

№ 5 (67) сентябрь-октябрь 2011

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

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

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

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

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

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

Рубрики номера

1. Математическое
и программное обеспечение
вычислительной техники
и автоматизированных систем 5-49
2. Математическое и компьютерное
моделирование 50-73
3. Информационные технологии
в социально-экономических
и организационно-технических
системах 74-89
4. Автоматизация и управление
технологическими процессами
и производствами 90-120
5. Телекоммуникационные системы
и компьютерные сети 121-128
6. Информационная безопасность и защита
информации 129-134

Редакция

Г.А. Константинова
А.И. Мотина
А.А. Митин

Сдано в набор 15.08.2011 г.
Подписано в печать 25.08.2011 г.

Формат 70x108 1/16.
Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.
Заказ №

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

Адрес учредителя журнала

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

Адрес редакции

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

Подписной индекс 15998
по объединенному каталогу
«Пресса России»

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

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

Св-во о регистрации средства массовой
информации ПИ № ФС77-35333 от 17.02.2009 г.

©Госуниверситет - УНПК, 2011

№ 5 (67) September-October 2011

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

Editorial council

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

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

Editor-in-chief

Konstantinov I.S.

Editorial board

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

In this number

1. Software of the computer facilities
and the automated systems 5-49
2. Mathematical modeling
and computer simulation..... 50-73
3. An information technologies in socio-
economic and organizational-technical
systems 74 -89
4. Automation and control
of technological processes
and manufactures 90-120
5. Telecommunication systems
and computer networks 121-128
6. The information security and information
protection 129-134

The editors

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

The address of the founder of journal

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

The address of the editorial office

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

*It is sent to the printer's on 15.08.2011,
25.08.2011 is put to bed
Format 70x108 1/16.
Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies
The order №
It is printed from a ready dummy layout
on polygraphic base of State University – ESPC
302030, Orel, Moskovskaya street, 65*

*Index on the catalogue
«Pressa Rossii» 15998*

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

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

© State University – ESPC, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

<i>Аверченков А.В., Терехов М.В., Мартыненко А.А.</i> Математическое обеспечение процедуры выбора оптимального режущего инструмента	5
<i>Афонин С.И., Еременко В.Т., Краснов Д.А., Кузьмина Л.В., Плаценков Д.А.</i> Математическая модель оценки производительности беспроводной вычислительной сети АСУ предприятия.....	11
<i>Лоскутов А.И.</i> Метод решения многокритериальной NP-полной задачи коммивояжера на основе динамической нейронной сети Хопфилда с подбором множителей коэффициентов синаптических связей генетическим алгоритмом.....	21
<i>Титенко Е.А., Семенухин Е.А., Урясьева М.В.</i> Модифицированная система ТУЭ и язык обобщенных конфликтных слов для организации параллельных продукционных вычислений.....	32
<i>Рабочий А.А.</i> Реализация защитных функций в системе управления микроклиматом среды хранения	44

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>Ковалевский С.Г.</i> Математическое моделирование динамических режимов работы систем бесперебойного электроснабжения	50
<i>Корнаева Е.П.</i> Моделирование течения вязкой несжимаемой жидкости в конфузоре	56
<i>Матюхин С.И., Козил З.Ж., Магомедов Г.Р., Мальй Д.О., Ромашин С.Н.</i> Компьютерное моделирование характеристик полупроводникового ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от положения активной области в волноводе	61
<i>Петрова В.Ю.</i> Статистическое моделирование электромагнитной совместимости электроэнергетических объектов	69

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

<i>Гриценко Е.М., Лоч А.В., Шельмагин А.С.</i> Наполнение вариативной составляющей учебного плана для формирования конкурентоспособного ИТ-специалиста	74
<i>Константинов И.С., Волков В.Н., Стычук А.А.</i> Анализ и обобщение принципов организации обслуживания населения с применением технологии удаленного доступа	78
<i>Ломазов В.А., Нехотина В.С.</i> Система поддержки принятия решений на основе нечетких показателей оценки инвестиционных рисков ИТ-проектов	86

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

<i>Абашин В.Г.</i> Адаптивная математическая модель мультибиометрической подсистемы определения работоспособности человека-оператора АРМ на основе нечетких множеств	90
<i>Карпушкин С.В., Краснянский М.Н., Борисенко А.Б.</i> Методика оценки эффективности аппаратурного оформления химико-технологических систем многоассортиментного производства	96
<i>Кудрявцев А.Ю., Николаев А.Б., Строганов В.Ю., Тимофеев П.А., Крайнюк О.В.</i> Контроль качества продукции асфальтобетонного завода	106
<i>Лиходедов А.Д., Портнягин Н.Н.</i> Анализ оптимизации процесса регулирования оборотов электродвигателей насосных установок	112

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

<i>Тараканов О.В., Миронов В.М.</i> Алгоритмы повышения качества оценивания производительности корпоративной информационно-вычислительной системы АСУП	121
--	-----

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Фисун А.П., Белевская Ю.А.</i> Совершенствование методологии информационного права на основе опыта построения информационных телекоммуникационных технологий – основа развития информационного общества	129
--	-----

CONTENT

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

<i>Averchenkov A.V., Terekhov M.V., Martynenko A.A.</i> Mathematical support selection procedure for optimal cutting tool	5
<i>Afonin S.I., Eremenko V.T., Krasnov D.A., Kuzmina L.V., Plashcenkov D.A.</i> Mathematical model of the performance of wireless AMS enterprise computer network	11
<i>Loskutov A.I.</i> Decision method of multicriterial NP-whole salesman task of the basis of Hopfield dynamic neural net with selection of multiples of coefficient of synapse connections by genetic algorithm.....	21
<i>Titenko E.A., Semenihih E.A., Uryaseva M.V.</i> Modified system TUE and language of total conflict words for production of parallel computing	32
<i>Rabotchy A.A.</i> Realization of protective functions in the system of climate control of storage environment.....	44

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

<i>Kovalevskiy S.G.</i> Mathematical modelling of dynamic operating modes of systems of the uninterrupted electrical supply	50
<i>Kornaeva E.P.</i> Modeling of viscosity incompressible fluid flow in confusor.....	56
<i>Matyuxin S.I., Kozil Z.Zh., Magomedov G.R., Maly'j D.O., Romashin S.N.</i> Computer simulation of the performance DHS PO semiconductor laser based on ALGAAS depending on the situation of active in the waveguide	61
<i>Petrova V.Yu.</i> Statistical modeling of electromagnetic compatibility of electric power facilities	69

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

<i>Gritsenko E.M., Loch A.V., Shelmagin A.S.</i> Content variability part of curriculum for the formation of competitiveness IT specialist	74
<i>Konstantinov I.S., Volkov V.N., Stychuk A.A.</i> The analysis and generalization of principles of the organization of service of the population with application of technology of remote access	78
<i>Lomazov V.A., Nehotina V.S.</i> Decision support system based on fuzzy indicators estimation of investment risk IT-projects	86

AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES

<i>Abashin V.G.</i> Adaptive mathematical model of the multibiometrics subsystem of definition of working capacity of the operator of a automated workplace on the basis of fuzzy sets	90
<i>Karpushkin S.V., Krasnyansky M.N., Borisenko A.B.</i> Technique of the estimation of efficiency of hardware registration of himiko-technological systems of poliassopriment manufactures	96
<i>Kudryavtsev A.Yu., Nikolaev A.B., Stroganov V.Yu., Timofeyev P.A., Krajnyuk O.V.</i> Quality control asphalt factory	106
<i>Lihodedov A.D., Portnyagin N.N.</i> Analysis of optimization of process of adjusting of turns of electric motors of pumpings units	112

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

<i>Tarakanov O.V., Mironov V.M.</i> Algorithms of improvement of quality of estimation of productivity of corporate information system ASUP	121
---	-----

THE INFORMATION SAFETY

<i>Fisun A.P., Belevskaya Ju.A.</i> Perfection of methodology of information telecommunication technologies and the information right – the formation basis and developments of the information society	129
---	-----

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

УДК 658.512.2.011.56

А.В. АВЕРЧЕНКОВ, М.В. ТЕРЕХОВ, А.А. МАРТЫНЕНКО

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ВЫБОРА
ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Рассмотрены вопросы автоматизированного подбора оптимального режущего инструмента. Описано математическое обеспечение процедур выбора режущего инструмента со сменными неперетачиваемыми пластинами.

Ключевые слова: инструмент; резец; сменная пластина; режимы резания; САПР; автоматизированная система; станок с ЧПУ; критерии выбора.

Выбор оптимального режущего инструмента и рациональных параметров процесса резания является одним из направлений повышения производительности металлообработки деталей. Особенно актуальным на сегодняшний день становится проведение исследований, призванных определить оптимальный инструмент и параметры режимов резания с учетом обеспечения максимальной производительности оборудования и соблюдения требований получения качественной обработанной поверхности.

Современный инструмент принято рассматривать как систему, на функционирование которой влияют геометрия инструмента, материал рабочей части и покрытие. Все элементы дополняют друг друга, неправильный выбор одного из них может значительно ухудшить общие результаты.

При выборе оптимального для обработки режущего инструмента необходимо учитывать его параметры по следующим критериям: прочность режущей кромки, отсутствие вибраций, качество отвода тепла из зоны резания, качество стружкообразования и требуемая для обработки мощность оборудования, а также универсальность режущего инструмента, определяемая наибольшим количеством операций, в которых может использоваться этот инструмент.

Задачу выбора оптимального режущего инструмента для токарной обработки на станках с ЧПУ (числовым программным управлением), в которой требуется максимизировать некоторую целевую функцию по целому ряду критериев, следует относить к классу многокритериальных оптимизационных задач, ее решение представляет собой достаточно сложную проблему. Отдельные критерии могут быть противоречивыми и иметь противоположный смысл.

Существующие подходы к решению подобных задач объединяют идеи согласования требований, предусматриваемых различными критериями. Обычно это достигается выбором некоторого компромиссного варианта, при котором значения целевой функции не по одному из критериев не достигают максимума, однако по каждому из них этот вариант оказывается в определенном смысле вполне приемлемым с точки зрения степени удовлетворения нескольким различным критериям.

