твиттер». Освещение и координация египетских событий в этой социальной сети рассматривается, например, в (Tsvetovat, Kouznetsov, 2011. – Р. 14-18). Авторы этой работы осуществили подход к мониторингу и последующему анализу социальной сети, который имеет универсальный характер и может быть использован при изучении процессов как предшествующих проведению массового

общественного мероприятия, так и непосредственной активности участников во время этого мероприятия.

Алгоритм мониторинга сети, сопутствующего организации и проведению массовых мероприятий, способных представлять угрозу общественному порядку, включает в себя следующие основные этапы:

1. Фиксация появления информационного сигнала о готовящемся массовом мероприятии.

2. Составление семантического ядра для данного мероприятия (место и время проведения, лозунги, формальные и неформальные названия мероприятия, имена организаторов и т.п.).

3. Отслеживание потока сообщений в социальной сети, связанных с мероприятием, на основании составленного семантического ядра

4. Выявление связей и построение графа связей участников сети, которые оставили сообщения.

Дальнейшая аналитическая работа зависит от целей проведения анализа. Наибольший интерес, конечно, представляет прогнозирование массовых действий участников в реальном масштабе времени. Однако эта задача достаточно сложная, требующая научной проработки с точки зрения психологии толпы, социологии. В то же время некоторые более тривиальные задачи могут быть решены с применением простейших элементов аппарата социально-сетевого анализа. Это может быть оценка потенциальных масштабов мероприятия. По радикальности высказываний о намерениях участников можно дать оценку степени его опасности с точки зрения общественного порядка. Также по полученному графу связей можно установить лидеров мнений, играющих ключевую роль в распространении информации среди других участников.

На рисунке 1 показан вариант визуализации графа связей социальной сети.

Узлы приведенной сети – это пользователи «Живого Журнала», опубликовавшие сообщения об акции «Оккупай Абай» 7 мая 2012 года. Каждая связь означает нахождение в «друзьях» одного пользователя у другого (может быть как односторонней, так и двухсторонней). Участники проранжированы согласно своему весу в сети (числу входящих связей) – чем выше ранг участника, тем крупнее и светлее отображен соответствующий узел графа связей. Конечно, более детальный анализ требует сбора данных не просто о нахождении участников в «друзьях» друг у друга, но о реакции на сообщения – комментарии к сообщению и перепосты (перепубликация в собственном «ЖЖ»). В этом примере сбор таких данных проведен не был. Пример просто демонстрирует средства визуализации графов связей, здесь в качестве такого средства был использован общедоступный пакет визуализации сетей Gephi 0.8.1 beta.

Найти сегодня социальные сети в Интернете несложно, однако собрать массив данных об участниках и представить в пригодной для анализа форме – нетривиальная с технологической точки зрения задача. При ее решении потребуются либо навыки программирования, либо специальные готовые программные средства и аналитические пакеты, которые, впрочем, также требуют от пользователя определенного набора знаний о структуре данных в социальных сетях и методах работы с ними.

В статье Берни Хогана (Hogan, 2008, P. 151), сотрудника Оксфордского университета, специалиста по современным медиакоммуникациям, приведен перечень языков программирования и программных средств. В качестве наиболее популярных языков автор отмечает: Python, Perl, и Java, а также приводит примеры общедоступных программ для сбора и анализа данных. Некоторые из них: SNARF – разработка The Community Technologies Group из Microsoft, позволяющая анализировать электронную почту; NetScan – программа для работы с архивами телеконференций Usenet; The CASOS – пакет

инструментов сбора и анализа сетевых данных; Thelwall – средство для анализа цитирований со встроенным интернет-краулером SocSciBot и ряд других программ.

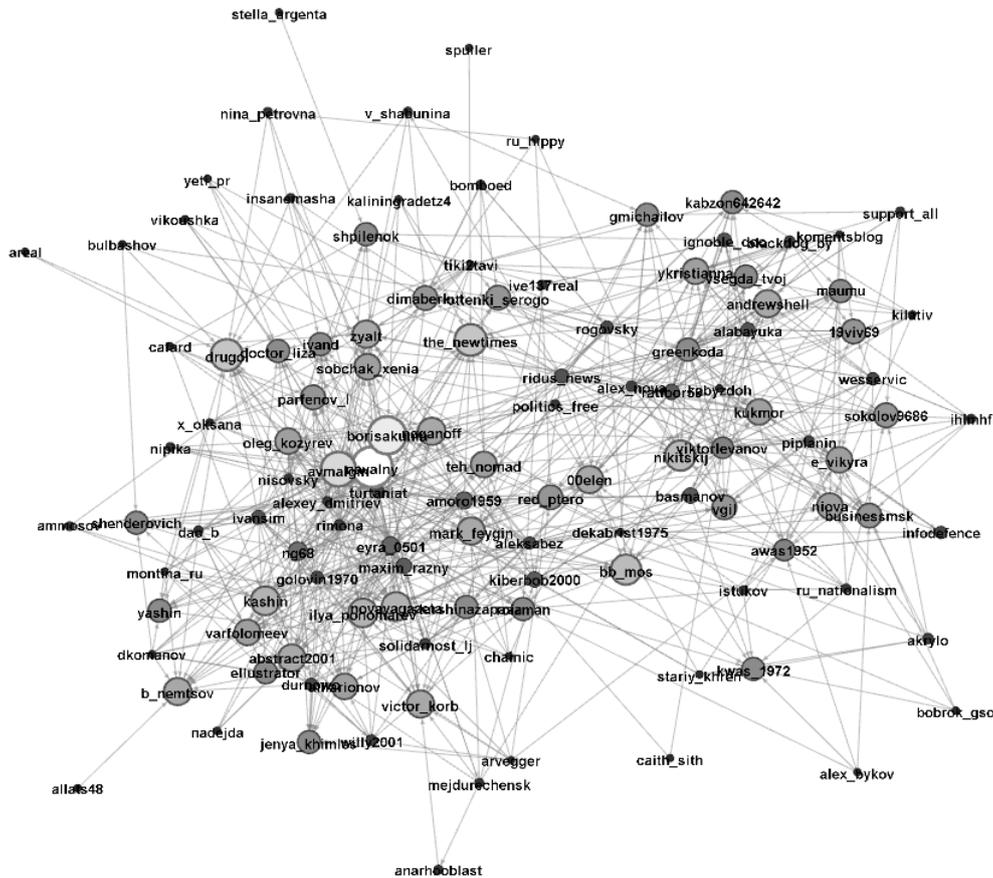


Рисунок 1 – Граф связей социальной сети с ранжированием узлов по весу (числу входящих связей)

Существует также много программных средств, которые могут помочь в визуализации и анализе социальных сетей, например: Visster, Prefuse, JUNG, SNA (пакет социально-сетевому анализу для среды разработки R), UCInet, Pajek и уже упомянутый выше пакет Gephi. Причем даже обладая базовыми навыками программирования, можно собирать данные из онлайн-социальных сетей и проводить на их основе анализ и визуализацию. Чтобы получить в реальном времени поток сообщений с определенными ключевыми словами из «Твиттера», достаточно лишь нескольких строчек кода на языке Python (см., например, Russell, 2011. – 5 р.).

Впрочем, даже не прибегая к специальным программным средствам и не обладая навыками программирования, можно проводить так называемый ручной мониторинг социальных сетей. Наиболее актуальным инструментом для ручного мониторинга является «Поиск Яндекса по блогам». Это уникальный сервис, полноценных аналогов которому нет в мире. Яндекс.Блоги индексирует несколько десятков миллионов русскоязычных блогов, микроблогов и форумов. При этом записи с часто обновляемых ресурсов индексируются несколько раз в час, редко обновляемые блоги индексируются несколько раз в сутки. Следовательно, в базе Яндекс.Блогов всегда находится максимально актуальная информация по публикациям в блогах, что делает его идеальным сервисом для мониторинга. Важной особенностью Яндекс.Блогов является то, что по умолчанию результаты поиска ранжируются не по релевантности запроса, как в обычном поиске, а по хронологии. То есть,

чем меньше времени прошло после публикации поста, тем выше он окажется в выдаче. Таким образом, на первых страницах результатов поиска, как правило, собраны наиболее свежие упоминания. Это соответствует общей логике блогосферы: актуальность публикуемой информации быстро снижается. В Яндекс.Блогах есть несколько специальных вкладок, которые позволяют поставить фильтр на результаты поиска:

- популярные блоги. Выводит в результатах поиска только упоминания в блогах с определенным уровнем популярности. Данный фильтр имеет смысл использовать для составления списка наиболее приоритетного реагирования, поскольку скорость распространения информации (в том числе негативной) из популярных блогов на порядок выше, нежели из тех, где всего несколько подписчиков;

- блоги. Выводит в результатах только упоминания в блогах. Данный режим выставляется по умолчанию;

- микроблоги. Выводит в результатах только упоминания на сервисах микроблогов (Twitter, «Рутвит» и т.д.);

- комментарии. Выводит в результатах только упоминания в комментариях к записям;

- форумы. Выводит в результатах только упоминания на форумах. По умолчанию поиск по форумам не ведется;

- все блоги и форумы. Максимально полные результаты поиска, выводятся все упоминания на всех индексируемых площадках.

Помимо прочего, в Яндекс.Блогах можно использовать специфический для Яндекса язык запросов, чтобы сделать поиск максимально точным.

Алгоритм ручного мониторинга через сервис «Поиск Яндекса по блогам» выглядит следующим образом:

1. В поисковое окно последовательно вводятся запросы для мониторинга.

2. По каждому из запросов анализируются данные за период, прошедший с момента предыдущего мониторинга.

3. Выделяются упоминания, требующие немедленного реагирования.

4. Полученные данные заносятся в специальную таблицу, основные поля которой – это дата, запрос, ссылка, площадка, блогер, название поста, тональность упоминания, инфоповод, реакция аудитории (количество комментариев).

По результатам анализа полученных данных можно вырабатывать решение о необходимости реагирования со стороны правоохранительных органов на угрозы общественной безопасности.

На основе API¹ Яндекс.Блогов работают и большинство систем автоматического мониторинга, то есть фактически с помощью собственных алгоритмов анализируют и видоизменяют данные, предоставляемые Яндексом.

Рынок систем автоматического мониторинга социальных сетей и блогов сегодня переживает резкий рост, постоянно появляются новые сервисы. Безусловно, это связано с активным приходом бизнеса в социальные сети и с постепенным усложнением задач, которые он ставит в данной среде. Среди сервисов, позволяющих проводить автоматический мониторинг и анализ социальных сетей: *Autonomy*, *Babkee*, *Brandspotter*, *IQBuzz*, *Wobot*, *YouScan*, «Крибрум», «Семантический архив» и другие.

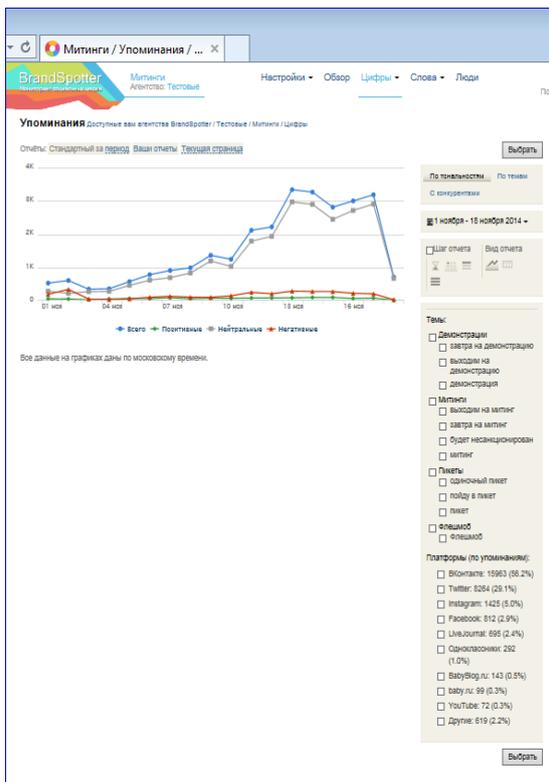
Рассмотрим основные возможности, которые они предоставляют:

- построение сводки упоминаний в режиме реального времени, выстраивание графиков с динамикой упоминаний, соотношением положительных и отрицательных высказываний по заданной теме;

¹ Интерфейс программирования приложений (англ. *Application Programming Interface, API*)

– получение информации о лидерах мнений, истории взаимодействия каждого лидера мнений с событиями: когда, сколько раз и в какой тональности он упоминал происходящее. Выяснение популярности блогера, позволяющее понять значимость его высказываний и выявление потенциально заинтересованных пользователей, например, друзей и читателей, лояльных к высказываниям лидеров мнений.

Информация, полученная от системы автоматического мониторинга, обо всех найденных упоминаниях сохраняется в системе и при необходимости доступна для сортировки, фильтрации по конкретным признакам (например, упоминания на определенной платформе или только определенной тональности) и дальнейшего анализа.



а) динамика появления сообщений по заданной теме



б) сведения об участниках социальных сетей, высказывавшихся на заданную тему

Рисунок 2 – Элементы интерфейса одной из систем автоматического мониторинга социальных сетей Brandspotter

Подобные системы, как правило, имеют встроенные аналитические алгоритмы, позволяющие оценить внимание, привлеченное к тому или иному сообщению (количество пользователей, просматривавших сообщение), вовлеченность аудитории (насколько пользователи вовлечены в активную деятельность вокруг данной информации), влияние, оказываемое блогером на аудиторию (насколько лояльно к проблеме относится аудитория). Все эти показатели можно отслеживать как в отсечке на текущий момент, так и в динамике изменения.

В общем случае алгоритм автоматического мониторинга можно свести к следующим шагам:

1. Подбор семантического ядра.
2. Настройка мониторинга.
3. Запуск мониторинга.
4. Отслеживание результатов с заданной периодичностью.

5. Анализ результатов.

Системы автоматического мониторинга и анализа социальных сетей объединяют следующие особенности: задействование внешних вычислительных мощностей, принадлежащих компании-владельцу системы; большое разнообразие (зачастую избыточное) мониторинговых и аналитических задач, которые позволяет решать система; автоматический сбор данных из широкого спектра информационных ресурсов. Существенным недостатком подобных систем, вытекающим из приведенных особенностей, выступает наличие платы за пользование, которая может варьироваться в достаточно широком диапазоне.

Таким образом, можно выделить три основных подхода к выбору средств и методов социально-сетевого мониторинга:

1. Ручной. Этот подход предусматривает непосредственный просмотр сообщений в социальных сетях и может быть вполне адекватен в случаях, когда необходим мониторинг либо сообщений от конкретного участника социальных сетей или блогера, либо случае, когда идет отслеживание появления конкретного заранее известного информационного повода, публикаций на определенную тематику.

2. Автоматизированный. С использованием самостоятельно разработанных программных средств, а также готовых библиотек к языкам программирования и программных модулей такой подход позволяет наиболее эффективно и без существенных финансовых вложений достигать конкретных целей социально-сетевого анализа. Это и отслеживание интенсивности обсуждения определенных тем, и построение сети пользователей, связанных с определенным процессом или явлением, и выявление лидеров мнений, и т.п. Недостаток этого блока методов состоит в необходимости наличия навыков программирования, изучения API конкретных социальных сетей, кроме того, такие программные средства, как правило, будут охватывать лишь определенную заранее избранную онлайн-социальную сеть.

3. Автоматический. Системы автоматического мониторинга социальных сетей предоставляют наиболее широкий инструментарий не только мониторинга, но и анализа социальных сетей. Недостатки, связанные с применением таких систем, следующие: выполнение всех алгоритмов вычислительными мощностями компании, предоставляющей доступ к системе; существенные финансовые затраты.

Инструментарий мониторинга и анализа социальных сетей сегодня очень разнообразен, а конкретные программные средства или комплексные решения могут варьироваться в зависимости от поставленных задач. Так, например, задача отслеживания сообщений о готовящемся массовом мероприятии, которое может представлять угрозы общественному порядку и безопасности, может решаться путем ежедневного ручного мониторинга социальных сетей. После появления такого информационного повода для каждой конкретной социальной сети может быть применено конкретное программное решение, не требующее существенных финансовых вложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hogan B. Analysing Social Networks Via the Internet. Sage Handbook of Online Research Methods, Thousand Oaks, CA: Sage, 2008. – P. 141-161.
2. Russell M. Mining the Social Web / O'Reilly Media, Inc., 2011. – 356 p.
3. Tsvetovat M. Kouznetsov A. Social Network Analysis for Startups / O'Reilly Media, Inc., 2011. – 192 p.
4. Еременко В.Т. и др. Синтез локально-оптимальной структуры классификатора информационных ресурсов по критерию минимума средней длины процедуры поиска /

В.Т. Еременко, А.А. Батенков., И.С. Полянский, К.А. Батенков, М.А. Сазонов // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 7. – С. 3-8.

5. Еременко В.Т., Полянский И.С., Беседин И.И. Методологические аспекты синтеза оптимальной древовидной структуры в системах сбора и обработки информации // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 11. – С. 15-21.

Торопов Борис Андреевич

Академия управления МВД России, г. Москва

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационных технологий управления ОВД

Тел.: 8 (499) 150-46-09

E-mail: torbor@mail.ru

Мороз Дмитрий Витальевич

Академия управления МВД России, г. Москва

Слушатель факультета подготовки руководителей территориальных органов МВД России, соискатель ученой степени

B.A. TOROPOV (*Candidate of Engineering Sciences, Senior Teacher of the Department Information Technologies of Management Department of the Interior*)

D.V. MOROZ (*Listener of Department of Training Heads of Territorial Agencies of Russian Interior Ministry, Applicant of Science Degree*)
Academy of management of Russian Interior Ministry, Moscow

MEANS AND METHODS FOR SOCIAL NETWORKS MONITORING IN CONNECTION WITH THE MASS PUBLIC EVENTS

The article discusses various approaches to online social networks monitoring and analysis. The authors examine three main approaches to social-network analysis: automatic, manual, and application of automatic systems.

Keywords: *social networks; monitoring; software; public events.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Hogan B. Analysing Social Networks Via the Internet. Sage Handbook of Online Research Methods, Thousand Oaks, CA: Sage, 2008. – P. 141-161.
2. Russell M. Mining the Social Web / O'Reilly Media, Inc., 2011. – 356 p.
3. Tsvetovat M. Kouznetsov A. Social Network Analysis for Startups / O'Reilly Media, Inc., 2011. – 192 p.
4. Eremenko V.T. i dr. Sintez lokal'no-optimal'noj struktury' klassifikatora informacionny'x resursov po kriteriyu minimuma srednej dliny' procedury' poiska / V.T. Eremenko, A.A. Batenkov., I.S. Polyanskij, K.A. Batenkov, M.A. Sazonov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013. – № 7. – S. 3-8.
5. Eremenko V.T., Polyanskij I.S., Besedin I.I. Metodologicheskie aspekty' sinteza optimal'noj drevovidnoj struktury' v sistemax sbora i obrabotki informacii // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013. – № 11. – S. 15-21.

УДК 004.662

В.В. ШИДЛОВСКИЙ, В.Н. ПОНОМАРЁВ, С.В. СУМАРОКОВ,
А.С. СОЛДАТОВ, А.А. КЕЧКОВ, К.Е. ГАВРОВ

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАК ОСНОВА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Разработка сложного научно-технического проекта требует принятия большого количества управленческих и научно-технических решений и непрерывной координации работы участников. Эффективность управления таким проектом повышается при наличии автоматизированной системы поддержки принятия решений, позволяющей получать актуальную и достоверную информацию о полученных результатах и текущем состоянии работ. В статье рассмотрены основные организационные и технические подходы, использованные при создании и наполнении информационной модели проекта «Прорыв», реализуемого госкорпорацией «Росатом» с целью разработки реакторов большой мощности на быстрых нейтронах с технологией замкнутого ядерного топливного цикла. В результате внедрения разработок было повышено качество контроля получаемых результатов и эффективность управления проектом в целом за счет повышения степени информированности участников и сокращения времени на подготовку обоснованных решений.

***Ключевые слова:** система поддержки принятия решений; быстрые реакторы; информационная модель; технологические данные.*

ВВЕДЕНИЕ

В 2011 году в госкорпорации «Росатом» стартовал проект «Прорыв», консолидирующий проекты по разработке реакторов большой мощности на быстрых нейтронах, технологий замкнутого ядерного топливного цикла, новых видов топлива и материалов, а также ориентированный на достижение нового качества ядерной энергетики. Цель проекта – создание ядерно-энергетического комплекса, включающего в себя АЭС с реакторами на быстрых нейтронах, производства по регенерации (переработке) и рефабрикации ядерного топлива, подготовке всех видов РАО к окончательному удалению из технологического цикла.

Одна из особенностей сложных научно-технических проектов, требующих принятия огромного количества научно-технических решений, каким и является проект «Прорыв», это большое количество территориально-распределенных исполнителей, что обуславливает сложность планирования и координации их работы, проведения экспертизы их результатов, необходимость обмена и объединения большого количества разнородной информации для получения и оценки конечного результата. Для обеспечения эффективного решения данных проблем и задач необходимо применение автоматизированной системы поддержки принятия решений, функционирующей на основе созданной и поддерживаемой в актуальном состоянии информационной модели, объединяющей данные о результатах работы всех участников проекта [1, 2]. В статье приводится анализ опыта определения требований, построения и наполнения информационной модели (на примере технологических данных), которая содержит необходимые для принятия решений и координации работ данные.

ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМАТИКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РАМКАХ СЛОЖНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

Из-за большого количества элементов, составляющих конечное изделие, а также сложности технологических процессов и аппаратурно-технологических схем проекта «Прорыв», в разработке которых принимают участие несколько подрядчиков, велика вероятность возникновения несоответствий, обусловленных невозможностью без соответствующей информационной системы отследить и распространить среди всех задействованных участников проекта большое количество постоянно изменяемых технических характеристик изделий и параметров технологических процессов. Известны случаи, когда коллизии возникают по той причине, что информация или ее часть не дошла в нужное место или дошла с задержкой. В пример можно привести ситуацию, когда при разработке технологического процесса переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) на одном из этапов поменялись параметры работы одной из установок переработки. При этом установка, которая должна выполнять следующую в процессе переработки операцию, не была модернизирована для приема на вход большего количества веществ, поскольку изменения параметров первой установки не дошли до ее разработчика. В итоге при лабораторных экспериментах обнаружилось дополнительное количество переработанного ОЯТ.

Изменения параметров технологических процессов и аппаратурно-технологических схем также обуславливают изменения конструкции оборудования, установок и аппаратов, что, в свою очередь, приводит к изменению исходных данных для проектирования зданий и сооружений, в которых должно размещаться данное оборудование. Возможны и обратные зависимости. Например, необходимо оптимизировать размеры оборудования под заданные габаритные ограничения помещения, возникшие при проектировании здания. Поэтому оперативность и качество предоставляемой информации являются определяющими факторами, влияющими на согласованность, скорость и качество принимаемых научно-технических и организационных решений и корректирующих воздействий по проекту.

Данный вывод позволяет считать создание и наполнение информационной модели (ИМ) одними из актуальнейших задач в проекте «Прорыв».

ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К НЕЙ

В рамках проекта «Прорыв» решение задачи информационной поддержки лиц, принимающих решения (ЛПР) (экспертов и руководителей), осуществляется в рамках создания единого информационного пространства (ЕИП), одной из составных частей которого является система поддержки принятия решения проекта «Прорыв». Необходимым условием функционирования системы поддержки принятия решения проекта «Прорыв» является создание информационной модели проекта, которая призвана объединить и связать организационные (дорожные карты, детальные планы-графики) и научно-технические данные (требования, характеристики, состав изделий, результаты расчетов, техническая документация), возникающие в результате работ всех участников проекта на всех стадиях жизненного цикла (рис. 1). Создание и наполнение такой информационной модели – сложная задача как с технической точки зрения (проектирование модели данных и разработка инструментов для наполнения, представления и использования информации), так и с организационной (создание необходимых регламентов и обеспечения их исполнения, в первую очередь, за счет изменений условий в договорных обязательствах между заказчиками

и исполнителями проекта. И решающее значение, как показывает практика, имеет именно организационная составляющая.

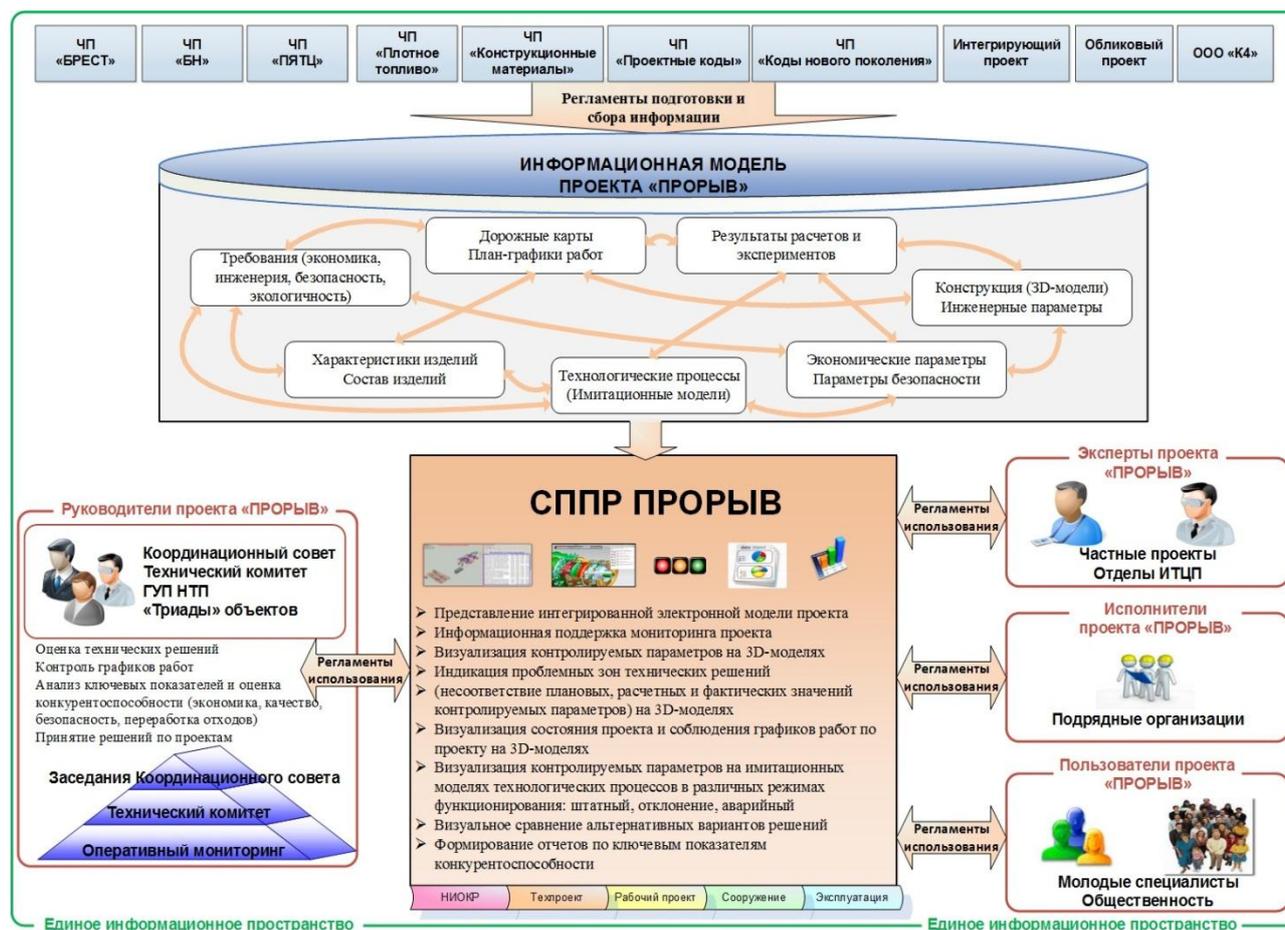


Рисунок 1 – Информационная модель проекта «Прорыв»

Рассмотрим более подробно подходы к построению информационной модели на примере ее технологической части (ИМ-Т), которая предназначена для хранения результатов объединенных проектов «Пристанционный ядерный топливный цикл» (ОП «ПЯТЦ») и «Разработка ТВЭЛ и ТВС со СНУП, технологий и оборудования для их производства» (ОП «СНУП»), входящих в проект «Прорыв», и обеспечения ЛПР актуальной, полной и достоверной информацией по проектно-технологическим решениям и состоянию разработки (эксплуатации) технологических процессов и оборудования.

Для определения структуры ИМ-Т были выявлены требования со стороны различных категорий пользователей. С точки зрения своих потребностей и первоочередных задач пользователи были разделены на две крупные категории: руководство проекта «Прорыв» и участники, задействованные в реализации ОП «ПЯТЦ» и ОП «СНУП».

Руководители проекта «Прорыв» поставили следующие наиболее важные требования к данным ИМ-Т и их представлению как основе для поддержки принятия решений:

– обобщенное интегрированное представление структуры всех технологических процессов (состав и последовательность технологических операций и переходов с привязкой оборудования, ресурсов, реагентов, входящих и выходящих продуктов) с возможностью быстрой навигации и перемещения с верхних обобщенных уровней на более детальные;

- структурированное функциональное представление информации о производственных линиях, установках и аппаратурно-технологических схемах;
- технические, экономические характеристики и параметры безопасности технологических процессов и используемого оборудования;
- текущее состояние разработки технологических процессов и оборудования с возможностью определения стадий жизненного цикла (НИР, ТЭО, ТЗ, ОКР, поставка, производство и т.д.) и статусов (в разработке, на согласовании, на утверждении), а также плановых и фактических сроков выполнения работ в соответствии с дорожной картой всего проекта и детальными планами-графиками исполнителей;
- перечень технологических развилок (вариантов), в рамках которых необходимо принять решение к определенному сроку, с перечнем данных для сравнения вариантов техпроцессов и оборудования по существующим развилкам;
- детализированная информация (отчеты) по группам операций, ресурсов, оборудования, входящих и выходящих продуктов и других составляющих технологических процессов с возможностью определения выводимых характеристик, условий фильтрации и сортировки.

Для участников ОП «ПЯТЦ» и ОП «СНУП», которыми являются организации, представляющие разработчиков технологических процессов, конструкторов оборудования и проектировщиков зданий и сооружений, наиболее важными являются задачи согласованного взаимодействия и оперативного обмена информацией в условиях работы над сложными, многосоставными научно-техническими решениями. Иной раз недочеты в процедурах взаимодействия и ошибки в несогласованности параметров приводят к дополнительным затратам времени и ресурсов. Поэтому данная категория пользователей определила следующие наиболее полезные задачи, которые необходимо решить путем создания ИМ-Т и реализации в ЕИП механизмов информационного взаимодействия на ее основе:

- обеспечение на базе ИМ-Т единого структурированного информационного хранилища для результатов, получаемых в ходе работы технологических, конструкторских и проектных организаций ОП «ПЯТЦ» и ОП «СНУП» и разработка механизмов коллективной работы по наполнению и изменению информации ИМ-Т с использованием единой терминологии и методики;
- разработка общего перечня информационных технологических объектов и документов, степени детальности представления данных о них, единого справочника стадий жизненного цикла и организационных статусов;
- разработка и реализация в ИМ-Т системы взаимосвязей между информационными объектами технологических процессов и обеспечение механизмов контроля взаимного влияния изменений значений параметров технологических процессов на различных участках технологической схемы с целью оперативного выявления несоответствий (коллизий), оповещения заинтересованных лиц и разработки мероприятий по реагированию;
- разработка и реализация в ЕИП на базе ИМ-Т процедур согласования и утверждения технологической документации, а также проведения ее изменений с учетом межорганизационного взаимодействия.

ПОСТРОЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

На основании полученных от пользователей требований к перечню данных и структуре ИМ-Т была разработана и согласована с заинтересованными участниками концептуальная модель данных ИМ-Т. Реализация концептуальной модели данных в ИМ-Т осуществлялась на базе PLM-системы PTC Windchill, которая является программной платформой ЕИП. Основными типами технологических информационных объектов ИМ-Т являются: технологические процессы, технологические операции, производственные линии,

оборудование, продукты производства, последовательности выполнения, документы. Информационные объекты ИМ-Т схематично представлены на рисунке 2.

Для каждого типа информационного объекта были разработаны стадии жизненного цикла и организационные статусы (состояния разработки). Пример стадий ЖЦ и статусов для информационного объекта представлен на рисунке 3.

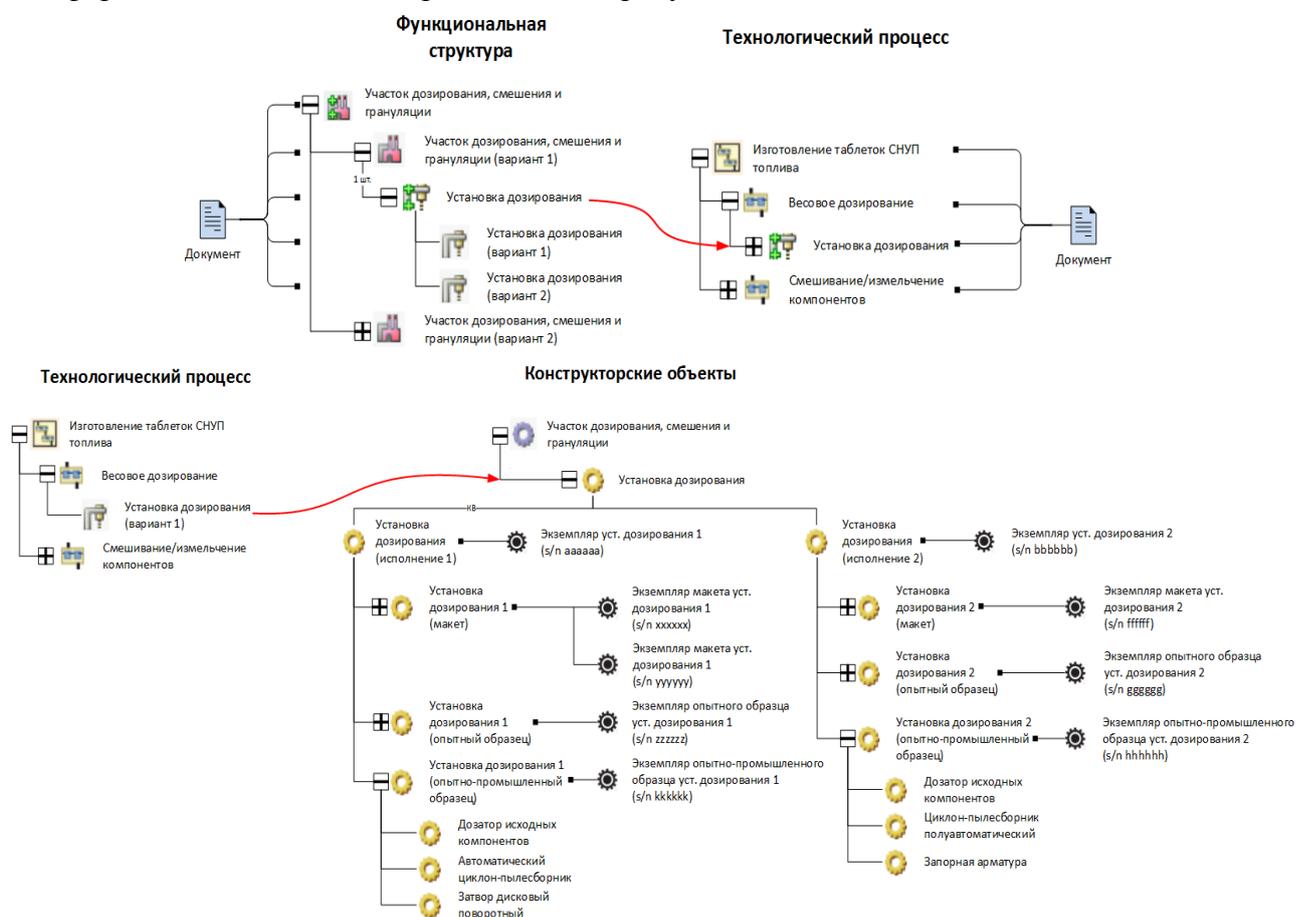


Рисунок 2 – Информационные объекты ИМ-Т



Рисунок 3 – Пример стадий ЖЦ и статусов объекта

В ИМ-Т также были реализованы связи между задачами дорожной карты проекта «Прорыв» и результатами (документами) работы ОП «ПЯТЦ» и ОП «СНУП». Схематично подходы реализации представлены на рисунке 4.

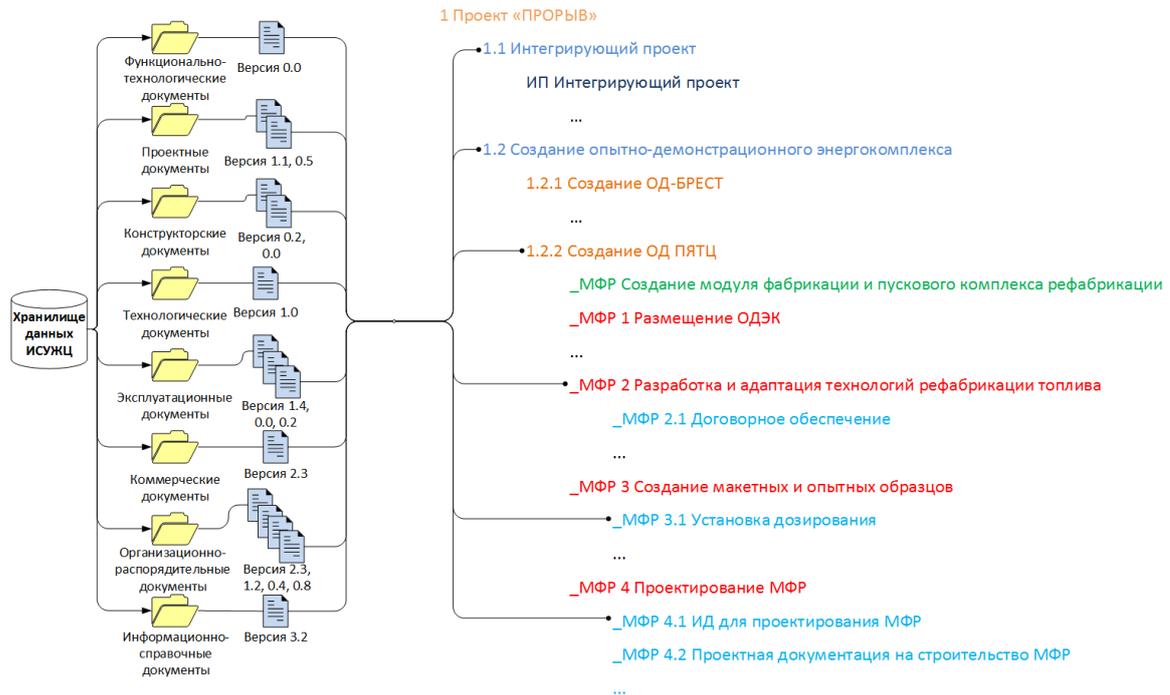


Рисунок 4 – Связи задач дорожной карты с результатами работ

Для обеспечения реализации в ЕИП на базе ИМ-Т процедур согласования и утверждения технологической документации в электронном виде, а также проведения ее изменений, были разработаны схемы соответствующих бизнес-процессов, которые впоследствии были настроены в PLM-системе PTC Windchill в виде потоков работ (workflow). Пример бизнес-процесса утверждения документа представлен на рисунке 5.