При решении задачи выбора оптимального инструмента ситуация заметно усложняется, если критерии оптимизации имеют различную степень важности. В этих случаях возникает необходимость согласования критериев с учетом степени значимости каждого из них. Здесь на основе нахождения экстремума функции нескольких переменных используются различные способы свертки критериев – аддитивный, мультипликативный, расстояние до идеала, минимаксный, максиминный и др. [1].

Еще более сложный случай представляют собой многокритериальные задачи, решаемые в условиях неопределенности и относящиеся к классу нечетких. Нечеткость

задачи может быть обусловлена нечеткостью цели и соответствующим нечетким описанием целевой функции. Нечеткими могут быть множества альтернатив, рациональный выбор из которых и представляет собой решение задачи, а также множество ограничений. Нечеткость задачи принятия решения может быть следствием нечеткости самих используемых критериев оптимальности. К таким задачам относится выбор оптимального инструмента для токарной обработки, ввиду нечеткости оценок альтернатив по критериям оптимальности. Можно сказать о превосходстве параметров одного инструмента над другим по какому-либо критерию, однако точных значений оценок не существует [2].

Для проведения исследований по выбору оптимального режущего инструмента для токарной обработки на станках с ЧПУ необходимо определить множество доступных для применения на предприятиях режущих инструментов. Для проведения исследований и отработки методологии выбрано множество инструментов, соответствующее международным стандартам ISO 1832:2004 – «Пластины многогранные сменные для режущих инструментов. Обозначение» и ISO 5610-1:2010 «Державки с прямоугольным хвостовиком для режущих пластинок. Часть 1. Общий обзор, корреляция и определение размеров» [3,4]. При этом все множество выбранного инструмента выпускается большинством производителей режущего инструмента. Таким образом, проводимое исследование затрагивает большую часть применяемого в общем машиностроении токарного инструмента.

Согласно стандартам, обозначение режущей пластины P включает 11 основных компонентов:

$$P = \langle Pf, Ab, Tc, Ls, Pd, Pt, Re, Cs, Cd, Cw, Ca \rangle, \quad (1)$$

где Pf – множество значений форм пластин; Ab – множество значений заднего угла пластины; Tc – множество значений класса допуска на пластины; Ls – множество значений типа пластины (обозначение фиксации); Pd – множество значений размера пластины; (длина режущей кромки); Pt – множество значений толщины пластины; Re – множество значений радиуса при вершине; Cs – множество значений типа (обозначение состояния) режущей кромки; Cd – множество значений исполнения пластины (обозначение направления резания); Cw – множество значений ширины фаски или обозначение стружколома; Ca – множество значений угла фаски.

Описание формы пластины Pf

$$Pf = \{Pf_1, Pf_2, \dots, Pf_{17}\} \quad (2)$$

определяется величиной угла при вершине режущей пластины. Множество форм режущих пластин, выпускаемых на промышленных предприятиях, описано в стандарте. Аналогично описываются все компоненты обозначения режущих пластин и инструментальных державок.

Рассмотрим задачу выбора оптимальной формы режущей пластины Pf из множества выпускаемых пластин.

Этот выбор осуществляется на основе степени соответствия альтернатив совокупности требований, определяемых системой 5 различных критериев C_i :

$$C_i = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}, \quad (3)$$

где C_1 – эффективность отвода тепла.

C_2 – минимальная потребляемая мощность.

C_3 – прочность пластины.

C_4 – минимум возникновения вибраций.

C_5 – универсальность режущей пластины.

В таком случае каждому критерию C_i может быть поставлено в соответствие нечеткое множество

$$A_{C_i} = \{\mu_{C_i}(Pf_1), \mu_{C_i}(Pf_2), \dots, \mu_{C_i}(Pf_{17})\}. \quad (4)$$

Здесь величина $\mu_{C_i}(x_j) \in [0,1]$ представляет собой оценку альтернативы Pf_j по критерию C_i . Иными словами, она выступает характеристикой степени ее соответствия требованию, определяемому рассматриваемым критерием C_i . Множество оценок по

критериям определяется экспертами. На рисунке 1 приведено графическое представление множества оценок.

В нашем случае требуется решить многокритериальную оптимизационную задачу в условиях различной важности критериев достижения максимума целевой функцией. Тогда каждому критерию C_i ставится в соответствие некоторый весовой коэффициент $\lambda_i \geq 0$.

Естественно, чем большей является важность критерия, тем большее значение приписывается его весовому коэффициенту. Значения самих весовых коэффициентов определяются на основе стандартной процедуры попарного сравнения критериев. Для этого сначала формируется матрица B попарных сравнений (табл. 1) для нахождения элементов b_{ij} .

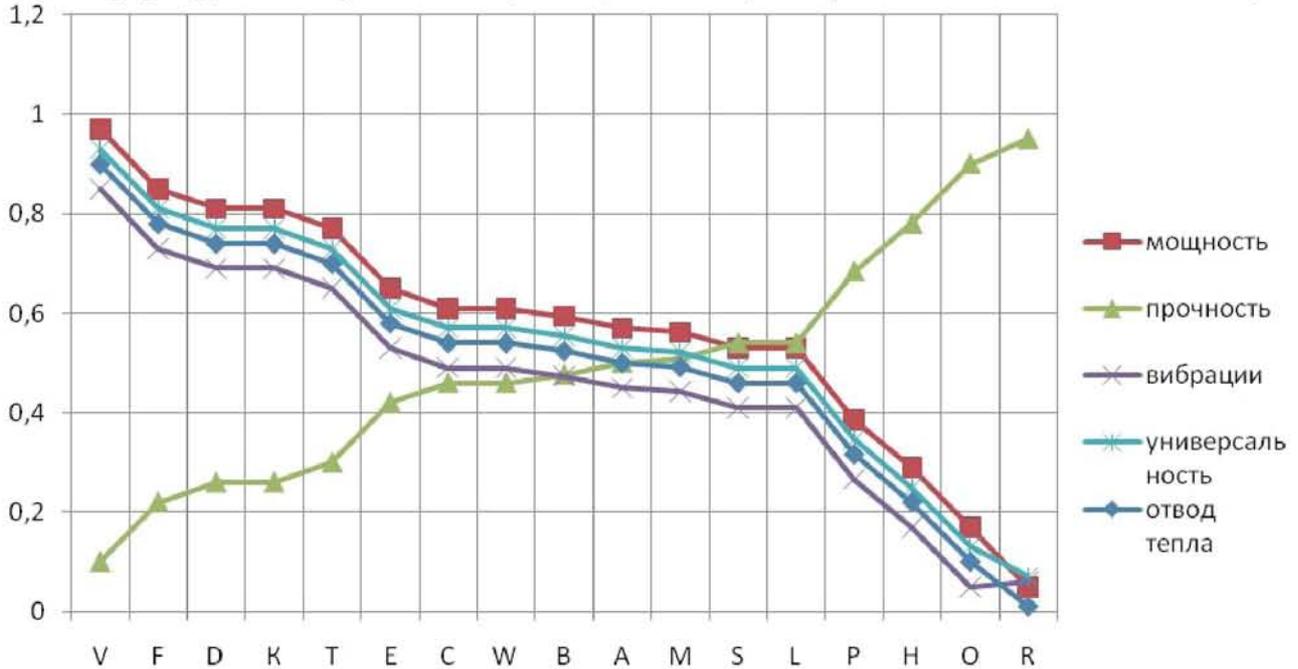


Рисунок 1 – Множество оценок форм пластин

Поскольку сравнение любого критерия с самим собой означает только одинаковую важность, то при $i=j$ все $b_{ij} = 1$. Кроме того, в силу симметричности отношений важности критериев условимся считать $b_{ij} = 1/b_{ji}$.

Таблица 1 – Относительная важность критериев выбора формы пластины

Критерии	Отвод тепла	Мощность	Прочность	Вибрации	Универсальность
Отвод тепла	1	1/3	1/7	1/5	1/3
Мощность	3	1	1/7	1/7	1/5
Прочность	7	7	1	5	7
Вибрации	5	7	1/5	1	7
Универсальность	3	5	1/7	1/7	1

После этого с помощью метода Гаусса находится собственный вектор w матрицы B , который соответствует предварительно вычисленному ее максимальному собственному числу v_{max}

$$Bw = v_{max}w. \tag{5}$$

Искомые значения весовых коэффициентов λ_i находятся путем умножения соответствующих элементов собственного вектора w на число критериев m :

$$\lambda_i = m \cdot w_i. \tag{6}$$

Вычисляя собственный вектор матрицы, получим следующие значения его компонентов: $w_1=0,06$, $w_2=0,082$, $w_3=0,878$, $w_4=0,44$, $w_5=0,158$. Умножая их на число критериев, равное пяти, получим величины весовых коэффициентов, характеризующих важность каждого критерия: $\lambda_1=0,3$, $\lambda_2=0,408$, $\lambda_3=4,39$, $\lambda_4=2,201$, $\lambda_5=0,792$.

С учетом весовых коэффициентов строятся множества $A^{\lambda_i}_{C_i}$:

$$A^{\lambda_i}_{C_i} = \{\mu^{\lambda_i}_{C_i}(Pf_1), \mu^{\lambda_i}_{C_i}(Pf_2), \dots, \mu^{\lambda_i}_{C_i}(Pf_{17})\}, \quad (7)$$

которые будут иметь вид, приведенный на рисунке 2.

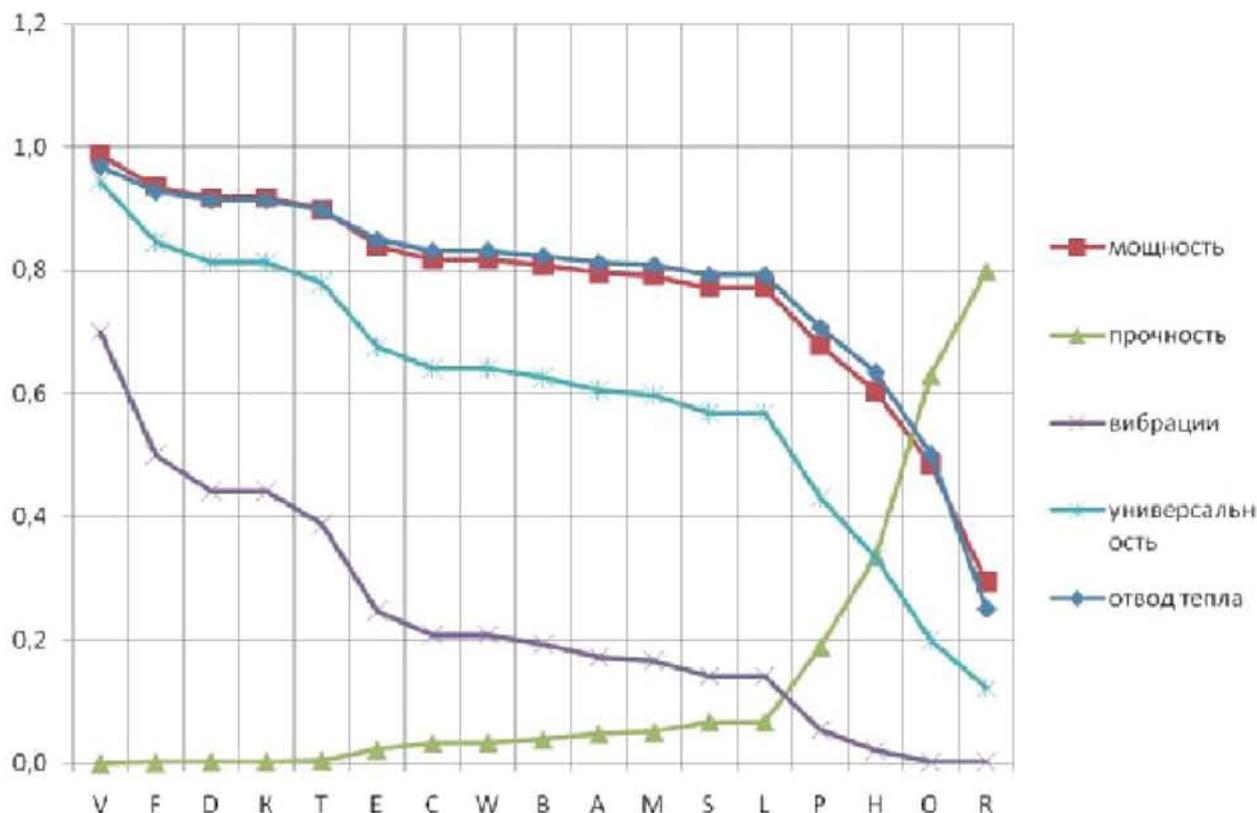


Рисунок 2 – Множество оценок форм пластин с учетом относительной важности критериев

Решением исходной задачи будет такая альтернатива Pf_j , которая в наибольшей мере удовлетворяет требованиям всей совокупности критериев. Решающее правило D выбора наилучшей альтернативы в условиях многокритериальной задачи с неравнозначными критериями C_i , имеющими весовые коэффициенты λ_i , использует процедуру нахождения пересечения нечетких множеств

$$D = A^{\lambda_1}_{C_1} \cap A^{\lambda_2}_{C_2} \cap A^{\lambda_3}_{C_3} \cap A^{\lambda_4}_{C_4} \cap A^{\lambda_5}_{C_5}. \quad (8)$$

В соответствии с определением операции пересечения нечетких множеств функция принадлежности искомого решения находится следующим образом:

$$\mu_D(Pf_j) = \min_{i=1, n} (\mu_{A_{C_i}}(Pf_j)), j = \overline{1, n}. \quad (9)$$

Применяя правило выбора искомой альтернативы (оптимальной формы режущей пластины), находится пересечение множества, которое будет иметь следующий вид (рис. 3):

$$D = \{(x_1; 0,00004), (x_2; 0,0013), (x_3; 0,0027), (x_4; 0,0027), (x_5; 0,00506), (x_6; 0,01713), (x_7; 0,02219), (x_8; 0,03308), (x_9; 0,03308), (x_{10}; 0,03843), (x_{11}; 0,0477), (x_{12}; 0,05114), (x_{13}; 0,06687), (x_{14}; 0,06687), (x_{15}; 0,02585), (x_{16}; 0,00287), (x_{17}; 0,00205)\}.$$

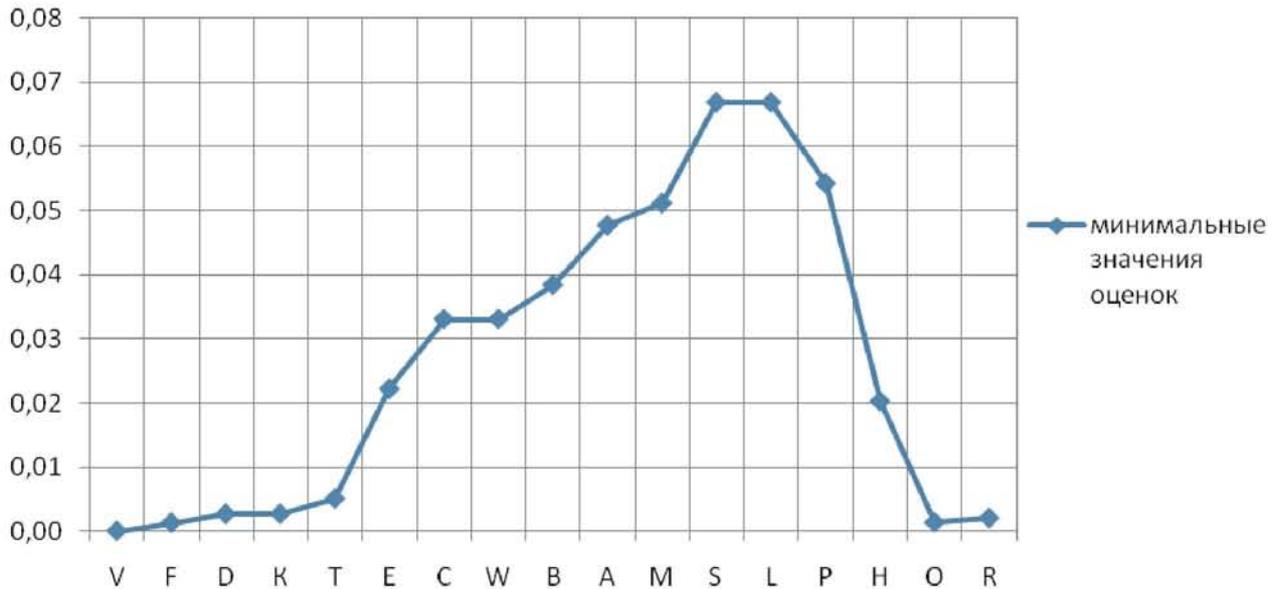


Рисунок 3 – Минимальные значения оценок

Таким образом, в качестве наилучшей должна быть выбрана та из форм пластины Pf_j^* , для которой значение функции принадлежности $\mu_D(Pf_j)$ окажется максимальным, то есть

$$\mu_D(Pf_j^*) = \max_{i=1,n}(\mu_D(Pf_j)) \quad (10)$$

Именно эта альтернатива и является решением исходной задачи, поскольку она в наибольшей степени удовлетворяет требованиям всей совокупности рассматриваемых критериев.

Подобным образом определяются оптимальные значения всех компонент описания режущего инструмента, что позволяет однозначно определить оптимальный режущий инструмент для заданных условий обработки.

На основе предложенного математического аппарата разработана автоматизированная система выбора оптимального режущего инструмента для оборудования с ЧПУ, которая применяется в учебном процессе БГТУ и на ряде малых инновационных предприятиях Брянской области.

Исследования проводились в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК–417.2010.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверченков В.И. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ: монография / В.И. Аверченков, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, Е.Ю. Кукло. – Брянск: БГТУ, 2010. – 148 с.
2. Пономарев А.С. Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решений: учеб. пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – 230 с.
3. ISO 1832:2004 «Пластины многогранные сменные для режущих инструментов. Обозначение».
4. ISO 5610–1:2010 «Державки с прямоугольным хвостовиком для режущих пластинок. – Ч. 1. Общий обзор, корреляция и определение размеров».

Аверченков Андрей Владимирович

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Компьютерные технологии и системы»

Тел.: 8 (4832) 56-49-90

E-mail: mahor@mail.ru

Терехов Максим Владимирович

Брянский государственный технический университет, г. Брянск
Аспирант кафедры «Компьютерные технологии и системы»
Тел.: 8 (4832) 56-49-90
E-mail: mterekhov@tu-bryansk.ru

Мартыненко Алексей Александрович

Брянский государственный технический университет, г. Брянск
Программист кафедры «Компьютерные технологии и системы»
Тел.: 8 (4832) 56-49-90
E-mail: martynenko_alex@tu-bryansk.ru

A. V. AVERCHENKOV (*Candidate of technical science, Associate Professor of department «Computer technologies and systems»*)

M. V. TEREKHOV (*Postgraduate student of department «Computer technologies and systems»*)

A. A. MARTYSENKO (*Programmer of department «Computer technologies and systems»
Bryansk State Technical University*)

MATHEMATICAL SUPPORT SELECTION PROCEDURE FOR OPTIMAL CUTTING TOOL

The problems of automated selection of optimal cutting tool. Described mathematical support selection processes of cutting tools with interchangeable cutting plates.

Keywords: *tool; cutter; removable plate; cutting; CAD; automated system; CNC; selection criteria.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Averchenkov V.I. Avtomatizaciya vy'bora rezhushhego instrumenta dlya stankov s ChPU: monografiya / V.I. Averchenkov, A.V. Averchenkov, M.V. Terexov, E.Yu. Kuklo. – Bryansk: BGTU, 2010. – 148 s.
2. Ponomaryov A.S. Nechyoťkie mnozhestvav zadachax avtomatizirovannogo upravleniya i prinyatiya reshenij: ucheb. posobie. – Xar'kov: NTU «XPI», 2005. – 230 s.
3. ISO 1832:2004 «Plastiny' mnogogranny'e smenny'e dlya rezhushhix instrumentov. Oboznachenie».
4. ISO 5610-1:2010 «Derzhavki s pryamougol'ny'm xvostovikom dlya rezhushhix plastinok. – Ch. 1. Obshhij obzor, korrelyaciya i opredelenie razmerov».