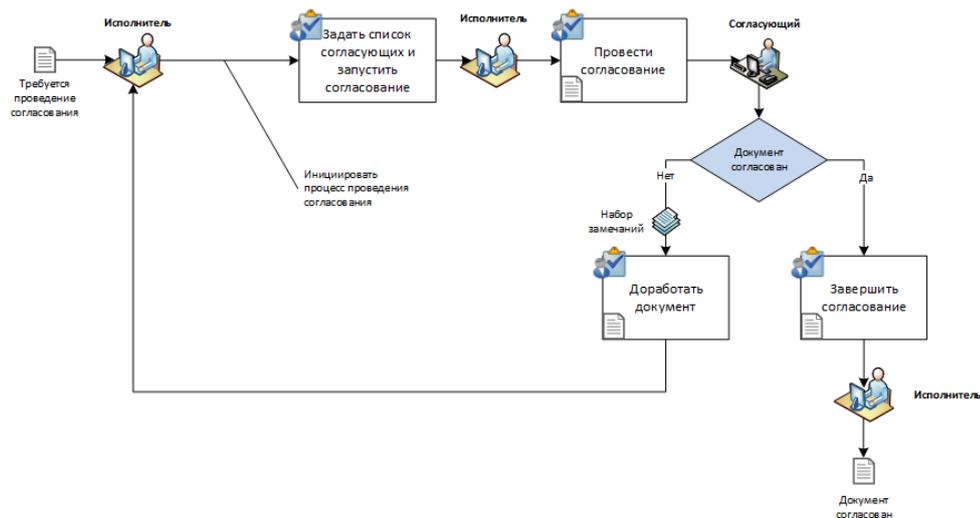


Рисунок 5 – Бизнес-процесс утверждения документа

Используя возможности инструментария PLM-системы PTC Windchill [3], были настроены соответствующие пользовательские интерфейсы для ввода, поиска и извлечения информации. Пример пользовательского интерфейса для навигации по технологическим процессам представлен на рисунке 6.

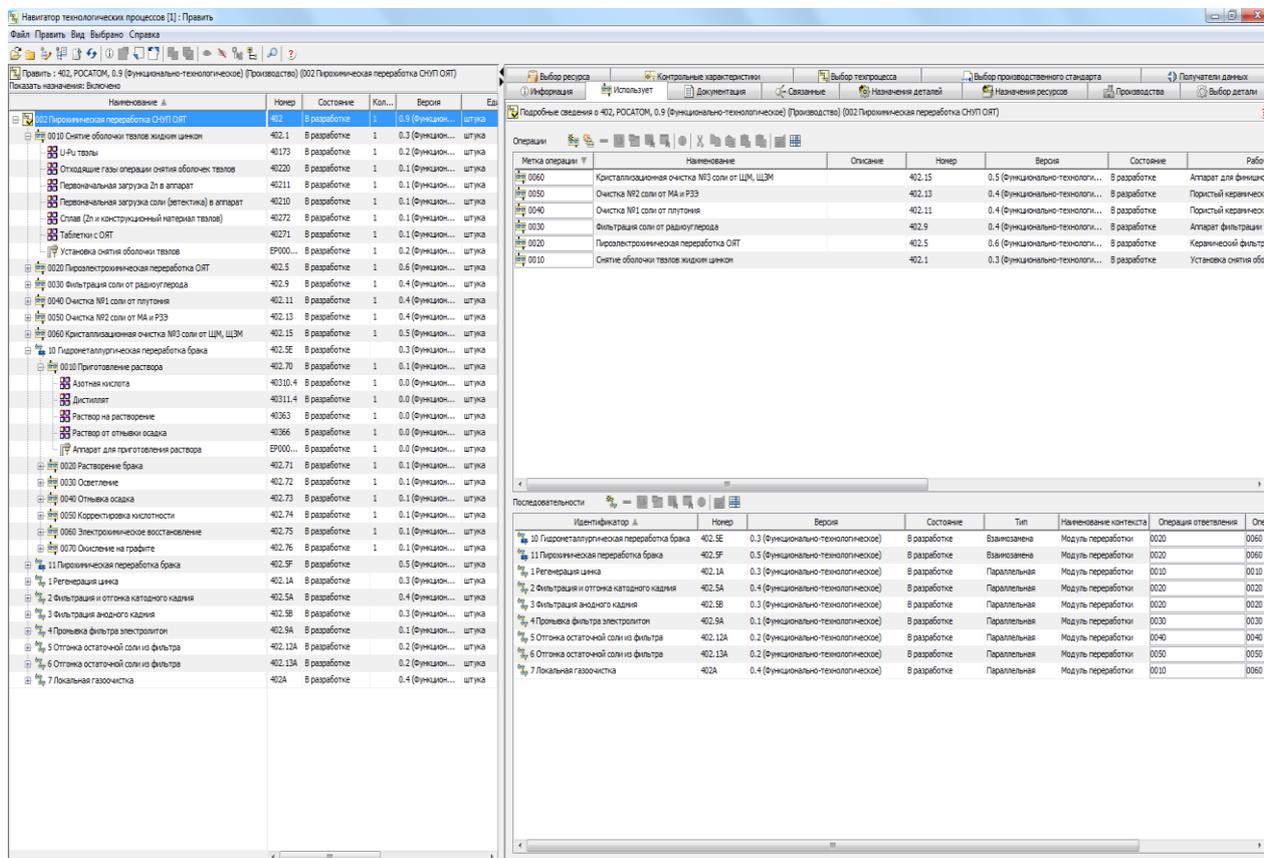


Рисунок 6 – Пользовательский интерфейс для навигации по технологическим процессам

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ

Важной организационной составляющей реализации ИМ-Т стала разработка регламентов для обеспечения выполнения процессов ввода и изменения данных в ИМ-Т, в том числе для обеспечения работы механизма сопоставления результатов работ и задач дорожной карты проекта. Для этого были разработаны соответствующие схемы бизнес-процессов и проекты регламентирующих документов.

Подводя итоги работы, можно сказать, что общий порядок действий по разработке ИМ-Т и реализации процедур информационного взаимодействия в ЕИП состоял из следующих этапов:

- сбор требований пользователей;
- разработка и согласование концептуальной модели данных;
- реализация ИМ-Т в ЕИП на базе концептуальной модели данных;
- формализация бизнес-процессов согласования, утверждения и изменения документации;
- настройка программной платформы ЕИП для реализации пользовательских интерфейсов ввода, поиска, извлечения информации, а также для автоматизированного проведения процедур взаимодействия между участниками проекта по согласованию, утверждению и изменению документации;

- разработка регламентов по наполнению и изменению ИМ-Т и электронного документооборота;
- первичный ввод данных и дальнейшее проведение изменений пользователями ИМ-Т.

ДОСТИГНУТЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате выполненных работ начато наполнение информационной модели проекта «Прорыв» в части технологических данных, позволяющей отвечать на вопросы, которые возникают в процессе принятия решений у экспертов и руководителей проекта, а также обеспечить информационное взаимодействие между различными организациями, участвующими в создании сложных наукоемких технических решений. Оперативный доступ к информации позволил сократить время на подготовку решений, повысить их обоснованность. Объединение данных о полученных технических результатах различных участников проекта и связывание их с задачами дорожной карты и детальными планами графиков проекта повысило качество контроля и эффективность управления проектом. За счет информационной поддержки процедур проведения изменений при проектировании сложных многовариантных технологических процессов удалось снизить количество ошибок и выявленных несоответствий как на стадии проектирования, так и на последующих стадиях – лабораторных испытаниях, макетировании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлены технические и организационные аспекты выполненных работ по созданию и наполнению информационной модели сложного научно-технического проекта от определения требований до обеспечения нормативной базой. Приведено описание хода работ и произведенных настроек программной платформы для обеспечения информационного взаимодействия между различными участниками проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лимаренко В. Новое качество проекта: создание системы управления жизненным циклом в проекте ВВЭР-ТОИ // Росэнергоатом, 2011. – № 4. – С. 36-41.
2. Winters J.W., Clelland J.A. AP1000 Design And Construction Integration, ICAPP'04-4254, June 2004.
3. Руководство пользователя Windchill MPMLink // Инструкция компании «РТС». – 136 с.

Шидловский Владимир Владиславович

ЧУ «ИТЦП «ПРОРЫВ», г. Москва

Кандидат технических наук, заместитель председателя технического комитета

Тел.: 8 (985) 773-58-36

E-mail: shvv@proryv2020.ru

Пономарёв Владимир Николаевич

ИБРАЭ РАН, г. Москва

Доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора по стратегическому развитию и инновациям

Тел.: 8 (495) 930-39-96

E-mail: ponomarev@ibrae.ac.ru

Сумароков Сергей Вячеславович

ИБРАЭ РАН, г. Москва

Заведующий отделом

Тел.: 8 916 587 45 18

E-mail: sumarokov@ibrae.ac.ru

Солдатов Алексей Сергеевич

ИБРАЭ РАН, г. Москва

Главный специалист по единому информационному пространству

Тел.: 8 916 801 73 26

E-mail: soldatov@ibrae.ac.ru

Кечков Алексей Александрович

ИБРАЭ РАН, г. Москва

Ведущий инженер

Тел.: 8 905 740 13 44

E-mail: kechkov@ibrae.ac.ru

Гавров Константин Евгеньевич

ИБРАЭ РАН, г. Москва

Инженер

Тел.: 8 (496) 463-93-76

E-mail: kgavrov@ibrae.ac.ru

V.V. ShIDLOVSKIY (*Candidate of Engineering Sciences, Deputy Chairman of the Technical Committee*)
Innovation and Technology Center Project Proryv, Moscow

V.N. PONOMARYOV (*Doctor of Physico-mathematical Sciences, Professor,*
Deputy Director for Strategic Development and Innovation)

S.V. SUMAROKOV (*Head of the Department*)

A.S. SOLDATOV (*Chief Specialist of the Single Information Space*)

A.A. KECHKOV (*Senior Engineer*)

K.E. GAVROV (*Engineer*)

Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

INFORMATION MODEL AS A BASIS OF DECISION-SUPPORT SYSTEMS

When developing a complex science-and-technology project, a large number of managerial, scientific and technical decisions and a continuous coordination of participants are required. The efficiency of management of such a project may be enhanced through the use of automated decision-support systems enabling to obtain relevant and reliable information about the results achieved and the current status of the work. The paper focuses on key organizational and technical approaches used when generating and filling the information model of the 'Proryv' ('Breakthrough') Project implemented by the State Corporation 'Rosatom' to develop high-power fast reactors based on closed nuclear-fuel-cycle technologies. As a result of their implementation, the quality of control over the results and efficiency of management of the whole Project were enhanced due to a better information awareness of the participants and a shorter time to make reasoned decisions.

Keywords: *decision support system; fast reactors; information model; technological data.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Limarenko V. Novoe kachestvo proekta: sozdanie sistemy' upravleniya zhiznenny'm ciklom v proekte VVE'R-TOI // *Rose'nergoatom*, 2011. – № 4. – S. 36-41.
2. Winters J.W., Clelland J.A. AP1000 Design And Construction Integration, ICAPP'04-4254, June 2004.
3. Rukovodstvo pol'zovatelya Windchill MPMLink // *Instrukciya kompanii «PTC»*. – 136 c.

УДК 681.3.063

О.А. ИВАЩУК, О.Д. ИВАЩУК, В.И. ФЁДОРОВ, Д.А. КВАНИН

СИТУАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

В статье рассматриваются подходы к обеспечению адаптивного результативного управления биотехносферой локальных городских территорий на основе интеллектуального анализа данных с использованием ситуационного моделирования. Выявлены основные функции и обобщенная структура соответствующей интеллектуальной автоматизированной системы управления, рассмотрены особенности реализации различных контуров управления. Экологическая ситуация рассматривается как объект интеллектуального автоматизированного управления и с точки зрения реализации ситуационного моделирования.

***Ключевые слова:** ситуационное моделирование и управление; автоматизированная система управления; интеллектуальный анализ данных; интеллектуальный мониторинг; экологическая ситуация.*

ВВЕДЕНИЕ

Управление экологической безопасностью территорий различного назначения – это управление сложной динамичной системой [1], состояние которой характеризуется как количественными, так и качественными параметрами, множественными и неоднородными исходными данными, для которой неправомерно постановка классической задачи оптимизации, а для принятия управленческих решений необходимо учитывать слабоформализуемые понятия и разнородные данные о состоянии объекта управления и внешней среды.

При таких условиях наиболее рациональным является построение интеллектуальной автоматизированной системы управления, в которой управляющие решения и соответствующие управляющие воздействия будут формироваться на основе интеллектуального анализа данных, что включает представление знаний об объекте управления и его компонентах, механизмах их взаимодействия между собой, а также с основными подсистемами общей системы управления экологической безопасностью и с внешней средой; модельную оценку состояния объекта управления и способов управления им на уровне математических и логико-лингвистических моделей; использование обучения, обобщения и классификации в качестве основных процедур при построении сценариев управления по текущим экологическим ситуациям. Исходя из вышесказанного, процесс управления экологической безопасностью территории должен основываться на ситуационном подходе и ситуационном моделировании.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Методологические подходы к построению и интеллектуализации автоматизированных систем управления (АСУ) экологической безопасностью описаны в работах [2, 3], а результаты их применения для построения конкретных АСУ для территорий различного назначения и определенных техногенных комплексов представлены, например, в работах [4-6].

Авторами поставлена научная задача модернизации системы подобного класса для обеспечения возможности адаптивного управления биотехносферой локальных городских территорий, где окружающая среда оказывает воздействие на здоровье и жизнедеятельность наиболее уязвимой части населения. Прежде всего, это городские дворовые, сельско-городские территории или территории метрополии быстро застраиваемых регионов, тесно связанные социально-экономически с городским ядром и характеризующиеся специфическими условиями формирования и развития экологической ситуации.

ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЛОКАЛЬНЫХ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Требования к подобным интеллектуальным АСУ, основные принципы их построения и обобщенная функциональная модель представлены в работе [7]. На этой основе выявлены следующие функции системы, обеспечивающие возможность интеллектуального анализа данных для поддержки принятия решений:

- автоматизированный сбор и предварительная обработка данных;
- оценка параметров, характеризующих уровень экологической безопасности территорий;
- комплексная оценка сложившейся экологической ситуации;
- прогнозирование изменения экологической ситуации без реализации управляющих воздействий;
- накопление и хранение данных и моделей;
- формирование правил использования данных и моделей;
- формирование ситуационных, математических и информационных моделей для осуществления оценок и прогнозов различного уровня;
- разработка компьютерных программ и проведение имитационных экспериментов;
- прогнозирование развития экологической ситуации при реализации управляющих воздействий;
- комплексная оценка результатов реализации управляющих воздействий;
- формирование рекомендаций по наиболее рациональному управлению.

В составе модернизируемой АСУ, структурная схема которой представлена на рисунке 1, выделим следующие основные подсистемы, реализующие указанные выше функции:

- объект управления – экологическая ситуация на данной локальной территории;
- управляющая система, формирующая управленческие решения и реализующая конкретные управляющие воздействия U ;
- интеллектуальная система поддержки принятия решений (ИСППР).

Параметры, представленные на схеме: X – параметры состояния объекта управления АСУ, их сбор и анализ осуществляется в интеллектуальной системе поддержки принятия решений (ИСППР), а именно в ее компоненте – системе интеллектуального экологического мониторинга; Y – результаты экомониторинга и интеллектуального анализа данных, обеспечивающие поддержку принятия решений в АСУ; C – параметры обратной связи (информация о выбранных для реализации управляющих воздействий, изменения в нормативно-правовой базе, приборном, методическом и программном обеспечении); Q – параметры влияния внешней среды на подсистемы АСУ.

Принципиальное отличие от предыдущих предлагаемых моделей заключается в том, что на уровне ИСППР происходит как сбор и первичный интеллектуальный анализ данных

(т.е. она включает в качестве одного из основных компонентов подсистему интеллектуального мониторинга), так и интеллектуальный анализ данных, который осуществляется на базе ситуационного подхода, что позволяет обеспечить возможность непосредственной трансформации экоданных в результативные (с точки зрения оперативности, научной обоснованности, эколого-экономической эффективности и устойчивости к внешним воздействиям) управляющие воздействия.

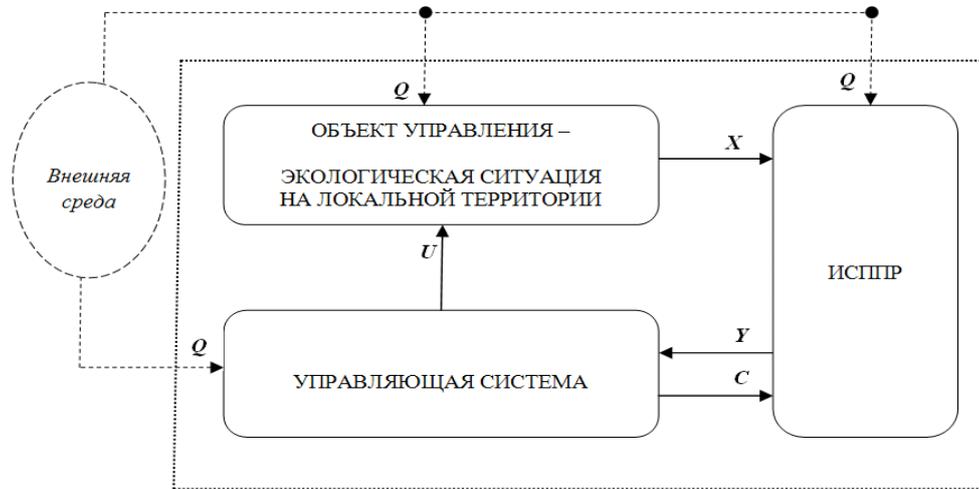


Рисунок 1 – Схематичное представление обобщенной модели системы интеллектуального автоматизированного управления экологической ситуацией на локальных территориях

К ИСППР предъявляются особые требования гибкости, связанной с обеспечением возможности модернизации с учетом новых условий формирования состояния биотехносферы, изменений в механизмах управления и др. Такие системы могут быть эффективными только на основе использования перспективных методов ситуационного и математического моделирования, а также средств синергетики, которые позволят обеспечить достоверность и оперативность данных о текущей экологической обстановке, дать научно-обоснованный прогноз изменения экологической ситуации, оценку экологического риска, организовать потоки информации о территории, субъектах хозяйственной деятельности и их взаимодействии.

Множество входных параметров управляющей подсистемы – $Y = \{Y', Y'', Y'''\}$. Y' – обработанные данные экомониторинга: параметры состояния биотехносферы на текущий момент времени. Контур управления в АСУ, образуемый с участием данного информационного потока, является традиционным. Он включает подсистему сбора и обработки данных, управляющую систему и объект управления, а при организации его функционирования лица, принимающие решения, обеспечиваются адекватной текущей экологической информацией, представленной в удобном наглядном виде.

Множество Y'' – результаты интеллектуального экомониторинга: интегральная оценка текущей экологической ситуации, а также предварительный прогноз изменения качества компонентов природных сред и экологической ситуации в целом без реализации управляющих воздействий. Соответствующий контур управления включает ту компоненту подсистемы экомониторинга, которая актуализирует в ней функции интеллектуального анализа данных. При реализации данного контура лица, принимающие решения по регулированию состояния биотехносферы на рассматриваемой локальной территории, основываются как на текущей, так и на прогнозной информации.

Множество Y''' – результаты интеллектуального анализа данных:

- ситуационного моделирования пространственно-временной динамики биотехносферы;
- интегральной оценки изменения экологической ситуации при реализации различных сценариев управления;
- кратко-, средне- и долгосрочного прогнозирования результатов взаимодействий биосферы и технических систем и объектов;
- формирования альтернативных сценариев развития эколого-экономической ситуации с выбором параметров состояния биотехносферы;
- оценки результативности управляющих воздействий (с точки зрения оперативности, эколого-экономической эффективности, устойчивости к внешним воздействиям).

Реализация данного контура управления, включающего подсистему интеллектуального анализа данных, обеспечивает выработку и реализацию научно обоснованных управляющих воздействий.

Реализация всех контуров обеспечивает возможность непосредственной трансформации экоданных в результативные природоохранные мероприятия.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ КАК ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Анализ процессов взаимодействия, происходящих в биотехносфере на рассматриваемых локальных территориях, позволяет представить их экологическую ситуацию как объект автоматизированного управления не «черным ящиком», а многокомпонентной системой, концептуальная модель которой схематично представлена на рисунке 2. Последняя включает следующие основные подсистемы:

- природную подсистему: природную среду рассматриваемой локальной территории, которая воздействует на здоровье и жизнедеятельность проживающего и находящегося на ней населения (параметры состояния X_1);
- социальную подсистему, параметры состояния которой (X_2) и характеризуют экологическую ситуацию, и влияют на ее изменение;
- техногенную подсистему, которая, в свою очередь, включает две основные составляющие: сформированную на дворовой территории внутреннюю техносферу (значок In) и часть внешнего техногенного комплекса (значок Ext), параметры которых (X_3), во-первых, определяют уровень экологической безопасности, во-вторых, являются управляемыми для реализации конкретных управляющих воздействий. $X = \{X_1, X_2, X_3\}$.

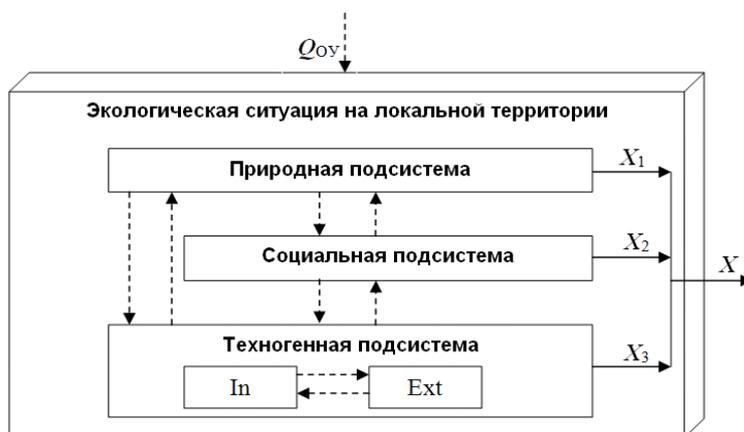


Рисунок 2 – Модель экологической ситуации как объекта автоматизированного управления

Q_{0y} – ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

Цель управления экологической ситуацией в исследуемой АСУ – минимизация (в результате реализации управляющих воздействий U как вариации параметров X с учетом внешних условий Q) негативного воздействия на природную среду и здоровье населения, что связано с минимизацией разности ΔX между фактическим X и целевым X_0 состояниями: $\Delta X \rightarrow 0$. При этом состояние развития техногенной и социальной сред должно соответствовать необходимому уровню развития экономики и социокультурного пространства региона.

СИТУАЦИОННЫЙ ПОДХОД

С точки зрения ситуационного подхода в управлении [8] определим экологическую ситуацию как комплексную оценку (анализ, обобщение) совокупности характеристик объектов биотехносферы и связей между ними, которые при влиянии внешних условий формируют определенный уровень экологической безопасности рассматриваемой территории.

Исходя из общих принципов ситуационного моделирования, изложенных основоположниками данного подхода [8], введем понятие текущей экологической ситуации (будем обозначать при моделировании как ES^{act}) на рассматриваемой территории, определяемой в данный момент времени, и полной экологической ситуации (будем обозначать при моделировании как ES^{full}) как совокупности состоящей из состояния ES^{act} , знаний о состоянии системы управления в данный момент времени, знаний о механизмах и технологиях управления. Элементарный акт управления может быть представлен следующим логико-трансформационным правилом:

$$ES_i^{full} : ES_j^{act} \xrightarrow{U_k} ES_i^{act}, \quad (1)$$

где U_k – конкретные управляющее воздействие на объект управления.

Соотношение (1) демонстрирует: если на рассматриваемой территории сложилась экологическая ситуация ES_j^{act} и состояние системы управления экологической безопасностью и технологическая схема (можно дорожная карта) управления, определяемые ES_i^{full} , допускают использование управляющего воздействия U_k , то при его реализации текущая экологическая ситуация ES_j^{act} преобразуется в новую ситуацию ES_i^{act} .

Следует отметить, что экологическая ситуация, формируемая на территориях различного уровня иерархии административно-территориального деления и различного назначения, определяется сложным переплетением различных факторов. Для ее результативного регулирования с точки зрения повышения качества жизни и здоровья населения и снижения на него негативного техногенного воздействия недостаточно рассматривать окружающую природную среду как состоящую из ряда не связанных друг с другом частей. Необходим комплексный подход. Между тем ни одна из существующих систем и служб наблюдения и контроля за состоянием окружающей природной среды не ориентирована на комплексную оценку состояния окружающей среды, информационную поддержку комплексных природоохранных задач. Такое положение приводит к малоэффективным результатам как при планировании и реализации природоохранных мероприятий, так и при ликвидации последствий экологических аварий и катастроф.

В работе [7] авторами представлен подход к моделированию экологической ситуации, позволяющий осуществлять ее комплексную оценку по совокупному состоянию компонентов природных сред, оказывающих наибольшее влияние на здоровье населения, проживающего на рассматриваемых локальных территориях.

Следует отметить, что метод балльных оценок на основе интегрального показателя для экологического состояния природной среды был также введен в государственной программе «Экологическая безопасность России» (1993-1996 гг.). При этом введено пять рангов остроты экологической ситуации (катастрофическая, кризисная, конфликтная, напряженная, удовлетворительная), а ее оценка основывается на оценке соответствующих негативных последствий в природных ландшафтах и здоровье населения.

В разработанной авторами модели осуществляется комплексная оценка экологической ситуации (существующей или прогнозируемой на основе имитационного моделирования) на основе анализа взаимодействия различных факторов, характеризующих состояние компонентов природной среды и инфраструктуры территории, определяющих состояние экологической безопасности. Для реализации данного подхода построены составные модели с применением аппарата нечеткой логики. Их решение синтезируется на основе отдельных элементов знаний, извлекаемых при проведении экспериментальной или модельной оценки показателей качества отдельных параметров природной среды и инфраструктуры территории. Используемые критерии: уровень загрязнения атмосферы, уровень шумового воздействия, уровень воздействия переменных электромагнитных полей, уровень инсоляции территории, степень озеленения территории, возможность размещения площадок, необходимых для обеспечения экологической безопасности, уровень насыщенности автотранспортом. Комбинации элементов данных переменных, реализуемые на основе специально разработанных правил, обеспечивают синтезированный результат работы моделей. Формирование сценариев управления по снижению и предотвращению экологических рисков будет опираться именно на результаты синтезированной оценки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны методологические подходы к созданию интеллектуальной автоматизированной системы управления биотехносферой локальных городских территорий (дворовых, сельско-городских и др.) быстро застраиваемых регионов. Предлагаемая система будет принципиально отличаться возможностью интеллектуального анализа данных, в том числе уже на уровне осуществления мониторинга, реализацией функций ситуационного моделирования и управления биотехносферой, возможностью оперативного формирования сценариев управления с оценкой и сравнением их результативности.

Работа выполнена в рамках исполнения государственного задания в сфере научной деятельности по проекту № 671 «Разработка интеллектуальной технологии мониторинга и прогнозирования экотехногенных рисков и управления техносферной безопасностью территорий» (заказчик – Министерство образования и науки РФ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивашук О.А., Константинов И.С. Теоретические основы построения автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса: монография. – М: Машиностроение, 2009. – 205 с.
2. Ивашук О.А., Константинов И.С. Обеспечение адаптивного управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса // Управление большими системами. – М.: ИПУ РАН, 2009. – Выпуск 25. – С. 96-115.
3. Ивашук О.А. Автоматизация как основа реализации принципов современной системы управления экологической безопасностью // Информационные системы и технологии. Известия ОрелГТУ, 2009. – № 4(54).
4. Ivashchuk O.A., Ivashchuk O.D. Automation and Intellectualization to Control the Ecological Situation in the Urbanized Territories. In the Proceedings of the 2013 IEEE 7th Inter-national

- Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2013. – V. 2. – P. 814-820.
5. Иващук О.Д. Интеллектуализация автоматизированных систем управления экологической безопасностью территорий жилой застройки // Информационные системы и технологии, 2011. – № 6(68). – С. 43-49.
 6. Константинов И.С., Бакаева Н.В. и др. Структура системы мониторинга территориальной автотранспортной системы // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2012. – № 4. – С. 33-37.
 7. Иващук О.А., Кванин Д.А. Автоматизированное управление экологической безопасностью локальных городских территорий // Информационные системы и технологии, 2014. – № 4(84). – С. 62-68.
 8. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука. – Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 288 с.

Иващук Ольга Александровна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем управления
E-mail: olga.ivashuk@mail.ru

Иващук Орест Дмитриевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем управления

Фёдоров Вячеслав Игоревич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Аспирант

Кванин Денис Александрович

Орловский государственный аграрный университет, г. Орел
Аспирант

*O.A. IVASHhUK (Doctor of Engineering Sciences,
Professor of the Department of Management Information Systems)*

*O.D. IVASHhUK (Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department of Management Information Systems)*

*V.I. FYoDOROV (Post-graduate Student)
Belgorod National Research University, Belgorod*

*D.A. KVANIN (Post-graduate Student)
Orel State Agrarian University, Orel*

**SITUATIONAL MODELING IN AUTOMATED MONITORING
AND MANAGEMENT SYSTEM ENVIRONMENTAL SAFETY**

The article discusses approaches to adaptive effective control of biotechnosphere of local urban areas on the basis of data mining and using situational simulations; a study of the basic functions and generalized patterns corresponding intelligent automated control system; the features of the implementation of various control loops. The ecological situation is considered as an object of intellectual automatic control and in terms of the implementation of situational modeling.

Keywords: *situational modeling and control; automated control system; data mining; intelligent monitoring; ecological situation.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ivashhuk O.A., Konstantinov I.S. Teoreticheskie osnovy' postroeniya avtomatizirovannoj sistemy' upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu promy'shlenno-transportnogo kompleksa: monografiya. – M.: Mashinostroenie, 2009. – 205 s.
2. Ivashhuk O.A., Konstantinov I.S. Obespechenie adaptivnogo upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu promy'shlenno-transportnogo kompleksa // Upravlenie bol'shimi sistemami. – M.: IPU RAN, 2009. – Vy'pusk 25. – S. 96-115.
3. Ivashhuk O.A. Avtomatizaciya kak osnova realizacii principov sovremennoj sistemy' upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu // Informacionny'e sistemy' i texnologii. Izvestiya OrelGTU, 2009. – № 4(54).
4. Ivashchuk O.A., Ivashchuk O.D. Automation and Intellectualization to Control the Ecological Situation in the Urbanized Territories. In the Proceedings of the 2013 IEEE 7th Inter-national Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS), 2013. – V. 2. – P. 814-820.
5. Ivashhuk O.D. Intellektualizaciya avtomatizirovanny'x sistem upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu territorij zhiloj zastrojki // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 6(68). – S. 43-49.
6. Konstantinov I.S., Bakaeva N.V. i dr. Struktura sistemy' monitoringa territorial'noj avtotransportnoj sistemy' // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2012. – № 4. – S. 33-37.
7. Ivashhuk O.A., Kvanin D.A. Avtomatizirovannoe upravlenie e'kologicheskoy bezopasnost'yu lokal'ny'x gorodskix territorij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2014. – № 4(84). – S. 62-68.
8. Pospelov D.A. Situacionnoe upravlenie: teoriya i praktika. – M.: Nauka. – Gl. red. fiz.-mat. lit., 1986. – 288 s.

УДК 680.3

Н.И. КОРСУНОВ, Д.В. ЕГОРОВ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ

В статье описаны этапы и представлены результаты разработки алгоритма определения пространственных координат источников радиоизлучения на основе угломерного способа пеленгации и метода однопараметрических множеств.

Ключевые слова: угломерный алгоритм; методы определения координат; дальность; приемный пункт; пассивная радиолокация.

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей пассивной радиолокации является определение местоположения объектов по их собственным излучениям в радиодиапазоне. Кроме этого, методами пассивной радиолокации в ряде случаев могут быть определены направление и скорость перемещения объекта и другие его характеристики.

При пассивной радиолокации могут использоваться любые радиокосебания, излучаемые объектами как с помощью специальных предметов, так и в результате собственного радиоизлучения.

Основные задачи пассивной радиолокации совпадают с задачами активной радиолокации. Однако их средства различаются. Активная радиолокация в отличие от пассивной для определения местоположения объектов и их характеристик использует собственные радиокосебания. Для их получения средства активной радиолокации имеют в своем составе мощные генераторные устройства, энергия которых излучается в требуемых направлениях с помощью специальных антенн. Для регистрации отраженных от них объектов сигналов необходимы приемные устройства. Средства же пассивной радиолокации имеют лишь приемные пункты.

Отсутствие мощных передающих устройств у средств пассивной радиолокации в значительной мере затрудняет определение радиолокационных позиций.

При известном расположении приемных пунктов (геометрии комплекса) положение объекта в пространстве определяется совокупностью трех первичных координат объекта. Первичные координаты позволяют вычислить пространственные. В зависимости от используемых первичных координат различают следующие методы пассивной радиолокации.

1. Угломерные методы основаны на использовании угловых измерений. В простейших случаях достаточно лишь двух пунктов, в которых необходимо измерить два азимута и один угол места, либо два угла места и один азимут. Пространственные координаты для первого случая определяется выражением:

$$\begin{aligned}x &= \frac{y_1 - y_2}{b - 1} \cot \beta_1 = \frac{B}{b - 1} \cot \beta_1, \\y &= \frac{y_1 b - y_2}{b - 1} = \frac{B b + 1}{2 b - 1}, \\z &= \frac{\tan \varepsilon}{\sin \beta_1} \frac{y_1 - y_2}{b - 1} = \frac{\tan \varepsilon}{\sin \beta_1} \frac{B}{b - 1},\end{aligned}$$

где

$$b = \frac{\tan \beta_2}{\tan \beta_1}, \quad y_1 - y_2 = B,$$

где B – база (расстояние между приемными пунктами); x, y, z – координаты ИРИ (источник радио излучения); x_i, y_i, z_i – координаты ПП (приемный пункт) [1].

Этот случай предпочтителен, если ИРИ находятся под малыми углами места. Если же комплекс предназначен для измерения положения объектов, находящихся в зените, то целесообразно измерять два угла места и один азимут.

Среди угломерных выделяется так называемый триангуляционный метод радиолокации. С помощью этого метода плоскостные координаты объекта x и y могут быть вычислены, если измерить лишь два азимута (пеленга) β_1 и β_2 . Координат объекта можно определить по известной стороне (базе) и двум прилежащим к ней углам. Аналогичная задача встречается в геодезии, откуда и взят термин «триангуляция» [4].

2. Разностно-дальномерные методы определения координат используют в качестве первичных измерений три независимые разности дальностей. Для этого необходимо иметь не менее четырех приемных пунктов, пространственные координаты могут быть вычислены при известной геометрии комплекса. На практике встречаются различные варианты размещения приемных пунктов на местности. Однако даже при наличии симметрии в их расположении процесс вычисления пространственных координат достаточно сложен [3].

3. Угломерно-разностно-дальномерные методы используют в качестве первичных координат угломерные координаты и разность дальностей. Пространственные координаты могут быть определены при наличии лишь двух приемных пунктов. В случае, когда наряду с измерением разности дальностей в одном из них измеряется азимут и угол места, вычисление координат производится с помощью выражений:

$$\begin{aligned} x &= \frac{B(1-\gamma^2)\cos\beta}{2\gamma\sec\varepsilon - \sin\beta}, \\ y &= \frac{B\gamma\sec\varepsilon - \gamma\sin\beta}{2\gamma\sec\varepsilon - \sin\beta}, \\ z &= \frac{B(1-\gamma^2)\tan\varepsilon}{2\gamma\sec\varepsilon - \sin\beta}. \end{aligned}$$

где

$$\gamma = \frac{r}{B},$$

где B – база (расстояние между приемными пунктами); r – разность расстояний между ПП и ИРИ; x, y, z – координаты ИРИ; x_i, y_i, z_i – координаты ПП [1].

Специфической проблемой, возникающей в пассивной радиолокации, является отождествление измерений при наличии нескольких объектов в зоне обзора комплекса. Отождествление необходимо, если измерение первичных координат производится независимо. Действительно, даже в простейшем триангуляционном комплексе при наличии двух близко расположенных объектов линии пеленга дают четыре точки пересечения (рис. 1), а истинным координатам соответствуют лишь две из них.

Более сложная ситуация возникает при определении пространственных координат. В общем случае, если n – общее количество объектов, то в результате измерений будет получено $3n$ независимых поверхностей положения. Их пересечение может дать до n^3 точек положения, среди которых лишь n соответствуют истинным координатам объектов, а остальные $n^2(n-1)$ – ложным [1].

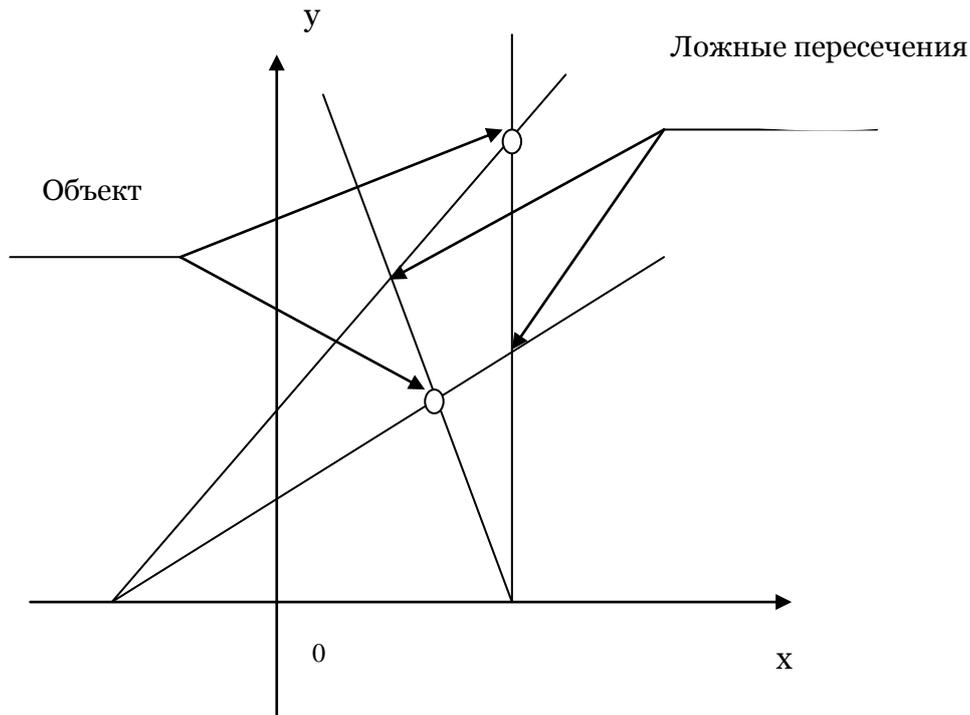


Рисунок 1 – Проявление феномена истинных и ложных линий пересечения пеленгов

Приведенные выше методы обладают существенным недостатком – появлением ложных пересечений (объектов). Устранение появления неоднозначности в определении координат объекта за счет введения однопараметрических множеств при построении математических моделей, используемых в пассивной радиолокации, является целью исследований, приведенных в данной статье.

Рассмотрим комплекс пассивной локации (КПЛ), состоящий из нескольких приемных пунктов (ПП), которые регистрируют электромагнитный импульс, испускаемый точечным источником радиоизлучения (ИРИ). На каждом ПП с некоторой погрешностью измеряются азимут и угол места ИРИ в заранее выбранной прямоугольной системе координат (ПСК) и затем по этим данным рассчитываются координаты ИРИ в ПСК. Данный метод, называемый также триангуляционным, используется как в активной, так и в пассивной радиолокации [1, 2]. Одним из его недостатков является так называемый феномен ложных объектов, проявляющийся в том, что линии пеленга пересекаются не только в точке истинного местоположения ИРИ (рис. 2).

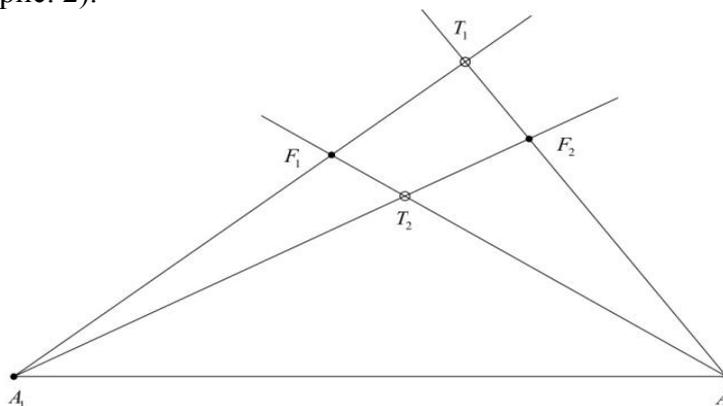


Рисунок 2 – Истинные (T_1 и T_2) и ложные (F_1 и F_2) пересечения линий пеленгов A_1T_1 и A_2F_1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТДЕЛЬНОГО ПП

Пусть ПП, расположенный в точке $A(x_0, y_0, 0)$ горизонтальной плоскости, принял сигнал ИРИ, находящегося в точке $P(x_c, y_c, z_c)$ с неизвестными координатами (рис. 3).

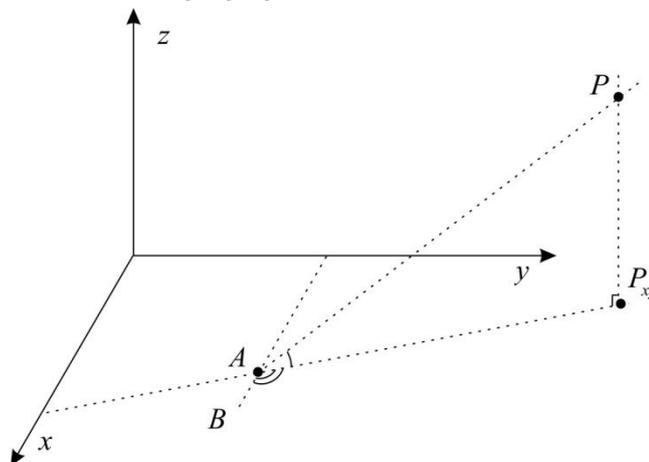


Рисунок 3 – Определение азимута и угла места ИРИ

При этом стали известны азимут $\angle P_{xy}AB = \beta$ и угол места $\angle PAP_{xy} = \varepsilon$ ИРИ. Указанные величины являются исходными данными модели. Предположим также, что

$$\beta \neq \frac{\pi}{2} + \pi m, m \in Z, \tag{1}$$

$$\varepsilon \neq \frac{\pi}{2} + \pi k, k \in Z. \tag{2}$$

Рассмотрим проекцию точки P на горизонтальную плоскость $P_{xy}(x_c, y_c, 0)$. Поскольку уравнение прямой AP_{xy} имеет вид $y = (x - x_0) \operatorname{tg} \beta + y_0$ и точка P_{xy} принадлежит этой прямой, получим

$$y_c = (x_c - x_0) \operatorname{tg} \beta + y_0. \tag{3}$$

Рассмотрим вектор $\overrightarrow{AP_{xy}}$ с координатами $(x_c - x_0; y_c - y_0, 0)$. С учетом выражения (3), его модуль легко представить в виде

$$|\overrightarrow{AP_{xy}}| = \sqrt{(x_c - x_0)^2 + (y_c - y_0)^2} = \left| \frac{x_c - x_0}{\cos \beta} \right|. \tag{4}$$

Из прямоугольного треугольника ΔAPP_{xy} (рис. 2) находим

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{z_c}{|\overrightarrow{AP_{xy}}|}. \tag{5}$$

Из выражений (4) и (5) получаем $z_c = \left| \frac{(x_c - x_0) \operatorname{tg} \varepsilon}{\cos \beta} \right|$ или в более общем случае (если ПП лежит не в горизонтальной плоскости, а имеет координаты $A(x_0, y_0, z_0)$) –

$$z_c = \left| \frac{(x_c - x_0) \operatorname{tg} \varepsilon}{\cos \beta} \right| + z_0. \tag{6}$$

Пусть координата x_c равна некоторому неизвестному параметру $t \in R$. Тогда, подставив $x_c = t$ в формулы (3) и (6), придем к системе

$$\begin{cases} x_c = t, \\ y_c = (t - x_0) \operatorname{tg} \beta + y_0, \\ z_c = \left| \frac{(t - x_0) \operatorname{tg} \varepsilon}{\cos \beta} \right| + z_0. \end{cases} \quad (7)$$

Выражение (7) представляет собой систему уравнений, связывающую координаты искомой точки $P(x_c, y_c, z_c)$ с исходными данными задачи, и является ее математической моделью для отдельного ПП. Условия (1) и (2) обеспечивают корректность построенной модели, однако, они не всегда выполнимы.

Пусть имеется n приемных пунктов, расположенных в точках $A_i(x_i, y_i, z_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, каждый из которых регистрирует азимут $\beta_i \neq \frac{\pi}{2} + \pi m$ и угол места $\varepsilon_i \neq \frac{\pi}{2} + \pi k$, $k, m \in \mathbb{Z}$ (см. условия (1-2)) по излучению ИРИ, находящегося в точке $P(x_c, y_c, z_c)$ с неизвестными координатами.

Тогда для каждого из них можно составить систему вида (7). В результате получим однопараметрическое множество (ОМ) точек

$$P_i(t) = (t, (t - x_i) \operatorname{tg} \beta_i + y_i, \left| \frac{(t - x_i) \operatorname{tg} \varepsilon_i}{\cos \beta_i} \right| + z_i). \quad (8)$$

При фиксированном i и различных значениях параметра $t \in \mathbb{R}$ точки $P_i(t)$ лежат на прямой $l_i = A_i P$ в силу построения множества (8). Все эти прямые пересекаются в точке P

(рис. 4), поэтому $P = \bigcap_{i=1}^n l_i$ или $P \in P_i(t)$.

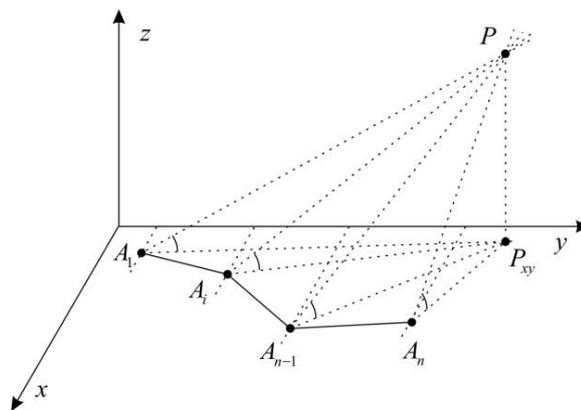


Рисунок 4 – Моделирование нескольких приемных пунктов

Тогда существует такое значение параметра $t = t_c$, при котором $P = P_i(t_c)$. Найдем его из равенства

$$P_i(t_c) = P_j(t_c), \quad (9)$$

где $i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$.

Исходя из определения (8), приравняем соответствующие координаты точек $P_i(t_c)$ и $P_j(t_c)$. Тогда равенство (8) запишется в эквивалентном виде

$$\begin{cases} t_c = t_c \\ (t_c - x_i) \operatorname{tg} \beta_i + y_i = (t_c - x_j) \operatorname{tg} \beta_j + y_j \\ \left| \frac{(t_c - x_i) \operatorname{tg} \varepsilon_i}{\cos \beta_i} + z_i \right| = \left| \frac{(t_c - x_j) \operatorname{tg} \varepsilon_j}{\cos \beta_j} + z_j \right| \end{cases} \quad (10)$$

Выразив параметр t_c из второго уравнения системы (10), получим

$$t_c = \frac{x_i \operatorname{tg} \beta_i - x_j \operatorname{tg} \beta_j + y_j - y_i}{\operatorname{tg} \beta_i - \operatorname{tg} \beta_j}. \quad (11)$$

Отметим, что это выражение имеет смысл при выполнении условий (1-2), а требование $\operatorname{tg} \beta_i - \operatorname{tg} \beta_j \neq 0$ удовлетворяется при $i \neq j$, так как при точных измерениях с различных точек цель наблюдается под разными азимутами без учета периода

Учитывая, что $P = P_i(t_c)$, подставим значение t_c , найденное по формуле (11), в однопараметрическое множество (8). В результате получим точку пересечения всех прямых $A_i P$, т.е. искомые координаты ИРИ:

$$P = (t_c, (t_c - x_i) \operatorname{tg} \beta_i + y_i, \left| \frac{(t_c - x_i) \operatorname{tg} \varepsilon_i}{\cos \beta_i} + z_i \right|). \quad (12)$$

Таким образом, построенная однопараметрическая модель (11-12) позволяет определить координаты ИРИ в ПСК при наличии $n > 1$ приемных пунктов и выполнении условий (1-2) на всех ПП. При нарушении условия (1) уравнения (7) заменим системой. В этом случае получим

$$t_c = \frac{y_i \operatorname{tg} \varepsilon_i - y_j \operatorname{tg} \varepsilon_j + z_j - z_i}{\operatorname{tg} \varepsilon_i - \operatorname{tg} \varepsilon_j}, \quad (13)$$

$$P = (x_0, t_c, |(t_c - y_i) \operatorname{tg} \varepsilon_i + z_i|). \quad (14)$$

И, наконец, при нарушении (2), использовав систему (9), будем иметь:

$$t_c = t_i, \quad (15)$$

$$P = (x_0, y_0, |t_c|). \quad (16)$$

Формулы (11-16), которые являются решением задачи определения местоположения ИРИ, получены в предположении, что азимуты β_i и углы места ε_i на каждом приемном пункте A_i измерены точно.

Данный метод устраняет феномен появления ложных объектов путем построения однопараметрического множества, тем самым можно получить искомую точку, в нашем случае – объект.

ВЫВОД

Предложенная математическая модель устранения феномена ложных пересечений, определенная пассивной радиолокацией, устраняет данный недостаток путем введения однопараметрического множества. Данная модель сравнилась с моделью отождествления измерений. Приведенная математическая модель в статье оказалась более эффективной и с точки зрения вычислительной сложности более простой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазов В.Б. Методы пассивной радиолокации // Издательство Военной инженерной радиотехнической ордена отечественной войны академии противовоздушной обороны имени маршала Советского союза Говорова Л.А., 1974. – 85 с.
2. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.
3. Ширяев А.Н. Вероятностно-статистические методы в теории принятия решений. – М.: ФМОП, МЦНМО, 2011. – 144 с.
4. Быстров Р.П. и др. Пассивная радиолокация: методы обнаружения объектов: монография / Р.П. Быстров, Г.К. Загорин, А.В. Соколов, Л.В. Федорова; под ред. Р.П. Быстрова, А.В. Соколова. – М.: Радотехника, 2008. – 320 с.
5. Травин Г.А. и др. Пеленгование и распознавание сложных дискретно-кодированных (шумоподобных) сигналов малозаметных РЛС на основе применения компьютерных технологий / Г.А. Травин, В.В. Горюнов, В.И. Суровцев, И.Н. Перепелкин // Научные ведомости БелГУ: компьютерное моделирование. – Б.: Белгородский государственный университет, 2012. – № 13(132). – Выпуск 23/1. – С. 123-127
6. Корсунов Н.И., Егоров Д.В. Математическая модель определения пространственных координат методом пассивной радиолокации // Научные ведомости БелГУ. Компьютерное моделирование. – Б.: Белгородский государственный университет, 2014. – № 8(179). – Выпуск 30/1.

Корсунов Николай Иванович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Доктор технических наук, профессор кафедры математического и программного обеспечения информационных систем
E-mail: korsunov@bsu.edu.ru

Егоров Денис Владимирович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Аспирант кафедры математического и программного обеспечения информационных систем
E-mail: 507181@bsu.edu.ru

N.I. KORSUNOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mathematical and Software Information Systems*)

D.V. EGOROV (*Post-graduate Student of the Department of Mathematical and Software Information Systems*)
Belgorod National Research University, Belgorod

THE MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE SPATIAL COORDINATES

This article describes the steps and presents the results of the algorithm for determining the spatial coordinates of radio sources based on goniometric direction finding method and the method of one-parameter sets.

Keywords: *goniometric algorithm; methods for determining the coordinates; range; collection point; passive radar.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Almazov V.B. Metody' passivnoj radiolokacii // Izdatel'stvo Voennoj inzhenernoj radiotexnicheskoj ordena otechestvennoj vojny' akademii protivovozdushnoj oborony' imeni marshala Sovetskogo soyuza Govorova L.A., 1974. – 85 s.
2. Shirman Ya.D., Manzhos V.N. Teoriya i texnika obrabotki radiolokacionnoj informacii na fone pomex. – М.: Радио и связь', 1981. – 416 s.

3. Shiryaev A.N. Veroyatnostno-statisticheskie metody' v teorii prinyatiya reshenij. – M.: FMOP, MCNMO, 2011. – 144 s.
4. By'strov R.P. i dr. Passivnaya radiolokaciya: metody' obnaruzheniya ob''ektov: monografiya / R.P. By'strov, G.K. Zagorin, A.V. Sokolov, L.V. Fedorova; pod red. R.P. By'strova, A.V. Sokolova. – M.: Radotexnika, 2008. – 320 s.
5. Travin G.A. i dr. Pelengovanie i raspoznavanie slozhny'x diskretno-kodirovanny'x (shumopodobny'x) signalov malozametny'x RLS na osnove primeneniya komp'yuterny'x tekhnologij / G.A. Travin, V.V. Goryunov, V.I. Surovcev, I.N. Perepelkin // Nauchny'e vedomosti BelGU: komp'yuternoje modelirovanie. – B.: Belgorodskij gosudarstvennyj universitet, 2012. – № 13(132). – Vy'pusk 23/1. – S. 123-127
6. Korsunov N.I., Egorov D.V. Matematicheskaya model' opredeleniya prostranstvenny'x koordinat metodom passivnoj radiolokacii // Nauchny'e vedomosti BelGU. Komp'yuternoje modelirovanie. – B.: Belgorodskij gosudarstvennyj universitet, 2014. – № 8(179). – Vy'pusk 30/1.

УДК 681.513.1

В.А. КРИВОНОСОВ, В.А. БАБЕНКОВ

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Рассмотрена система управления технологическими параметрами процесса производства экстракционной фосфорной кислоты, измерение которых осуществляется в результате лабораторного анализа. Текущие значения вектора состояния объекта и низкочастотных составляющих входных возмущений оцениваются непрерывно-дискретным наблюдателем состояния. Разработан регулятор состояния, реализующий модальное управление. Приведены результаты моделирования системы управления в Simulink Matlab, подтверждающие высокое качество стабилизации технологических параметров.

Ключевые слова: стабилизация технологических параметров; наблюдатель состояния; регулятор состояния; модальное управление.

ВВЕДЕНИЕ

Управление технологическими процессами (ТП) в химической промышленности, как правило, заключается в стабилизации характеристик выходных и промежуточных потоков в регламентном режиме. Это создает оптимальные условия для протекания химических реакций [1, 2], что, в свою очередь, обеспечивает высокую эффективность производства. Основная сложность управления составом промежуточных или конечных продуктов зачастую состоит в отсутствии непрерывного автоматического контроля их текущих значений. Измерение управляемых параметров в таких случаях происходит в результате лабораторного анализа проб, отобранных в контрольных точках технологических агрегатов.

К такому типу процессов относится и производство экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК), которое заключается в разложении апатитового концентрата серной кислотой, кристаллизации сульфата кальция и фильтрации образующейся пульпы с целью отделения продукционной кислоты от фосфогипса.

Действующие АСУ ТП производств ЭФК осуществляют контроль и автоматическое регулирование расходов материальных потоков, а также технологических параметров, измеряемых непрерывно (уровни, температуры). Однако выбор «уставок» для контуров управления расходами, обеспечивающими стабилизацию желаемых значений концентрационного состава пульпы, осуществляет оператор на основе анализа технологической ситуации. Такой выбор является весьма сложной задачей, что обусловлено, в первую очередь, достаточно большим периодом дискретности лабораторных анализов, а также многомерностью и значительной инерционностью объекта. Поэтому качество управления ТП непостоянно и существенно зависит от квалификации и практических навыков оператора.

В данной статье рассматривается система автоматической стабилизации технологических параметров процесса производства ЭФК, измеряемых в дискретные моменты времени, на основе асимптотических наблюдателей состояния (НС) и принципа модального управления (МУ).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Разработка системы стабилизации включает следующие этапы:

- построение математической модели процесса экстракции фосфорной кислоты;

- разработка наблюдателя состояния, позволяющего восстановить полный вектор состояния объекта, а также низкочастотные тренды входных возмущений;
- синтез локальных регуляторов состояния (РС) сепаратных контуров стабилизации технологических параметров;
- определение матрицы перекрестных связей между локальными регуляторами и компенсация этих связей в связанной системе управления.

Схема материальных потоков ТП производства ЭФК приведена на рисунке 1.

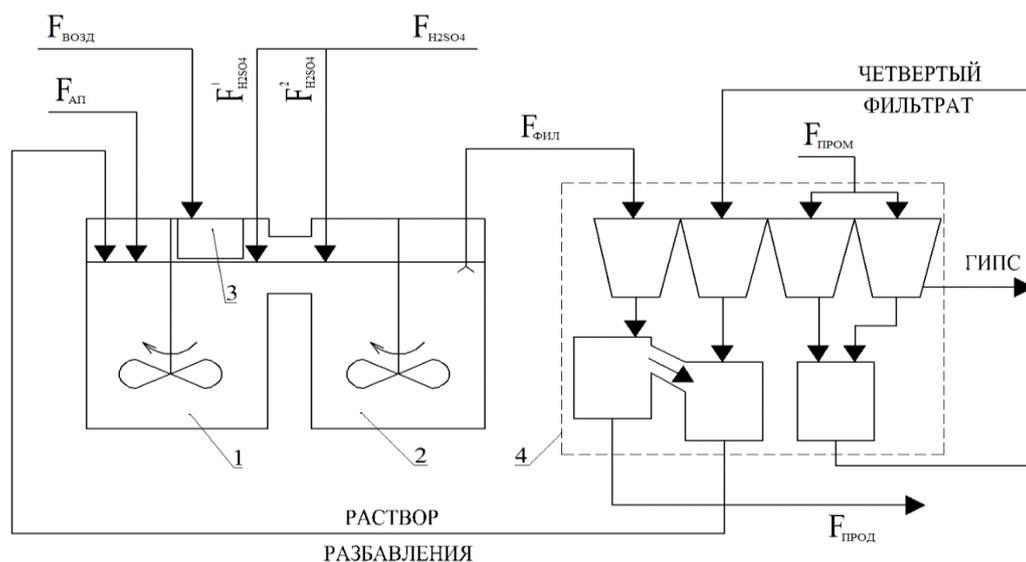


Рисунок 1 – Схема материальных потоков ТП производства ЭФК,
 где 1, 2 – первая и вторая секции экстрактора, 3 – аппарат воздушного охлаждения (АВО),
 4 – карусельный вакуум-фильтр (КВФ)

К входным переменным участка «экстрактор-фильтр» относятся регулируемые расходы материальных потоков: $F_{АП}$ – расход апатита (т/ч), $F^1_{H_2SO_4}$ – расход H_2SO_4 в 1-й бак экстрактора ($m^3/ч$), $F^2_{H_2SO_4}$ – расход H_2SO_4 во 2-й бак экстрактора ($m^3/ч$), $F_{ФИЛ}$ – расход пульпы на фильтры ($m^3/ч$), $F_{ПРОМ}$ – расход воды на промывку фосфогипса ($m^3/ч$), $F_{ПРОД}$ – расход продукционной кислоты в сборник ($m^3/ч$), $F_{ВОЗД}$ – воздух на охлаждение пульпы ($m^3/ч$). Выходными переменными процессов экстракции и фильтрации являются технологические параметры: $C^1_{SO_3}$, $C^2_{SO_3}$ – концентрация SO_3 в жидкой фазе пульпы 1-ой и 2-ой секций экстрактора ($г/дм^3$), $C^1_{P_2O_5}$ – концентрация P_2O_5 в жидкой фазе пульпы 1-ой секции (%), $C^1_{ТВ}$ – концентрация твердого вещества в пульпе 1-ой секции (%), H – уровень пульпы в экстракторе (м), $t_{ПУЛ}$ – температура пульпы ($^{\circ}C$). Эффективность процесса производства ЭФК характеризуется коэффициентом выхода $K_{вых}$, который зависит от качества стабилизации указанных технологических параметров в регламентном режиме.

Расход апатитового концентрата $F_{АП}$ в экстрактор выбирается оператором ТП, исходя из пропускной способности технологического участка и наличия сырья на складе, поэтому для регулирования технологических параметров не используется. Автоматическое регулирование температуры в экстракторе $t_{ПУЛ}$ осуществляется изменением потока воздуха $F_{ВОЗД}$, подаваемого в АВО, где происходит барботирование пульпы и вынос излишков тепла. Стабилизация заданных значений расходов остальных потоков (реагентов, промежуточных и конечных продуктов) или их соотношений обеспечивается также локальными контурами автоматического регулирования.

Таким образом, перед разрабатываемой системой стабилизации ставится задача управления многомерным многосвязным объектом, вектор управляемых переменных $Y_{УП}=(C^1_{SO_3}, C^2_{SO_3}, C^1_{P_2O_5}, C^1_{TB}, H)'$ и вектор управляющих воздействий $U_{УП}=(F^1_{H_2SO_4}, F^2_{H_2SO_4}, F_{Фил}, F_{ПРОМ}, F_{ПРОД})'$ которого содержат по 5 координат.

В [3] для двухбакового экстрактора построена нелинейная динамическая математическая модель процессов экстракции и фильтрации. Анализ модели показал, что она может быть линеаризована в окрестностях номинального режима. При этом линеаризованная модель представляет собой совокупность 5 локальных каналов формирования параметров ТП.

Входом модели является вектор $U=(\Delta F^1_{H_2SO_4}, \Delta F^2_{H_2SO_4}, \Delta F_{Фил}, \Delta F_{ПРОМ}, \Delta F_{ПРОД})'$, выходом – вектор $Y=(\Delta C^1_{SO_3}, \Delta C^2_{SO_3}, \Delta C^1_{P_2O_5}, \Delta C^1_{TB}, \Delta H)'$. Символом Δ обозначены отклонения соответствующих параметров от их значений в номинальном режиме. Динамика локальных каналов описывается передаточными функциями четвертого порядка.

Для каждого i -го канала линеаризованной модели выбран вектор состояния X_i и получена система уравнений в форме Коши:

$$\begin{cases} X_i'(t) = A \cdot X_i(t) + B \cdot v_i(t) + D \cdot f_i(t); \\ Y_i(t) = C \cdot X_i(t), \end{cases} \quad (1)$$

где v_i – расчетное управляющее воздействие i -го канала, представляющее собой линейную комбинацию составляющих вектора U ; $f_i(t)$ – входное возмущение канала; $Y_i(t)$ – измеряемый выход канала; A , B , C и D – матрицы состояния, управления, измерения выхода канала и возмущения соответственно.

На основе полученного описания объекта в пространстве состояний построен непрерывно-дискретный наблюдатель [4], позволяющий оценивать не только текущие значения координат состояния, но и низкочастотные составляющие эквивалентных возмущений, приведенных ко входу объекта. Особенностью наблюдателя является то, что по непрерывным измерениям расходов реагентов и уровня пульпы в экстракторе, а также дискретным данным лабораторного анализа концентрационного состава пульпы непрерывно формируется оценка состояния объекта управления и действующих возмущений. Для этого в вектор координат наблюдателя $\hat{X}_i(t)$ включены оценки входных возмущений объекта $f_i(t)$.

Система уравнений непрерывно-дискретного наблюдателя в матричной форме имеет вид:

$$\begin{cases} \hat{X}_i'(t) = A_H \cdot \hat{X}_i(t) + B_H \cdot v_i(t) + K \cdot \Delta Y_i(t); \\ \hat{Y}_i(t) = C_H \cdot \hat{X}_i(t), \end{cases} \quad (2)$$

где символом $\hat{}$ обозначены оценки НС для соответствующих сигналов; $\Delta Y_i(t) = Y_i(t) - \hat{Y}_i(t)$ – вектор рассогласования между измеренным выходом канала $Y_i(t)$ и его оценкой $\hat{Y}_i(t)$; A_H , B_H , C_H и K – матрицы состояния, управления, выхода и коррекции движения наблюдателя соответственно.

Оценки НС позволяют своевременно выявить отклонения от регламентного режима и скорректировать движение системы. Непрерывная информация о полном векторе координат состояния $\hat{X}_i(t)$ рассматриваемых каналов позволяет использовать при разработке сепаратных контуров стабилизации регуляторы состояния, с помощью которых возможно осуществить модальное управление. Необходимо отметить, что САУ, настроенные по принципу МУ, изначально устойчивы, что не требует дополнительных исследований замкнутой системы.

Схема сепаратного контура стабилизации концентрационных характеристик пульпы на основе непрерывно-дискретного наблюдателя и регулятора состояния приведена на рисунке 2.

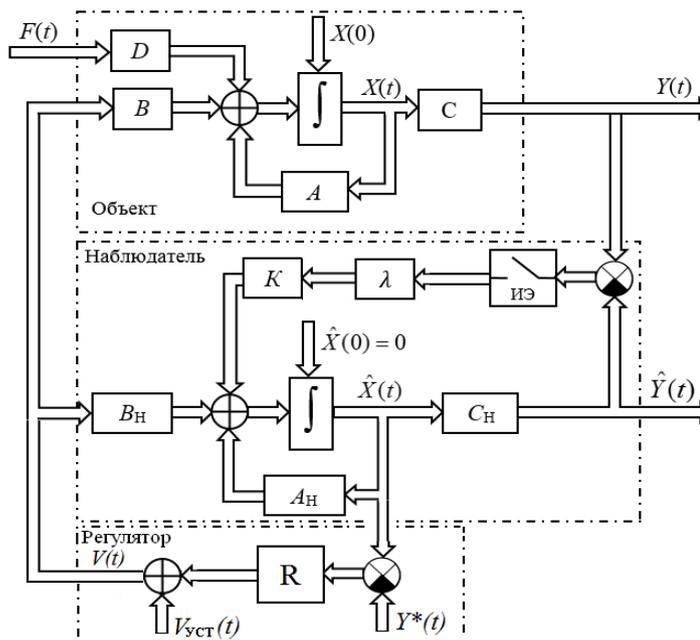


Рисунок 2 – Структурная схема объекта управления, непрерывно-дискретного наблюдателя и регулятора состояния,
 где R – матрица коэффициентов регулятора, $Y^*(t)$ – вектор желаемых значений координат состояния, $V_{уст}(t)$ – вектор значений локальных управляющих воздействий, обеспечивающих в статике значения координат состояния объекта, равные $Y^*(t)$

Структурная схема сепаратного контура стабилизации уровня H аналогична приведенной на рисунке 2 за исключением импульсного элемента (ИЭ) и коэффициента λ усиления импульсов в канале коррекции, которые в непрерывном наблюдателе отсутствуют.

Если в области изображений по Лапласу уравнение (1) разрешить относительно $X(s)$, то получим матричную передаточную функцию объекта относительно координат состояния:

$$W(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = (s \cdot I - A)^{-1} \cdot B. \quad (3)$$

Для отдельного канала объекта характеристические полиномы передаточных функций, входящих в состав $W(s)$, одинаковы и равны:

$$M(s) = \det(s \cdot I - A). \quad (4)$$

Представим (3) в виде

$$W(s) = \frac{g(s)}{M(s)}, \quad (5)$$

где $g(s)$ – вектор-столбец числителей передаточных функций.

Тогда замкнутая система, в которой объект (5) охвачен обратной связью по всем координатам состояния через РС, имеет следующее характеристическое уравнение [5]:

$$R \frac{g(s)}{M(s)} + 1 = 0, \quad (6)$$

где R – вектор-строка коэффициентов РС.

Суть модального управления заключается в том, чтобы выбором R обеспечить «желаемое» расположение корней характеристического уравнения (6) замкнутого контура. Для систем от 1-го до 8-го порядка достаточно распространены 4 стандартные формы характеристического полинома [5] (биноманильная, фильтр Баттерворта и др.).

Вектор R вычисляется из соотношения

$$R \cdot g(s) = H(s) - M(s), \quad (7)$$

где $H(s)$ – «желаемый» характеристический полином для объекта соответствующего порядка.

Для технологического процесса экстракции фосфорной кислоты очень важно при настройке регуляторов обеспечить плавность переходных процессов и невысокую чувствительность к погрешностям измерений выходов и возмущениям. Поэтому для сепаратных контуров стабилизации технологических параметров настройки РС получены, исходя из соответствия характеристического полинома замкнутой системы биномиальной стандартной форме, которая обеспечивает наилучшие статические и динамические свойства САУ.

Реализация вектора расчетных управляющих воздействий V^* , выработанных локальными контурами стабилизации, осуществляется после определения соответствующего вектора реальных управляющих воздействий U^* по формуле

$$U^* = G_R \cdot V^*, \quad (8)$$

где G_R – матрица перекрестных связей между локальными регуляторами.

Структурная схема системы стабилизации технологических параметров представлена на рисунке 3. Вектор Y^* желаемых параметров технологического режима задается оператором.



Рисунок 3 – Структурная схема связанной системы стабилизации

Моделирование синтезированной системы стабилизации выполнено в графической среде Simulink пакета Matlab. Для демонстрации ее работы выбрана ситуация, относящаяся к типу наиболее неблагоприятных на реальном производстве. Выходы объекта управления в начальный момент времени имеют следующие значения: $\Delta C^1_{SO_3} = 5$ г/л, $\Delta C^2_{SO_3} = 4$ г/л, $\Delta C^1_{P2O5} = -2$ %, $\Delta C^1_{TB} = -4$ %, $\Delta H = 0,2$ м. Величины $\Delta C^1_{SO_3}$, ΔC^1_{P2O5} и ΔH превышают допустимые регламентом значения. При этом на входе объекта управления действует медленно растущее возмущающее воздействие f_5 . Графики изменения технологических параметров, полученных при включении в работу системы стабилизации, приведены на рисунке 4.

Приведенные результаты моделирования подтверждают высокое качество управления. При этом необходимо отметить следующее:

- ТП с нарушениями технологического регламента за 6 часов работы системы управления стабилизируется в номинальном режиме;
- НС формирует адекватную оценку возмущения, которое компенсируется соответствующими управляющими воздействиями;

– в установившемся режиме параметры процесса поддерживаются на уровне номинального технологического режима, который обеспечивает высокую эффективность производства;

– переходные процессы по всем технологическим параметрам не имеют резких скачков.

В установившемся режиме максимальные отклонения ΔY управляемых величин не превышают значений, приведенных в таблице 1.

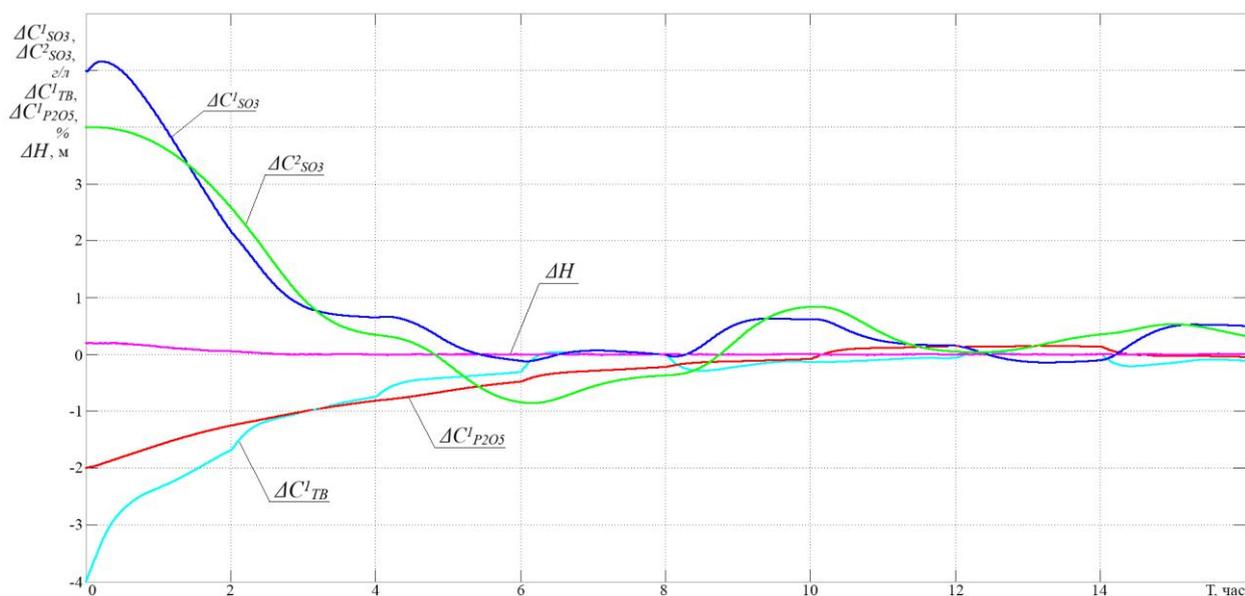


Рисунок 4 – Графики стабилизации технологических параметров процесса экстракции фосфорной кислоты

Таблица 1 – Характеристики технологических параметров процесса экстракции фосфорной кислоты в полугидратном режиме

Обозначение технологического параметра	Данные технологического регламента			Максимальное отклонение от регламентного режима при стабилизации ΔY
	Регламентное значение	Допустимое отклонение от регламентного значения ΔY_p	Допустимая погрешность лабораторного анализа Δ	
$C^1_{SO_3}$	16 г/дм ³	±4 г/дм ³	±2 г/дм ³	±0,8 г/дм ³
$C^2_{SO_3}$	25 г/дм ³	±5 г/дм ³	±2 г/дм ³	±1,1 г/дм ³
$C^1_{P_2O_5}$	36,5 %	±1,5 %	±0,6 %	±0,3 %
C^1_{TB}	36 %	±7 %	±0,5 %	±0,4 %
H	-0,85 м	±0,15 м	±0,03 м	±0,02 м

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная система стабилизации обеспечивает высокое качество управления технологическими параметрами ТП производства ЭФК. Это позволяет повысить эффективность производства, снизить количество аварийных ситуаций и нарушений технологического регламента. Система может быть реализована в составе действующей SCADA-системы АСУ ТП производства ЭФК для работы в автоматическом режиме или

режиме поддержки принятия решений с целью выдачи рекомендации оператору ТП по формированию уставок управляемых расходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных химических производств: учебное пособие для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.: ил.
2. Дудников Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности: учебник для ВУЗов: под ред. Е.Г. Дудникова. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
3. Кривонос В.А. и др. Математическая модель процесса экстракции и фильтрации производства фосфорной кислоты ООО «Балаковские минеральные удобрения» / В.А. Кривонос, В.А. Бабенков, В.В. Соколов, Е.Ю. Шибанов, В.П. Перекрестов // Автоматизация в промышленности, 2013. – № 7. – С. 24-29.
4. Кривонос В.А., Бабенков В.А. Непрерывно-дискретный наблюдатель состояния химико-технологического процесса // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, 2014. – № 1. – С. 128-135.
5. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.