УДК 658.012

С.И. АФОНИН, В.Т. ЕРЕМЕНКО, Д.А. КРАСНОВ, Л.В. КУЗЬМИНА, Д.А. ПЛАЩЕНКОВ

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
БЕСПРОВОДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ АСУ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Представленная аналитическая модель базируется на цепях Маркова с дискретным целочисленным временем. Модель отличается учетом синхронного и асинхронного способа доставки сообщений.

Ключевые слова: беспроводная вычислительная сеть; цепи Маркова; протокол передачи данных; время обслуживания; модель; производительность; протокол.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на предприятиях встала задача повышения эффективности производства и качества выпускаемой продукции, а также обеспечения нового качества управляемости за счет создания единого информационного пространства предприятия. Это требует получения достоверной оперативной информации от всех объектов производства. Реальным инструментом для достижения поставленной цели является комплексная интеграция отдельных подсистем всего предприятия [1].

Использование систем управления предприятием (R3, BAAN, Галактика и др.) не показывает, что они самодостаточны только для автоматизации задач административно-управленческого уровня предприятия. Для повышения качества управления необходим ввод в систему оперативных и достоверных данных с уровня технологических и производственных процессов. Оперативность получения производственной информации позволяет всем уровням управления предприятием обеспечить текущий контроль и мониторинг основных и вспомогательных производственных процессов в реальном масштабе времени [2].

Для того, чтобы АСУ предприятия решала задачу снижения общей себестоимости продукции и приводила к интегрированному понятию экономической эффективности производства в целом, локальная вычислительная сеть должна включать следующие компоненты: необходимое количество достаточно точного первичного оборудования (датчики, исполнительные механизмы, контроллеры) на основных и вспомогательных технологических процессах; современные промышленные контроллеры и коммуникации; современный программный инструментарий для обработки, архивирования и представления оперативной технологической, учетной и коммерческой информации; развитая коммуникационная инфраструктура предприятия [3].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исследуем беспроводную вычислительную сеть (БВС), состоящую из N станций, в очередь каждой из которых поступает пуассоновский поток пакетов с одинаковой интенсивностью λ и одинаковым распределением $D(l_j)$ длин пакетов l_j . Станции сети работают в распределенном режиме управления DCF. Кроме того, предлагается, что очередь пакетов станции может содержать не более B пакетов, пределы L и $N_s = m$ также одинаковы для всех станций, а время распределения сигнала пренебрежимо мало.

Основная цель моделирования, проводимого в данной работе – найти среднее значение времени обслуживания пакета T , отсчитываемого от момента либо поступления пакета в пустую очередь данной станции, либо окончания обслуживания предыдущего пакета из этой очереди и до момента либо получения подтверждения АСК, либо истечения интервала EIFS после последней неудачной попытки передачи (т.е. в случае потери пакета).

В работе [4] пакеты, передача которых начинается в момент поступления, являются переданными асинхронно, а все остальные – переданными синхронно. Асинхронная

передача имеет место, если в момент прихода пакета станция была в состоянии простоя и канал был свободен в течение как минимум DIFS или EIFS. Таким образом, асинхронная передача происходит только при отсутствии синхронных передач других станций, а так как $\lambda N_s \ll 1$, то можно считать, что за время одного слота задержки в сети может произойти не более одной асинхронной передачи. Следовательно, асинхронная передача всегда успешна.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СЕТИ ОДНОРОДНЫХ СТАНЦИЙ

Для оценки T построим модель поведения станции в виде цепи Маркова с дискретным целочисленным времени (рис. 1), единицей которого является виртуальный слот – промежуток времени между последовательным изменением счетчика задержки у каждой станции, не находящейся в состоянии простоя.

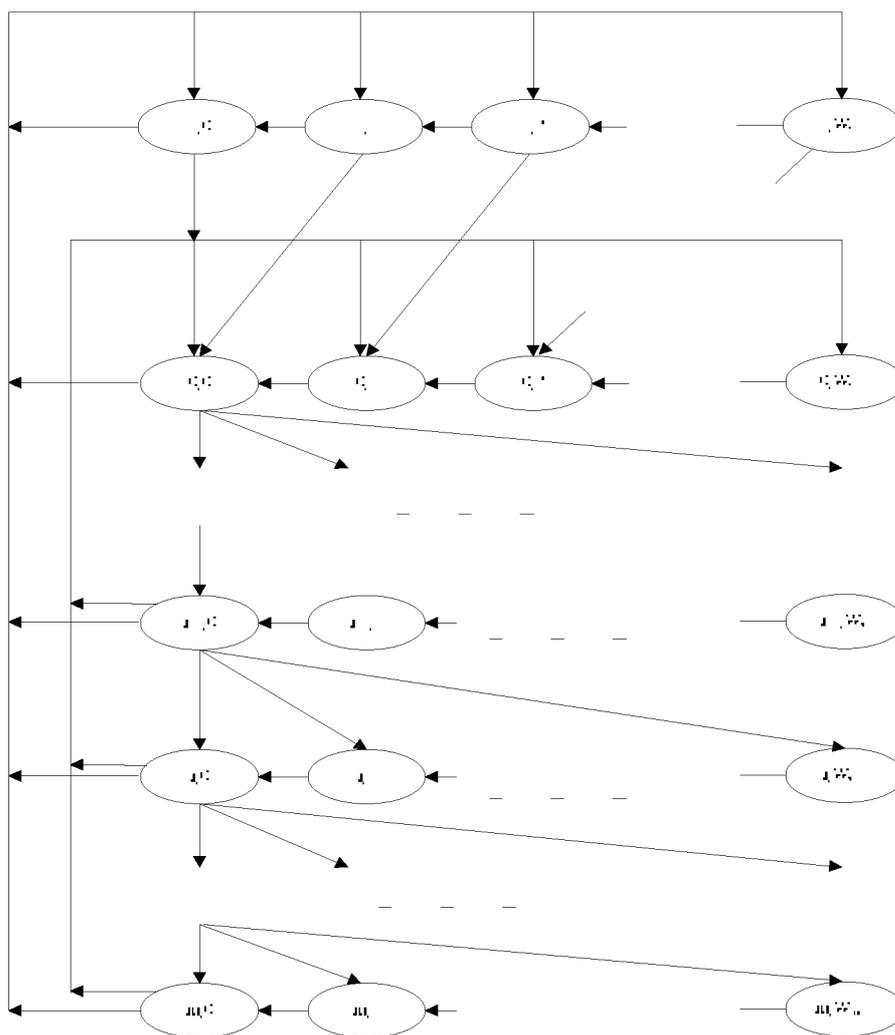


Рисунок 1 – Модель поведения станции в виде цепи Маркова

Пусть $b(t)$ – стохастический процесс изменения счетчика задержки для данной станции, времена t и $t+1$ соответствуют началу двух последовательных виртуальных слотов, причем станция передает, когда $b(t) = 0$. В то же время $s(t)$ – стохастический процесс изменения стадии задержки $0, \dots, m$, расширенный значением -1 для ситуации, когда в очереди нет пакета.

Заметим, что, исходя из принятой модели, эти времена не имеют прямого соответствия реальному времени, а виртуальные слоты неоднородны. Как уже было сказано,

счетчик задержки «замораживается», если станция замечает передачу другой станции. Поэтому реальное время, прошедшее между t и $t+1$, больше слота задержки σ при наличии передачи другой станции. Таким образом, мы имеем 3 вида виртуальных слотов: а) «пустой» слот, во время которого ни одна станция не вела передачу; б) «успешный» слот, когда одна и только одна станция вела передачу; в) «конфликтный» слот, во время которого произошло столкновение процессов.

Двухмерный процесс $\{s(t), b(t)\}$ описан цепью Маркова. Состоянию проста станции соответствует состояние $(-1, 0)$. Состояния, когда станция не имеет пакета для передачи, но выполняет процедуру задержки после удачной передачи или отказа – это $(-1, 1, \dots, W_0 - 1)$. Наконец, состояния, когда станция имеет пакет и выполняет процедуру задержки – это все остальные (i, k) , где $k = 0, \dots, W_i - 1$ характеризует значение счетчика задержки, а $i = 0, \dots, m$ – стадию задержки.

Пусть $\alpha(i, k)$ – стационарная вероятность состояния (i, k) , а $P\{j_2, k_2 | i_1, k_1\}$ – вероятность одношагового перехода из (i_1, k_1) в (j_2, k_2) . Введем следующие обозначения:

P_0 – вероятность опустошения очереди после завершения синхронного обслуживания.

P_S – вероятность прихода хотя бы одного пакета за время виртуального слота при условии, что очередь данной станции пуста. Очевидно, что эта вероятность включает в себя два компонента: $P_S = P_S^F + P_S^E$, где:

P_S^F – вероятность прихода хотя бы одного пакета за время пустого слота при условии, что очередь данной станции пуста.

P_S^E – вероятность прихода хотя бы одного пакета за время пустого слота при условии, что очередь данной станции пуста.

P_T – вероятность прихода хотя бы одного пакета за время успешной передачи другого пакета.

p – вероятность неудачной попытки передачи данной станции из-за столкновения процессов. Как и в [5], мы считаем, что она не зависит от стадии задержки i .