Кривонос Владимир Алексеевич

СТИ НИТУ «МИСиС» им. А.А. Угарова, г. Старый Оскол

Кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры автоматизированных и информационных систем управления

Тел.: 8 910 368 81 50

E-mail: krivonosov_v_a@mail.ru

Бабенков Владимир Александрович

СТИ НИТУ «МИСиС» им. А.А. Угарова, г. Старый Оскол

Аспирант кафедры автоматизированных и информационных систем управления

Тел.: 8 951 762 44 74

E-mail: bva211@yandex.ru

V.A. KRIVONOSOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Automation and Information Management Systems*)

V.A. BABENKOV (*Post-graduate Student of the Department of Automation and Information Management Systems*)

Technological Institute named A.A. Ugarov National University of Science and Technology «MISIS», Staryj Oskol

THE CONTROL SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PRODUCTION PROCESS OF PHOSPHORIC ACID

The control system of technological parameters of production process of phosphoric acid is examined. Technological parameters are measured in the laboratory analysis. The current values of the state vector of the object state and the low-frequency components of the input disturbance are evaluated by continuous and discrete state observer. State regulator that implements the modal control is designed. The results of simulation of control system in Simulink Matlab are presented. They confirm a high quality of stabilization of process parameters.

Keywords: *stabilization of technological parameters; state observer; state regulator; modal control.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kafarov V.V., Glebov M.B. Matematicheskoe modelirovanie osnovny'x ximicheskix proizvodstv: uchebnoe posobie dlya VUZov. – М.: Vy'sshaya shkola, 1991. – 400 s.: il.
2. Dudnikov E.G. Avtomaticheskoe upravlenie v ximicheskoy promy'shlennosti: uchebnik dlya VUZov: pod red. E.G. Dudnikova. – М.: Ximiya, 1987. – 368 s.

3. Krivosov V.A. i dr. Matematicheskaya model' processa e'kstrakcii i fil'tracii proizvodstva fosfornoj kisloty' OOO «Balakovskie mineral'ny'e udobreniya» / V.A. Krivosov, V.A. Babenkov, V.V. Sokolov, E.Yu. Shibanov, V.P. Perekrestov // Avtomatizaciya v promy'shlennosti, 2013. – № 7. – S. 24-29.
4. Krivosov V.A., Babenkov V.A. Neprery'vno-diskretny'j nablyudatel' sostoyaniya ximiko-technologicheskogo processa // Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' tekhniki i texnologii, 2014. – № 1. – S. 128-135.
5. Kuzovkov N.T. Modal'noe upravlenie i nablyudayushhie ustrojstva. – M.: Mashinostroenie, 1976. – 184 s.

УДК 681.3.063

Е.Г. ЖИЛЯКОВ, А.А. ЧЕРНОМОРЕЦ, Е.В. БОЛГОВА, В.Ф. ПАВЛОВ

ОБ ОБЪЕМЕ ВНЕДРЕМЫХ В ИЗОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ

В данной статье приведены результаты сравнительного анализа объема внедряемой в изображения информации на основе методов относительной замены коэффициентов ДКП и субполосного внедрения при одновременном оценивании погрешности соответствующих представлений стегоконтейнера и погрешности восстановления информации.

Ключевые слова: скрытное внедрение; изображение; объем данных; подобласть пространственных частот; погрешность.

При решении многих практических задач, таких, как защита программных продуктов и мультимедийной информации от несанкционированного использования, копирования и модификации, управления доступом к информации, распространяемой по незащищенным каналам связи, возникает необходимость разработки и применения методов и алгоритмов, обеспечивающих скрытное размещение идентификационных сведений и цифровых водяных знаков (ЦВЗ) в графических данных. В настоящее время широкое распространение получили методы стеганографии в изображениях, основанные на их преобразованиях в пространственной и частотной областях [1].

Среди методов, использующих пространственные преобразования изображения-контейнера для скрытного внедрения информации, наиболее известны методы замены наименее значащего бита, псевдослучайной перестановки, блочного скрытия, замены палитры, квантования изображения и др. [2]. Большинство указанных методов отличаются достаточной простотой реализации, однако, как правило, характеризуются неустойчивостью к внешним разрушающим внедренную информацию воздействиям.

Одними из наиболее устойчивых к внешним воздействиям на графический стегоконтейнер являются методы [2], использующие преобразования в области пространственных частот. В данной группе методов отдельно выделяют методы, обеспечивающие извлечение из контейнера информации при условии отсутствия сведений о внедренных данных. Наиболее распространенным из данной группы методов является метод относительной замены коэффициентов (ОЗК) дискретного косинусного преобразования (ДКП) [3], имеющий некоторую устойчивость к внешним разрушающим воздействиям. Однако большинство указанных методов основано на внедрении двоичной информации, что позволяет скрытно внедрить в изображение незначительный объем данных.

Устранить указанный недостаток позволяет разработанный авторами метод субполосного внедрения (СВ) [4] данных в изображения.

Данная работа посвящена сравнительному анализу объема внедряемой в изображения информации на основе методов ОЗК и СВ при одновременном оценивании погрешности соответствующих представлений стегоконтейнера и погрешности восстановления информации.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИССЛЕДУЕМЫХ МЕТОДОВ

Метод относительной замены коэффициентов [3] ДКП основан на относительном изменении значений заданных коэффициентов ДКП отдельного блока изображения-

контейнера в зависимости от значения 0 или 1 внедряемых данных. В методе ОЗК изображение-контейнер разбивается на блоки размером $N_{B1} \times N_{B2}$, в каждый из которых внедряется один бит b_m скрываемой информации следующим образом. К выделенному блоку (фрагменту) контейнера применяется ДКП. В полученной матрице $Y_m = (y_{n_1 n_2})$, $n_1 = 1, 2, \dots, N_{B1}$, $n_2 = 1, 2, \dots, N_{B2}$ коэффициенты ДКП с предварительно заданными индексами (u_1, v_1) и (u_2, v_2) ,

$$1 \leq u_1, u_2 \leq N_{B1}, \quad 1 \leq v_1, v_2 \leq N_{B2},$$

изменяются таким образом, чтобы выполнялись следующие условия:

$$\begin{aligned} |y_{u_1 v_1}| - |y_{u_2 v_2}| &< -P, \text{ при } b_m = 0, \\ |y_{u_1 v_1}| - |y_{u_2 v_2}| &> P, \text{ при } b_m = 1, \end{aligned} \quad (1)$$

где P – заданное пороговое значение.

К модифицированной указанным выше способом матрице Y_m применяется обратное ДКП и затем формируется контейнер с внедренной информацией.

Восстановление информации осуществляется в обратном порядке.

Метод субполосного внедрения [4] основан на добавлении к стежоконтейнеру произведения матрицы, содержащей внедряемое изображение, и матрицы собственных векторов, соответствующих единичным собственным числам специальным образом вычисляемых субполосных матриц [5], что обеспечивает внедрение информации в отдельную подобласть пространственных частот контейнера.

В методе субполосного внедрения изображение-контейнер описывается матрицей $W_0 = (w_{ik})$, $i=1, 2, \dots, N_1$, $k=1, 2, \dots, N_2$, значения элементов которой совпадают со значениями яркостей соответствующих пикселей. Подобласть пространственных частот Ω , в которую осуществляется внедрение, представляется в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Omega: \{ (u, v) \mid (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [\beta_1, \beta_2]) \cup (u \in [\alpha_1, \alpha_2], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup \\ \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [-\beta_2, -\beta_1]) \cup (u \in [-\alpha_2, -\alpha_1], v \in [\beta_1, \beta_2]) \}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $0 \leq \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2 \leq \pi$.

Элементы субполосных матриц $A=(a_{i_1 i_2})$ и $B=(b_{k_1 k_2})$ размерности $N_1 \times N_1$ и $N_2 \times N_2$ соответствующих заданной подобласти пространственных частот Ω определяются на основании следующих выражений:

$$a_{i_1 i_2} = \begin{cases} \frac{\sin(\alpha_2(i_1 - i_2)) - \sin(\alpha_1(i_1 - i_2))}{\pi(i_1 - i_2)}, & i_1 \neq i_2, \\ \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\pi}, & i_1 = i_2, \end{cases} \quad b_{k_1 k_2} = \begin{cases} \frac{\sin(\beta_2(k_1 - k_2)) - \sin(\beta_1(k_1 - k_2))}{\pi(k_1 - k_2)}, & k_1 \neq k_2, \\ \frac{\beta_2 - \beta_1}{\pi}, & k_1 = k_2. \end{cases} \quad (3)$$

В работе [6] было показано, что для внедрения некоторого изображения $Y=(y_{mn})$, $m=1, 2, \dots, J_A$, $n=1, 2, \dots, J_B$ в подобласть пространственных частот Ω изображения-контейнера W_0 следует выполнить следующее преобразование

$$W = W_0 - W_\Omega + k_0 W_Y,$$

где W_Ω – результат фильтрации изображения W_0 в подобласти ПЧ Ω .

$$W_\Omega = A W_0 B,$$

k_0 – некоторый коэффициент, согласующий доли энергии частотных компонент W_Ω и W_Y .

$$k_0 = K_{\text{общ}} \frac{E(W_\Omega)}{E(W_Y)}, \quad (4)$$

где $K_{общ}$ – общий коэффициент внедрения (коэффициент, обеспечивающий равномерность изменения энергии внедряемого изображения в различных ППЧ); $E(W_Y)$ – энергия изображения, преобразованного для внедрения в выбранную подобласть ПЧ.

$$E(W_Y) = tr(W_Y W_Y^T),$$

где $E(W_\Omega)$ – часть энергии контейнера в выбранной ППЧ [7].

$$E(W_\Omega) = tr(W_\Omega W_\Omega^T),$$

где W_Y – результат преобразования внедряемого изображения Y , обеспечивающего внедрение информации в заданную подобласть ПЧ.

$$W_Y = Q_{J_A} Y Q_{J_B}^T, \quad (5)$$

где Q_{J_A} и Q_{J_B} – матрицы, столбцы которых являются собственными векторами \bar{q}_i^A , $i = 1, 2, \dots, J_A$, и \bar{q}_k^B , $k = 1, 2, \dots, J_B$, соответствующими J_A и J_B единичным собственным числам заданных субполосных матриц A и B .

Для восстановления изображения Y , внедренного в подобласть ПЧ Ω контейнера W , следует выполнить следующее преобразование [4]:

$$Y = Q_{J_A}^T W Q_{J_B}. \quad (6)$$

В данной работе с целью сравнения объема внедренной в изображения информации на основе анализируемых методов приведены результаты соответствующих вычислительных экспериментов.

В ходе вычислительных экспериментов для определения погрешности представления результатов преобразований были вычислены среднеквадратические отклонения MSE представления одного изображения (матрицы) $\tilde{W} = (\tilde{w}_{ik})$, $i=1, 2, \dots, N_1$, $i=1, 2, \dots, N_2$ относительно другого изображения (матрицы) $W = (w_{ik})$ той же размерности:

$$MSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_2} (w_{ik} - \tilde{w}_{ik})^2 / \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_2} w_{ik}^2}. \quad (7)$$

В качестве изображения-контейнера использовано изображение размерностью 256x256 пикселей (фрагмент земной поверхности), представленное на рисунке 1(а). Внедряемые данные сформированы на основании значений пикселей различных фрагментов изображений, приведенных на рисунках 1(б), 1(в).

Вычислительные эксперименты проводились с наложением на изображение-контейнер «белого» шума с отношением шум-сигнал, равным $\delta=0.02$, а также без зашумления контейнера ($\delta=0$). Интенсивность аддитивного шума выбрана таким образом, чтобы он не вносил значительные изменения в представление контейнера и при этом оказывал влияние на стегоконтент.

При внедрении информации на основе метода относительной замены коэффициентов (ОЗК) ДКП были использованы следующие параметры: значение порога P выбрано равным 5, размеры блоков, на которые разбивается изображение-контейнер, равны 8x8, 16x16, 32x32, 64x64 пикселей; соответствующие координаты изменяемых коэффициентов ДКП выбраны таким образом, чтобы изменяемые коэффициенты располагались в области средних частот: (4,5) и (5,4); (8,10) и (10,8); (16,20) и (20,16); (32,40) и (40,32). Внедряемая информация задана в виде матриц 32x32, 16x16, 8x8 и 4x4 двоичных элементов (значения 0 и 1), полученных на основе преобразования значений отдельных пикселей внедряемого изображения (рис. 1(б)).

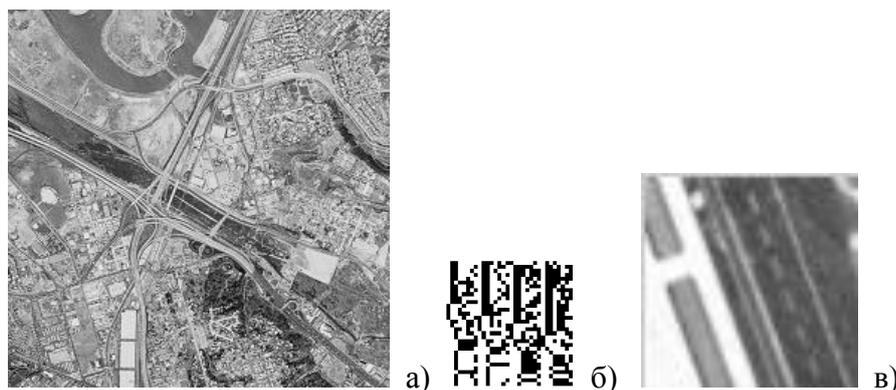


Рисунок 1 – Изображение-контейнер (а); внедряемые данные на основе метода ОЗК (б); внедряемое изображение на основе метода СВ (в)

Результаты внедрения информации на основе метода ОЗК приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты внедрения информации на основе метода ОЗК ($P=5$)

Размер блока $N_{B1} \times N_{B2}$	Объем внедряемой информации (бит)	Погрешность контейнера $MSE_{\text{конт}}$		Погрешность восстановления $MSE_{\text{восст}}$	
		$\delta=0$	$\delta=0.02$	$\delta=0$	$\delta=0.02$
8x8	1024	0.0594	0.0627	0	0.0944
16x16	256	0.0278	0.0342	0	0.0798
32x32	64	0.0174	0.0265	0	0
64x64	16	0.0063	0.0209	0	0

Данные, приведенные в таблице 1, показывают, что с увеличением размера блока контейнера объем внедряемой информации уменьшается, при этом погрешность восстановления информации также уменьшается (даже при наличии внешних воздействий (белый шум)) и снижается погрешность представления контейнера.

Максимальный объем внедренной информации (1024 бит) достигается при разбиении изображения на блоки 8x8 пикселей и ограничивается функциональными возможностями метода ОЗК.

При субполосном внедрении (СВ) в первой группе экспериментов использовано разбиение области ПЧ на 4x4 равновеликих ППЧ. В этом случае количество единичных собственных чисел субполосных матриц, соответствующих данному разбиению области ПЧ и размерности изображения-контейнера, равно 56. Поэтому размеры внедряемых фрагментов изображения выбраны равными 56x56 пикселей.

При внедрении одного фрагмента в качестве подобласти ПЧ, используемой для внедрения, была выбрана неинформационная [7] подобласть ПЧ $\Omega_{1,4}$ (выбор неинформационных ППЧ осуществлен при использовании порога 0.99 суммарной доли энергии изображения-контейнера). При проведении вычислительных экспериментов осуществлено внедрение различного объема информации – внедряемая информация была подготовлена на основании преобразования значений яркости пикселей отдельного фрагмента изображения (рис. 1 (в)) и задана в виде матрицы размерности 56x56 элементов с элементами различной разрядности. Значения разрядности выбраны от 1 до 8. Визуальное представление одного фрагмента внедряемого изображения различной разрядности приведено на рисунке 2.

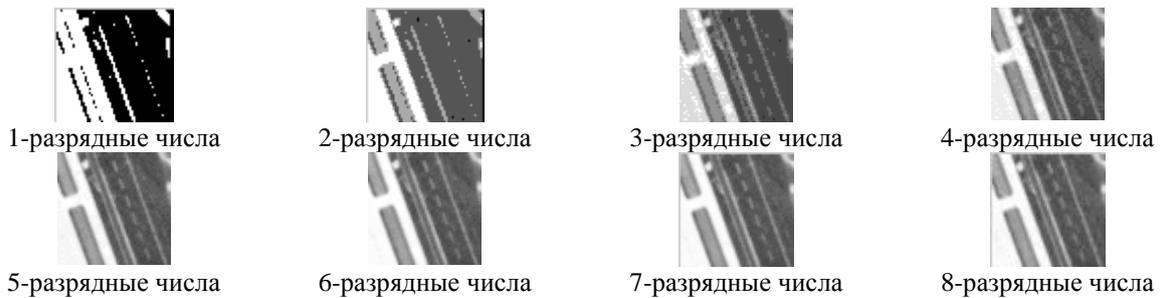


Рисунок 2 – Визуальное представление внедряемых данных различной разрядности

При проведении вычислительных экспериментов также был проведен анализ объема внедряемых данных при различном количестве $R_1 \times R_2$ подобластей ПЧ, на которые была разбита область пространственных частот: $R_1 = R_2 = \{4, 8, 16\}$. В соответствии с указанными разбиениями области ПЧ размер внедряемых фрагментов выбран равным 56x56, 24x24 и 10x10 пикселей, при этом для внедрения выбраны неинформационные подобласти ПЧ $\Omega_{1,4}$, $\Omega_{3,7}$, $\Omega_{15,7}$ соответственно.

В таблице 2 приведены значения погрешности изображения-контейнера после внедрения одного фрагмента изображения (рис. 2) на основе метода СВ, соответствующая погрешность восстановления информации при наложении аддитивного шума с отношением шум-сигнал $\delta=0.02$ и без шума ($\delta=0$), а также при различных значениях разрядности внедряемых данных.

Коэффициент увеличения энергии $K_{общ}$ выбирался таким образом, чтобы погрешность представления контейнера с внедренной информацией не превышала 5%-6%.

Таблица 2 – Результаты внедрения одного фрагмента изображения на основе метода СВ

Разрядность внедряемых чисел	Объем внедряемой информации (бит)	Коэффициент увеличения энергии $K_{общ}$	Погрешность контейнера $MSE_{конт}$		Погрешность восстановления $MSE_{восст}$	
			$\delta=0$	$\delta=0.02$	$\delta=0$	$\delta=0.02$
$R_1=R_2=4$						
1	3136	0.0058	0.0368	0.0419	0	0
2	6272	0.041	0.0490	0.0529	0	0
3	9408	0.103	0.0536	0.0572	0	0.0287
4	12544	0.36	0.0760	0.0786	0	0.0303
5	15680	0.7	0.0725	0.0752	0	0.0388
6	18816	1.32	0.0686	0.0715	0	0.0389
7	21952	2.48	0.0652	0.0682	0	0.0411
8	25088	4.3	0.0588	0.0621	0	0.0464
$R_1=R_2=8$						
1	576	0.01	0.0205	0.0286	0	0
2	1152	0.043	0.0253	0.0322	0	0
3	1728	0.153	0.0348	0.0401	0	0
4	2304	0.384	0.0399	0.0446	0	0.0259
5	2880	0.73	0.0375	0.0424	0	0.0294
6	3456	1.35	0.0350	0.0403	0	0.0302
7	4032	2.52	0.0331	0.0387	0	0.0342
8	4608	4.35	0.0299	0.0360	0	0.0366
$R_1=R_2=16$						
1	100	0.024	0.0161	0.0256	0	0

2	200	0.062	0.0164	0.0258	0	0
3	300	0.0852	0.0132	0.0240	0	0
4	400	0.287	0.0168	0.0261	0	0.0218
5	500	0.57	0.0164	0.0258	0	0.0260
6	600	1.31	0.0181	0.0269	0	0.0279
7	700	2.53	0.0176	0.0266	0	0.0291
8	800	4.01	0.0148	0.0249	0	0.0330

Данные, приведенные в таблице 2, показывают, что при использовании метода субполосного внедрения было внедрено значительно большее количество данных, чем при использовании метода ОЗК, при этом погрешность восстановления информации на основании метода СВ сравнима с соответствующей погрешностью восстановления на основе метода ОЗК как при наложении аддитивного шума, так и без наложения шума.

На рисунке 3 приведена зависимость погрешности восстановления данных на основании метода СВ от разрядности внедряемых данных.

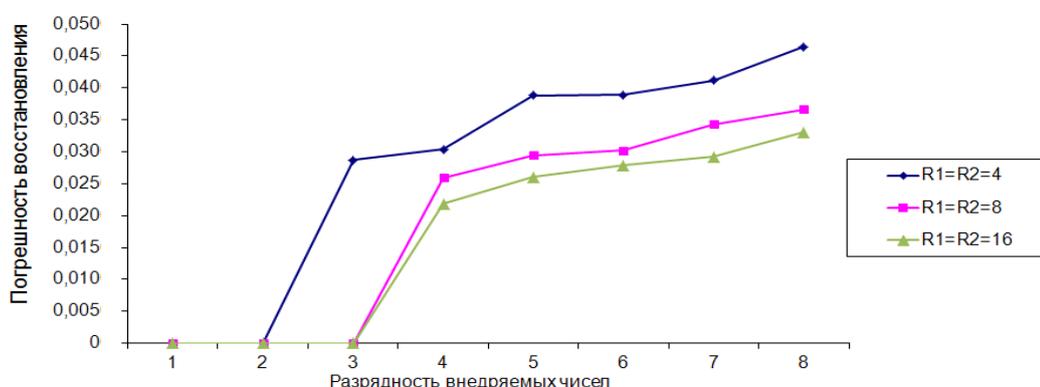


Рисунок 3 – Погрешность восстановления данных на основании метода СВ

Приведенная на рисунке 3 зависимость погрешности восстановления данных на основании метода СВ от разрядности внедряемых данных (которая влияет на объем внедрения) показывает целесообразность увеличения размеров применяемых ППЧ при увеличении объема данных, внедряемых в одну подобласть ПЧ, и уменьшение размеров ППЧ для увеличения их скрытности.

Из данных, приведенных в таблице 2 и на рисунке 3, следует, что при разбиении области ПЧ на 16x16 подобластей ПЧ на основании метода СВ внедрено в отдельных случаях меньше информации, чем на основании метода ОЗК (табл. 1). Однако необходимо отметить, что метод СВ допускает одновременное внедрение [4] в несколько подобластей ПЧ, что значительно увеличивает объем внедряемых данных по сравнению с методом ОЗК.

Таким образом, проведенные вычислительные эксперименты демонстрируют преимущество метода субполосного внедрения в сравнении с методом относительной замены коэффициентов ДКП по объему внедряемых данных с учетом близких значений погрешности восстановления внедренной информации.

Работа выполнена в рамках Государственного задания НИУ «БелГУ» (код проекта № 358).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 265 с.

2. Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. – К.: «МК-Пресс», 2006. – 288 с.
3. Черноморец А.А., Болгова Е.В. О погрешности стеговнедрений в изображение на основе метода относительной замены коэффициентов ДКП // Информационные системы и технологии, 2012. – № 6(74). – С. 125-131.
4. Жилияков Е.Г., Черноморец А.А., Голощапова В.А. Реализация алгоритма внедрения изображений на основе использования неинформационных частотных интервалов изображения-контейнера // Вопросы радиоэлектроники. Серия «ЭВТ», 2011. – Вып. 1. – С. 96-104.
5. Черноморец А.А., Прохоренко Е.И., Голощапова В.А. О свойствах собственных векторов субполосных матриц // Научные ведомости БелГУ. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика», 2009. – № 7(62). – Вып. 10/1. – С. 122-128.
6. Черноморец А.А., Красильников В.В. О формировании квазициклических компонент изображений с заданными частотными свойствами // Научные ведомости БелГУ. Серия «История. Политология. Экономика. Информатика», 2010. – № 13(84). – Вып. 15/1. – С. 168-174.
7. Черноморец А.А. Метод разбиения частотных субинтервалов на классы в задачах частотного анализа изображений // Информационные системы и технологии, 2011. – № 4(66). – С. 31-38.

Жилияков Евгений Георгиевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-телекоммуникационных систем и технологий

Тел.: 8 (4722) 30-13-92

E-mail: zhilyakov@bsu.edu.ru

Черноморец Андрей Алексеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики

Тел.: 8 (4722) 30-13-56

E-mail: chernomorets@bsu.edu.ru

Болгова Евгения Витальевна

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Аспирант, ассистент кафедры прикладной математики и информатики

Тел.: 8 (4722) 30-13-56

E-mail: bolgova_e@bsu.edu.ru

Павлов Валерий Федорович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики и информатики

Тел.: 8 (4722) 30-13-56

E-mail: pavlov_vf@bsu.edu.ru

*E.G. ZhILYAKOV (Doctor of Engineering Science, Professor,
Head of the Department of Information and Telecommunication Systems and Technologies)*

*A.A. ChERNOMOREC (Candidate of Engineering Science, Associate Professor,
Head of the Department of Applied Mathematics and Informatics)*

*E.V. BOLGOVA (Post-graduate Student,
Assistant of the Department of Applied Mathematics and Informatics)*

*V.F. PAVLOV (Candidate of Engineering Science, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Informatics)*

ABOUT THE VOLUME OF DATA EMBEDDED INTO IMAGES

In this paper are presented the results of a comparative analysis of the volume of information embedded into the images based on the methods of relative replace of DCT coefficients and subband embedding while evaluating the corresponding accuracy of stegocontainer and accuracy of data recovery.

Keywords: *secret embedding; image; data volume; space frequencies subarea; accuracy.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Gribunin V.G., Okov I.N., Turincev I.V. *Cifrovaya steganografiya*. – M.: SOLON-PRESS, 2009. – 265 s.
2. Konaxovich G.F., Puzyrenko A.Yu. *Komp'yuternaya steganografiya. Teoriya i praktika*. – K.: «MK-Press», 2006. – 288 s.
3. Chernomorec A.A., Bolgova E.V. O pogreshnosti stegovnedrenij v izobrazhenie na osnove metoda odnositel'noj zameny' koefficientov DKP // *Informacionny'e sistemy' i texnologii*, 2012. – № 6(74). – S. 125-131.
4. Zhilyakov E.G., Chernomorec A.A., Goloshhapova V.A. Realizaciya algoritma vnedreniya izobrazhenij na osnove ispol'zovaniya neinformacionny'x chastotny'x intervalov izobrazheniya-kontejnera // *Voprosy' radioelektroniki. Seriya «E'VT»*, 2011. – Vy'p. 1. – S. 96-104.
5. Chernomorec A.A., Proxorenko E.I., Goloshhapova V.A. O svojstvax sobstvenny'x vektorov subpolosny'x matric // *Nauchny'e vedomosti BelGU. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika»*, 2009. – № 7(62). – Vyp. 10/1. – S. 122-128.
6. Chernomorec A.A., Krasil'nikov V.V. O formirovanii kvaziciklicheskix komponent izobrazhenij s zadanny'mi chastotny'mi svojstvami // *Nauchny'e vedomosti BelGU. Seriya «Istoriya. Politologiya. E'konomika. Informatika»*, 2010. – № 13(84). – Vy'p. 15/1. – S. 168-174.
7. Chernomorec A.A. Metod razbieniya chastotny'x subintervalov na klassy' v zadachax chastotnogo analiza izobrazhenij // *Informacionny'e sistemy' i texnologii*, 2011. – № 4(66). – S. 31-38.

УДК 330.47

В.А. БОРХАЛЕНКО

ОТКРЫТЫЙ ПРОТОКОЛ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТЕЖЕЙ

В данной статье предложен открытый протокол проведения электронного платежа. Рассмотрены необходимые условия обеспечения безопасности электронных платежей в сети Интернет. В заключительной части статьи доказано соответствие предложенного протокола основным требованиям протоколам электронной коммерции.

Ключевые слова: протоколы электронной коммерции; информационная безопасность; безопасность электронных платежей.

ВВЕДЕНИЕ

Широкое развитие технологий сетевого обмена информации в сети Интернет, особенно при совершении финансовых транзакций с помощью разнообразных платежных систем, поставило перед многими участниками электронных транзакций ряд вопросов [4]:

1. Является ли отправитель полученного письма заявленным участником протокола?
2. Не было ли письмо перехвачено и подменено кем-то другим?
3. Не является ли пришедшее письмо повторно отправленным?
4. Гарантируется ли конфиденциальность данных заказа и платежа?
5. Существует ли неопровержимое доказательство факта проведения электронного платежа?

Данные вопросы являются основными в области исследования криптографических протоколов электронной коммерции. В настоящее время существует много платежных систем, основанных на таких протоколах. Но данные разработки не всегда являются открытыми или же являются надстройками над уже известными протоколами аутентификации (например, SSL), которые не решают многих проблем электронной коммерции [5]. Следовательно, возникает потребность в разработке открытого протокола электронной коммерции с его последующей верификацией и анализом доказательства удовлетворения необходимых условий безопасности.

НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОТОКОЛА ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВЛИ

Анализ использования криптографических протоколов в области электронной коммерции позволяет говорить о формировании следующих необходимых условий безопасности и удовлетворения им:

- аутентификация владельца средства платежа (например, карты) другими участниками транзакции: торговой точкой, платежной системой;
- аутентификация торговой точки другими участниками транзакции: владельцем карты, платежной системой;
- аутентификация платежной системой торговой точки и владельца карты;
- конфиденциальность сообщений, которыми обмениваются участники транзакции через Интернет;
- конфиденциальность информации о реквизитах средства платежа для торговой точки;
- целостность данных, которыми обмениваются участники транзакции;

– невозможность отказа от транзакции – наличие для каждого участника транзакции неопровержимого доказательства факта ее совершения.

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ОТКРЫТЫЙ ПРОТОКОЛ

На основе вышесказанного автором был разработан и проанализирован следующий протокол электронной коммерции. В выполнении протокола принимают участие три стороны: покупатель (С), продавец (S) и сервер платежной системы (Т). Предполагается, что держатель электронных кошельков исполняет роль центра сертификации, нотариальные функции и является доверенной стороной при проведении платежей [1]. Для генерации сертификатов торговой точки и держателя карты сервер платежной системы должен поддерживать специальную процедуру идентификации торговой точки, определенную обслуживающим банком-эквайером, и процедуру идентификации держателя карты, определенную банком-эмитентом.

Продавец и покупатель устанавливают программное обеспечение (ПО) с сервера посредника. Предполагается, что ПО и открытый ключ кошелька PK_t передаются по аутентичному каналу связи. Закрытый ключ кошелька SK_t известен только ему самому [1]. Процесс совершения электронной транзакции, основанной на приведенном протоколе, проходит в три этапа. Дополнительно укажем, что каждое сообщение протокола имеет свое имя или порядковый номер.

Первым этапом является этап пополнения электронного кошелька и регистрация торговой точки. Рассмотрим подробнее действия, выполняемые участниками протокола, и содержание сообщений протокола на этапе 1:

1. С->Т: сообщение, содержащее запрос о начале регистрации, метку времени T_c и сеансовый ключ симметричного шифрования K_c , сгенерированный покупателем, зашифрованное на открытом ключе кошелька [2]: $PK_t\{\text{Запрос о начале регистрации} \parallel T_c \parallel K_c\}$.

2. Т->С: ответ на запрос, содержащий зашифрованный на закрытом ключе кошелька хэш-образ двух случайных чисел и число (нонс) N_t , зашифрованные на ключе K_c : $K_c\{SK_t\{H[K_c \parallel N_t]\} \parallel N_t\}$.

3. Покупатель расшифровывает сообщение с помощью K_c , тем самым убеждаясь в актуальности сообщения, далее расшифровывает хэш с помощью открытого ключа кошелька, поставляемого вместе с ПО: $PK_t\{SK_t\{H[N_t \parallel K_c]\}\}$ и вычисляет самостоятельно хэш, сравнивая его с расшифрованным. Если дайджесты совпадают, покупатель генерирует пару ключей асимметричного шифрования (PK_c и SK_c) [3] и отправляет сообщение, содержащее персональные данные (реквизиты банковской карты (PAN, CVC2/CVV2), электронный адрес), сгенерированный открытый ключ, N_t , хэш-сообщение, зашифрованное на открытом ключе кошелька: С->Т: $PK_t\{\text{Адрес покупателя} \parallel \text{Реквизиты карты} \parallel PK_c \parallel N_t \parallel SK_c\{H\}\}$.

4. ПО кошелька расшифровывает сообщение, вычисляет хэш с помощью полученного открытого ключа покупателя, проверяет случайное число N_t , чем убеждается в актуальности данного сообщения и в том, что покупатель аутентифицировал сервер кошелька, проверяет реквизиты покупателя и с помощью банка-эмитента аутентифицирует владельца карты. Далее сервер кошелька генерирует уникальный идентификатор клиента (CID), подписывает открытый ключ, присланный покупателем. Кошелек отправляет письмо покупателю, зашифрованное на открытом ключе покупателя, содержащее сертификат открытого ключа покупателя [3]: $PK_c\{\text{Name}_c \parallel \text{Name}_t \parallel \text{Срок действия сертификата} \parallel \text{CID} \parallel PK_c \parallel SK_t\{H\}\}$, где Name_c – имя покупателя; CID – персональный идентификатор покупателя в сети посредника; Name_t – имя центра сертификации (ЦС) (держателя электронных кошельков, выдавшего сертификат); срок действия сертификата – период времени, в течение которого сертификат является действительным; PK_c – открытый ключ покупателя; $SK_t\{H\}$ – электронная цифровая подпись (ЭЦП) [3] ЦС.

5. Покупатель расшифровывает сообщение, проверяет ЭЦП и убеждается в том, что сервер кошелька аутентифицировал его. Регистрация покупателя в системе и получение сертификата покупателя завершены. Аналогично, но используя другие имена сообщений и отправку номера своего лицевого счета вместо реквизитов банковской карты, а также специальную процедуру идентификации торговой точки, данный этап выполняется для продавца.

Следующим этапом совершения электронной транзакции является регистрация участников протокола. Процесс проведения электронного платежа начинается каждый раз с регистрации участников после того, как продавец и покупатель получили свои сертификаты. Рассмотрим более детально действия, выполняемые участниками на втором этапе протокола, а также содержание передаваемых сообщений на этапе 2.

1. Покупатель отправляет продавцу открытое сообщение, содержащее запрос о начале регистрации.

2. В ответ продавец отправляет свой полученный от кошелька идентификатор (SID), отметку времени (T_{st}), случайное число (N_{st}) и ЭЦП, зашифрованные на открытом ключе кошелька: $S \rightarrow C: PK_t\{SID||T_{st}||N_{st}||SK_s\{H\}\}$.

3. Покупатель отправляет серверу кошелька случайное число N_{ct} , CID, полученное зашифрованное сообщение продавца, отметку времени T_{ct} и ЭЦП, зашифрованные на открытом ключе кошелька: $C \rightarrow T: PK_t\{N_{ct}||T_{ct}||CID||PK_t\{SID||T_{st}||N_{st}||SK_s\{H\}\}||SK_c\{H\}\}$.

4. Так как сервер кошелька является центром сертификации, у него уже имеются открытые ключи покупателя и продавца. Сервер кошелька расшифровывает сообщение, проверяет его актуальность и целостность. Сервер кошелька отправляет покупателю сгенерированный ключ симметричного шифрования (K_{cs}), N_{ct} , N_{st} и ЭЦП всего сообщения, а также ключ симметричного шифрования K_{cs} , сертификат открытого ключа покупателя, ЭЦП сообщения, зашифрованные на открытом ключе продавца. Все сообщение шифруется на открытом ключе покупателя: $T \rightarrow C: PK_c\{PK_s\{N_{st}||N_{ct}||K_{cs}||Сертификат\ открытого\ ключа\ покупателя||SK_t\{H\}\}||K_{cs}||N_{ct}||SK_t\{H\}\}$.

5. Покупатель расшифровывает сообщение, проверяет ЭЦП, проверяет N_{ct} , чем и удостоверяется в свежести симметричного ключа и свежести сообщения. Покупатель передает часть сообщения, зашифрованную на ключе продавца: $C \rightarrow S: PK_s\{N_{st}||K_{cs}||N_{ct}||Сертификат\ открытого\ ключа\ покупателя||SK_c\{H\}\}$.

6. Продавец расшифровывает сообщение, проверяет подпись сообщения, проверяет случайное число N_{st} , убедившись в свежести сообщения, тем самым удостоверившись в свежести ключа K_{cs} и аутентифицировав покупателя. В ответ продавец отправляет подписанное сообщение, содержащее сертификат открытого ключа продавца и случайное число N_{sc} . $S \rightarrow C: K_{cs}\{N_{sc}||Сертификат\ открытого\ ключа\ продавца||N_{ct}||SK_s\{H\}\}$.

7. Покупатель расшифровывает полученное сообщение, убеждается в свежести N_{sc} , так как уверен в свежести K_{cs} , проверяет ЭЦП полученным ключом и тем самым аутентифицирует продавца. Покупатель отправляет подписанное сообщение, содержащее N_{sc-1} , зашифрованное на ключе симметричного шифрования: $C \rightarrow S: K_{cs}\{N_{sc-1}||SK_c\{H\}\}$.

8. Продавец расшифровывает сообщение, проверяет ЭЦП и N_{sc-1} , тем самым убедившись, что покупатель его аутентифицировал.

9. После того, как две стороны выполнили взаимную аутентификацию, оба участника вычисляют сеансовый ключ для шифрования сообщений K применением хэш-функции к ключу K_{cs} и случайным числам N_{ct} и N_{sc} . $K=H[K_{cs}||N_{ct}||N_{sc}]$. Данное действие и является финальным на втором этапе.

Далее следует завершающий этап процесса проведения платежа, содержащий в себе фазы согласования цены и оплаты заказа. Рассмотрим более детально действия,

выполняемые участниками на финальном третьем этапе протокола, а также содержание передаваемых сообщений на этапе 3.

1. Покупатель отправляет запрос, зашифрованный на сеансовом ключе K , содержащий данные о покупателе, информацию о запрашиваемом продукте, цену заказа, случайный ключ симметричного шифрования K_1 , подпись сообщения: $C \rightarrow S: K\{PK_s\{K_1\}||\text{Данные о покупателе}||\text{Информация о запрашиваемом товаре}||\text{Цена заказа}||SK_c\{H\}\}$. Данные о покупателе передаются для возможного получения скидок.

2. Сторона продавца расшифровывает сообщение, проверяет ЭЦП и отправляет ответное сообщение, зашифрованное на ключе K_1 , содержащее предложение, идентификатор транзакции (TID), ЭЦП и следующий случайный сеансовый ключ K_2 : $S \rightarrow C: K_1\{PK_c\{K_2\}||\text{Информация о запрашиваемом товаре}||\text{Цена заказа со скидкой}||TID||SK_s\{H\}\}$.

3. Покупатель проверяет ЭЦП и в случае одобрения предложения продавца генерирует сообщение о согласии, зашифрованное на ключе K_2 , содержащее дату и время и ЭЦП, чем и подтверждает свое согласие с условиями сделки, а также следующий зашифрованный сеансовый ключ K_3 : $C \rightarrow S: K_2\{\text{Согласие с условиями сделки}||PK_s\{K_3\}||SK_c\{H\}\}$.

4. Продавец расшифровывает сообщение и отправляет покупателю ответное сообщение, содержащее зашифрованный сеансовый ключ K_4 , ЭЦП и накладную, содержащую информацию о заказе, номер заказа в реестре продавца (TID) и время данного заказа, ЭЦП накладной, зашифрованную на сгенерированном случайном ключе KG : $S \rightarrow C: K_3\{PK_c\{K_4\}||KG\{\text{Накладная заказа}||SK_s\{H\}\}||SK_s\{H\}\}$.

5. Покупатель расшифровывает K_4 , проверяет ЭЦП, в случае успешной проверки создает электронный платежный ордер [1], содержащий зашифрованный на открытом ключе сервера кошелек номер счета, идентификатор транзакции (TID), дату и время транзакции, персональный идентификатор покупателя CID, цену товара и ЭЦП сообщения: $S \rightarrow C: K_4\{PK_t\{\text{Реквизиты покупателя}||CID||\text{Дата и время}||TID||SK_c\{H\}\}||SK_c\{H\}\}$.

6. Продавец расшифровывает сообщение и проверяет ЭЦП покупателя, присоединяет к данному письму номер своего счета, ключ KG , уникальный идентификатор транзакции в реестре платежной системы (PID) [1], содержащий в себе три поля: SID, дату и время транзакции, уникальный номер транзакции в реестре продавца. $C \rightarrow T: PK_t\{PK_t\{\text{Реквизиты покупателя}||CID||\text{Дата и время}||TID||SK_c\{H\}\}||SID||\text{Дата и время}||TID||\text{Банковские реквизиты продавца}||KG||SK_s\{H\}\}$.

7. Сервер кошелька расшифровывает сообщение, проверяет ЭЦП, расшифровывает своим закрытым ключом информацию, предоставленную покупателем, сверяет цены, время, TID, заявленные покупателем и продавцом, проверяет ЭЦП покупателя, проверяет персональные данные участников. Далее при успешном завершении этапа проверки сервер платежной системы формирует запрос банку-эмитенту на списание указанной в сообщении суммы заказа и передает его банку-эмитенту. Данная процедура не регламентируется протоколом. Достаточно сказать, что при отсутствии требуемой суммы на балансе карты процедура списания будет отклонена. При успешном списании, сервер платежной системы пересылает покупателю секретный ключ для расшифровки накладной KG и подписанное сообщение о списании средств покупателя, зашифрованные на открытом ключе покупателя: $T \rightarrow C: PK_c\{KG||\text{Уведомление о списании средств}||SK_t\{H\}\}$. Также отправляет продавцу подписанное уведомление о начислении средств: $T \rightarrow S: PK_s\{\text{Уведомление о начислении средств}||SK_t\{H\}\}$.

УСТОЙЧИВОСТЬ К РАСПРОСТРАНЕННЫМ АТАКАМ НА ПРОТОКОЛЫ

При проектировании данного протокола были учтены известные виды атак на протоколы [6]. Во избежание атаки повтора при аутентификации в сообщениях

использованы метки времени и сеанса. Отсутствие симметрии в сообщениях препятствует атаке отражения. Также при разработке протокола использовалось правило удостоверения подлинности участника протокола: имя участника протокола следует явно указывать в сообщении и при возможности хэшировать, что препятствует атаке, обусловленной отсутствием наименования.

СООТВЕТСТВИЕ ПРОТОКОЛА ТРЕБОВАНИЯМ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

Доказательство данного высказывания следует из приведенных ниже свойств протокола [5]:

- мошеннику недостаточно знать реквизиты платежей карты, чтобы успешно выполнить транзакцию. Помимо реквизитов карты требуется знание секретного ключа покупателя и сертификата соответствующего ему открытого ключа;
- торговая точка убеждена в подлинности владельца карты, совершающего транзакцию, так как открытый ключ покупателя, с помощью которого осуществляется проверка ЭЦП, сертифицирован сервером платежной системы, используя процедуру идентификации держателя карты, определенную банком-эмитентом;
- владелец карты убежден в подлинности торговой точки, так как открытый ключ продавца, с помощью которого осуществляется проверка ЭЦП, сертифицирован сервером платежной системы, используя процедуру идентификации торговой точки, определенную банком-эквайером;
- информация о реквизитах карты не известна торговой точке;
- точка продаж и владелец карты имеют соответствующие подписанные уведомления: согласие с условием сделки и накладную о совершении покупки.

В отличие от протокола SET данный протокол не требует многоуровневую иерархическую структуру центров сертификации и геополитического распределения центров сертификации, что делает его намного дешевле в эксплуатации и препятствует блокировкам и ограничениям выдачи сертификатов при наличии геополитических разногласий.

Также выполнены требования к конфиденциальности заказа: сервер платежной системы не имеет доступа к наименованию заказа, а только может осуществить проверку соответствия TID.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были выделены основные требования к протоколам электронной коммерции и предложен открытый протокол осуществления электронных платежей. Приведено обоснование соответствия предложенного протокола выделенным требованиям. В последующих работах предполагается рассмотреть средства теоретико-доказательственного подхода к анализу протоколов электронных платежей: BAN-логику и технологию Model Checking для доказательства выполнения предложенным протоколом утверждений, характеризующих взаимную аутентификацию пользователей, аппарат логики LTL и представление протокола в виде модели взаимодействующих параллельных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деднев М.А., Дыльнов Д.В., Иванов М.А. Защита информации в банковском деле и электронном бизнесе. – М.: Изд-во КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004.
2. Панасенко С.П., Батура В.П. Основы криптографии для экономистов. – М.: Финансы и статистика, 2005.

3. Хорев П.Б. Криптографические интерфейсы и их использование. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007.
4. Запечников С.В. Криптографические протоколы и их применения в финансовой и коммерческой деятельности. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007.
5. Голдовский И. Безопасность электронных платежей в Интернете. – СПб.: Питер, 2001.
6. Давдов А.Н. Атаки на протоколы установления ключа. – Труды научно-технической конференции. Безопасность информационных технологий. – Пенза: Издательство Пензенского научно-исследовательского электротехнического института, 2004.

Борхаленко Вадим Анатольевич

Национальный исследовательский университет «Московский Энергетический Институт», г. Москва
Аспирант кафедры экономики промышленности и организации предприятия
Тел.: 8 916 437 46 55
E-mail: vadikhide@yandex.ru

V.A. BORXALENKO (*Post-graduate Student of the Department of Industrial Economics and Company Organization*)
National Research University «Moscow Power Engineering Institute», Moscow

OPEN ELECTRONIC PAYMENT PROTOCOL

In this article we propose a new open electronic payment protocol. Discussed the main security requirements of electronic payments in the Internet and proved matching the proposed protocol to above requirements in the final part of this paper.

Keywords: *e-Commerce protocols; information security; the electronic payments security.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Dednev M.A., Dy'l'nov D.V., Ivanov M.A. Zashhita informacii v bankovskom dele i e'lektronnom biznese. – М.: Izd-vo KUDIC-OBRAZ, 2004.
2. Panasenko S.P., Batura V.P. Osnovy' kriptografii dlya e'konomistov. – М.: Finansy' i statistika, 2005.
3. Xorev P.B. Kriptograficheskie interfejsy' i ix ispol'zovanie. – М.: Goryachaya liniya-Telekom, 2007.
4. Zapechnikov S.V. Kriptograficheskie protokoly' i ix primeneniya v finansovoj i kommercheskoj deyatel'nosti. – М.: Goryachaya liniya-Telekom, 2007.
5. Goldovskij I. Bezopasnost' e'lektronny'x platezhej v Internete. – SPb.: Piter, 2001.
6. Davdov A.N. Ataki na protokoly' ustanovleniya klyucha. – Trudy' nauchno-texnicheskoj konferencii. Bezopasnost' informacionny'x tehnologij. – Пенза: Izdatel'stvo Penzenskogo nauchno-issledovatel'skogo e'lektrotexnicheskogo instituta, 2004.

УДК 004.75

Д.Н. ДЕМЕНТЬЕВ, В.Г. ГРИШАКОВ, И.В. ЛОГИНОВ

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТЬЮ

В работе рассмотрена задача выбора перспективных направлений совершенствования систем управления телекоммуникационными сетями, решаемая в процессе управления развитием телекоммуникационных систем. Система управления телекоммуникационной сетью рассмотрена на уровне процессов в соответствии с методологией eTOM. Это позволило задачу выбора перспективных направлений модернизации свести к задаче определения перечня процессов управления, модернизация которых будет иметь наибольший положительный эффект для всей системы управления. Для решения задачи предложено определять ресурсоотдачу по каждому процессу и функциональные зависимости по ее увеличению в зависимости от расхода ресурсов. Решение достигается путем минимизации расхода ресурсов на модернизацию системы управления в условиях изменения количества задач административного управления при развитии управляемой телекоммуникационной сети. Результатом работы алгоритма является перечень процессов, перспективных к модернизации, и распределение ресурсов на модернизацию выделенных процессов управления.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть; система управления; ресурсоемкость; трудоемкость; алгоритм; оптимизация; процесс; развитие; совершенствование.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие телекоммуникационных сетей осуществляется непрерывно и приводит к увеличению количества предоставляемых услуг, а также повышению их качества. Результатом такого процесса является рост числа задач административного управления, связанных с поддержкой предоставления услуг связи, поступающих в систему управления в единицу времени. В соответствии с методологией eTOM эти задачи относятся к трем функциональным областям: «стратегия, инфраструктура и продукт», «основная деятельность» и «управление предприятием» [1]. Количество задач управления для двух первых областей деятельности напрямую зависит от числа предоставляемых услуг и интенсивности их смены. Существенное снижение продолжительности жизненного цикла компонентов сетей связи приводит к взрывообразному росту требований к ресурсам системы управления (в первую очередь, к персоналу систем управления). Для решения такой проблемы внедряются технологии автоматизации и информатизации, с использованием которых реализуют реинжиниринг процессов управления с целью повышения их ресурсоотдачи. Важность обеспечения соответствия возможностей системы управления структуры и состава управляемой телекоммуникационной сети обосновывают актуальность решения задачи разработки алгоритма выбора перспективных направлений модернизации.

ОБЗОР МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СЕТЯМИ

Развитие методов и способов к совершенствованию систем управления телекоммуникациями связано с обоснованием форм архитектурной организации на различных уровнях представления, разработкой методов заблаговременного развития возможностей по предоставлению услуг связи и автоматизации реализации отдельных операций процессов управления. Известные результаты в области оптимизации систем

управления направлены на обеспечение предоставления качественных услуг связи потребителям при минимизации затрат ресурсов всех видов.

Базовая форма организации системы управления на уровне процессов (методик администрирования) определяется с использованием методологии eTOM (Enhanced Telecom Operation Map – расширенная схема деятельности организации связи). Она определяет перечень процессов на несколько уровней детализации в трех функциональных областях: «стратегия, инфраструктура и продукт», «основная деятельность» и «управление предприятием». Общее число процессов составляет около 300. Развитие организованных в соответствии с методологией систем управления происходит в области уточнения способов и форм организации, в том числе для выделенных классов телекоммуникационных сетей. Для совершенствования положений eTOM разрабатываются уточнения по отдельным функциональным блокам управления. Так, в [2] рассмотрено совершенствование eTOM за счет использования отдельных компонентов из методологии COBIT5, что приведет к повышению достижимых уровней QoS и SLA предоставления услуг. Предлагаются технологии трансформации процессов предприятия связи на основе eTOM с использованием нового инструментария, например, в [3] – Lean Six Sigma L6S-Tesco. Отмечается, что повышение эффективности процессов системы управления сетью связи возможно через усовершенствование ключевых показателей эффективности [4].

Реализационным аспектом совершенствования процессов административного управления является их реинжиниринг. Отмечается, что при этом трансформируется архитектура самого процесса и средства его автоматизации. При проектировании архитектуры процесса могут использоваться: иерархические, дивизиональные, последовательные и сервис-ориентированные формы организации [5]. Важным вопросом при реинжиниринге бизнес-процессов организации связи является разработка онтологии предметной области, позволяющей формализовать реинжиниринг. Для этого разрабатываются методы онтологического реинжиниринга, создаются эталонные онтологии бизнес-процессов предприятий связи [6]. Рассматриваются задачи трансформации процессов организации с использованием программных средств. Предлагаются методологии, в частности, Business Implementation Methodology – BIM [7], для решения задач реинжиниринга, оперирующие эталонными моделями процессов.

Важной формой совершенствования процессов организаций связи является использование автоматизации и информатизации. Для повышения уровня информированности персонала администрирования предложено управление телекоммуникационной сетью осуществлять с использованием положений CALS/ИПИ подхода. Основой его применения в телекоммуникационной отрасли является формирование и использование в процессе управления телекоммуникационными компонентами на всем их жизненном цикле интегрированных моделей, описывающих объект управления [8]. Для этого предлагается вводить в состав интегрированных информационных систем поддержки управления сетями связи программные компоненты моделирования телекоммуникационных сетей [9]. При решении проблем автоматизации предлагается централизация средств автоматизации как для отдельных филиалов предприятия связи, так и в рамках функциональных подразделений [10]. Рассматривается решение отдельных задач совершенствования автоматизации процессов управления сетями связи. Так, в [11] рассмотрена задача повышения оперативности автоматизированной системы управления сетью связи за счет оптимизации структуры комплекса информационных средств в реальном масштабе времени. Задача сведена к нахождению оптимальной структуры комплекса средств автоматизации, обеспечивающей максимальную ценность информации управления, выражаемую через показатели достоверности, полноты, своевременности и стоимости.

Представленный обзор показывает, что известные методы и способы совершенствования систем управления телекоммуникационными сетями позволяют решать рассматриваемую задачу в общем случае. Однако задача выбора перспективных направлений модернизации с одновременным расчетом требований к ресурсам на осуществление модернизации при ограничении на условиях развития телекоммуникационной сети в явном виде не рассматривается. Это позволяет обосновать актуальность решения поставленной задачи.

ФОРМАЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Задача исследования заключается в разработке алгоритма выбора совершенствуемых процессов администрирования сети связи и расчета соответствующей потребности в ресурсах. Исходными данными для рассматриваемой задачи являются: $N^t = \{n_i^t\}$ – множество количеств задач управления услугами связи в t -м (исходном) периоде; $N^{t+1} = \{n_i^{t+1}\}$ – множество количеств задач управления услугами связи в плановом $(t+1)$ -м периоде; $\Psi^t = \{\psi_i^t\}$ – множество значений ресурсоотдачи решения задач управления в t -м (исходном) периоде; $F = \{f_i\} = \langle A_i, K_i \rangle : \psi_i^{t+1} = f_i(\psi_i^t, r_i^+)$ – множество функциональных зависимостей повышения уровня ресурсоотдачи процессов управления от ресурсов на их оптимизацию (r_i^+); L – максимальное число совершенствуемых в плановом периоде технологических процессов; α – доверительный интервал точности решения задачи оптимизации.

Найти: распределение ресурсов $\{r_i^+\}$ по множеству совершенствуемых в плановом периоде процессов $\Pi = \{pr_j\}$, при условии $(R^+)^{t+1} = \sum_i (r_i^+)^{t+1} \rightarrow \min$.

Ограничения: процессы организации выделены в соответствии с методологией eTOM; возможно получение оценок количества задач администрирования в плановом периоде для планового состояния сети связи (количества и технической сущности поддерживаемых услуг связи); система управления ограничена ресурсами на поддержку сети связи $R^t = R^{t+1} = const$; изменения системы управления реализуются по плановым периодам.

МОДЕЛЬ СОВМЕСТНОГО РАЗВИТИЯ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ И ЕЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В работе рассматривается ситуация, при которой сеть связи с течением времени изменяет свой состав (перечень предоставляемых услуг связи). Таким образом, можно рассмотреть развитие сети связи (S) как динамику изменения ее состояния (рис. 1). Сеть связи, находящаяся в одном любом из множества состояний (S^{t-1} , S^t , S^{t+1}), инициирует множество задач администрирования за рассматриваемый период (N). Количество задач во множестве определяется структурой и составом сети связи (N^{t-1} , N^t , N^{t+1}). Решение задач администрирования переводит сеть связи в новое состояние через реализацию соответствующих управляющих воздействий (u^{t-1} , u^t , u^{t+1}). Решение задач требует расхода ресурсов системы управления (R^{t-1} , R^t , R^{t+1}). По условиям задачи, ресурсы, находящиеся в распоряжении системы управления, ограничены: $R \leq R^{don} = const$.

Каждому состоянию сети связи соответствует состояние системы управления (MS^{t-1} , MS^t , MS^{t+1}). Поскольку сеть связи изменяется, соответственно, изменяется и управляющая ею система управления. Модернизация системы управления реализуется соответствующей системой, которая затрачивает на это свои ресурсы. Процесс модернизации может быть представлен в следующем виде:

$$\Theta^t, \Theta^t = \{\theta_i^t\} : MS^t \xrightarrow{\Theta^t} MS^{t+1}, \theta_i^t \Leftrightarrow (r^+)_i^t. \quad (1)$$

Он сводится к реализации набора мероприятий модернизации (Θ^{t-1} , Θ^t , Θ^{t+1}). Мероприятия модернизации используют ресурсы на модернизацию перспективных для совершенствования процессов администрирования: $((R^+)^{t-1}, (R^+)^t, (R^+)^{t+1})$. В соответствии с моделью eTOM система управления сетью связи определяется совокупностью технологических процессов управления (pr) и ресурсами, выделенными на функционирование системы административного управления:

$$MS^t = \langle \{pr_i^t\}, R^t \rangle = \langle \{\psi_i^t\}, R^t \rangle, \quad (2)$$

где ψ_i^t - ресурсоотдача процесса решения задач административного управления i -го класса в промежуток времени t .

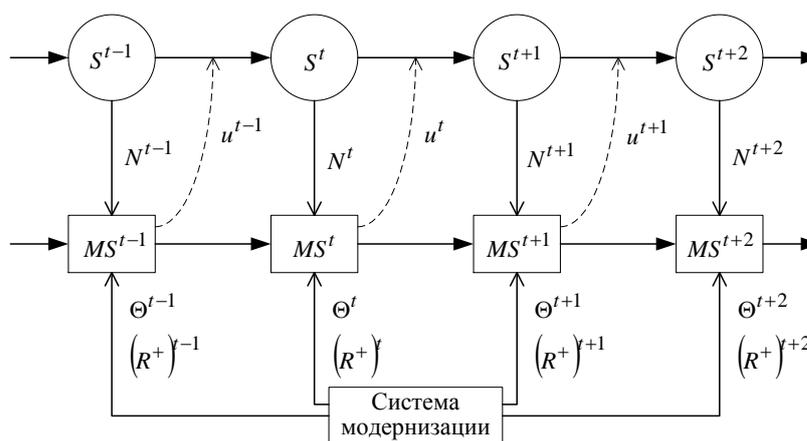


Рисунок 1 – Схема совместного развития телекоммуникационной сети и ее системы управления

Система модернизации реализует выбор совершенствуемых процессов $\Pi = \{pr_j\}$ и осуществляет их реинжиниринг, что приводит к повышению ресурсоотдачи процесса решения задач административного управления. В работе на основе анализа экспериментальных данных определено, что в качестве вида функциональной зависимости прироста ресурсоотдачи от затрат ресурсов на совершенствование может использоваться логарифмическая функция вида

$$\psi_i^{t+1} = \psi_i^t \times \log_{a_i} \left(k_i^t \times (r^+)_i^t + a_i \right) \quad (3)$$

с двумя параметрами «а» и «к», отражающими уровень влияния эффективности расходования ресурсов на совершенствование технологических процессов. Значения параметров определяются на основе оценок эффектов модернизации процессов и в задаче выступают в качестве исходных данных.

АЛГОРИТМ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Изменение числа задач административного управления при изменении состояния телекоммуникационной сети приводит к изменению потребности в ресурсах на их решение. Изменение требований к ресурсам может быть найдено путем суммирования изменений по всем процесса администрирования:

$$\Delta R = \sum_i (\Delta r_i^{t+1}) = \sum_i \frac{n_i^{t+1} - n_i^t}{\psi_i^t} \quad (4)$$

С другой стороны, за счет реинжиниринга процессов администрирования возможно уменьшение требований к ресурсам в связи с увеличением ресурсоотдачи решения задач, которое может быть рассчитано по формуле:

$$\Delta R = \sum_i n_i^{t+1} \left(\frac{1}{\psi_i^t} - \frac{1}{\psi_i^{t+1}} \right) \quad (5)$$

В работе предполагается, что необходимость совершенствования системы управления возникает при недостаточности ресурсов на решение задач управления. Соответственно, рассматривается ситуация, когда изменение требований к ресурсам является положительной величиной: $\Delta R > 0$.

Для решения задачи предложен алгоритм выбора направлений модернизации системы управления (рис. 2), базирующийся на приближенных методах оптимизации вида градиентных методов быстрого спуска.

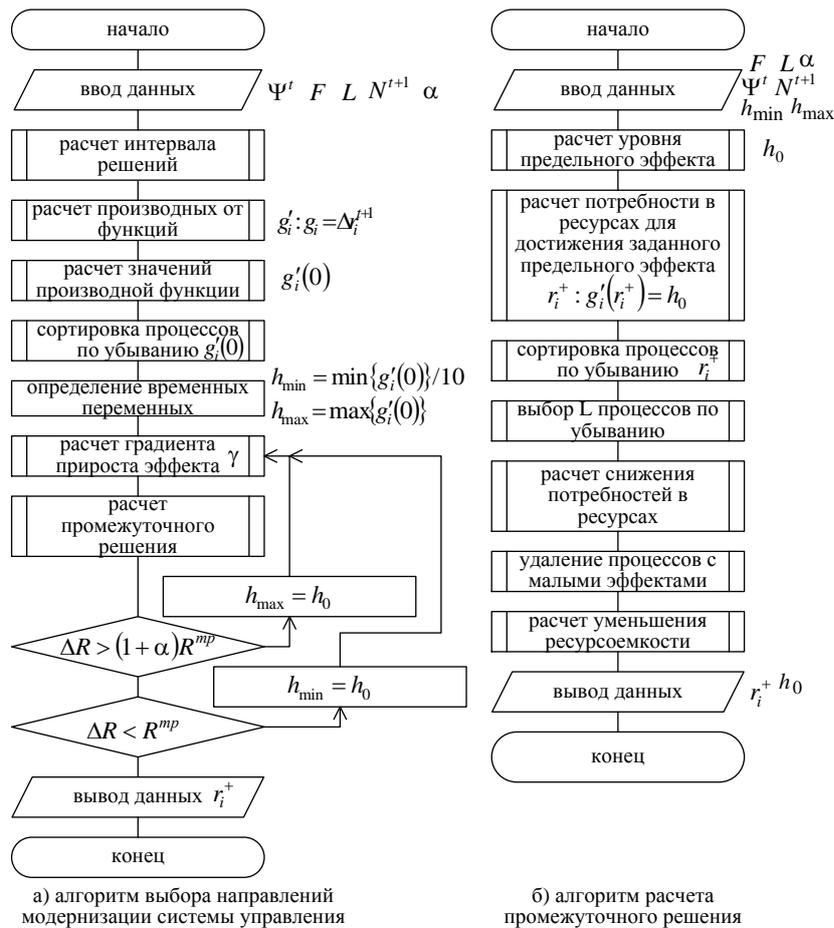


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма выбора направлений модернизации системы управления телекоммуникационной сетью

Сущность алгоритма заключается в использовании того факта, что максимум эффективности расходования ресурсов на совершенствование множества процессов достигается при равенстве предельных эффектов снижения ресурсоемкости (трудоемкости администрирования). Соответственно, осуществляется поиск такого множества процессов и объемов расхода ресурсов на их модернизацию, которая бы компенсировала прирост ресурсоемкости (4).

В рамках алгоритма для каждого процесса администрирования определяется функция снижения ресурсоемкости, которая показывает, насколько уменьшается трудоемкость администрирования по данному процессу в плановом периоде с учетом изменения количества решаемых задач и ресурсоотдачи процессов их решения:

$$g_i = \Delta r_i^{t+1} = n_i^{t+1} \left(\frac{1}{\psi_i^t} - \frac{1}{\psi_i^{t+1}} \right) = \frac{n_i^{t+1}}{\psi_i^t} \left(1 - \frac{1}{\log_{a_i} \left(k_i^t \times (r^+)^{t+1} + a_i \right)} \right). \quad (6)$$

Максимум эффективности расходования ресурсов достигается при равенстве предельных эффектов снижения ресурсоемкости по всем процессам администрирования (рис. 3):

$$\frac{\Delta g_1}{\Delta r_1^{t+1}} = \dots = \frac{\Delta g_i}{\Delta r_i^{t+1}} = const \rightarrow g_i'(r_i^{t+1}) = const. \quad (7)$$

С добавлением новых ресурсов на модернизацию процессов администрирования дополнительный (предельный) эффект снижения трудоемкости администрирования снижается: $A_1 > A_2$. Каждый новый ресурс тратится менее эффективно. Соответственно, при рассмотрении нескольких направлений модернизации (на рис. 3 их два) можно зафиксировать предельный эффект по одному направлению $g_1(r^+)$ и найти такой же целевой эффект по второму направлению $g_2(r^+)$. Соответственно, целесообразным является такое разделение ресурсов между двумя направлениями, когда величины предельного эффекта будут равными, поскольку дополнительный затраченный ресурс по каждому направлению принесет одинаковый эффект. В противном случае (при неравенстве предельных эффектов) дополнительный эффект будет разным, соответственно, суммарный эффект меньше потенциального.

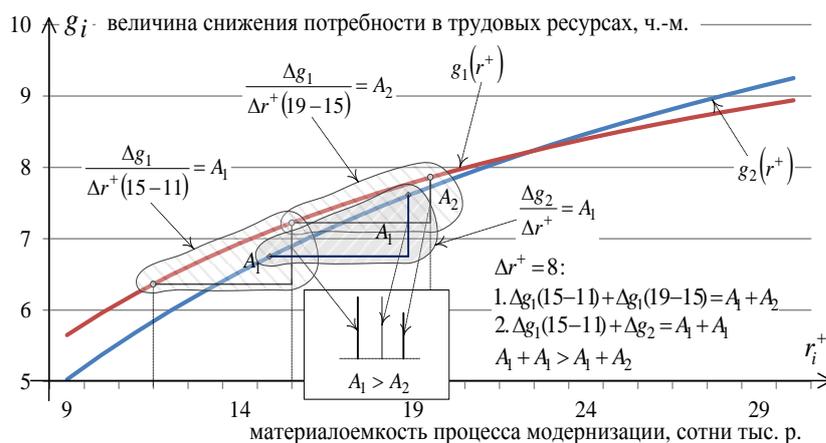


Рисунок 3 – Схема критерия максимума эффективности расходования ресурсов

Использование этого факта при решении задач оптимизации требует расчета производной от функции снижения ресурсоемкости (6), которая в общем случае имеет следующий вид:

$$g'_i = \frac{n_i^{t+1}}{\Psi_i^t} \frac{1}{\left(k_i^t \times (r^+)_i^{t+1} + a_i \right) \times \log_{a_i}^2 \left(k_i^t \times (r^+)_i^{t+1} + a_i \right)}. \quad (8)$$

Алгоритм заключается в определении промежуточного уровня предельного эффекта снижения ресурсоемкости и расчет в соответствии с ним для каждого процесса, объема ресурсов, необходимых для его достижения. Выбирается ограниченное число процессов по убыванию потребности в ресурсах. Далее рассчитывается по каждому процессу снижение потребностей в ресурсах на администрирование в соответствии с (6). Достигнутый эффект (5) сравнивается с требуемым и при его достижении работа алгоритма прекращается. В противном случае переходят к новому промежуточному состоянию. Расчет потребности в ресурсах для достижения заданного уровня предельного эффекта снижения ресурсоемкости проводится путем разрешения выражения (9) относительно r_i^+ с использованием приближенных методов:

$$\left(k_i^t \times (r^+)_i^{t+1} + a_i \right) \times \log_{a_i}^2 \left(k_i^t \times (r^+)_i^{t+1} + a_i \right) = \frac{n_i^{t+1}}{\Psi_i^t} h_0. \quad (9)$$

Ускорение нахождения приближенного решения достигается за счет использования градиента, который может быть определен по следующей формуле:

$$\gamma = \frac{\sum_i g_i(h_{\min}) - \sum_i g_i(h_{\max})}{h_{\max} - h_{\min}}. \quad (10)$$

Расчет уровня предельного эффекта снижения ресурсоемкости (значение производной функции g'_i), для которого на новом шаге будет рассчитываться потребность в ресурсах по технологическим процессам, осуществляется по формуле:

$$h_0 = h_{\min} + \frac{\sum_i g_i(h_{\min}) - R^{mp}}{\gamma}. \quad (11)$$

Алгоритм предполагает удаление из списка возможных к совершенствованию процессов, у которых малое значение прироста эффекта слишком мало (для которых $g_i \leq 0,001\Delta R$). Это связано с практической нецелесообразностью распыления сил и средств на множество процессов, совершенствование которых не даст существенный эффект. Расчет общего снижения потребностей в ресурсах осуществляется по формуле:

$$\Delta R = \sum_i g_i = \sum_i \Delta r_i. \quad (12)$$

Результатом работы алгоритма является распределение ресурсов $\{r_i^+\}$ по множеству совершенствуемых в плановом периоде процессов $\Pi = \{pr_j\}$.

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проверка реализации алгоритма выбора направлений модернизации осуществлялась для системы управления телекоммуникационной сетью регионального оператора связи. Было выбрано десять наиболее трудозатратных процессов третьего уровня из области «стратегия, инфраструктура и продукт». В результате ретроспективного и прогностического анализа исследуемой телекоммуникационной сети получены оценки количества нормированных

задач, ресурсоотдачи их решения системой управления и определены потенциальные виды функций снижения ресурсоемкости для процессов управления рассматриваемой сети связи (рис. 4 (б)) и их производных (рис. 4 (а)).

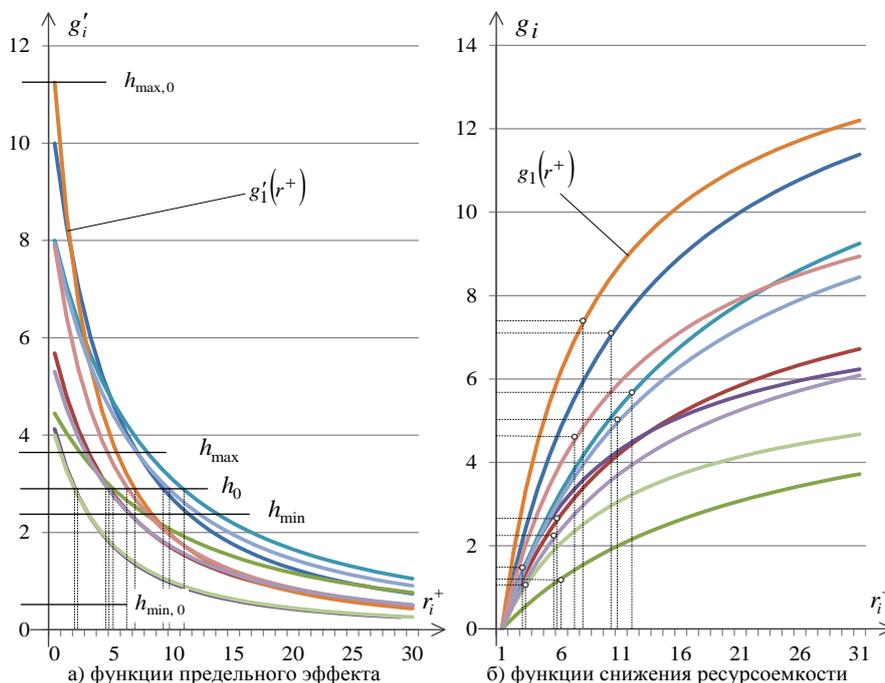


Рисунок 4 – Графики зависимостей значений функций снижения ресурсоемкости от объемов мероприятий модернизации

В зависимости от прогнозируемого изменения числа задач администрирования телекоммуникационной сети определяется потребность в ресурсах на модернизацию. Для рассматриваемого случая с использованием алгоритма получено значение потребности в ресурсах, представленное на рисунке 5.

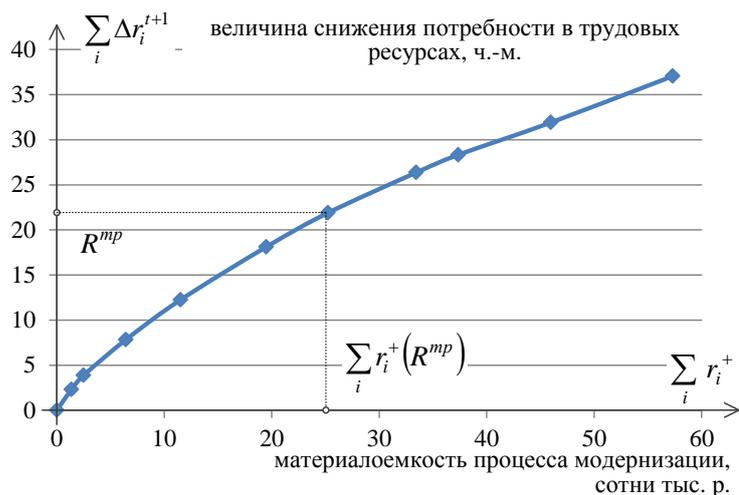


Рисунок 5 – Оценка потенциального эффекта от мероприятий модернизации

Представленному значению соответствует распределение ресурсов между отдельными wybranными процессами администрирования. Получена зависимость эффекта

от наилучшего распределения ресурсов на совершенствование процессов системы управления от объема выделяемых на совершенствование системы ресурсов.

Отмечается убывающая эффективность от использования дополнительных ресурсов на модернизацию системы управления, что связано с уменьшением эффекта от реинжиниринга процессов администрирования. Использование предлагаемого алгоритма при решении задачи планирования развитием может быть реализовано на один или несколько периодов. Получаемый результат позволяет при управлении развитием телекоммуникационных систем осуществлять обоснованный выбор направлений модернизации – перечень планируемых к модернизации процессов управления и расчет объема требуемых ресурсов, необходимых для реализации мероприятий модернизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен алгоритм выбора перспективных направлений совершенствования систем управления телекоммуникационными сетями, предназначенный для совершенствования систем управления в процессе управления развитием телекоммуникационными системами. Алгоритм позволяет найти распределение ресурсов по множеству совершенствуемых в плановом периоде процессов, минимизирующий потребности в ресурсах. В качестве минимального объекта совершенствования выступают технологические процессы системы управления, выделенные в соответствии с методологией eTOM. Алгоритм относится к классу приближенных, базируется на градиентном методе быстрого спуска и позволяет находить решение за ограниченное число шагов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гришаков В.Г., Логинов И.В. Многоуровневое управление телекоммуникационными услугами на основе методологии eTOM // Инфокоммуникационные технологии, 2014. – Том 12. – № 1. – С. 72-77.
2. Latifi F., Nasiri R., Mohsenzadeh M. Enriched eTOM Framework in Service Deliver Operation through Alignment with some of COBIT5 Strategic Objectives // International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC), 2014. – № 4(1). – P. 35-42.
3. Benhima M., Himi A., Ameyao C., Adou E.A. Telco Business Process Transformation using Agile Lean Six Sigma and Framework components: focus on the core engineering aspects with a case study // International Journal of Computer Science Issues (IJCSI). – Vol. 10. – Issue 1. – № 1. – January 2013 ISSN (Print). – P. 37-51.
4. Umar M., Shahid M.K. Optimization of Revenue Assurance and Fraud Management System by designing new KPIs: case PTCL // International Journal of Computer Applications (0975-8887). – Volume 89. – № 8. – March 2014. –P. 8-11.
5. Malinova M., Leopold H., Mendling J. An Empirical Investigation on the Design of Process Architectures // 11th International Conference on Wirtschaftsinformatik, 27th February-01st March 2013, Leipzig, German, (2013). Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013. Paper 75. DOI:=<http://aisel.aisnet.org/wi2013/75>.
6. Чистов Д.А., Камаев В.А., Набока М.В. Онтологический реинжиниринг бизнес-процессов оператора связи // Управление большими системами: сборник трудов, 2011. – № 33. – С. 5-20.
7. Duarte F.J., Machado R.J., Fernandes J.M. BIM: A Methodology to Transform Business Processes into Software Systems // Software Quality. Process Automation in Software Development: Lecture Notes in Business Information Processing, 2012. – Volume 94. – P. 39-58.
8. Гришаков В.Г., Логинов И.В. CALS-ориентированное управление развитием телекоммуникаций крупного предприятия (организации) // Телекоммуникации, 2012. – № 13. – С. 32-35.