Определим возможные одношаговые переходы между состояниями и соответствующими им ненулевыми вероятностями переходов:

1. $P\{j, k | i, k + 1\} = 1, i \in (0, m), k \in (0, W_i - 2)$ – уменьшение счетчика задержки.
2. $P\{j, k | i - 1, 0\} = p / W_i, i \in (1, m), k \in (0, W_i - 1)$ – неудачная попытка передачи и переход на следующую стадию задержки.
3. $P\{0, k | i, 0\} = (1 - P_0 e^{-\lambda DIFS})(1 - p) / W_0, i \in (0, m - 1), k \in (0, W_0 - 1)$ – удачная передача, в очереди есть еще пакет(ы).
4. $P\{-1, k | i, 0\} = P_0 e^{-\lambda DIFS} (1 - p) / W_0, i \in (0, m - 1), k \in (0, W_0 - 1)$ – удачная передача, в очереди нет пакетов.
5. $P\{0, k | m, 0\} = [(1 - P_0 e^{-\lambda DIFS})(1 - p) + (1 - P_0 e^{-\lambda EIFS})p] / W_0, k \in (0, W_0 - 1)$ – последняя попытка передачи, после которой пакет удаляется из очереди; в очереди есть еще пакет(ы).
6. $P\{-1, k | m, 0\} = P_0 [e^{-\lambda DIFS} (1 - p) + e^{-\lambda EIFS} p] / W_0, k \in (0, W_0 - 1)$ – последняя попытка передать пакет, в очереди больше нет пакетов.
7. $P\{0, k | -1, k + 1\} = P_S, k \in (0, W_0 - 2)$ – уменьшение счетчика задержки и в пустую очередь пришел пакет.
8. $P\{-1, k | -1, k + 1\} = 1 - P_S, k \in (0, W_0 - 2)$ – уменьшение счетчика задержки, очередь осталась пуста.

9. $P\{0, k | -1, 0\} = (P_S^F + P_S^E P_T) / W_0, k \in (0, W_0 - 1)$ – переход из состояния простоя в состояние задержки. Такой переход имеет место, если в момент прихода пакета среда была занята или в момент асинхронной передачи пришел еще один пакет.
10. $P\{-1, k | -1, 0\} = P_S^E (1 - P_T) / W_0, k \in (1, W_0 - 1)$ – переход соответствует асинхронной передаче, после которой в очереди нет больше пакетов и счетчик $b = k > 0$.
11. $P\{-1, 0 | -1, 0\} = 1 - P_S + P_S^E (1 - P_T) / W_0$ – нет поступивших пакетов или имела место асинхронная передача, за время которой не поступило больше пакетов и счетчик $b = 0$.

Получаем:

$$\alpha(0, 0)^{-1} = 1 + \sum_{i=1}^m \frac{W_i + 1}{2} p^i + \frac{W_0 \mathbf{1}_0}{C} + \left(\frac{W_0 - 1}{2} \left(1 - \mathbf{1}_0 + (P_S^F + P_S^E P_T) \frac{\mathbf{1}_0 A}{C} \right) + \frac{P_S^2 \mathbf{1}_0}{C} \sum_{d=0}^{W_0-2} \sum_{t=d+1}^{W_0-1} A(t) \right).$$

Пусть τ – вероятность синхронной передачи станции за время виртуального слота. Очевидно, что

$$\tau = \sum_{i=0}^m \alpha(i, 0) = \sum_{i=0}^m p^i \alpha(0, 0) = \frac{1 - p^{m+1}}{1 - p} \alpha(0, 0).$$

Считая независимыми стохастические процессы $\{s(t), b(t)\}$ всех станций, находим вероятность того, что синхронная передача станции будет неудачна из-за столкновения процессов:

$$p = 1 - (1 - \tau)^{N-1}.$$

Перейдем теперь к определению вероятностей P_S, P_S^F, P_S^E, P_T . Очевидно, что вероятность прихода хотя бы одного пакета за время пустого слота при условии, что очередь данной станции пуста, равна $P_S^E = Q_E (1 - e^{-\lambda \sigma})$, где $Q_E = (1 - \tau - \tau^a)^{N-1}$ – вероятность пустого слота при условии отсутствия синхронной передачи данной станции.

Тогда вероятность τ^a асинхронной передачи станции за время виртуального слота равна $\tau^a = \alpha(-1, 0) P_S^E$.

Для того, чтобы определить вероятности P_S^F и P_T , найдем времена «непустых» слотов, за которые произошли либо успешная передача, либо столкновение процессов.

Очевидно, время успешной передачи пакета длиной l_j равно: $t_j^S = \frac{l_j}{V} + t_{const}^S$ при $l_j \leq L$ и

$t_j^S = t_{RTS} + t_{CTS} + \frac{l_j}{V} + 2 \cdot SIFS + t_{const}^S$ при $l_j > L$, где $t_{const}^S = t_H + t_{ACK} + SIFS + DIFS, V$ – скорость

канала, $t_H, t_{RTS}, t_{CTS}, t_{ACK}$ – времена передачи заголовка кадра DATA и кадров RTS, CTS и ACK.

Таким образом, вероятность прихода хотя бы одного пакета за время успешной передачи:

$$P_T = 1 - \sum_j e^{-\lambda_j^S D(l_j)}.$$

При определении длительности времени столкновения процессов пренебрежем вероятностью столкновения процессов, в которые вовлечены более двух кадров. Тогда время столкновения процессов складывается из времени передачи фрейма максимальной длины из числа фреймов, вовлеченных в столкновение процессов, плюс EIFS и ее длительность равна

либо $t_{L+1}^C = t_{RTS} + EIFS$ для $l_j > L$ с вероятностью D_{L+1}^C , где $D_{L+1}^C = \left(\sum_{j: l_j > L} D(l_j) \right)^2$, либо

$$t_j^C = \frac{l_j}{V} + t_H + EIFS \text{ при } l_j \leq L \text{ с вероятностью } D_j^C = D^2(l_j) + 2D(l_j) \left[\sum_{h:l_h < l_j} D(l_h) + \sum_{h:l_h > L} D(l_h) \right].$$

Таким образом, вероятность прихода хотя бы одного пакета за время коллизии равна $P_C = 1 - \sum_{h \leq L+1} e^{-\lambda l_h^C} D_h^C$.

Рассмотрим 3 случая, которые могут иметь место.

1. *Синхронная успешная передача другой станции.* Вероятность поступления пакета в этом случае равна $Q_S^S P_T$, где $Q_S^S = (N-1)\tau(1-\tau)^{N-2}$ – условная вероятность этого случая.

2. *Асинхронная передача другой станции.* При анализе этого случая используем допущение о том, что за один виртуальный слот может произойти только одна асинхронная передача и одна успешная. Тогда условная вероятность этого случая равна $Q_A = (N-1)\tau^a$, а вероятность поступления равна $Q_A P_T$.

3. *В случае столкновения процессов* вероятность поступления равна $Q_S^C P_C$, где $Q_S^C = 1 - Q_E - Q_S^S - Q_A$ – вероятность столкновения процессов, в которых не участвует данная станция.

Следовательно, $P_S^F = (Q_S^S + Q_A)P_T + Q_S^C P_C$.

Для завершения определения модели осталось найти P_0 – вероятность опустошения очереди после завершения обслуживания.

Процесс изменения очереди можно описать следующей моделью, показанной на рисунке 2.

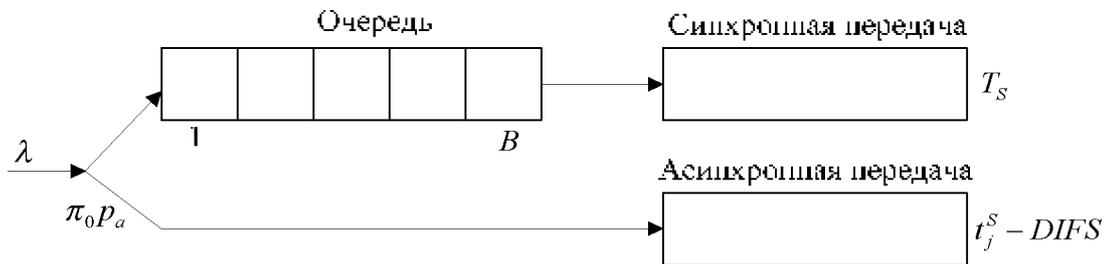


Рисунок 2 – Процесс изменения очереди

Пакеты, приходящие на станцию, не занятую обслуживанием других пакетов, с вероятностью p_a обслуживаются асинхронно и поэтому успешно в течение $t_j^S - DIFS$ (при длине пакета l_j). В остальных случаях они поступают в буфер размером B и обслуживаются синхронно в течение случайного времени со средним значением T_S .

Предположим, что время синхронного обслуживания распределено экспоненциально. Тогда изменение очереди синхронного обслуживания пакетов, очевидно, описывается процессом рождения – гибели, стационарная вероятность состояния i которого равна $\pi_i = \pi_0 \lambda_0 T_S^i \lambda^{i-1}$, где $i = 1, \dots, B$, а $\lambda_0 = (1 - p_a)\lambda$. Следовательно, вероятность опустошения очереди после завершения синхронного обслуживания равна $P_0 = \frac{\pi_1}{1 - \pi_0}$, а так как

$$\pi_0 = \frac{1}{1 + (1 - p_a) \sum_{i=1}^B (\lambda T_S)^i}, \text{ то } P_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^B (\lambda T_S)^{i-1}} = \frac{1 - \lambda T_S}{1 - (\lambda T_S)^B}.$$

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Для нахождения вероятности p_a и среднего времени синхронного обслуживания разобьем пакеты, обслуживаемые синхронно, поступающие в течение всех возможных виртуальных слотов (i, k) , на следующие 4 категории: 1) поступление в течение слотов $(i \geq 0, k)$; 2) поступление в течение слотов $(-1, k > 0)$; 3) поступление в течение передачи другой станции во время слота $(-1, 0)$; 4) поступление во время асинхронной передачи данной станции.

Для каждой из этих категорий подсчитаем среднее количество поступающих синхронно обслуживаемых пакетов r_i и r_i^0 ($i=1, \dots, 4$), где r_i – их общее количество, а r_i^0 – количество таких пакетов, поступающих в пустую очередь.

Очевидно,

$$T_S = \left[(T_S^* + \Delta^*) \sum_{i=1}^4 (r_i - r_i^0) + \sum_{i=1}^4 T_S^i r_i^0 \right] / \sum_{i=1}^4 r_i, \quad p_a = \tau^a / (\tau^a + \sum_{i=1}^4 r_i^0), \quad \text{где}$$

$$T_S^* = \sum_{i=0}^{m-1} p^i \left(\frac{W_i - 1}{2} t_1 + t_2 - (1-p) DIFS \right), \quad \text{а}$$

$$t_1 = Q_E \sigma + (Q_S^S + Q_A) \sum_j t_j^S D(l_j) + Q_S^C \sum_{j \leq L+1} t_j^C D_j^C, \quad t_2 = (1-p) \sum_j t_j^S D(l_j) + p \sum_{j \leq L+1} t_j^C D_j^C -$$

средняя длительность виртуальных слотов, в которые данная станция передает и воздерживается от передачи соответственно. Кроме того, T_S^i – среднее время обслуживания пакетов, поступающих в пустую очередь, а $\Delta^* = (1-p^{m+1})DIFS$ отражает тот факт, что передача пакета, поступившего в непустую очередь, начинается с интервала DIFS, следующего за подтверждением успешной передачи, кроме случая отказа, тогда обслуживание начинается после окончания интервала EIFS.

Найдем значения r_i , r_i^0 и T_S^i для каждой из введенных категорий.

Категория 1. Поступление в течение слотов $(i \geq 0, k)$. Пакеты поступают в пустую очередь в течение интервала DIFS, следующего за успешной синхронной передачей другого пакета. Поэтому

$$r_1^0 = (1-p) P_0 \sum_{i=0}^m \alpha(i, 0) (1 - e^{-\lambda DIFS}),$$

а общее число пакетов поступающих в течение слотов этой категории

$$r_1 = \lambda t_1 \sum_{i=0}^m \sum_{k=1}^{W_i-1} \alpha(i, k) + \lambda t_2 \sum_{i=0}^m \alpha(i, 0), \quad T_S^1 = T_S^* + \frac{DIFS}{2}.$$

Категория 2. Поступление в течение слотов $(-1, k > 0)$. Так как только первый пакет, поступивший в течение каждого из данных слотов, поступает в пустую очередь, то

$$r_2^0 = \left[Q_E (1 - e^{-\lambda \sigma}) + (Q_S^S + Q_A) \sum_j (1 - e^{-\lambda t_j^S}) D(l_j) + Q_S^C \sum_{j \leq L+1} (1 - e^{-\lambda t_j^C}) D_j^C \right] \sum_{k=1}^{W_0-1} \alpha(-1, k),$$

а

$$r_2 = t_1 \lambda \sum_{k=1}^{W_0-1} \alpha(-1, k).$$

В этом случае при поступлении пакета в пустую очередь среднее время до первой попытки передачи сокращается на $(k - \frac{1}{2})t_1$, а среднее время обслуживания

$$T_S^2 = T_S^* - t_1 \sum_{k=1}^{W_0-1} \left(\frac{W_0}{2} - k \right) \alpha(-1, k).$$

Категория 3. Пакеты поступают в течение слота $(-1,0)$ и в это время идет передача другой станции. Для этого случая

$$r_3^0 = \left[(Q_S^S + Q_A) \sum_i (1 - e^{-\lambda_j^S}) D(l_j) + Q_S^C \sum_{j \leq L+1} (1 - e^{-\lambda_j^C}) D_j^C \right] \alpha(-1,0),$$

а

$$r_3 = \left[(Q_S^S + Q_A) \sum_j t_j^S D(l_j) + Q_S^C \sum_{j \leq L+1} t_j^C D_j^C \right] \lambda \alpha(-1,0),$$

среднее время обслуживания равно $T_S^3 = \Delta_3 + T_S^*$, где

$$\Delta_3 = \frac{1}{2(1 - Q_B)} \left[Q_S^S \sum_j t_j^S D(l_j) + Q_S^C \sum_{j \leq L+1} t_j^C D_j^C \right].$$

Категория 4. Пакет поступает в течение слота $(-1,0)$ и в течение этого слота происходит асинхронная передача этой станции. Среднее время обслуживания для пакета, поступившего в пустую очередь синхронно обслуживаемых пакетов в течение асинхронной передачи этой же станции, равно $T_S^4 = T_S^* + \frac{1}{2} \sum_j t_j^S D(l_j)$, а количество таких пакетов – $r_4^0 = \tau^a P_T$, в то время как общее количество пакетов этой категории – $r_4 = \tau^a \lambda \sum_j t_j^S D(l_j)$.

Окончательно, учитывая асинхронную передачу, получаем среднее время, затрачиваемое на обслуживание пакета:

$$T = \frac{\pi_0 P_a}{1 - \pi_B} \sum_j (t_j^S - DIFS) D(l_j) + \frac{(1 - \pi_0 P_a - \pi_B)}{1 - \pi_B} T_S. \quad (5)$$

Здесь первое слагаемое ответственно за асинхронный, а второе – за синхронный механизм передачи.

В заключении найдем другие показатели производительности. Очевидно, вероятность отказа в обслуживании пакета $p_r = 1 - (1 - \pi_B) [1 - p^{m+1} (1 - p_a)]$. Отказ происходит при: а) полном заполнении очереди, когда количество пакетов в ней равно B – вероятность π_B ; б) исчерпаниии количества попыток на передачу пакета – вероятность $p^{m+1} (1 - p_a)$.

Также на основании формул Литтла находим среднее время задержки пакета на MAC-уровне, т.е. среднее время пребывания на данной станции, включая возможное ожидание в очереди и обслуживание:

$$T_{MAC} = \frac{\pi_0 P_a}{1 - \pi_B} \sum_j (t_j^S - DIFS) D(l_j) + \frac{(1 - \pi_0 P_a - \pi_B)}{1 - \pi_B} \frac{\sum_{i=1}^{B_n} i \pi_i}{\lambda_0 \pi_0 + \sum_{i=1}^{B_n-1} \lambda \pi_i} =$$

$$= \frac{\pi_0 P_a}{1 - \pi_B} \sum_j (t_j^S - DIFS) D(l_j) + \frac{1}{(1 - \pi_B) \lambda} \sum_{i=1}^{B_n} i \pi_i \quad (6)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Разработанная аналитическая модель применяется для оценки влияния параметров трафика, конфигурации сети и интенсивности помех на показатели производительности, а также для оптимизации управляемых параметров протокола.

Объектом численных исследований являлась БВС архитектуры Ad-hoc, работающая под управлением протокола IEEE 802.11b со скоростью $V=11$ Мбит/с. Значения параметров протокола, использованных при моделировании, приведены в таблице 1. Размер пакета 1 (в

байтах) выбирался равновероятно из множества $\{1, \dots, 2000\}$, а размер очереди каждой станции ограничен значением $B=16$ (пакетов).

Таблица 1 – Параметры протокола

B	16
σ , мкс	20
SIFS, мкс	10
DIFS, мкс	50
EIFS, мкс	364
t_H , мкс	227
V, бит/с	$11 \cdot 10^6$
t_{RTS} , мкс	207
t_{CTS} , мкс	202
t_{ACK} , мкс	202
W_0	32
W_{max}	1024
m	7

Для оценки модели сравним результаты для случая идеального канала (то есть при отсутствии радиопомех), полученные аналитически и с помощью имитационного моделирования на языке. На рисунке 3 представлены некоторые результаты оценки среднего времени обслуживания T при варьировании интенсивности поступления пакетов λ для случаев $N=10$ и $N=40$ с использованием RTS-предела $L=560$ байт.

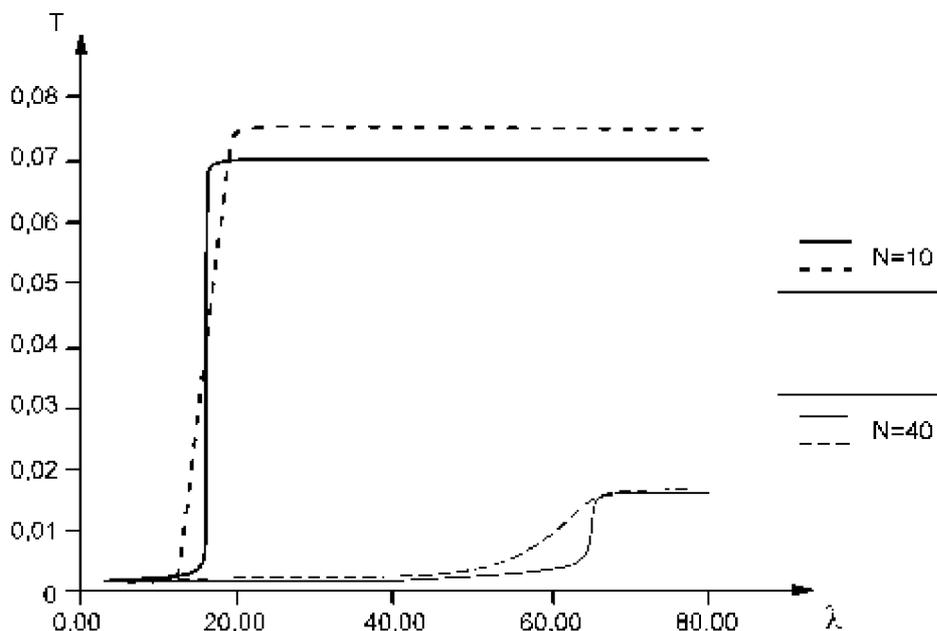


Рисунок 3 – Зависимость времени обслуживания T от интенсивности потоков пакета λ для станций в БВС, состоящих из 10 и 40 станций, рассчитанных численно по аналитической модели, и способ имитации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Результаты, полученные как аналитически (сплошные линии), так и имитационно (пунктирные линии) демонстрируют порогообразный характер зависимостей $T(\lambda)$ и $T_{MAC}(\lambda)$: с увеличением λ значения T и T_{MAC} сначала медленно растут, что соответствует периоду нормальной нагрузки на сеть, а затем после короткого переходного периода, который тем

короче, чем больше число станций N , становятся равным некоторым значениям, соответствующим случаю высокой нагрузки.