9. Гришаков В.Г. Архитектура системы информационно-имитационного моделирования поддержки жизненного цикла ИТ-инфраструктуры // Программные продукты и системы, 2014. – № 1. – С. 28-34.
10. Веселова О.С. Внедрение централизованных информационных систем как способ реинжиниринга бизнес-процессов операторов связи // Прикладная информатика, 2007. – № 6. – С. 3-13.
11. Малофей О.П., Радионов В.В., Ряднов С.А. Оптимизация структуры комплекса информационно-технических средств автоматизированной системы управления сетей связи специального назначения // Инфокоммуникационные технологии, 2007. – Т. 5. – № 3. – С. 97-99.

Дементьев Денис Николаевич
Академия ФСО России, г. Орел
Сотрудник

Гришаков Вадим Геннадьевич
Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук

Логинов Илья Валентинович
Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук
E-mail: loginov_iv@bk.ru

D.N. DEMENT'EV (*Employee*)

V.G. GRISHAKOV (*Candidate of Engineering Sciences*)

I.V. LOGINOV (*Candidate of Engineering Sciences*)
Academy of Federal Agency of Protection of the Russian Federation, Orel

THE ALGORITHM OF PROSPECTIVE DIRECTION SELECTION FOR TELECOMMUNICATION NETWORK MANAGEMENT SYSTEM MODERNIZATION

The task of prospective direction selection for telecommunication network management system modernization, that is solved in the management process of telecommunication system development, are viewed in the article. Telecommunication network management systems are viewed in on the process level based on eTOM methodology. This approach is allowed to transform the task of prospective direction modernization selection to the task of management processes set selection. The reengineering processes from this set must be able to provide largest positive effect for all management system. The task solve is consist of two main points: estimating the management processes performance and estimating performance increase functional dependency from resource consumption. Minimizing the resource consumption to management system modernization in the case of increase of administrative management task with telecommunication network development solve the problem. The main results of algorithm are the set of reengineering management processes and optimal resource allocation for its.

Keywords: *telecommunication network; management system; resource intensity; labour intensity; optimization; process; development; modernization.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Grishakov V.G., Loginov I.V. Mnogourovnevoe upravlenie telekommunikacionny'mi uslugami na osnove metodologii eTOM // Infokommunikacionny'e tehnologii, 2014. – Tom 12. – № 1. – S. 72-77.
2. Latifi F., Nasiri R., Mohsenzadeh M. Enriched eTOM Framework in Service Deliver Operation through Alignment with some of COBIT5 Strategic Objectives // International Journal of Digital Information and Wireless Communications (IJDIWC), 2014. – № 4(1). – P. 35-42.

3. Benhima M., Himi A., Ameyao C., Adou E.A. Telco Business Process Transformation using Agile Lean Six Sigma and Framework components: focus on the core engineering aspects with a case study // International Journal of Computer Science Issues (IJCSI). – Vol. 10. – Issue 1. – № 1. – January 2013 ISSN (Print). – P. 37-51.
4. Umar M., Shahid M.K. Optimization of Revenue Assurance and Fraud Management System by designing new KPIs: case PTCL // International Journal of Computer Applications (0975-8887). – Volume 89. – № 8. – March 2014. –P. 8-11.
5. Malinova M., Leopold H., Mendling J. An Empirical Investigation on the Design of Process Architectures // 11th International Conference on Wirtschaftsinformatik, 27th February-01st March 2013, Leipzig, German, (2013). Wirtschaftsinformatik Proceedings 2013. Paper 75. DOI:=<http://aisel.aisnet.org/wi2013/75>.
6. Chistov D.A., Kamaev V.A., Naboka M.V. Ontologicheskij reinzhiniring biznes-processov operatora svyazi // Upravlenie bol'shimi sistemami: sbornik trudov, 2011. – № 33. – S. 5-20.
7. Duarte F.J., Machado R.J., Fernandes J.M. BIM: A Methodology to Transform Business Processes into Software Systems // Software Quality. Process Automation in Software Development: Lecture Notes in Business Information Processing, 2012. – Volume 94. – P. 39-58.
8. Grishakov V.G., Loginov I.V. CALS-orientirovanoe upravlenie razvitiem telekommunikacij krupnogo predpriyatiya (organizacii) // Telekommunikacii, 2012. – № 13. – S. 32-35.
9. Grishakov V.G. Arxitektura sistemy' informacionno-imitacionnogo modelirovaniya podderzhki zhiznennogo cikla IT-infrastruktury' // Programmny'e produkty' i sistemy', 2014. – № 1. – S. 28-34.
10. Veselova O.S. Vnedrenie centralizovanny'x informacionny'x sistem kak sposob reinzhiniringa biznes-processov operatorov svyazi // Prikladnaya informatika, 2007. – № 6. – S. 3-13.
11. Malofej O.P., Radionov V.V., Ryadnov S.A. Optimizaciya struktury' kompleksa informacionno-technicheskix sredstv avtomatizirovannoj sistemy' upravleniya setej svyazi special'nogo naznacheniya // Infokommunikacionny'e tehnologii, 2007. – T. 5. – № 3. – S. 97-99.

УДК 681.31

А.Н. ЗБИНЯКОВ, В.В. ВЛАСОВ

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО КОНТРОЛЮ ОШИБОК СЕТЯХ ETHERNET

В статье приведена классификация методов обнаружения ошибок, предложен вариант научно-технического решения проблемы контроля информации в сетях Ethernet.

Ключевые слова: сети Ethernet; методы обнаружения ошибок; параметр; контроль ошибок; структура кадра Ethernet 802.3/LLC; устройство контроля ошибок.

В связи с растущей сложностью телекоммуникационных сетей (ТКС) встает задача их устойчивого функционирования. Одним из направлений повышения надежности функционирования сетей Ethernet как составной части ТКС является использование методов обнаружения ошибок передаваемой информации [1-4].

Классификация методов обнаружения ошибок передачи данных представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация методов обнаружения ошибок передачи данных

Контроль четности посимвольный предусматривает передачу в конце каждого байта дополнительного бита, имеющего значение единицы в случае четного или нечетного количества единиц в контролируемом байте. Данный метод можно просто реализовать в программном или в аппаратном исполнении. Однако имеется существенный недостаток: появление ошибок более чем в одном бите исходной последовательности резко уменьшает вероятность обнаружения ошибки передачи. Метод нашел реализацию аппаратно в средствах связи.

Контроль четности поблочный. Обмениваемая информация циркулирует в средствах передачи данных поблочно (строго определенное количество бит). При данном методе контроля для каждой позиции разрядов в символах блока (поперек блока) рассчитываются биты четности, добавляемые в виде обычного символа в конец блока. По сравнению с предыдущим методом контроля данный метод имеет возможности обнаружения и корректировки ошибок передачи, однако не обнаруживает определенные типы ошибок.

Вычисление контрольных сумм. В отличие от предыдущих методов для метода контрольных сумм в каждой схеме вычисление контрольной суммы проводится по-своему. В простейшем виде контрольная сумма – это арифметическая сумма двоичных значений

контролируемого блока символов. Однако этот метод обладает теми же недостатками, что и предыдущие – нечувствительность контрольной суммы к четному числу ошибок в одной колонке и самому порядку следования символов в блоке.

Контроль циклически избыточным кодом – CRC (Cyclical Redundancy Check). Преимуществом данного метода является то, что он обнаруживает ошибки с высокой вероятностью.

Рассмотренные методы имеют недостатки, так как обнаруживают не все ошибки при передаче информации.

В условиях повышения требований к современным сетям Ethernet актуальной является задача контроля передаваемой информации. На рисунке 2 представлены анализируемые параметры в структуре кадра Ethernet 802.3/LLC.

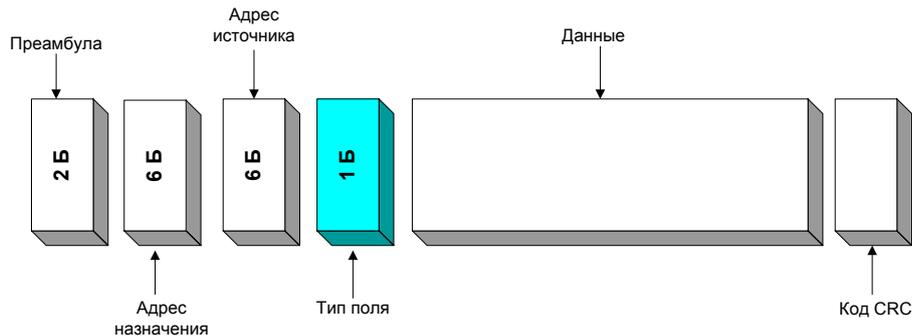


Рисунок 2 – Структура кадра Ethernet 802.3/LLC

В сетях на базе технологии Ethernet каждый блок проверяется с помощью циклического кода с избыточностью (CRC – Cyclic Redundancy Check). Однако данный способ контроля передаваемой информации при использовании технологии Ethernet имеет ряд недостатков:

- каждая обнаруженная ошибка не обязательно связана с ошибкой одного бита информации;
- несколько битовых ошибок в блоке дадут только одну ошибку CRC;
- не позволяет контролировать техническое состояние цифровой системы передачи (ЦСП), обнаруживать в ней перемеживающиеся одиночные и кратные отказы.

Для устранения имеющихся недостатков предлагается устройство контроля ошибок в сетях Ethernet. В основу работы устройства положен принцип контроля передаваемой информации на базе технологии ATM [5].

Устройство контроля ошибок в сетях Ethernet (рис. 3) состоит из передающей части, цифровой системы передачи (ЦСП) и приемной части.

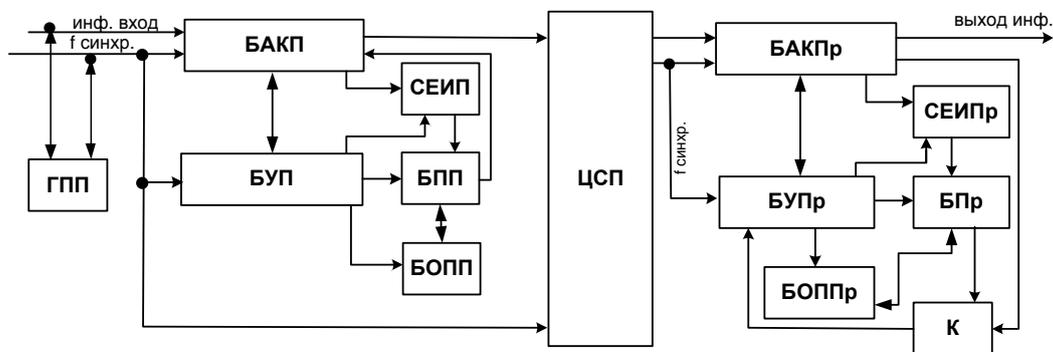


Рисунок 3 – Устройство контроля ошибок в сетях Ethernet

Передающая часть устройства состоит из генератора псевдослучайной последовательности (ГПП), блока анализа кадра передачи (БАКП), счетчика единичных импульсов передачи (СЕИП), блока управления передачей (БУП), блока памяти передачи (БПП), блока определения параметров передачи (БОПП). Приемная часть устройства состоит из блока анализа кадра приема (БАКПр), счетчика единичных импульсов приема (СЕИПр), блока управления приемом (БУПр), блока памяти приема (БППр), компаратора (К), блока определения параметров приема (БОППр).

Генератор псевдослучайной последовательности (ГПП) предназначен для подачи на вход сети N раз Z -разрядные сегменты псевдослучайной последовательности для проведения ее тестирования.

Блок анализа кадра передачи (БАКП) предназначен для отбрасывания из кадра Ethernet преамбулы, начального ограничителя кадра (Start-of-frame-delimiter), поля контрольной суммы (Frame Check Sequence, FCS), выделения заголовка и блока данных для последующего анализа, вставки значений параметров усечения Y_0 и K_0 в передаваемый кадр Ethernet.

Счетчик единичных импульсов передачи (СЕИП) и счетчик единичных импульсов приема (СЕИПр) идентичны и предназначены для определения числа единичных символов в каждом j -м из n шестизрядных сегментов выделенных последовательностей $N(1)_j$ и представления этого числа в двоичном коде.

Блок управления передачей (БУП) и блок управления приемом (БУПр) идентичны и предназначены для выработки управляющих сигналов с целью реализации требуемого алгоритма преобразования сигнала.

Блок памяти передачи (БПП) и блок памяти приема (БППр) идентичны и предназначены для запоминания значений числа единичных символов в каждом j -ом из n шестизрядных сегментов, а также значений параметров усечения Y и K поля анализируемых данных кадра Ethernet, хранения их и выдачи требуемых значений в соответствующие блок определения параметров передачи и блок определения параметров приема.

Блок анализа кадра приема (БАКПр) предназначен для отбрасывания из принятого кадра Ethernet преамбулы, начального ограничителя кадра (Start-of-frame-delimiter), поля контрольной суммы (Frame Check Sequence, FCS), выделения заголовка и блока данных для последующего анализа.

Блок определения параметров передачи (БОПП) и блок определения параметров приема (БОППр) идентичны и предназначены для определения значений параметров информационных последовательностей: математического ожидания $m(1)$, дисперсии $d(1)$, вероятности появления единичного символа $p(1)$, а также значений параметров усечения Y и K .

Компаратор (К) предназначен для сравнения значений параметров усечения Y и K , вычисленных в блоке определения параметров приема, со значениями Y_0 и K_0 , вычисленными в блоке определения параметров передачи и принятии решения о наличии или отсутствии ошибки в принятом кадре Ethernet.

Устройство контроля ошибок в сетях Ethernet работает следующим образом. На первом этапе производится определение значений параметров усечения K_0 , Y_0 поля анализируемых данных кадра Ethernet и вставка этих значений на передающей стороне ЦСП в кадр.

При поступлении кадра Ethernet на вход блока анализа кадра передачи в нем производится отбрасывание из кадра Ethernet преамбулы, начального ограничителя кадра (Start-of-frame-delimiter), поля контрольной суммы (Frame Check Sequence, FCS). В результате модифицированная последовательность импульсов кадра Ethernet поступает на

счетчик единичных импульсов передачи для определения числа единичных символов в каждом j -м из n шестиразрядных сегментов выделенных последовательностей $N(1)_j$ и представления этого числа в двоичном коде. Счетчик единичных импульсов передачи начинает подсчет числа $S(1)$ единичных символов «1» в каждом 8-миразрядном сегменте. После поступления каждого 8-го символа производится считывание значений счетчика единичных импульсов передачи на вход блока памяти передачи, где производится запись значений S_j в соответствующие ячейки памяти. Параллельно с занесением в блок памяти передачи значений чисел «1» S_j , в блоке определения параметров передачи производится вычисление значений математического ожидания $m_j(1)$ и дисперсии $d_j(1)$ числа «1» в 8-миразрядном сегменте и вероятности $p_j(1)$ появления «1» в j -й позиции 8-миразрядного сегмента и по результатам вычисления $m_j(1)$, $d_j(1)$, $p_j(1)$ определяют значения параметров усечения K_0 , Y_0 , которые поступают в блок памяти передачи. Вычисленные восьмиразрядные двоичные значения параметров усечения K_0 , Y_0 с выхода блока памяти передачи поступают на вход блока анализа кадра передачи, в котором записываются в ячейки регистра сдвига. С выхода регистра сдвига блока анализа кадра передачи по команде с блока управления передачи производится считывание модифицированного кадра Ethernet (со вставленными в него значения параметров усечения K_0 , Y_0) в ЦСП.

На втором этапе работы устройства контроля ошибок в цифровых сетях Ethernet производится определение значений параметров усечения K , Y информационных байтов кадра Ethernet, принятых цифровой системой передачи, выделение значений параметров усечения K_0 , Y_0 информационных байтов в полученного кадра Ethernet и принятие решения о наличии или отсутствии ошибок.

Принятая информационная последовательность импульсов кадра Ethernet с выхода цифровой системы передачи поступает на вход блока анализа кадра приема. В результате на выходе блока анализа кадра приема формируется последовательность импульсов кадра Ethernet без контрольной суммы, которая поступает на вход счетчика импульсов приема.

Принцип работы блока определения параметров приема, блока памяти приема, счетчика единичных импульсов приема идентичен принципу работы блока определения параметров передачи, блока памяти передачи, счетчика единичных импульсов передачи.

В результате вычисленные значения параметров усечения K , Y (для информационных байтов принятым кадром Ethernet) с блока памяти приема и выделенные значения параметров усечения K_0 , Y_0 (вычисленных для информационных байтов переданного кадра Ethernet) с блока анализа кадра приема поступают на компаратор, где производится сравнение этих значений.

В результате сравнения на выходе компаратора при совпадении параметров усечения будет формироваться сигнал «0», а при несовпадении – сигнал «1», которые поступают на вход блока управления приема. При поступлении сигнала «0» на вход блок управления приема на выходе формируется команда возобновления тактирования регистра сдвига блока анализа кадра приема, информационная последовательность поступает на информационный выход блока анализа кадра приема. В случае появления на входе блока управления приема сигнала «1» принятый кадр Ethernet отбрасывается как принятый с ошибкой.

Таким образом, устройство контроля ошибок в сетях Ethernet обеспечивает обнаружение одиночных и кратных ошибок в кадре Ethernet переменной длины, контроль технического состояния проверяемой цифровой системы передачи и обнаружение в ней перемеживающихся одиночных и кратных отказов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кругляк К. Локальные сети Ethernet в АСУ ТП: быстрее, дальше, надежнее // Современные технологии автоматизации, 2003. – № 1. – С. 6-13.

2. Еременко В.Т., Еременко А.В., Дмитриева Т.О. Анализ корректности протоколов TCP/IP на основе инвариантности сетей Петри // Известия ТулГУ. Серия «Технологическая системотехника». – Вып. 11. – Труды участников V Международной электронной научно-технической конференции «Технологическая системотехника – 2006». – С. 53-63.
3. Еременко В.Т., Еременко А.В. Модели и алгоритмы анализа логических ошибок в протоколах информационного обмена // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки, 2006. – № 6. – С. 229-238.
4. Еременко В.Т., Еременко А.В., Озаренко О.В. Методика анализа возникновения логических ошибок в реализациях протоколов информационного обмена // Известия ТулГУ. Серия «Технологическая системотехника». – Вып. 8. – Труды участников V Международной электронной научно-технической конференции «Технологическая системотехника – 2006». – С. 106-115.
5. Збиняков А.Н., Лопатин Д.А и др. Устройство контроля ошибок в цифровых системах передачи на базе технологии ATM. Патент РФ № 2408985 от 10.01.2011.

Збиняков Александр Николаевич

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук
Тел.: 8 (4862) 41-98-24

Власов Владимир Викторович

Академия ФСО России, г. Орел
Сотрудник

A.N. ZBINYAKOV (*Candidate of Engineering Sciences*)

V.V. VLASOV (*Employee*)

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

**DEVELOPMENT OF THE SCIENTIFIC AND THE TECHNICAL SOLUTIONS
ON ERROR CONTROL ETHERNET NETWORKS**

The article presents the classification of methods of the error detection methods, o the option of the scientific and the technical solution to the information control in Ethernet networks is offered.

Keywords: *Ethernet networks; error detection methods; the parameter; error control; frame structure Ethernet 802.3 / LLC; error control device.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Kruglyak K. Lokal'ny'e seti Ethernet v ASU TP: by'stree, dal'she, nadezhnee // Sovremenny'e tehnologii avtomatizacii, 2003. – № 1. – S. 6-13.
2. Eremenko V.T., Eremenko A.V., Dmitrieva T.O. Analiz korrektnosti protokolov TCP/IP na osnove invariantnosti setej Petri // Izvestiya TulGU. Seriya «Tehnologicheskaya sistemotexnika». – Vy'p. 11. – Trudy' uchastnikov V Mezhdunarodnoj e'lektronnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Tehnologicheskaya sistemotexnika – 2006». – S. 53-63.
3. Eremenko V.T., Eremenko A.V. Modeli i algoritmy' analiza logicheskix oshibok v protokolax informacionnogo obmena // Izvestiya vy'sshix uchebny'x zavedenij. Povolzhskij region. Texnicheskie nauki, 2006. – № 6. – S. 229-238.
4. Eremenko V.T., Eremenko A.V., Ozarenko O.V. Metodika analiza vzniknoveniya logicheskix oshibok v realizaciyax protokolov informacionnogo obmena // Izvestiya TulGU. Seriya «Tehnologicheskaya sistemotexnika». – Vy'p. 8. – Trudy' uchastnikov V Mezhdunarodnoj e'lektronnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Tehnologicheskaya sistemotexnika – 2006». – С. 106-115.
5. Zbinyakov A.N., Lopatin D.A i dr. Ustrojstvo kontrolya oshibok v cifrovyy'x sistemax peredachi na baze tehnologii ATM. Patent RF № 2408985 ot 10.01.2011.

УДК 004.7, 004.732

И.С. КОНСТАНТИНОВ, Ю.Г. ЧАШИН, И.А. ДЕНИСОВ,
В.В. ЛУКИН, Б.Ю. ШУЛЯК**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА
НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОЙ СЕТИ**

Рассматриваются проблемы программно-конфигурируемых сетей, направления исследований, наиболее значимые проекты, описывается моделирование высокопроизводительной компьютерной сети для высокопроизводительного вычислительного кластера университета.

Ключевые слова: моделирование; программно-конфигурируемые сети; OpenFlow; высокопроизводительный вычислительный кластер.

Появившаяся в последние годы новая технология построения высокопроизводительных компьютерных сетей (КС) для различных центров хранения и обработки данных (ЦОД/ЦХОД) в последнее время является предметом исследований и обсуждений.

Эта технология предполагает размещение интеллектуальной части программно-конфигурируемой сети (ПКС) на центральном сервере и управление коммутаторами по средствам протокола OpenFlow. Такой подход призван обеспечить независимость функций высокоуровневого управления от аппаратного обеспечения, за счет чего должны ускориться процессы пересылки и маршрутизации [1].

Мотивирующими моментами перехода от обычных КС к ПКС являются:

- снижение стоимости оборудования;
- расширенные возможности управления сетью;
- возможность программного управления ресурсами и потоками данных;
- уменьшение вероятности несанкционированного проникновения в сеть и т.д.

Однако имеется и ряд сдерживающих факторов:

- необходимость выделенной управляющей сети;
- недостаточная масштабируемость;
- «сырость» текущей версии протокола OpenFlow;
- проблемы с обновлением оборудования;
- ограниченное количество моделей коммутаторов с поддержкой OpenFlow, и т.д.

Несмотря на имеющиеся недостатки, у сообщества исследователей имеется уверенность, что со временем все трудности будут преодолены, появятся новые решения и, в частности, новые версии протокола OpenFlow.

В настоящее время в мире существует несколько больших проектов, занимающихся развитием ПКС. Самыми известными из них являются: Open Network Foundation, Open Flow in Europe – Linking Infrastructure and Applications, Felix, ON.LAB, GENI и др. В России это проекты Центра прикладных исследований компьютерных сетей (ЦПИ КС) [2].

Проект Open Network Foundation (ONF) объединяет более 100 компаний-членов, продвигает стандарты ПКС. Основное достижение – выпуск открытого протокола OpenFlow, в настоящее время идет работа над версией 1.4, в которую, помимо прочего, будет добавлена поддержка оптических портов.

Проект Open Flow in Europe – Linking Infrastructure and Applications (OFELIA) – предоставляет оборудование и ресурсы для исследований с применением OpenFlow.

Проведено множество исследований, в основном в области создания междоменных управляемых сетей, в том числе оптических [3].

Проект FELIX – объединение проектов OFELIA и RISE (аналога OFELIA в Японии). Планируется использовать протокол Network Service Interface (NSI) совместно с OpenFlow для создания интегрированной междоменной сети. На данный момент (до марта 2014) идет поиск возможных применений. Возможные варианты: работа по принципу Follow the Moon, передача Ultra High Definition (видео высокого разрешения) на большие расстояния и др. [4].

Целью проекта ALIEN является создание Hardware Abstraction Level (HAL) – уровня абстракции, позволяющего работать с различным оборудованием (NetFGPA, коммутаторы, оптические коммутаторы и др.) [5].

В проекте OpenFlowSec.org разрабатывается сервис Security Enhanced (SE) Floodligh, позволяющий устанавливать политики безопасности в OpenFlow [6].

Проект FlowVizor реализует сетевой гипервизор, представляющий слой между коммутаторами и OpenFlow-контроллерами, позволяет разделить сеть на независимые уровни-слои. Каждый слой – некоторое подмножество сети, которое управляется отдельным OpenFlow-контроллером. Действия на одном слое не влияют на какой-либо другой. Благодаря этому можно тестировать новые идеи и разработки на существующей работающей сети, не мешая ее обычной работе [7].

Помимо приведенных имеется еще множество интересных проектов, таких, как TestON – система для автоматизации тестирования в ПКС; Ocf-фреймворк для управления сетями для испытаний и др.

Российский Центр прикладных исследований компьютерных сетей проводит исследования по нескольким направлениям:

- моделирование сетей. Разработано средство моделирования Mini Network;
- создание ПКС-коммутатора на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС);
- разработка сетевой операционной системы (ОС). Разработано средство для тестирования сетевых ОС HCPProbe. В данный момент идет работа над созданием сетевой ОС, обладающей требуемыми свойствами (маршрутизация с QoS, балансировка нагрузки, фильтрация трафика и т.д.);
- применение OpenFlow для ЦОД, в том числе и для беспроводных сетей;
- обеспечение безопасности в ПКС;
- верификация ПКС для организации корректного и безопасного функционирования сети.

Также имеется множество интересных международных публикаций об исследованиях в этой области.

Публикация о PacketShader [8] является одной из первых и самых полных работ по использованию Graphics Processing Unit (GPU) для обработки пакетов. При использовании известной технологии CUDA удается достичь увеличения производительности более чем в 4 раза.

Существует публикация о преимуществах OpenFlow над GMPLS [9] и о способах взаимодействия этих протоколов. Уже есть пример работающей междоменной оптической сети на основе OpenFlow и GMPLS [10].

OpenFlow упоминается в некоторых публикациях проекта GLIF [11], где планируется использовать его совместно с протоколом NSI, но подробностей пока нет.

В НИУ «БелГУ» имеется высокопроизводительный вычислительный кластер, используемый в научных исследованиях и в учебном процессе, объединяющий:

- суперкомпьютер «Нежеголь»;
- суперкомпьютер «Кудесник»;

– высокопроизводительные серверы со следующими системами GRID: NorduGRID, Unicore, GlobusToolkit; «Гермес»; MySQL; phpMyAdmin для обучения Web-программированию и т.д.

Проблемой является то, что в силу ограничений имеющегося сетевого оборудования и неоптимальности сложившейся топологии (рис. 1) не всегда удается добиваться максимальной производительности вычислительного кластера.

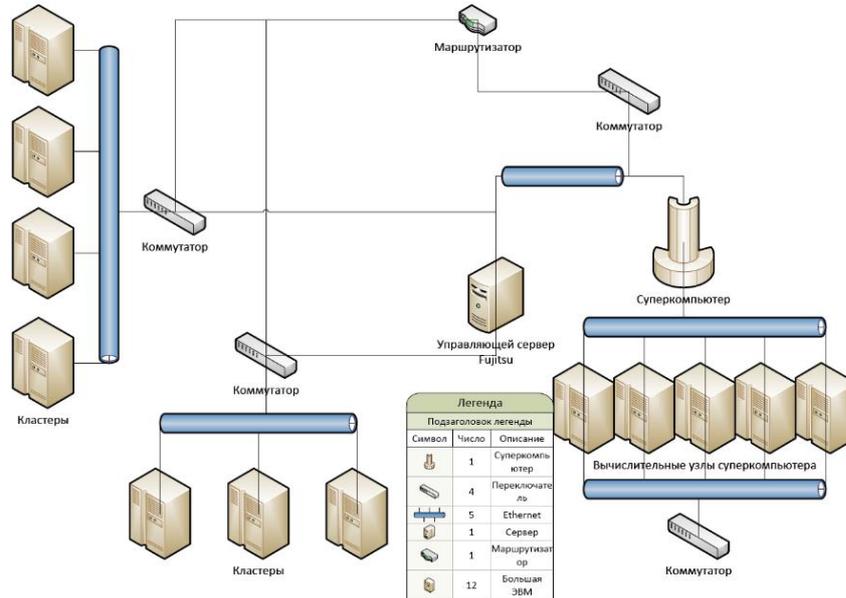


Рисунок 1 – Топология вычислительного кластера

Для ускорения работы кластера рассматривается, как вариант, использование ПКС. Предполагается, что изменение топологии и оптимизация управления позволит ускорить работу за счет сокращения длины маршрутов и, например, управления приоритетами потоков передачи данных.

Для исследований возможных вариантов ПКС была выбрана система моделирования сетевого окружения Mininet, позволяющая объединить в сеть коммутаторы, OpenFlow-контроллеры, хосты и эмулировать сетевую активность [12]. Данная система широко используется в зарубежных учебных заведениях для изучения принципов работы компьютерных сетей и маршрутизации, приложений OpenFlow, исследованиях сложных топологий.

MiniNet достаточно качественно эмулирует реальную физическую сеть, позволяет задавать различные характеристики каналов виртуальной сети, такие, как пропускная способность, задержка и потеря пакетов, джиттер и т.д. Имеется возможность интеграции созданной виртуальной сети в реальную сеть. Эмулятор поддерживает до 4096 узлов и способен генерировать трафик до 2 Гбит/с. Таким образом, направляя потоки данных по нескольким маршрутам виртуальной сети, можно исследовать механизмы ПКС и проводить различные оценки производительности, причем с учетом различных факторов, таких, как, например, влияние различных сетевых помех.

Расположение высокопроизводительного оборудования нашего кластера позволяет исследовать множество альтернативных топологий. Самой простой является топология с использованием одного OpenFlow-контроллера (рис. 2). Студентами факультета информационных технологий и прикладной математики (ИТиПМ) были промоделированы и исследуются множества вариантов ПКС, управляемых сервером Pox.

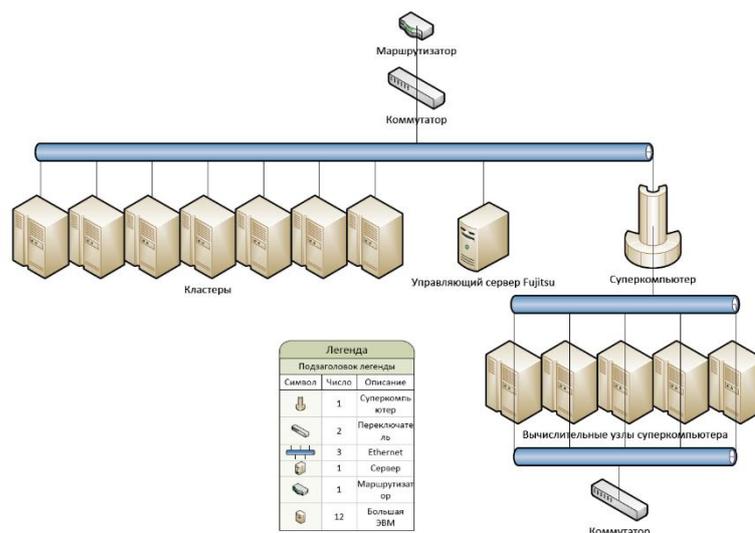


Рисунок 2 – Разработанная топология

Помимо исследований с вариантами топологий и механизмов ПКС, студентами проводятся исследования OpenFlow-контроллеров. В качестве тестового коммутатора исследовался популярный коммутатор фирмы D-Link DES 1100-16, который оказался доступным в силу его наличия у компании-партнера, занимающейся предоставлением интернет-услуг. Коммутатор хорошо зарекомендовал себя благодаря высокой отказоустойчивости, высокой скорости обработки пакетов и доступной цене. Из главных характеристик можно выделить:

- скорость коммутационной матрицы – 3,2 Гбит/с;
- максимальная скорость перенаправления пакетов – 2,38 Мбит/с;
- размер таблицы MAC-адресов – 8 Кбайт.

На данный момент произведена настройка контроллера для взаимодействия с сетью, что выражается в возможности контроллера «слушать» КС и логировать потоки, проходящие по ней. К сожалению, данный коммутатор не пригоден для использования в кластере в силу функционирования на скорости Fast Ethernet, в то время, как необходимо как минимум канал со скоростью Gigabit Ethernet. В дальнейшем планируется использовать коммутатор D-Link DGS-1210-28.

В заключении еще раз следует отметить актуальность и перспективность данного направления, заинтересованность и интерес международного сообщества и выразить надежду на появление новых инновационных решений в области ПКС.

Исследования проводились при финансовой поддержке Белгородского государственного национального исследовательского университета в рамках внутриуниверситетского конкурса на соискание грантов для создания и развития студенческих конструкторских бюро от 21.10.2013.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чашин Ю.Г. Управление в программно-конфигурируемых сетях // Журнал «Вопросы радиоэлектроники». Серия «ЭВМ», 2013. – Вып. 2. – С. 97-102.
2. Официальный сайт Центра прикладных исследований компьютерных сетей [Электронный ресурс]. – URL: <http://arccn.ru> (дата обращения: 28.01.2014).

3. OpenFlow in Europe: Linking Infrastructure and Applications (OFELIA). Publications and Presentations [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fp7-ofelia.eu/publications-and-presentations> (дата обращения: 28.01.2014).
4. FELIX Overview [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fp7-ofelia.eu/assets/OFELIA-Extension-Sync-August-2013/FELIX.pdf> (дата обращения: 28.01.2014).
5. Hardware Abstraction Layer (HAL). Whitepaper [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fp7-alien.eu/files/deliverables/ALIEN-HAL-whitepaper.pdf> (дата обращения: 28.01.2014).
6. OpenFlowSec [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.openflowsec.org> (дата обращения: 28.01.2014).
7. Rob Sherwood, Glen Gibb and others. Can the Production Network Be the Testbed? [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rob-sherwood.net/flowvisor-osdi10.pdf> (дата обращения: 28.01.2014).
8. PacketShader: A GPU-Accelerated Software Router [Электронный ресурс]. – URL: <http://shader.kaist.edu/packetshader> (дата обращения: 28.01.2014).
9. Saurav Das, Guru Parulkar and others. Why OpenFlow/SDN Can Succeed Where GMPLS Failed [Электронный ресурс]. – URL: http://archive.openflow.org/wk/images/4/46/OFvsGMPLS_ECOC.pdf (дата обращения: 28.01.2014).
10. M. Channegowda, R. Nejabati and others. Experimental demonstration of an OpenFlow based software-defined optical network employing packet, fixed and flexible DWDM grid technologies on an international multi-domain tested [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.opticsinfobase.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-21-5-5487> (дата обращения: 28.01.2014).
11. NSI & SDN. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.glif.is/meetings/2012/tech/slides/20121011-OF-NSI-GLIF.pdf> (дата обращения: 28.01.2014).
12. Bringing Openness & Innovation to Cloud Infrastructure. MiniNet [Электронный ресурс]. – URL: <http://onlab.us/mininet.html> (дата обращения: 28.01.2014).

Константинов Игорь Сергеевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Доктор технических наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности
Тел.: 8 (4722) 30-10-23
E-mail: ViceRectorScience@bsu.edu.ru

Чашин Юрий Геннадиевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем
Тел.: 8 (4722) 55-94-33.
E-mail: chashin@bsu.edu.ru

Денисов Илья Андреевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Бакалавр кафедры математического и программного обеспечения информационных систем
Тел.: 8 915 566 58 79
E-mail: denisov-ilya1@yandex.ru

Лукин Владимир Викторович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Бакалавр кафедры математического и программного обеспечения информационных систем
Тел.: 8 964 532 73 11
E-mail: 638081@bsu.edu.ru

Шуляк Борис Юрьевич

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Бакалавр кафедры математического и программного обеспечения информационных систем
Тел.: 8 905 670 79 08
E-mail: 578110@bsu.edu.ru

I.S. KONSTANTINOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Vice Rector for Research and Innovation*)

Yu.G. ChASHIN (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Department of Mathematical and Software Information Systems*)

I.A. DENISOV (*Bachelor of the Department of Mathematical and Software Information Systems*)

V.V. LUKIN (*Bachelor of the Department of Mathematical and Software Information Systems*)

B.Yu. ShULYaK (*Bachelor of the Department of Mathematical and Software Information Systems
Belgorod National Research University, Belgorod*)

WAYS OF INCREASE PRODUCTIVITY OF THE HIGH-PERFORMANCE COMPUTING CLUSTER ON THE BASIS OF THE PROGRAM CONFIGURED NETWORK

Problems of program configured networks, the directions of researches, the most significant projects are considered, modeling of a high-performance computer network, for a high-performance computing cluster of university is described.

Keywords: *modeling; program configured networks; OpenFlow; high-performance computing cluster.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Chashin Yu.G. Upravlenie v programmno-konfiguriruemy'x setyax // Zhurnal «Voprosy radioelektroniki». Seriya «E'VM», 2013. – Vy'p. 2. – S. 97-102.
2. Oficial'ny'j sajt Centra prikladny'x issledovanij komp'yuterny'x setej [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://arccn.ru> (data obrashheniya: 28.01.2014).
3. OpenFlow in Europe: Linking Infrastructure and Applications (OFELIA). Publications and Presentations [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.fp7-ofelia.eu/publications-and-presentations> (data obrashheniya: 28.01.2014).
4. FELIX Overview [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.fp7-ofelia.eu/assets/OFELIA-Extension-Sync-August-2013/FELIX.pdf> (data obrashheniya: 28.01.2014).
5. Hardware Abstraction Layer (HAL). Whitepaper [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.fp7-alien.eu/files/deliverables/ALIEN-HAL-whitepaper.pdf> (data obrashheniya: 28.01.2014).
6. OpenFlowSec [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.openflowsec.org> (data obrashheniya: 28.01.2014).
7. Rob Sherwood, Glen Gibb and others. Can the Production Network Be the Testbed? [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.rob-sherwood.net/flowvisor-osdi10.pdf> (data obrashheniya: 28.01.2014).
8. PacketShader: A GPU-Accelerated Software Router [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://shader.kaist.edu/packetshader> (data obrashheniya: 28.01.2014).
9. Saurav Das, Guru Parulkar and others. Why OpenFlow/SDN Can Succeed Where GMPLS Failed [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://archive.openflow.org/wk/images/4/46/OFvsGMPLS_ECOC.pdf (data obrashheniya: 28.01.2014).
10. M. Channegowda, R. Nejabati and others. Experimental demonstration of an OpenFlow based software-defined optical network employing packet, fixed and flexible DWDM grid technologies on an international multi-domain tested [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.opticsinfobase.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-21-5-5487> (data obrashheniya: 28.01.2014).
11. NSI & SDN. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.glif.is/meetings/2012/tech/slides/20121011-OF-NSI-GLIF.pdf> (data obrashheniya: 28.01.2014).
12. Bringing Openness & Innovation to Cloud Infrastructure. MiniNet [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://onlab.us/mininet.html> (data obrashheniya: 28.01.2014).

УДК 658.512.6

А.В. КОСЬКИН, В.Н. ВОЛКОВ, А.В. ДЕМИДОВ,
С.А. ЛАЗАРЕВ, А.А. СТЫЧУК, Р.В. ШАТЕЕВ**ВЫБОР АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ ЗАКРЫТЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕД
ОРГАНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

В данной статье авторы освещают выбор аппаратных и программных средств для разработки технологии построения закрытых виртуальных сред организации распределенных информационно-вычислительных ресурсов в глобальном сетевом пространстве в форме защищенной сети порталов на основе открытых протоколов сетевого взаимодействия и безопасной аутентификации пользователей с использованием компонентов с открытым программным кодом. Описаны требования к аппаратному и программному обеспечению.

Ключевые слова: *закрытая виртуальная среда; распределенные информационно-вычислительные ресурсы; защищенная сеть порталов; открытые протоколы сетевого взаимодействия; безопасная аутентификация пользователей; открытый программный код; аппаратные средства; программные средства*

В настоящее время в сети Интернет порталы стали универсальным инструментом для взаимодействия с пользователем и все больше коммерческих структур, государственных органов, различных ассоциаций ориентируются в области построения своих информационных систем на этот подход. Организация информационных порталов может использоваться для оказания электронных услуг населению [1]. Информационные порталы имеют различную мета-структурную организацию и реализованы на разных аппаратно-программных платформах с помощью различных, порой несовместимых технологий. Унификация доступа к ним, их структур, расположенных на распределенных узлах сети, является крайне трудоемким и дорогостоящим способом решения проблемы.

Для повышения эффективности и качества совместного использования накопленной информации, знаний, потребления услуг существует необходимость в организации доступа и информационном обмене между существующими порталами, а также объединение их в виртуальные среды распределенных информационно-вычислительных ресурсов (РИВС). При использовании в качестве транспортной среды Интернет возникает задача разработки технологии построения закрытой виртуальной среды организации РИВС в глобальном сетевом пространстве в форме защищенной сети порталов.

Для достижения приемлемого уровня защищенности необходимо использовать ставшую на текущий момент стандартом де-факто инфраструктуру открытых ключей, а также полностью отказаться от проприетарных решений в пользу открытых протоколов и технологий, т.к. только открытый подход дает широкие возможности анализа уровня защищенности систем и существенно упрощает использование и администрирование виртуальной среды.

Это обуславливает актуальность темы исследования и определяет необходимость построения системы управления виртуальным пространством РИВС с повышенными требованиями безопасности и защиты от несанкционированного доступа.

Цель исследования заключается в создании комплекса новых научно-технических решений в области создания программного обеспечения инфраструктуры безопасности распределенных информационно-вычислительных систем (РИВС) на основе открытых

протоколов прикладного уровня, позволяющего существенно упростить использование РИВС для конечных пользователей, а также эксплуатацию (администрирование) инфраструктуры при условии обеспечения безопасности РИВС на уровне или превосходящем уровне систем, построенных с использованием инфраструктуры открытых ключей.

В ходе проведения исследования планируется решение следующих основных научных задач:

1. Формирование новых принципов построения систем безопасности информационно-вычислительных систем, включающих: применение сессионного ключа с ограниченным данной сессией временем действия для повышения надежности системы от несанкционированного доступа; использование подписанных хешей для исключения подмены запросов в РИВС и содержимого передаваемой информации.

2. Формирование методики построения инфраструктуры безопасности РИВС, в том числе сервисов, обеспечивающих аутентификацию и авторизацию пользователей.

3. Разработка методики аутентификации пользователей с использованием секретного сессионного ключа пользователей с использованием принадлежности пользователя к группам и его ролям в них для определения прав доступа пользователей к ресурсам.

4. Разработка архитектуры инфраструктуры безопасности РИВС.

5. Разработка технических требований и предложений по разработке, производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей и особенностей индустриального партнера, организации реального сектора экономики.

Научная новизна исследования заключается в обобщении методов создания систем управления информационным обменом и разработке нового подхода к построению РИВС в закрытой виртуальной среде, обеспечивающего эффективное использование и управление инфраструктурой и информационным обменом при использовании глобального сетевого пространства.

В данной статье проводится анализ текущего состояния исследований по данной тематике, а именно: выбор аппаратных и программных средств для разработки технологии построения закрытых виртуальных сред организации распределенных информационно-вычислительных ресурсов в глобальном сетевом пространстве в форме защищенной сети порталов на основе открытых протоколов сетевого взаимодействия и безопасной аутентификации пользователей с использованием компонентов с открытым программным кодом.

Для оснащения необходимых рабочих мест требуется ряд аппаратного и программного оснащения, который содержит различного рода компоненты. В связи с различными функциями персонала предусматривается два варианта аппаратно-программного комплекса.

Для организации рабочего места исследователя используется высокопроизводительная платформа архитектуры Intel x86-64 на базе процессора Intel Core i5-4590 и материнской платы GigaByte GA-Q87M-D2H rev1.0/1.1 LGA1150 <Q87>. Для чистоты получаемых данных используется корпус с защитой от внешних факторов в виде вибрации и электромагнитного излучения, а также блок питания, предотвращающий различные негативные изменения в электроснабжении платформы.

Платформа в своей основе имеет широкий спектр периферии и компонентов, в том числе чипсет корпоративного сегмента Intel Q87, поддерживающий в связке с высокопроизводительным процессором Intel Core i5-4590 технологии Intel vPro, Intel Active Management Technology (Intel AMT), Intel Trusted Execution Technology (Intel TXT). Указанный набор технологий обеспечивает защищенную среду выполнения, разработки и исследования программного обеспечения. В частности, Intel vPro предоставляет возможность

анализировать аппаратную часть платформы удаленно и без вмешательства пользователя, что может быть полезным на этапе нагрузочного тестирования.

Платформа оснащена высокопроизводительной оперативной памятью стандарта DDR-3 с частотой 1600МГц и экстремальными профилями памяти, которые обеспечивают повышение производительности в зависимости от потребностей системы.

В связи с тем, что в большинстве случаев узким местом систем является дисковая подсистема, платформа оборудована двумя твердотельными накопителями корпоративного класса с повышенным ресурсом, скоростями и криптографическими функциями защиты информации низкого уровня AES 256 бит. Помимо основных особенностей устройств, присутствует аппаратный RAID контроллер, который объединяет диски в зеркальный массив (RAID1), повышая отказоустойчивость и скорость работы в подавляющем большинстве случаев. Повышенная избыточность массива компенсируется автономной HotSwap – станцией резервного копирования.

Для увеличения скорости обработки информации используется монитор с увеличенным форматом матрицы и повышенным разрешением. Также для увеличения надежности рабочего места исследователя и разработчика используется источник бесперебойного питания, рассчитанный на непрерывную работу в условиях перебоя с питанием до 5 минут.

Для обеспечения непрерывной работы и сохранности данных используется автономная HotSwap-станция резервного копирования Thecus N5550. Автономная HotSwap-станция резервного копирования состоит из одной системы хранения данных (СХД), пяти высоконадежных накопителей, объединенных в отказоустойчивый массив 5-го уровня с выделением одного под горячее резервирование, а также источника бесперебойного питания.

Для тестирования сетевого взаимодействия используется коммутатор сетевого уровня Cisco SG300-20 20-port Gigabit Managed Switch с гибкими возможностями управления как пропускной способностью портов в различных режимах, так и политиками безопасности. Дополнительно коммутатор имеет возможность установки модулей-расширений (SFP), что позволяет изменить физический канал передачи данных.

Завершающей аппаратной частью системы являются два сервера: клиентский и перехватывающий.

Исходя из предварительных данных, можно сказать, что сервер на стороне клиента не имеет высоких показателей производительности относительно актуальных предложений на рынке. В свою очередь, серверная часть со стороны портала должна отвечать высоким требованиям производительности и отказоустойчивости. Система основана на платформе SuperMicro SuperServer 2027R-E1R24N 2U, SSG-2027R-E1R24N и процессоре Intel Xeon E5-2620 V2 2.1 GHz.

Программой основой серверной части является операционная система Red Hat Enterprise Linux 7 (RHEL7), которая разработана для поддержки наиболее важных и критичных корпоративных приложений. Основными преимуществами Red Hat Enterprise Linux Server являются: высокая производительность, неограниченная масштабируемость, высокий уровень безопасности, низкая цена в сравнении с аналогичными продуктами [2]. Существует возможность купить RHEL с технической поддержкой от Red Hat либо использовать бесплатный совместимый дистрибутив CentOS.

На рабочих местах исследователей и разработчиков используется любой совместимый Linux дистрибутив с набором приложений для разработки программного обеспечения, а также анализа сетевого трафика и проведения нагрузочного тестирования.

Общая безопасность сервера во многом зависит от того, какая операционная система (ОС) на нем установлена и насколько надежно ее состояние. Под надежностью в этом случае подразумевается наличие всех критических обновлений, когда-либо выпущенных для этой

ОС. Это самое основное и самое важное из того, что можно сделать. Именно на этот фундамент впоследствии будут устанавливаться все дальнейшие компоненты защиты [3].

Программное обеспечение (в первую очередь ОС) подвержено «износу» или старению, которое выражается в числе обнаруженных уязвимостей и ошибок, корректной поддержке оборудования и пр. Одним из важнейших критериев является оценка защищенности.

Диаграмма (рис. 1) [4] отображает число защищенных машин на тысячу выявленных в результате выполнения Malicious Software Removal Tool для всех ОС Microsoft, начиная с Windows XP, с учетом сервис-пакетов [5].

По оценкам, около 90% атак реализуется совсем не посредством архитектурных особенностей сетевых протоколов (в силу их все возрастающей сложности), а с помощью конкретных ошибок в ОС и сопутствующем программном обеспечении (ПО), поставляемым вместе с ОС [5]. Это в равной степени касается любой ОС – как Microsoft Windows, так и Linux.

Обновление ОС подразумевает, в том числе, установку критически важных обновлений, как правило, связанных с уже известными уязвимостями, широко используемыми хакерами для проникновения в систему.

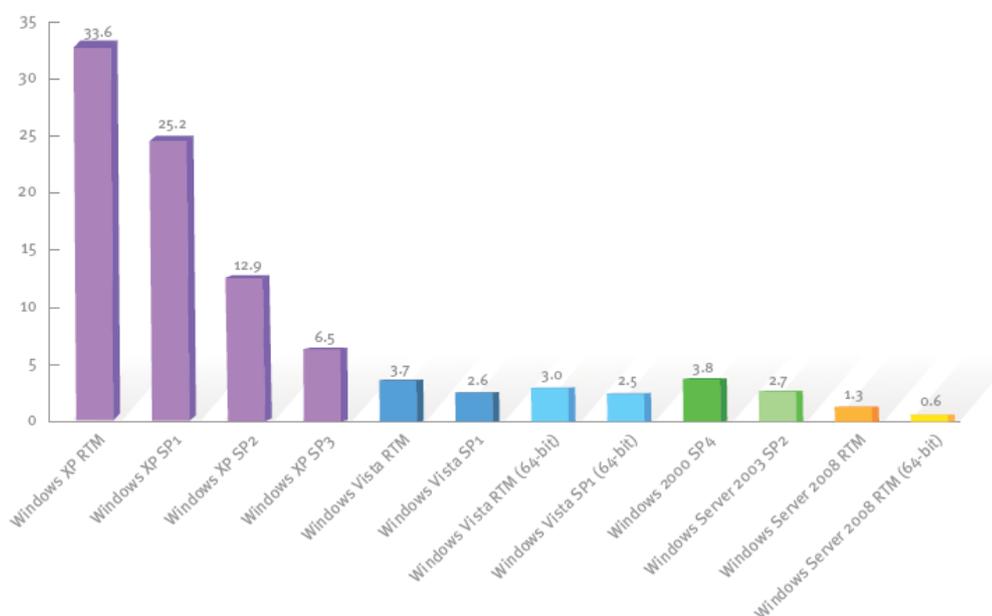


Рисунок 1 – Диаграмма защищенности различных версий Microsoft Windows

Есть два основных подхода к обновлению ОС: ручное регулярное или эпизодическое обновление и регулярное автоматическое обновление.

Обновления могут выходить по несколько раз на месяц и не всегда можно знать, что оно уже вышло, чем может воспользоваться хакер. В бюллетенях по безопасности анонсируется выпуск обновлений и приводится их описание. И если хакер сможет воспользоваться одной из уязвимостей, закрытых при помощи обновлений, которые были проигнорированы, то это может повлечь за собой существенные потери. Поэтому нерегулярное обновление чревато ослаблением системы безопасности ОС и связанными с этим рисками.

Регулярный характер выпуска обновлений потребует значительных ресурсов на ручное обновление, с другой стороны, необходимость предварительного тестирования не позволяет полностью положиться на автоматическое обновление серверов и сохранить уверенность в полной совместимости автоматически установленных обновлений и

программного и аппаратного обеспечения сервера. В каждом конкретном случае необходимо частное решение в отношении конкретного сервера о применимости ручного или автоматического обновления, исходя из его программно-аппаратного обеспечения.

Широко известен механизм борьбы с ошибками в ПО Microsoft, например, в ОС Windows – непрерывный выпуск «заплаток», устраняющих ту или иную недоработку. В качестве системы обновления используется сервис Windows Update.

ОС Linux – яркий пример применения концепции ПО с открытым исходным кодом, поэтому обновление ПО там выглядит совершенно иначе. В какой-то степени его можно назвать эволюцией ПО, так как регулярный выпуск обновлений, патчей и новых версий – это естественный процесс развития для открытого ПО. Система обновлений одновременно исполняет роль и средства отладки, и технической поддержки. Почти каждый дистрибутив Linux имеет свою специфичную процедуру обновления ПО.

Рассмотрим существующие подходы и различия политик обновления ПО на примере широко распространенных клонов Linux: Red Hat Enterprise Linux и Debian.

С точки зрения обновления ПО, RHEL и Debian имеют следующие особенности [6]:

- RHEL содержит около 3000 пакетов, Debian – более 38000;
- исправление ошибок в RHEL занимает значительное время, так как он находится под контролем небольшой группы; в Debian, наоборот, очень быстро в связи с огромным сообществом;
- RHEL не выпускают обновления пакетов до следующего релиза; в Debian, напротив, процесс эволюции ПО непрерывен, обновления выпускаются на ежедневной основе;
- релизы обновления RHEL выходят каждые шесть месяцев, установка новых обновлений является трудоемкой задачей; установка обновления Debian ежедневная, довольно простая задача, решаемая за 3-4 клика;
- RHEL имеет стабильный дистрибутив, выпущенный после непрерывного тестирования; Debian содержит пакеты из стабильного, нестабильного и тестового хранилищ. Стабильное хранилище содержит пакеты стабильного релиза. Нестабильное – обновленные пакеты. Тестовое – протестированные пакеты, маркированные как безопасные;
- RHEL содержит менеджер пакетов Yum, который является менее зрелым и не может автоматически разрешить взаимную зависимость пакетов, в то время как Debian содержит собственный менеджер пакетов, способный в большинстве случаев разрешить взаимную зависимость пакетов автоматически.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В.Н., Стычук А.А., Архипов П.О. Формулировка принципов и правил постановки задачи организации оказания электронных услуг населению // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП): материалы V Международной научно-технической конференции, 17-18 мая 2012 г. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2012 [Электронный ресурс]. – URL: <http://irsit.ru/files/article/109.pdf>. – 6 с.
2. Red Hat Enterprise Linux | Red Hat [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.redhat.com/rhel>.
3. Windows Update или регулярные обновления вашей операционной системы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.saule-spb.ru/library/updates.html>.
4. Microsoft Security Intelligence Report. – Volume 17 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44937>.
5. Дериев И. Зачем обновлять ОС? [Электронный ресурс]. – URL: http://ko.com.ua/zachem_obnovlyat_os_42352.
6. RedHat vs Debian: Administrative Point of View [Электронный ресурс] – URL: <http://www.tecmint.com/redhat-vs-debian-administrative-point-of-view/>.

Коськин Александр Васильевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Доктор технических наук, профессор, проректор по информатизации и спецпроектам
Тел.: 8 (4862) 41-98-15
E-mail: koskin@ostu.ru

Волков Вадим Николаевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: vadimvolkov@list.ru

Демидов Александр Владимирович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Кандидат технических наук, начальник технического отдела ресурсного центра информатизации образования
Тел.: 8 (4862) 59-46-19
E-mail: a.demidov@ostu.ru

Лазарев Сергей Александрович

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород
Кандидат экономических наук, заместитель директора по научной и международной деятельности института Инженерных технологий и естественных наук (ИТиЕН)
Тел.: 8 (4722) 30-14-83
E-mail: lazarev_s@bsu.edu.ru

Стычук Алексей Александрович

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, заместитель директора ресурсного центра информатизации образования по научно-методической работе
Тел.: +7 (4862) 43-49-56
E-mail: stichuck@yandex.ru

Шатеев Роман Валерьевич

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел
Аспирант кафедры «Информационные системы»
Тел.: 8 920 823 24 44
E-mail: shateevroman@ostu.ru

*A.V. KOS'KIN (Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Vice-rector for Information and Special Projects)*

*V.N. VOLKOV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department «Information systems»)*

*A.V. DEMIDOV (Candidate of Engineering Sciences,
Head of Technical Department of Education Information Resource Center
State University – ESPC, Orel)*

*S.A. LAZAREV (Candidate of Economic Sciences,
Deputy Director for Science and International activities of the Institute of Engineering Technology and Science)
Belgorod National Research University, Belgorod)*

*A.A. STY'CHUK (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Deputy Director of Resource Center of Informatization of Education on Scientific and Methodological Work)*

R.V. ShATEEV (Post-graduate Student of the Department «Information systems»)

CHOICE OF HARDWARE AND SOFTWARE FOR MANAGEMENT OF ACCESS WHEN DEVELOPING TECHNOLOGY OF CREATION OF THE CLOSED VIRTUAL ENVIRONMENTS OF THE ORGANIZATION OF THE DISTRIBUTED INFORMATION RESOURCES

Authors cover a choice of hardware and software for development of technology of creation of the closed virtual environments of the organization of the distributed information resources in global network space in the form of the protected network of portals on the basis of open protocols of network interaction and safe authentication of users with use of components with an open program code in this article. Requirements to the hardware and to the software are described.

Keywords: *the closed virtual environment; the distributed information resources; the protected network of portals; open protocols of network interaction; safe authentication of users; open program code; hardware; software.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Volkov V.N., Sty'chuk A.A., Arxipov P.O. Formulirovka principov i pravil postanovki zadachi organizacii okazaniya e'lektronny'x uslug naseleniyu // Informacionny'e texnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve (ITNOP): materialy' V Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii, 17-18 maya 2012 g. – Orel: FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK», 2012 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://irsit.ru/files/article/109.pdf>. – 6 c.
2. Red Hat Enterprise Linux | Red Hat [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.redhat.com/rhel>.
3. Windows Update ili regulyarny'e obnovleniya vashej operacionnoj sistemy' [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.saule-spb.ru/library/updates.html>.
4. Microsoft Security Intelligence Report. – Volume 17 [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44937>.
5. Deriev I. Zachem obnovlyat' OS? [E'lektronny'j resurs]. – URL: http://ko.com.ua/zachem_obnovlyat_os_42352.
6. RedHat vs Debian: Administrative Point of View [E'lektronny'j resurs] – URL: <http://www.tecmint.com/redhat-vs-debian-administrative-point-of-view/>.

УДК 004.023

Н.Г. БОГДАНОВ, П.В. БОЧКОВ, Н.Д. НЕЧАЕНКО

АДМИНИСТРИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ РОЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

В статье показано одно из перспективных направлений администрирования безопасности информационного процесса в корпоративных информационных системах, основанное на использовании модели ролевого управления доступом к информационным объектам, а также представлен вариант применения механизма ролевого управления доступом в администрировании безопасности корпоративных информационных систем, относящихся по классификации ФСТЭК России к классам защищенности 1А-1Г.

Ключевые слова: информационная безопасность; ролевое управление доступом; администрирование безопасности сети; корпоративная информационная систем.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с требованиями [7] в современных многопользовательских корпоративных информационных системах (КИС) с неоднородными правами пользователей по отношению к информационным ресурсам (классы 1А-1Г) обязательным элементом системы защиты информации от несанкционированного доступа (НСД) является подсистема дискреционного управления доступом.

На практике дискреционное управление доступом реализуется через формируемую администратором безопасности сети матрицу доступа, которая специфицирует права доступа для каждого субъекта по отношению к каждому информационному объекту [1]. При этом в реальных КИС, насчитывающих несколько сотен пользователей и десятки тысяч информационных объектов (ИО) разного уровня конфиденциальности, получаемый размер матрицы доступа делает невозможным ее эффективное применение администратором безопасности как в аспекте своевременной актуализации матрицы при изменении должностного или функционального статуса пользователя сети, так и в аспекте соблюдения принципа минимальных привилегий по доступу к конфиденциальной информации, предоставляемой субъекту сети для информационного обеспечения его должностных обязанностей и решаемых им функциональных задач.

Так, например, традиционное администрирование прав доступа основано на модели DAC, в которой управление доступом происходит на уровне объекта с использованием ACL. При таком подходе с ростом количества объектов и субъектов сети у многих пользователей появляются (или остаются после изменения их обязанностей или круга решаемых задач) права доступа к тем ресурсам, которые им непосредственно не требуются для работы [8].

Кроме того, администратор безопасности, не являясь экспертом в оценке информационных потребностей субъектов сети, на практике, как правило, ориентируется на собственную заявку пользователя в предоставлении ему полномочий на доступ к тем или иным ИО.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для устранения данной проблемы в качестве альтернативного подхода к администрированию безопасности сети посредством дискреционного управления доступом в КИС, отнесенных согласно [7] к классам 1А-1Г, наиболее целесообразно применение «ролевой модели» управления доступом.

Ролевое управление доступом (*RBAC – Role-based Access Control*) заключается в применении централизованно администрируемого набора контролей, предназначенных для определения порядка взаимодействия субъекта с объектом. Этот тип модели разрешает доступ к ресурсам, основываясь на должностной или функциональной роли пользователя конкретной корпоративной информационной системы. При этом, если субъекту сети назначена какая-то роль, связанная с минимально необходимым для ее реализации набором полномочий к определенной совокупности ИО, администратор безопасности сети на это самостоятельно повлиять не может [3].

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ РОЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

Модель *RBAC* нашла широкое применение среди крупных организаций и учреждений с высокой кадровой динамикой. Если увольняется сотрудник, которому была назначена определенная роль, то новому сотруднику, который займет его место, просто назначается та же роль. Таким образом, администратору не нужно постоянно вносить изменения в *ACL* отдельных объектов. Ему достаточно создать определенные роли, число которых на несколько порядков меньше числа сотрудников, и настроить необходимые этим ролям права и разрешения, а затем закреплять эти роли по указанию уполномоченного на это должностного лица за соответствующими субъектами.

Ядро *RBAC* является основой каждой конкретной реализации ролевой модели, в которой пользователи, роли, разрешения, операции и сессии определяются на основании установленной политики безопасности. При этом отношения между отдельными пользователями и привилегиями определяются как «многие ко многим». Сессия является соответствием между пользователем и подмножеством назначенных ему ролей. Таким образом, в ролевой модели применяется более простое с позиции администрирования безопасности сети управление доступом на основе групп.

При назначении субъектам эпизодических ролей они могут также быть включены и в несколько групп, каждая из которых имеет различные права по отношению к информационным объектам. В этом случае при идентификации субъекта в системе (открытии сессии или сеанса) ему открывается доступ ко всем информационным объектам, закрепленным за теми ролями и группами, которые ему были назначены.

Из опыта ролевого администрирования доступа к информационным ресурсам сети наиболее предпочтительным является вариант иерархического построения *RBAC*. Такой подход позволяет привязать саму модель *RBAC* к организационной структуре и функциональным разграничениям, присущим конкретной организации.

В данном случае ролевые отношения определяются должностным или функциональным статусом сотрудника организации в соответствующей ролевой группе с правом наследования привилегий нижестоящих субъектов. Например, роли двух неоднотипных должностных лиц со статусом исполнителя в рамках одного подразделения получают права доступа к разным наборам файлов, а роль их непосредственного начальника наследует разрешения из обеих этих ролей и имеет дополнительные права, назначенные непосредственно для этой роли. Таким образом, иерархия накапливает права и разрешения различных ролей, что упрощает процесс администрирования доступа в данной модели.

Практический опыт реализации ролевых моделей показал, что наиболее целесообразным является использование одного из двух типов иерархий:

- ограниченные иерархии, в которых наследуется только один нижестоящий уровень иерархии;
- обычные иерархии, в которых вышестоящей должностью наследует права доступа к информационным ресурсам всех нижестоящих уровней.

В настоящее время Национальным институтом стандартов и технологий США предложен свой вариант стандарта ролевого управления доступом [9]. Данный документ содержит спецификации трех категорий функций, необходимых для администрирования ролевого управления доступом:

1. Административные функции (создание и сопровождение ролей и других атрибутов ролевого доступа): создать/удалить роль/пользователя, приписать пользователя/право роли или ликвидировать существующую ассоциацию, создать/удалить отношение наследования между существующими ролями, создать новую роль и сделать ее наследницей/предшественницей существующей роли, создать/удалить ограничения для статического/динамического разделения обязанностей.

2. Вспомогательные функции (обслуживание сеансов работы пользователей): открыть сеанс работы пользователя с активацией подразумеваемого набора ролей; активировать новую роль, деактивировать роль; проверить правомерность доступа.

3. Информационные функции (получение сведений о текущей конфигурации с учетом отношения наследования). Здесь проводится разделение на обязательные и необязательные функции. К числу обязательных функций принадлежат такие, как получение списка пользователей, приписанных к каждой роли, и списка ролей, к которым приписан каждый пользователь.

Все остальные функции отнесены к разряду необязательных. Это получение информации о правах, приписанных роли, о правах заданного пользователя (которыми он обладает как член множества ролей), об активных в данный момент сеансах ролей и правах, об операциях, которые роль/пользователь правомочны совершить над заданным объектом, о статическом/динамическом разделении обязанностей.

Проведенный анализ показал [2]:

– это более высокоуровневая модель по сравнению с дискреционной и мандатной моделями, так как она может давать привилегии на сложные операции с составными данными;

– эта модель интуитивно более понятна для администратора безопасности сети по сравнению с дискреционной и мандатной моделями;

– в практической реализации эта модель более эффективна с точки зрения временной минимизации прав пользователя по доступу к информации, так как она может включать дополнительные компоненты, автоматизирующие процесс принятия решений о возможности доступа с учетом географического местоположения роли и ее временных параметров (например, периода закрепления роли за субъектом, времени рабочего дня сотрудника, дня недели и т.п.);

– в данную модель можно интегрировать и правила мандатного управления доступом (в этом случае ролям наравне с субъектами и информационными объектами также присваиваются метки конфиденциальности).

Основной недостаток ролевой модели заключается в необходимости ее разработки для каждой конкретной корпоративной информационной системы с учетом специфики последней. На практике сделать это гораздо проще, чем пытаться откорректировать ролевую модель одной КИС под другую.

Кроме того, как показала практика [5], определяющим условием эффективного применения ролевой модели является достаточно трудоемкий процесс ее проектирования, предшествующий вводу корпоративной информационной системы в эксплуатацию. Сама же работа по проектированию ролевой модели для конкретной КИС должна выполняться высококвалифицированными специалистами в области защиты информации в автоматизированных системах с привлечением наиболее подготовленных менеджеров организации, эксплуатирующей данную информационную систему [4]. При этом основой

разрабатываемой ролевой модели является концепция сбора прав в ролях, которые будут назначаться субъектам КИС в соответствии с их должностями. Каждая роль базируется на одном или более профилях. Ролевая структура модели безопасности может предоставлять субъекту как исключительные, так и перекрывающиеся права и обязанности. Например, некоторые общепринятые операции могут быть разрешены всем сотрудникам, а какие-то операции могут быть специфичными для конкретной роли.

Ролевые иерархии должны соответствовать организационно-штатной структуре той организации, для которой создается КИС. В соответствии с этой структурой и функциональным наполнением должностей разработчик ролевой модели определяет отношения и атрибуты ролей.

При возложении на субъектов КИС помимо штатных должностных обязанностей каких-либо дополнительных задач, последние ассоциируются с дополнительными ролями. В этом случае соответствующие пользователи КИС могут быть назначены на одну или более ролей. Роли базируются как на должностных обязанностях сотрудников, так и на дополнительно выполняемой ими работе. В соответствии с этим конкретному сотруднику может быть назначено несколько ролей для отражения того факта, что он входит в систему для выполнения различных функций в зависимости от текущих задач. Например, субъекту *S* может быть назначена роль *14*, так как *S* является начальником подразделения, и роль *admin*, так как *S* также является и администратором КИС. Если *S* собирается работать как администратор, он заходит в систему как *admin*, а если как начальник подразделения, он заходит в систему как *14*.

Отношение между пользователями, ролями и профилями изображено на рисунке 1 как отношение «многие ко многим». Например, сотрудник может быть связан с одной или более ролями посредством различных пользовательских имен, а роль также может быть назначена одному или более сотрудникам. Профили, ассоциированные с ролями, разрешают пользователям, которым назначены роли, указанный набор действий по отношению к информационным ресурсам КИС [2, 5, 6].

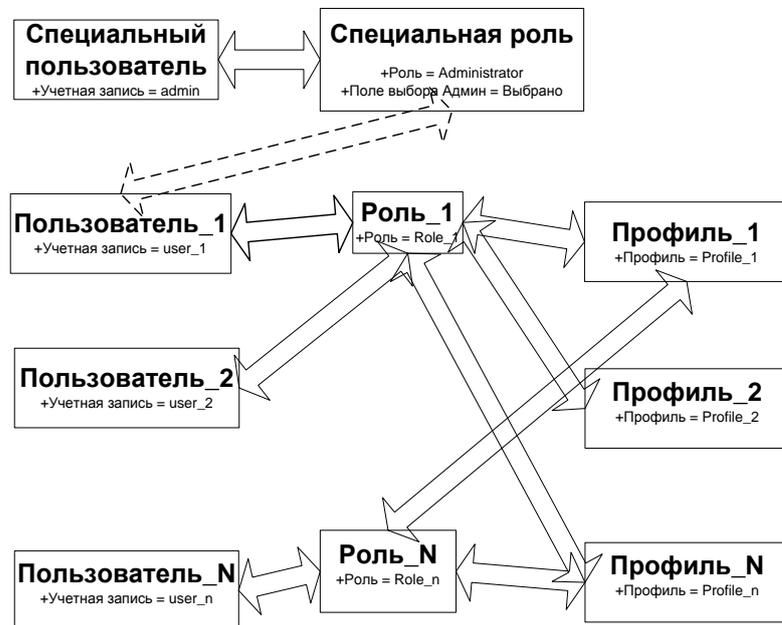


Рисунок 1 – Отношение между пользователями ролями и профилями

Базирующиеся на профилях права субъекта по отношению к информационным объектам устанавливает администратор безопасности сети при настройке системы ролевого управления доступом перед ее вводом в эксплуатацию

В соответствии с профилем субъекту КИС могут быть определены следующие типы прав доступа: просмотр данных без возможности их редактирования; модификация данных; удаление данных; экспорт данных; импорт данных.

Как было показано выше в ролевой модели, при необходимости субъекты КИС могут быть объединены в группы, которые также используются для управления правами доступа к данным. Пример группы, названной «Команда А», показан на рисунке 2.

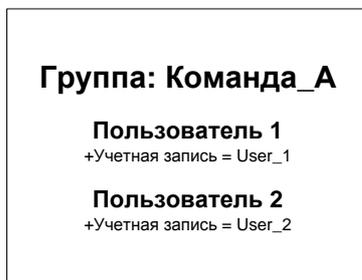


Рисунок 2 – Пример группы «Команда А»

В дальнейшем на этапе эксплуатации КИС актуализация ролей с учетом появления новых задач или штатных должностей может проводиться эволюционно по мере изменения должностных обязанностей сотрудников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование ролевого управления доступом позволяет структурировать роли естественным образом, фактически транслируя в ролевую модель разграничение должностных полномочий и функциональных обязанностей, установленных в конкретной организации.

Для предотвращения злоупотреблений сотрудников, связанных с необоснованным стремлением к более широким правам по доступу к конфиденциальной информации в *RBAC*, может применяться так называемое статическое разделение обязанностей (*SSD – Static Separation of Duty*), предполагающее закрепление за ролью постоянного и жестко ограниченного набора привилегий (например, пользователь не может быть одновременно членом группы исполнителей и группы из лиц, контролирующей его работу).

Динамическое разделение обязанностей (*DSD – Dynamic Separation of Duties*) посредством *RBAC* также может использоваться для предотвращения злоупотреблений сотрудников, обеспечивая ограничение набора возможных привилегий в рамках одной сессии (например, субъект не может в рамках одной сессии использовать права исполнителя и контролера, хотя он может быть одновременно членом обеих этих групп).

Одной из важных задач, решаемых на этапе разработки ролевой модели, является определение профилей, которые необходимы при задании прав пользователей КИС. С функциональной точки зрения, центральная идея ролевой модели заключается в том, что профили представляют собой действия, связанные с ролями и пользователями, являющимися членами этих ролей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов А.П. и др. Теоретические основы информационной безопасности (дополнительные главы) / А.П. Баранов, Д.П. Зегжда, П.Д. Зегжда, А.М. Ивашко. – СПб.: СПбГТУ, 1998. – 14 с.

2. Еременко В.Т., Тютякин А.В. Методологические аспекты выбора профилей сбора и обработки данных в системах неразрушающего контроля и диагностики технических объектов // Контроль. Диагностика, 2013. – № 1. – С. 24-31.
3. Еременко В.Т. и др. Анализ моделей управления трафиком в сетях АСУП на основе технологии MPLS / В.Т. Еременко, С.В. Еременко, Д.В. Анисимов, С.А. Черепков, А.А. Лякишев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 1. – С. 106-112.
4. Еременко В.Т. и др. Подход к оценке качества предоставления информационных услуг в беспроводной сети передачи данных АСУТП газотранспортного предприятия в условиях воздействия помех и внепротокольных прерываний / В.Т. Еременко, Д.В. Анисимов, Д.А. Краснов, С.А. Воробьев // Информационные системы и технологии, 2013. – № 4. – С. 96-105.
5. Еременко В.Т. и др. Синтез локально-оптимальной структуры классификатора информационных ресурсов по критерию минимума средней длины процедуры поиска / В.Т. Еременко, А.А. Батенков., И.С. Полянский, К.А. Батенков, М.А. Сазонов // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 7. – С. 3-8.
6. Еременко В.Т., Полянский И.С., Беседин И.И. Методологические аспекты синтеза оптимальной древовидной структуры в системах сбора и обработки информации // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 11. – С. 15-21.
7. РД ГТК. Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации. – М.: Военное издательство, 1992. – 14 с.
8. Степанов П.Г. Принципы управления доступом к ресурсам в защищенной ОС «Феникс» // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – СПбГТУ, 1999. – 256 с.
9. Harrison M., Ruzzo W., Uhlman J. Protection in operating systems // Communications of the ACM, 1976. – 339 с.

Богданов Николай Григорьевич

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: nic_506@orel.ru

Бочков Петр Вадимович

Академия ФСО России, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: boch_p@mail.ru

Нечаенко Никита Дмитриевич

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

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

P.V. BOCHKOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor*)

N.D. NECHAENKO (*Student*)

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

**SECURITY ADMINISTRATION CORPORATE INFORMATION SYSTEMS
BASED ON ROLE OF ACCESS**

The paper shows one of the promising areas of information security management process in enterprise information systems based on the use of role models to control access to information objects, and offered the option of

applying the mechanism of role-based access control in the administration of the security of corporate information systems relating to the classification FSTEC Russian classes 1A-1G protection.

Keywords: *information security; role-based access control; administration; network security; corporate information systems.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Baranov A.P. i dr. Teoreticheskie osnovy' informacionnoj bezopasnosti (dopolnitel'ny'e glavy') / A.P. Baranov, D.P. Zegzhda, P.D. Zegzhda, A.M. Ivashko. – SPb.: SPbGTU, 1998. – 14 c.
2. Eremenko V.T., Tyutyakin A.V. Metodologicheskie aspekty' vy'bora profilej sbora i obrabotki danny'x v sistemax nerazrushayushhego kontrolya i diagnostiki texnicheskix ob'ektov // Kontrol'. Diagnostika, 2013. – № 1. – S. 24-31.
3. Eremenko V.T. i dr. Analiz modelej upravleniya trafikom v setyax ASUP na osnove texnologii MPLS / V.T. Eremenko, S.V. Eremenko, D.V. Anisimov, S.A. Cherepkov, A.A. Lyakishev // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 1. – S. 106-112.
4. Eremenko V.T. i dr. Podxod k ocenke kachestva predostavleniya informacionny'x uslug v besprovodnoj seti peredachi danny'x ASUTP gazotransportnogo predpriyatiya v usloviyax vozdejstviya pomex i vneprotokol'ny'x prery'vanij / V.T. Eremenko, D.V. Anisimov, D.A. Krasnov, S.A. Vorob'ev // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2013. – № 4. – S. 96-105.
5. Eremenko V.T. i dr. Sintez lokal'no-optimal'noj struktury' klassifikatora informacionny'x resursov po kriteriyu minimuma srednej dliny' procedury' poiska / V.T. Eremenko, A.A. Batenkov., I.S. Polyanskij, K.A. Batenkov, M.A. Sazonov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013. – № 7. – S. 3-8.
6. Eremenko V.T., Polyanskij I.S., Besedin I.I. Metodologicheskie aspekty' sinteza optimal'noj drevovidnoj struktury' v sistemax sbora i obrabotki informacii // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013. – № 11. – S. 15-21.
7. RD GTK. Avtomatizirovannye sistemy. Zashhita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. Klassifikaciya avtomatizirovannyx sistem i trebovaniya po zashhite informacii. – M.: Voennoe izdatel'stvo, 1992. – 14 c.
8. Stepanov P.G. Principy' upravleniya dostupom k resursam v zashhishhennoj OS «Feniks» // Problemy' informacionnoj bezopasnosti. Komp'yuterny'e sistemy'. – SPbGTU, 1999. – 256 c.
9. Harrison M., Ruzzo W., Uhlman J. Protection in operating systems // Communications of the ACM, 1976. – 339 c.