2. Видно, что как при нормальной, так и при высокой нагрузки аналитическая модель довольно точна: погрешности не превышают 8%. Большие расхождения значений показателей производительности, полученных аналитически и имитационно, наблюдаются только в короткий период: в аналитических кривых порог более резкий (почти вертикальный).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любашин А.Н. Интегрированные системы автоматизации для отраслевых применений. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.asutp.ru/?p=600113>.
2. Еременко В.Т. Способы и приемы предотвращения блокировок процессов информационного обмена в сетях передачи данных предприятия / В.Т. Еременко, А.В. Коськин, С.И. Афонин, А.Н. Савенков, В.Е. Фисенко // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2008. – № 12. – С. 38-43.
3. Еременко В.Т. Исследование поведения транспортных протоколов в корпоративных сетях в условиях интенсивного трафика / В.Т. Еременко, П.А. Сысоев, А.С. Засимов // Известия ОрелГТУ, 2008. – № 4-3/272(550). – С. 9-12.
4. Еременко В.Т., Офицеров А.И. Методы управления информационными потоками в сетях передачи данных на основе резервирования ресурсов // Методы и устройства передачи и обработки информации. Межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 11. – М.: «Радиотехника», 2009. – С. 340-346.
5. Еременко В.Т., Сысоев П.А. Моделирование взаимодействия протокольных реализаций TCP RENO и TCP VEGAS в сети с ограниченной производительностью // Информационные системы и технологии, 2010. – № 1. – С. 109-119.
6. Баранов А.В., Ляхов А.И. Оценка производительности беспроводных локальных сетей с протоколом IEEE 802.11 // Автоматика и телемеханика, 2005. – № 7. – С. 87-101.
7. Bianchi G. «Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function» // IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Mar, 2000. – V. 18. – No. 3. – P. 535-547.

Афонин Сергей Иванович

Госунiversитет – УНПК, г. Орел

Кандидат экономических наук, докторант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 41-57-58

Еременко Владимир Тарасович

Госунiversитет – УНПК, г. Орел

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 41-98-79

E-mail: vladimir@orel.ru

Краснов Дмитрий Андреевич

Госунiversитет – УНПК, г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 965 299 02 13

E-mail: ekshin@mail.ru

Кузьмина Людмила Васильевна

Госунiversитет – УНПК, г. Орел

Старший преподаватель кафедры «Высшая математика»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: evtib@ostu.ru

Плащенков Дмитрий Алексеевич

Госунiversитет – УНПК, г. Орел

Аспирант кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: 8 (4862) 45-57-57

E-mail: evtib@ostu.ru

S.I. AFONIN (*Candidate of Engineering Sciences, doctoral candidate of the department «Electronics, computer facilities and information security»*)

V.T. EREMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the department «Electronics, computer facilities and information security»*)

D.A. KRASNOV (*Post-graduate student of the department «Electronics, computer facilities and information security»*)

L.V. KUZMINA (*The senior teacher of the department «Higher mathematics»*)

D.A. PLASHCENKOV (*Post-graduate student of the department «Electronics, computer facilities and information security»*)

State University – ESPC, Orel

MATHEMATICAL MODEL OF THE PERFORMANCE OF WIRELESS AMS ENTERPRISE COMPUTER NETWORK

The presented analytical model is based on Markov chains with discrete integer time. The model differs the registration of the synchronous and asynchronous method of delivery of messages.

Keywords: *wireless computer network; Markov chain; protocol data; service time; model; performance.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lyubashin A.N. Integrirovanny'e sistemy' avtomatizacii dlya otraslevy'x primenenij. – [E'lektronny'j resurs]. – URL:<http://www.asutp.ru/?p=600113>.
2. Eryomenko V.T. Sposoby' i priyomy' predotvrashheniya blokirovok processov informacionnogo obmena v setyax peredachi danny'x predpriyatiya / V.T. Eryomenko, A.V. Kos'kin, S.I. Afonin, A.N. Savenkov, V.E. Fisenko // Vestnik komp'yuterny'x i informacionny'x texnologij, 2008. – №12. – S. 38-43.
3. Eryomenko V.T. Issledovanie povedeniya transportny'x protokolov v korporativny'x setyax v usloviyax intensivnogo trafika / V.T. Eryomenko, P.A. Sy'soev, A.S. Zasimov // Izvestiya OryolGTU, 2008. – № 4-3/272(550). – S. 9-12.
4. Eryomenko V.T., Oficerov A.I. Metody' upravleniya informacionny'mi potokami v setyax peredachi danny'x na osnove rezervirovaniya resursov // Metody' i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii. Mezhvuzovskij sbornik nauchny'x. – Vy'pusk 11. – M.: «Radiotexnika», 2009. – S. 340-346.
5. Eryomenko V.T., Sy'soev P.A. Modelirovanie vzaimodejstviya protokol'ny'x realizacij TCP RENO i TCP VEGAS v seti s ogranichennoj proizvoditel'nost'yu // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2010. – № 1. – S. 109-119.
6. Baranov A.V., Lyaxov A.I. Ocenka proizvoditel'nosti besprovodny'x lokal'ny'x setej s protokolom IEEE 802.11 // Avtomatika i telexanika, 2005. – № 7. – S. 87-101.
7. Bianchi G. «Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function» // IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Mar, 2000. – V. 18. – No. 3. – P. 535-547.

УДК 629.7.018

А.И. ЛОСКУТОВ

**МЕТОД РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ
NP-ПОЛНОЙ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА
НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ХОПФИЛДА
С ПОДБОРОМ МНОЖИТЕЛЕЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ
СИНАПТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ГЕНЕТИЧЕСКИМ АЛГОРИТМОМ**

Для эффективного решения NP-полной задачи коммивояжера предлагается применение генетического алгоритма в рамках вторичной оптимизации коэффициентов синаптических связей при поиске решения динамической нейронной сетью Хопфилда. В качестве элементов кодовой последовательности генетического алгоритма выступают значения множителей, а расчёт целевой функции данной кодовой последовательности осуществляется нейронной сетью. Приводится пример эффективного решения задачи коммивояжера для различного числа исходных данных.

Ключевые слова: генетический алгоритм; динамическая нейронная сеть Хопфилда; задача коммивояжера.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наибольший интерес в различных исследованиях и разработках (например, исследование операций, проектирование, решение транспортных проблем и т.д.) представляют эффективные решения задач дискретной оптимизации при нескольких критериях. Одна из самых известных задач комбинаторной оптимизации – задача коммивояжера (ЗК). В настоящее время известны многие методы её решения. Данная задача в общем случае носит многоэкстремальный характер и является NP-полной [3,7,10,11,12,14]. Здесь наблюдается экспоненциальная зависимость времени выполнения алгоритма от размерности исходных данных. Это определяет большое разнообразие алгоритмов и способов решения ЗК, анализ которых позволит синтезировать новый метод её решения при нескольких критериях. Рассмотрим методы решения многокритериальных оптимизационных задач.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

В настоящее время существует множество методов решения многокритериальных задач [6], подробный анализ основных из них представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Методы решения многокритериальных задач

Название метода		Достоинства	Недостатки
Метод последовательных уступок		Гибкость в поиске решения	Решение множеством шагов
Метод сведения частных критериев к одному критерию (свёртка)	Метод с использованием аддитивного критерия	Возможность определения важности критериев	Взаимная компенсация критериев
	Метод с использованием мультипликативного критерия	Не требуется нормирования частных критериев.	Компенсация значений частных критериев
	Метод с использованием максиминного (минимаксного) критерия	Возможность использования множества критериев	Трудность нахождения аналитической взаимосвязи Решение множеством шагов

Рассмотрим решение ЗК при двух согласованных критериях (минимум времени обхода городов и минимум стоимости) на основе аддитивной свёртки (аддитивного критерия). Данная многокритериальная задача сводится к однокритериальной NP-полной оптимизационной задаче.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА

Все разработанные на сегодняшний день методы, в зависимости от требуемого качества получения результата, можно отнести к одному из двух классов [7]:

- ✓ методы, которые всегда приводят к нахождению оптимального решения, но требуют для этого, как правило, недопустимо большого числа операций (использование перебора);
- ✓ методы, которые не всегда приводят к нахождению оптимального решения, но требуют для получения этого решения приемлемое число операций (эвристические);

Точные методы синтеза СПИ в теории дискретного программирования являются наиболее общими, что ведёт к появлению всё новых разновидностей методов и алгоритмов. К данной группе относятся алгоритмы, в которых делается попытка как полного перебора при небольшой размерности задачи, так и максимального сокращения объёма перебора в противном случае [7].

Ко второй группе относятся алгоритмы последовательного улучшения решений, столь развитых в теории математического программирования [7,12]. Они используют приём, который можно назвать «снижение требований». Он заключается в отказе от поиска оптимального решения и в нахождении «хорошего» решения за приемлемое время. Основной идеей данного направления является такая организация поиска на несужающемся множестве альтернатив, при которой постепенно выделялись бы всё более предпочтительные допустимые решения.

Алгоритмы, основанные на этом приёме, обычно называются «эвристическими», поскольку они используют разумные соображения без строгих обоснований и при их разработке используются интуитивные соображения, не подкреплённые соответствующим математическим обоснованием.

Особое место при решении NP -полной задачи коммивояжёра занимают, получившие в последнее время бурное развитие нейронные сети и эволюционные вычисления. При решении практических задач по нахождению решения с заданным качеством данные методы превосходят все известные на сегодняшний день эвристические алгоритмы. Интерес к ним обусловлен следующими причинами [1,2,4,8,14]:

- 1) высокая степень распараллеленной обработки данных позволяет решать NP -полные задачи комбинаторной оптимизации с заданным качеством;
- 2) высокая скорость получения результата.