УДК 681.5

В.Т. ЕРЁМЕНКО, В.М. ПАРАМОХИН

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ТЕСТОВЫХ КОМПЛЕКТОВ ДЛЯ ПРОТОКОЛОВ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Разработан формальный метод описания и автоматизированной генерации тестов испытания конформности для протоколов безопасности (ПБ). Предложена математическая модель процессов информационного обмена на основе недетерминированного конечного автомата с использованием целочисленных линейных неравенств для описания полного пространства состояний протокольных объектов.

Ключевые слова: протоколы безопасности; система обработки данных; испытания конформности.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе основной задачей испытаний конформности протоколов безопасности (ПБ) является определение их соответствия техническим условиям или стандартам. Указанные обстоятельства вызывают необходимость исследования путей совершенствования испытаний конформности систем обработки данных (СОД) и их основных компонентов – протоколов безопасности. Представление ПБ как совокупности формализованных синтаксических и семантических правил определяет работу средств информационного обмена в процессе обработки данных, позволяет описать статические и динамические свойства взаимодействия протокольных объектов (функциональных модулей одного уровня) и может служить основой документирования. Выбор СОД позволяет определить сигналы, форматы данных, способы проверки ошибок, а также алгоритмы для интерфейсов, включая принципы подготовки сообщений, передачи и анализа на различных уровнях детализации, обеспечить защиту от угрозы, вносимых средой обработки данных. В этом смысле рассмотрение протоколов с точки зрения соглашения между двумя протокольными объектами о формате и содержании служебной информации управления позволяет осуществлять наблюдение за состоянием области обработки, а также определить последовательность управляющих сигналов и процедуры обмена данными в среде СОД. Таким образом, возникает научная задача испытаний конформности ПБ и анализа их спецификаций.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Основными характеристиками, определяющими выбор методов и средств испытаний конформности, являются время тестирования и полнота проверки свойств ПБ. Испытания конформности должны проводиться в максимально сжатые сроки и без потери качества.

Одним из перспективных направлений сокращения времени разработки аттестационных тестов для протоколов безопасности является использование методов автоматизированной генерации на основе модели конечного автомата. Автоматизированная генерация тестов позволяет сократить расходы на разработку тестов и уменьшить количество ошибок в получаемых тестах.

При постановке задачи испытаний конформности ПБ предполагается, что протокольный блок данных (ПБД) с ошибками кодирования отображается в некорректные сигналы. Поэтому для составления тестов достаточно рассматривать только модель поведения ПБ.

На уровне автомата, моделирующего поведение ПБ, разрешенные и неразрешенные ПБД обрабатываются одинаково, как сигналы автомата. Необходимо отметить, что при

испытаниях конформности рассматриваются только возможности ПБ, описанные техническими условиями или стандартами. Если стандарты не содержат правил обработки некорректных сигналов, решение о том, как их обрабатывать перекладывается на разработчика конкретной реализации.

Выделены два основных подхода к обработке некорректных сигналов по умолчанию:

- при получении некорректных сигналов протокол не меняет своего состояния, при этом они [сигналы] либо игнорируются, либо выдается сигнал об ошибке;
- при получении некорректных сигналов протокол переходит в состояние восстановления от ошибки.

Формальная постановка задачи испытаний конформности состоит в следующем: рассматривается множество тестируемых объектов I^* . Каждый объект I из множества I^* можно представить конечным автоматом, при этом каждый объект I из множества I^* обладает следующими свойствами:

- для каждого объекта $I \in I^*$ можно выделить множество входных сигналов X и множество выходных сигналов Y . Множество последовательностей входных сигналов (входных последовательностей) будем обозначать X^* ; множество выходных последовательностей будем обозначать Y^* ;

- на объекте $I \in I^*$ может быть проведен эксперимент, заключающийся в установке I в начальное состояние (инициализации объекта), подаче входной последовательности $a \in X^*$ и наблюдении выходной последовательности $b \in Y^*$.

При аттестационном испытании сравниваются эталонная модель и объект, представленные конечными автоматами A_3 и A_i , на основе понятия их псевдоэквивалентности. Процедура испытания заключается в применении к объекту тестовой последовательности w с целью выявления ошибок. Под тестовой последовательностью в исследовании понимается последовательность соответствующих пар входного и выходного сигналов:

$$\{(x_1, y_1); \dots; (x_i, y_i)\}.$$

Тестовая последовательность должна быть построена таким образом, чтобы при тестировании выносился положительный вердикт, если эталонная модель A_3 и автомат A_i , моделирующий объект, псевдоэквивалентны. Отрицательный вердикт в противном случае отражается свойством:

$$V(w, I) = 1 \Leftrightarrow A_3 \equiv A_i.$$

Подтверждение псевдоэквивалентности эталонной модели A_3 и модели объекта A_i заключается в проверке наличия в модели объекта всех переходов, представляемых в таблице переходов эталонной модели. Сравнение таблиц переходов двух автоматов осуществляется по внешнему поведению. При этом используемая входная последовательность должна покрывать все переходы эталонной модели, которая, в свою очередь, должна иметь фиксированное начальное состояние q_0 . Таким образом, задача анализа испытаний конформности может быть сведена к подзадаче достижения выбранного перехода эталонной модели из начального состояния q_0 . При этом выполнение перехода расширенного конечного автомата происходит при исчислении предиката перехода. В общем случае вид предиката перехода может быть произвольным. Однако трудоемкость перебора может быть сокращена за счет выбора предикатов специального вида, например линейных.

Рассмотрим модель протокола безопасности в виде недетерминированного конечного автомата с предикатами (НКАП). Предлагаемая модель позволяет вводить переменные в виде множества входных и выходных сигналов и предполагает существование разбиений данных множеств по типу сигнала.

Примем, что НКАП – расширенный конечный автомат $R(X, Y, Q, V, P)$, где $X = \{\bar{x}\}$ – множество входных сигналов; $\bar{x} = (x_1, \dots, x_{\max})$; $Y = \{\bar{y}\}$ – множество выходных сигналов; $\bar{y} = (y_1, \dots, y_{\max})$; Q – множество состояний; V – множество внутренних переменных $\bar{v} = (v_1, \dots, v_{\max})$; P – функция поведения: $P: (Q \times X \times V) \rightarrow (Q \times X \times V)$.

Функция поведения P задается как кусочно-линейная функция на множестве $(Q \times X \times V)$. Области входных значений, в которых функция имеет линейный вид, задаются системами линейных неравенств (системами ограничений), причем область линейности включает только одно значение $q \in Q$. Вид функции в областях линейности задается линейными функциями $(X \times V) \rightarrow (X \times Y \times Q)$ (системами присваиваний). Область значений каждой линейной функции включает в себя только одно значение $q \in Q$.

Проведенный анализ основных свойств модели показывает, что НКАП может быть представлен ориентированным графом, вершины которого соответствуют состояниям НКАП, а дуги – переходам НКАП. Дуги помечены системой ограничений и системой присваиваний. Каждому пути в НКАП можно поставить в соответствие линейную функцию

(систему присваиваний) $\begin{pmatrix} \bar{v} \\ \bar{y} \end{pmatrix} = L_{PT} \begin{pmatrix} \bar{v} \\ \bar{x} \end{pmatrix} + \bar{k}_{PT}$, имеющую область входных значений, описываемую системой линейных неравенств (системой ограничений) $A_{PT} \begin{pmatrix} \bar{v} \\ \bar{x} \end{pmatrix} (SIG) \bar{b}_{PT}$ (где SIG – столбец сравнений, состоящий из элементов $\{>, <, \geq, \leq, =\}$, а матрицы L_{PT} и A_{PT} состоят из элементов $\{0, 1, -1\}$). При этом система ограничений будет задавать область входных значений пути, а система присваиваний – зависимость значений параметров выходных сигналов от начальных условий и значений параметров входных сигналов.

На основе данной модели разработан метод автоматизированной генерации тестов (рис. 1), основанный на эвристических методах: анализа уникальных последовательностей, поиска и исправлении ошибок, включающего этапы поиска уникальных последовательностей в НКАП, поиска уникальной входной области, построения тестового комплекта, оптимизации поиска покрытия перехода в НКАП. Для каждого этапа разработаны алгоритмы [3], позволяющие реализовать методику подготовки тестов на практике.

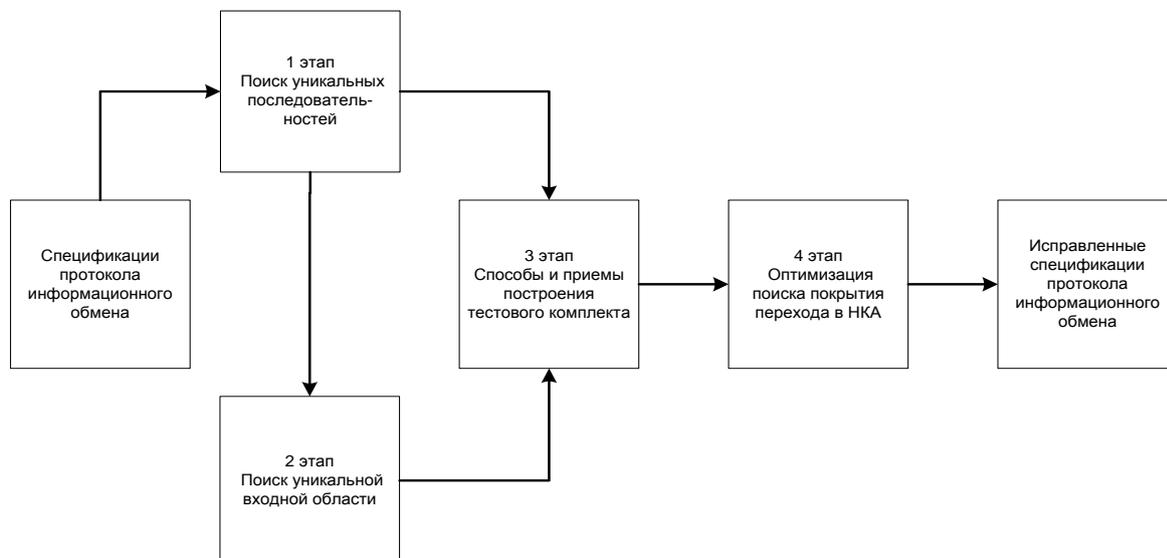


Рисунок 1 – Метод автоматизированной генерации тестов для протоколов безопасности

Для расширенных конечных автоматов разработан ряд методов генерации тестовых последовательностей: уникальных последовательностей (УП); различающих

последовательностей и характеристических последовательностей [1]. По типу описываемого протокола данные методы можно разделить на методы, использующие сигнал «надежного сброса», и методы, не использующие сигнал «надежного сброса». Функция «надежного сброса», как правило, присутствует в современных технических средствах в виде возможности выполнения цикла включения/выключения (или перезагрузки устройства). В процессе перезагрузки оперативная память устройства в силу конструктивных особенностей гарантированно очищается, поэтому факт возврата в исходное состояние при перезагрузке не требует дополнительной проверки.

Как правило, в современных устройствах цикл перезагрузки занимает достаточно длительное время – от нескольких секунд до нескольких минут. В таких случаях большую часть времени исполнение теста будет приходиться на перезагрузки устройства. Часто перезагрузить устройство можно только по команде с консоли управления либо разрывая его цепи питания, что затрудняет исполнение теста в полностью автоматическом режиме. Поэтому тесты, использующие сигнал «надежный сброс» как можно меньше, являются более предпочтительными с практической точки зрения.

Для тестирования протоколов без функции «надежный сброс» были предложены модификации W-метода и UIOv-метода. Данные методы значительно сложнее своих аналогов, использующих «надежный сброс». В то же время более простые методы не позволяют в теории достичь 100%-го покрытия при критерии псевдоэквивалентности.

Результаты исследования покрытия версии метода УП для протоколов без сигнала «надежный сброс» показывают, что метод УП позволяет при сохранении относительной простоты и тестах небольшой длины достичь практически 100%-го покрытия.

На основе оценки общей длины теста, а также количества сигналов «сброса», включаемых в тест, выполнено обоснование выбора в качестве базового метода тестирования конечного автомата – метода уникальных последовательностей (УП). Разработан алгоритм поиска уникальных последовательностей в недетерминированном конечном автомате (рис. 2).

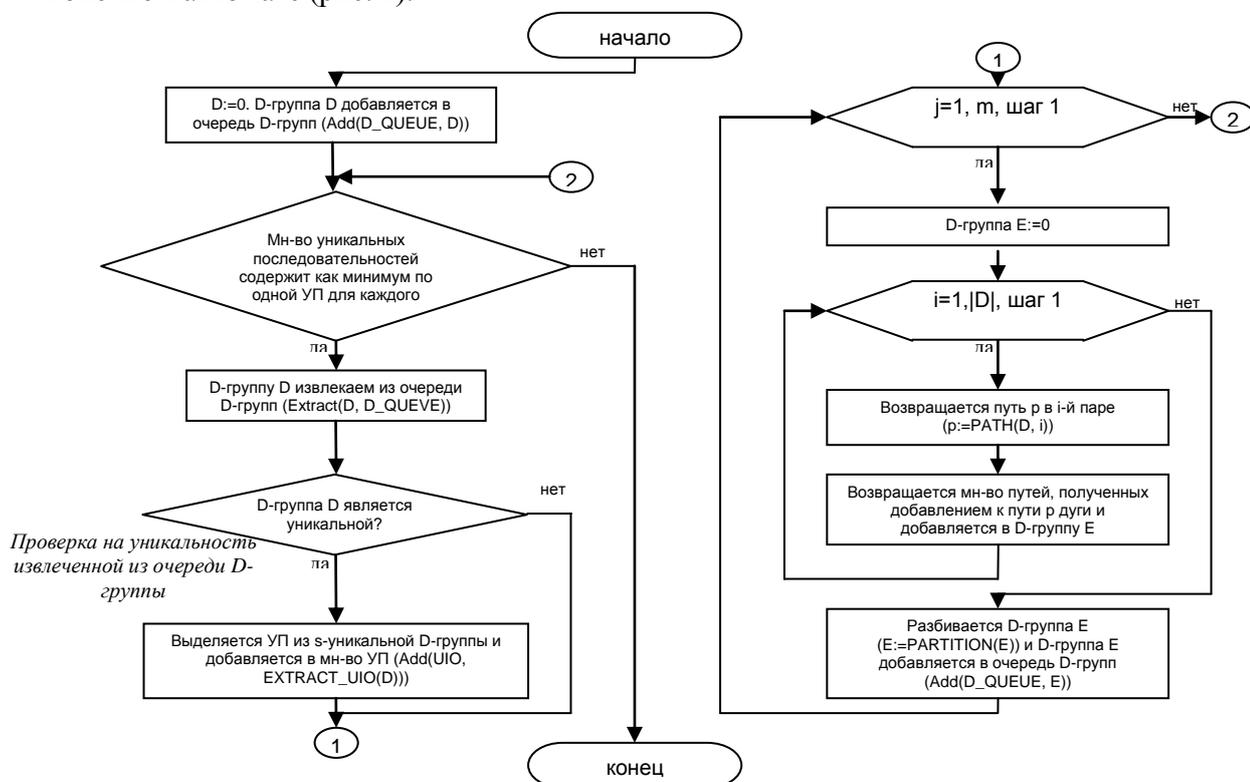


Рисунок 2 – Алгоритм поиска УП в недетерминированном автомате

Алгоритм позволяет выделить уникальные последовательности из множества D групп (функция EXTRACT, D -группа – множество всех DQ групп (множество всех путей, исходящих из заданного состояния Q и помеченных входной последовательностью a)); производить генерацию нового пути (функция PATH) и сформировать уникальную последовательность. Рассматриваемый алгоритм поиска УП отличается от известных ранее отсутствием проверки наличия состояний, для которых найденные последовательности сохраняют уникальность.

УП существуют практически для всех известных детерминированных конечных автоматов, моделирующих протоколы безопасности. Однако при использовании недетерминированного конечного автомата вероятность нахождения УП снижается, так как при переходе от детерминированного автомата к недетерминированному выполняется объединение группы состояний в одно состояние, а группы входных сигналов в один сигнал. В связи с этим для идентификации состояний в НКАП с предикатами был введен аналог уникальной последовательности – уникальной входной области (УВО).

УВО можно интерпретировать следующим образом: не существует таких начальных состояний (q_0, \bar{v}_k) , (q_i, \bar{v}_i) и входных последовательностей $(\bar{x})_1, (\bar{x})_2 \in D_{q_0}^{uio}$, что, подавая $(\bar{x})_1$ на НКАП в состоянии (q_0, \bar{v}_k) , а $(\bar{x})_2$ на НКАП с предикатами в состоянии (q_i, \bar{v}_i) , будут получены одинаковые выходные последовательности.

На основе алгоритма поиска УП для НКАП построен алгоритм поиска УВО. Единственным различием в алгоритмах поиска УП и поиска УВО является реализация функции IS_UNIQUE (позволяющей выделять уникальные последовательности), поскольку для поиска УВО используется дополнительный критерий – критерий выполнимости условия уникальности выходной последовательности пути.

Для упрощения процедуры тестирования предлагается структурировать тест по тестируемым состояниям. Полученный при этом тестовый комплект будет представлять собой совокупность тестовых примеров, предназначенных для проверки отдельных переходов. Тестовые примеры объединяются в тестовые группы, идентифицирующие переходы, исходящие из одного состояния.

Процедура поиска покрытия перехода основана на поиске в ширину и имеет временную сложность, экспоненциально зависящую от длины пути. Это связано с экспоненциальным ростом количества ветвей дерева поиска, отражающего количество рассматриваемых при поиске вариантов. Для уменьшения размера дерева поиска предлагается следующий метод отбраковки ветвей дерева, позволяющий снизить трудоемкость поиска: отбраковка пути при прохождении глобального состояния более одного раза. Данная эвристика, как правило, реализуется путем хранения в памяти информации о пройденных состояниях. В рассматриваемом методе отбраковки ветвей дерева предлагается не хранить информацию о достигнутых глобальных состояниях, а проверять пути, полученные во время процедуры поиска, на наличие глобальных циклов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе оценки вычислительной сложности алгоритмов генерации теста сделаны следующие выводы: для произвольного НКА поиск тестовой последовательности требует полного перебора всех входных значений, что ведет к недопустимо большой временной сложности решения задачи (вычислительная сложность поиска покрытия перехода растет экспоненциально $O(Rx^L Nt^L)$). При использовании НКАП вычислительная сложность поиска покрытия перехода является степенной функцией длины пути $O(L^3 Nt^L)$ и не зависит от диапазона значений параметров входных сигналов, что позволяет значительно ограничить область перебора при генерации тестовой последовательности. Поэтому для данной модели могут быть разработаны реализуемые на практике методы генерации тестовых последовательностей.

Рассмотренный для модели недетерминированного конечного автомата с предикатами в виде целочисленных линейных неравенств набор алгоритмов генерации аттестационных тестов, основанный на использовании уникальных последовательностей, позволяет получать набор тестов, отвечающих критерию псевдоэквивалентности, и перейти к теме разработки метода испытаний конформности для протоколов безопасности СОД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерёмченко В.Т., Парамохина Т.М. Алгоритмы и процедуры генерации тестирования для протоколов информационного обмена // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2006. – № 12. – С. 46-50.
2. Парамохина Т.М., Ерёмченко А.В. Автоматизированная генерация аттестационных тестов для реализаций протоколов информационного обмена // Известия ТулГУ. Серия «Технологическая системотехника». – Вып. 7. – Труды участников IV Международной электронной научно-технической конференции «Технологическая системотехника – 2005». – Тула: Издательство ТулГУ, 2006. – С. 8-15.
3. Парамохина Т.М. Способы и приемы оценки соответствия реализаций протоколов информационного обмена // «Информационные технологии в науке, образовании и производстве» (ИТНОП). Материалы международной научно-технической конференции. ТЗ. – Орел: Издательство ОрелГТУ, 2008. – С. 236-239.
4. Ерёмченко В.Т., Афонин С.И. Создание теоретических основ автоматизации и построения технологической составляющей АСУ территориально распределенных предприятий // Информационные системы и технологии, 2012. – № 2. – С. 99-105.
5. Ерёмченко В.Т., Тютякин А.В. Методологические аспекты выбора профилей сбора и обработки данных в системах неразрушающего контроля и диагностики технических объектов // Контроль. Диагностика, 2013. – № 1. – С. 24-31.
6. Ерёмченко В.Т. и др. Синтез локально-оптимальной структуры классификатора информационных ресурсов по критерию минимума средней длины процедуры поиска / В.Т. Ерёмченко, А.А. Батенков, И.С. Полянский, К.А. Батенков, М.А. Сазонов // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 7. – С. 3-8.
7. Ерёмченко В.Т., Полянский И.С., Беседин И.И. Методологические аспекты синтеза оптимальной древовидной структуры в системах сбора и обработки информации // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2013. – № 11. – С. 15-21.
8. Ерёмченко В.Т., Тютякин А.В., Семашко Е.А. Выбор операционных моделей обработки, архивирования и защиты изображений в распределенных системах технической диагностики // Информационные системы и технологии, 2011. – № 3. – С. 115-119.

Ерёмченко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 920 812 65 64

E-mail: wladimir@orel.ru

Парамохин Виталий Михайлович

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Соискатель кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 910 208 37 71

E-mail: tatyinaptm@mail.ru

V.T. ERYOMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Department «Electronics, Computer Science and Information Security»*)

V.M. PARAMOXIN (*Applicant of the Department*)

METHODS AND TECHNIQUES OF FORMATION OF TEST KITS FOR SECURITY PROTOCOLS

The formal description techniques and automated test generation for conformance testing of security protocols (PB). A mathematical model of the processes of information exchange based on non-deterministic finite automaton using integer linear inequalities to describe the full state space protocol objects.

Keywords: security protocols; data exchange system; testing conformity.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Eryomenko V.T., Paramoxina T.M. Algoritmy' i procedury' generacii testirovaniya dlya protokolov informacionnogo obmena // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2006. – № 12. – S. 46-50.
2. Paramoxina T.M., Eryomenko A.V. Avtomatizirovannaya generaciya attestacionny'x testov dlya realizacij protokolov informacionnogo obmena // Izvestiya TulGU. Seriya «Texnologicheskaya sistemotexnika». – Vy'p. 7. – Trudy' uchastnikov IV Mezhdunarodnoj e'lektronnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Texnologicheskaya sistemotexnika – 2005». – Tula: Izdatel'stvo TulGU, 2006. – С. 8-15.
3. Paramoxina T.M. Sposoby' i priemy' ocenki sootvetstviya realizacij protokolov informacionnogo obmena // «Informacionny'e texnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve» (ITNOP). Materialy' mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. T3. – Orel: Izdatel'stvo OrelGTU, 2008. – S. 236-239.
4. Eryomenko V.T., Afonin S.I. Sozdanie teoreticheskix osnov avtomatizacii i postroeniya texnologicheskoj sostavlyayushhej ASU territorial'no raspredeleenny'x predpriyatij // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2012. – № 2. – S. 99-105.
5. Eryomenko V.T., Tyutyakin A.V. Metodologicheskie aspekty' vy'bora profilej sbora i obrabotki danny'x v sistemax nerazrushayushhego kontrolya i diagnostiki texnicheskix ob'ektov // Kontrol'. Diagnostika, 2013. – № 1. – S. 24-31.
6. Eryomenko V.T. i dr. Sintez lokal'no-optimal'noj struktury' klassifikatora informacionny'x resursov po kriteriyu minimuma srednej dliny' procedury' poiska / V.T. Eryomenko, A.A. Batenkov, I.S. Polyanskij, K.A. Batenkov, M.A. Sazonov // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013. – № 7. – S. 3-8.
7. Eryomenko V.T., Polyanskij I.S., Besedin I.I. Metodologicheskie aspekty' sinteza optimal'noj drevovidnoj struktury' v sistemax sbora i obrabotki informacii // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2013. – № 11. – S. 15-21.
8. Eryomenko V.T., Tyutyakin A.V., Semashko E.A. Vy'bor operacionny'x modelej obrabotki, arxivirovaniya i zashhity' izobrazhenij v raspredeleenny'x sistemax texnicheskoj diagnostiki // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 3. – S. 115-119.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Рассматривается подход к управлению рисками информационной безопасности в автоматизированных системах управления при помощи американского стандарта NIST 800-30. Наличие системы управления рисками является обязательным компонентом общей системы обеспечения информационной безопасности на всех этапах жизненного цикла.

Ключевые слова: *риск; управление рисками; информационная безопасность; автоматизированная система управления; система управления жизненным циклом.*

Каждая организация обладает какой-нибудь информацией. В современную цифровую эпоху любая организация, любое предприятие предполагает использование автоматизированных информационных технологий (ИТ) обработки информации. Управление рисками играет важную роль в защите информации и активов организации. Эффективный процесс управления рисками является важной составляющей успешной ИТ-безопасности компании. Прежде всего надо знать, что такое автоматизированная система управления и для чего она нужна.

Автоматизированная система управления (АСУ) – комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса, производства, предприятия. АСУ применяются в различных отраслях промышленности, энергетике, транспорте и т.п. Термин «автоматизированная» в отличие от термина «автоматическая» подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации [1].

Стандартом, регламентирующим аспекты управления информационными рисками, является американский стандарт NIST 800-30. Методика оценки риска, изложенная в нем, предполагает предварительное оценивание двух параметров: потенциального ущерба и вероятности реализации угрозы. Однако достаточно «жесткий» механизм получения оценок риска существенно ограничивает возможности данной методики. Считается, что система управления рисками организации должна минимизировать возможные негативные последствия, связанные с использованием информационных технологий, и обеспечить выполнение основных бизнес-целей предприятия. Система управления рисками должна быть интегрирована в систему управления жизненным циклом информационной технологии (SDLC – System Development Life Cycle) (рис. 1).

В ИТ-системах SDLC состоит из пяти этапов: инициирование (Initiation), разработка или приобретение (Development or Acquisition), реализация (Implementation), эксплуатация или обслуживание (Operation or Maintenance) и утилизация (Disposal) [2].

Оценка риска – это основной процесс в методологии управления рисками. Организации используют оценку риска с целью определения степени потенциальной угрозы и риски, связанные с ИТ-системой на всем протяжении ее жизненного цикла. Методики оценки рисков включает в себя девять основных шагов (рис. 2):

- шаг 1 – характеристики системы;
- шаг 2 – идентификации угроз;
- шаг 3 – выявления уязвимостей;
- шаг 4 – анализ системы управления;

- шаг 5 – оценка параметров угроз;
- шаг 6 – анализ последствий;
- шаг 7 – определение рисков;
- шаг 8 – рекомендации по контролю;
- шаг 9 – создание результирующей документации.

SDLC Phases	Phase Characteristics	Support from Risk Management Activities
Phase 1—Initiation	The need for an IT system is expressed and the purpose and scope of the IT system is documented	<ul style="list-style-type: none"> • Identified risks are used to support the development of the system requirements, including security requirements, and a security concept of operations (strategy)
Phase 2—Development or Acquisition	The IT system is designed, purchased, programmed, developed, or otherwise constructed	<ul style="list-style-type: none"> • The risks identified during this phase can be used to support the security analyses of the IT system that may lead to architecture and design trade-offs during system development
Phase 3—Implementation	The system security features should be configured, enabled, tested, and verified	<ul style="list-style-type: none"> • The risk management process supports the assessment of the system implementation against its requirements and within its modeled operational environment. Decisions regarding risks identified must be made prior to system operation
Phase 4—Operation or Maintenance	The system performs its functions. Typically the system is being modified on an ongoing basis through the addition of hardware and software and by changes to organizational processes, policies, and procedures	<ul style="list-style-type: none"> • Risk management activities are performed for periodic system reauthorization (or reaccreditation) or whenever major changes are made to an IT system in its operational, production environment (e.g., new system interfaces)
Phase 5—Disposal	This phase may involve the disposition of information, hardware, and software. Activities may include moving, archiving, discarding, or destroying information and sanitizing the hardware and software	<ul style="list-style-type: none"> • Risk management activities are performed for system components that will be disposed of or replaced to ensure that the hardware and software are properly disposed of, that residual data is appropriately handled, and that system migration is conducted in a secure and systematic manner

Рисунок 1 – Интеграция управления рисками в SDLC

В оценке рисков для ИТ-системы первым шагом является определение области деятельности. На этом этапе границы его системы идентифицируются вместе с ресурсами и информацией, которая составляет систему. Характеризуется система, которая определяет область оценки рисков, очерчивает оперативные санкции (или аккредитации), границы и обеспечивает информацию (например, об оборудовании, программном обеспечении, подключении к системе), необходимую для определения риска.

Целью второго этапа является выявление потенциальных источников угроз и формирование классов угроз для данной информационной системы.

Выявление уязвимостей должно включать в себя анализ уязвимости, связанных с системой среды. Целью данного шага является разработка перечня уязвимостей системы (недостатки или слабые стороны), которые могут стать жертвой потенциальной угрозы.

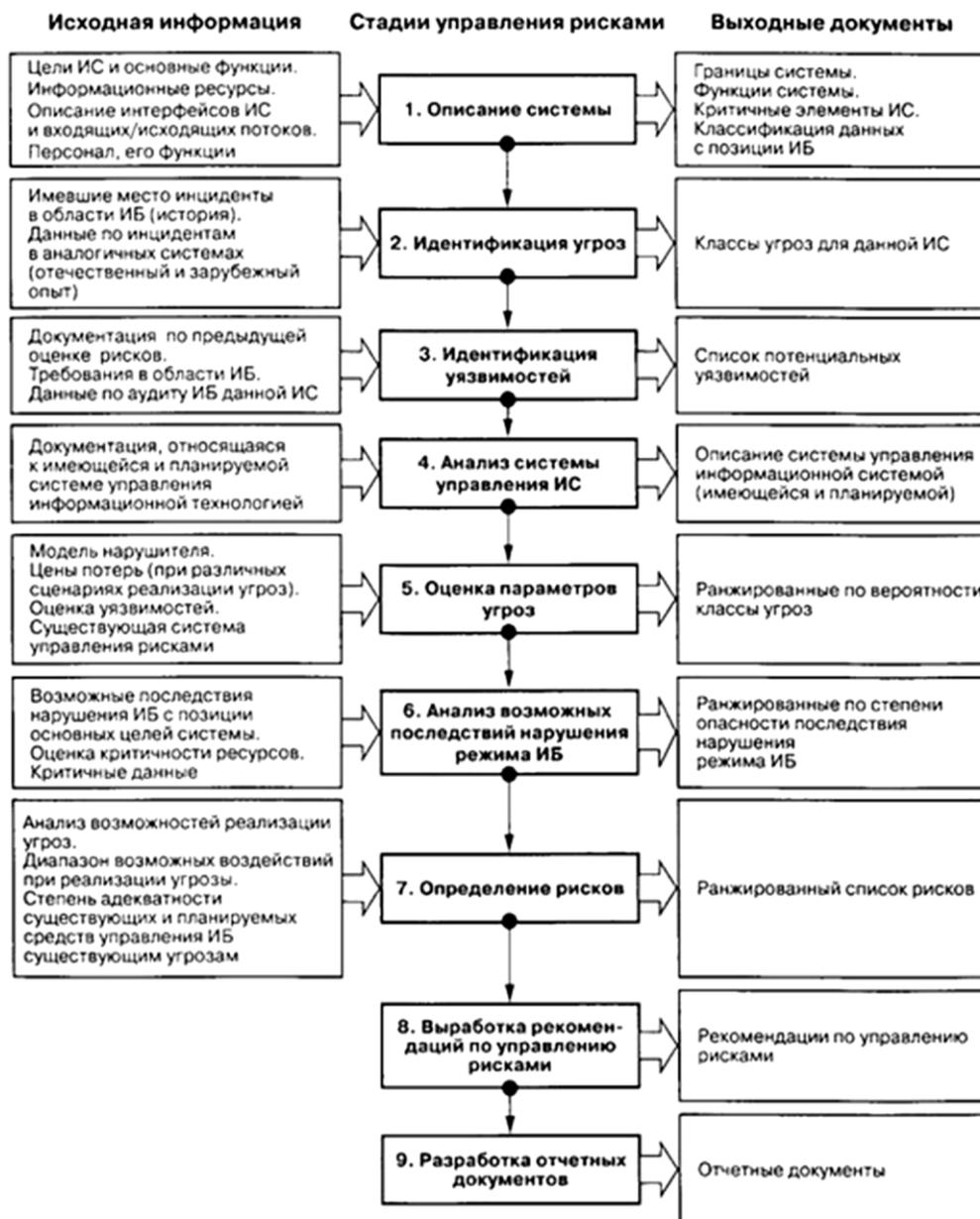


Рисунок 2 – Методология оценки риска

Этап анализа системы управления позволяет проанализировать элементы, которые были реализованы или планируются для внедрения, и свести к минимуму или исключить вероятность угрозы для осуществления системы.

Оценка параметров угроз позволяет получить ранжированные по вероятности классы угроз. При этом рассматриваются следующие регулирующие факторы:

- угроза-источник мотивации и возможностей;
- характер уязвимости;
- наличие и эффективность текущего контроля.

Следующий крупный шаг в измерении уровня риска – определение негативного воздействия и анализ возможных последствий.

Целью определения рисков является оценка уровня риска для информационной системы. Выражается она в виде конкретной пары угроза/уязвимость.

Во время предпоследнего этапа создаются рекомендации по управлению рисками. Целью рекомендуемых элементов управления является снижение уровня риска для ИТ-системы и ее данных до приемлемого уровня. Следует учитывать следующие факторы, рекомендуя управления и альтернативные решения для сведения к минимуму или устранения выявленных рисков:

- эффективность рекомендуемых параметров (система совместимости);
- законодательство и регулирование;
- организационная политика;
- оперативное воздействие;
- безопасность и надежность.

Как только оценка опасности (угрозы, источники и уязвимости, выявленные риски, рекомендованные управления) завершится, ее результаты должны быть документированы в официальном отчете или брифинге. Доклад об оценке рисков – это управленческий отчет, который помогает высшему руководству принимать решения в политической, процедурной, бюджетной сферах и системах оперативного и управленческого учета. В отличие от аудита или отчета о расследовании, которые рассматривают правонарушение, доклад об оценке риска не должен быть представлен в обвинительной манере. Это должен быть систематический и аналитический подход к оценке риска, потому что высшее руководство будет понимать риски и выделять ресурсы для сокращения и исправления возможных потерь.

В организациях, достигнувших определенной степени зрелости, проведение анализа рисков, управление рисками на всех стадиях жизненного цикла информационной технологии являются обязательными элементами в системе мероприятий по обеспечению режима информационной безопасности. Требования к проведению этих этапов, предъявляемые разными организациями, различаются и находятся в широких пределах. Соответственно, используются различные технологии анализа рисков.

Разработка методик анализа рисков связана с рядом методологических сложностей. Наибольшую сложность представляют:

- разработка корректных процедур измерения рисков;
- построение модели информационной технологии с системных позиций, учитывающей разноплановые факторы, относящиеся к организационному, процедурному, программно-техническому уровню, а также их взаимосвязи.

Многие фирмы, специализирующиеся в вопросах информационной безопасности, предлагают услуги в области анализа риска информационной безопасности. Однако объективно оценить качество используемых методик, качество проведенных исследований сложно, поскольку отечественных стандартов в этой области не существует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анхимюк В.Л., Олейко О.Ф., Михеев Н.Н. Теория автоматического управления. – М.: Дизайн ПРО, 2002. – 352 с.
2. NIST Special Publication 800-30. Risk Management Guide for Information Technology // National Institute of Standards and Technology, 2013. – 55 p.

Мищенко Владимир Игоревич

Инженерно-технологическая академия Южного федерального университета, г. Таганрог

Студент
Тел.: 8 908 515 68 91
E-mail: vovchikcool@inbox.ru

Шилов Александр Кимович

Инженерно-технологическая академия Южного федерального университета, г. Таганрог
Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент
Тел.: 8 904 341 77 80
E-mail: kms7291@mail.ru

V.I. MISHhENKO (*Student*)

A.K. ShILOV (*Candidate of Engineering Science, Senior Researcher, Associate Professor*)
Engineering and Technology Academy of Southern Federal University, Taganrog

**RISK MANAGEMENT INFORMATION SECURITY IN AUTOMATED SYSTEMS
MANAGEMENT**

Considered approach to risk management of information security in automated systems control using American standard NIST 800-30. The presence of the risk management system is a required component of the General system of information security at all stages of the life cycle.

Keywords: risk; risk management; information security; automated control system; the control system life cycle.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Anximyuk V.L., Olejko O.F., Mixeev N.N. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. – M.: Dizajn PRO, 2002. – 352 s.
2. NIST Special Publication 800-30. Risk Management Guide for Information Technology // National Institute of Standards and Technology, 2013. – 55 p.

ТРЕБОВАНИЯ
к оформлению статьи для опубликования в журнале
«Информационные системы и технологии»

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

Обязательные элементы:

- УДК
- заглавие (на русском и английском языках)
- аннотация (на русском и английском языках)
- ключевые слова (на русском и английском языках)
- список литературы, на которую автор ссылается в тексте статьи.

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полуужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт). Сведения об авторах также предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.