В настоящее время известно множество методов решения задачи коммивояжёра на основе нейронных сетей и эволюционных вычислений. Сравнительный анализ данных алгоритмов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ алгоритмов решения задачи коммивояжёра

Методы	Наименование	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
Нейронные сети (нейросетевые алгоритмы)	Сеть Хопфилда	Высокая скорость получения результата	Нахождение локально-оптимального решения
	Имитация отжига	Решение, близкое к оптимальному	Низкая скорость получения результата
	Метод эластичной сети	Высокая скорость получения результата Адаптация к требованиям решаемой задачи	Значительные вычислительные затраты
	Сети Кохоннена		
	Сети Поттса		
	Растущие нейронные сети		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Эволюционные вычисления	Генетические алгоритмы	Адаптация к решению задачи, распараллеленный поиск решения	Высокие требования к быстродействию ЭВМ, трудность программной реализации
	Метод колоний		

Анализ методов решения задачи коммивояжера показал, что существует много методов решения NP-полных задач, которые подразделяются на точные и эвристические. Наибольший интерес представляют НС и генетические алгоритмы (ГА). Однако ограниченность пространства поиска даёт основания поиска новых подходов к разработке алгоритмов. В связи с этим предложен новый метод, расширяющий пространство поиска при использовании ГА при вторичной оптимизации коэффициентов синаптических связей динамической НС.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Формализованная постановка задачи выглядит следующим образом [5]. Пусть задано n городов, где $n \in Z^+$ – положительное целое число и матрицы расстояний между ними $[d_{ij}]$ и стоимости $[s_{ij}]$ размерностями $n \times n$. Введём целочисленную переменную x_{ij} , $i, j \in \overline{1, n}$, равную 1, если коммивояжер выходит из города i и входит в город j ; в противном случае – $x_{ij} = 0$. Требуется найти эффективный нейрогенетический метод $\Lambda^{\text{opt}} \in \Lambda$, обеспечивающий минимизацию функций (два критерия):

$$\Lambda^{\text{opt}} : \begin{cases} K_1(x) : f_1(x)^* = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} d_{ij} \rightarrow \min_{\Omega_x}, \\ K_2(x) : f_2(x)^* = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} s_{ij} \rightarrow \min_{\Omega_x}, \end{cases} \quad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall i \in \overline{1, n}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad \forall j \in \overline{1, n}, \quad (3)$$

и при дополнительном условии, требующем замкнутости маршрута обхода городов

$$\eta_i - \eta_j + nx_{ij} \leq n - 1, \quad \forall i, j \in \overline{1, n}, i \neq j, \quad (4)$$

где $\eta_i \in \overline{1, n}$ определяет номер шага маршрута, на котором посещается i -й город; $x_{ij} \in \{0, 1\}$, $\forall i, j \in \overline{1, n}$. Здесь Ω_x обозначает множество матриц $[x_{ij}]$, удовлетворяющих ограничениям (2)-(4) и представляющих все маршруты обхода.

СВЁРТКА ЧАСТНЫХ КРИТЕРИЕВ

Используем метод свертывания векторного критерия [6]. Этот метод оптимизации учитывает относительную важность частных критериев оптимальности с помощью построения скалярной функции F , являющейся обобщенным критерием оптимальности. Функция F с аддитивным критерием оптимальности имеет вид:

$$F_{\Sigma}(w, K(x)) = \sum_{i=1}^2 w_i K_i(x), \quad (5)$$

где $K(x) = \{K_1(x), K_2(x)\}$ – вектор частных критериев, причем $K_1(x)$ соответствует расстоянию обхода городов $[d_{ij}]$, $K_2(x)$ – стоимости $[s_{ij}]$;

$w = \{w_1, w_2\}$ – весовые коэффициенты относительной важности частных критериев, которым при решении предлагается дать точные численные оценки

$$w_1 + w_2 = 1. \quad (6)$$

В результате задача сводится к решению однокритериальной задачи оптимизации:

$$F_{\Sigma}(w, K(x)) = \min_{x \in \Omega} F(w, K(x)) = \min_{x \in \Omega} \{w_1 d_{ij} + w_2 s_{ij}\}. \quad (7)$$

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НС С ПОДБОРОМ МНОЖИТЕЛЕЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ СИНАПТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ГА

Динамическая НС Хопфилда находит, в большинстве случаев, локальный экстремум целевой функции. Это связано с невозможностью численного определения множителей Лагранжа – множителей коэффициентов синаптических связей A, B, C и F при конструировании энергетической функции сети, в настоящее время не существует формальной методики их выбора [5, 14]. Иногда это приводит к отсутствию решения НС или получению практически неудовлетворительного результата, вследствие невыполнения граничных условий при нахождении пути обхода вершин графа (в строке возбуждено два нейрона и т.д.), и к необходимости изменения множителей коэффициентов синаптических связей для получения желаемого результата как при программной эмуляции, так и аппаратной реализации НС.

Данный недостаток в определённой степени можно устранить, используя в качестве вторичной оптимизации генетический алгоритм подбора данных множителей (рис. 1).

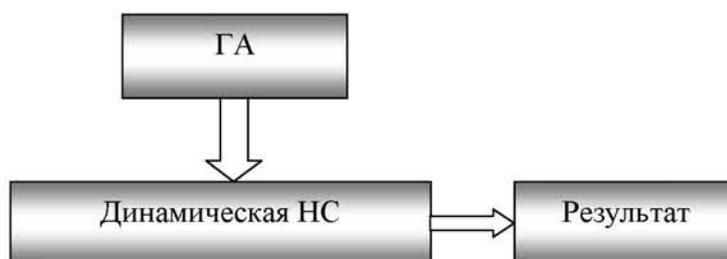


Рисунок 1 – Структура вторичной оптимизации нейронной сети генетическим алгоритмом

В качестве элементов кодовой последовательности генетического алгоритма выступают значения множителей, а расчёт целевой функции данной кодовой последовательности осуществляется нейронной сетью.

СТРУКТУРА И ПАРАМЕТРЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Нейросетевая интерпретация представлена в [5]. Вводится в рассмотрение матрица нейронов $[V_{ij}]$ размерностью $n \times n$. Возбуждённое состояние нейрона $V_{ij}=1$ в такой матрице соответствует тому факту, что i -ое состояние занимает j -ое место в маршруте обхода.

$$(x_{ij} = 1) \Leftrightarrow (V_{ij} = 1) \quad \forall i, j \in \overline{1, n}. \quad (8)$$

При использовании НС с непрерывным состоянием и временем, время $t \geq 0$ и является непрерывной переменной и состояния нейронов также непрерывны, принадлежат отрезку $[0, 1]$. Поведение конструируемой нейронной сети, состоящей из $n \times n$ нейронов, описывается следующим уравнением:

$$\frac{dU_{ij}}{dt} = -\frac{U_{ij}}{\tau_{ij}} + \sum_{\mu=1}^n \sum_{\nu=1}^n T_{ij\mu\nu} V_{\mu\nu} - I_{ij}, \quad ij\mu\nu \in \overline{1, n},$$

$$V_{ij} = g(U_{ij}), \quad V_{ij}(t_0) = g(U_{ij}(t_0)) = V_{ij}^{(0)}. \quad (9)$$

Сконструированная энергетическая функция нейронной сети в соответствии с нейросетевой интерпретацией описывается выражением

$$E^0(V) = \frac{A}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{v \neq j}^n V_{ij} V_{iv} + \frac{B}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \sum_{\mu \neq i}^n V_{ij} V_{\mu j} + \frac{C}{2} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n V_{ij} - n \right]^2 + \frac{F}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{\mu=1}^n \sum_{j=1}^n (w_1 d_{ij} + w_2 s_{ij}) V_{ij} (V_{\mu, j+1} + V_{\mu, j-1}). \quad (10)$$

Анализ данного равенства показывает, что первое и второе слагаемое определяют количество возбуждённых нейронов в строке и столбце соответственно. Третье слагаемое – есть выполнение условия, что в матрице нейронов возбуждётся ровно n нейронов, равное числу вершин графа. Последний коэффициент определяет замкнутость маршрута обхода всех вершин.

Параметры нейронной сети, рассчитаны путём сопоставления сконструированной энергетической функции (7) с функцией, записанной в общем виде [5]:

- коэффициенты синаптических связей сети:

$$T_{ij\mu\nu} = -A\delta_{i\mu}(1-\delta_{j\nu}) - B\delta_{j\nu}(1-\delta_{i\mu}) - C - F(w_1 d_{ij} + w_2 s_{ij})(\delta_{\nu, j+1} + \delta_{\nu, j-1}); \quad (11)$$

- внешние смещения нейронов (величина порога):

$$I_{ij} = -Cn, \quad i, j, \mu, \nu \in \overline{1, n}. \quad (12)$$

При этом функция активации нейрона может быть выбрана сигмоидного вида [5, 14]. В этом случае нейронная сеть для решения ЗК представлена в виде, изображённом на рисунке 2.

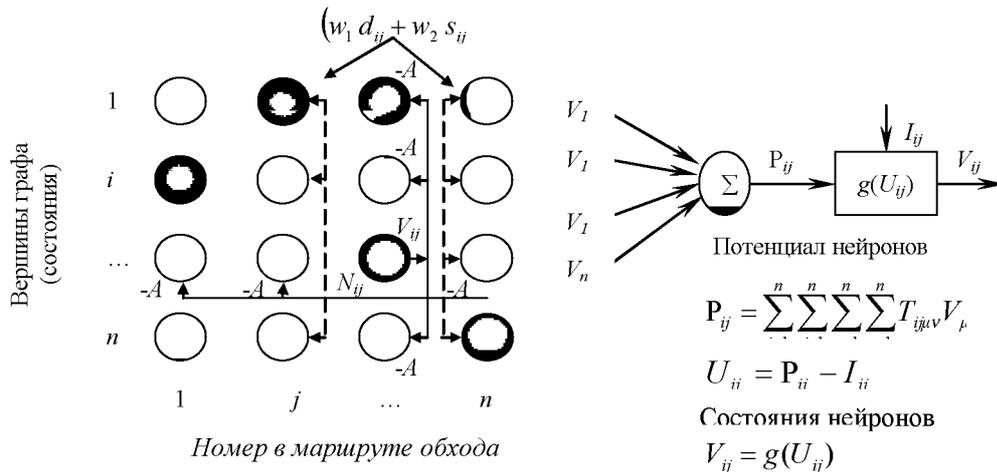


Рисунок 2 – Структура динамической нейронной сети

НС представляет собой матрицу $n \times n$ нейронов, на каждый из которых подаётся внешнее смещение, а выходной сигнал любого нейрона с коэффициентом $-A$ и $-B$ подаётся на входы всех нейронов одноимённых с ним строки и столбца. Для того, чтобы не загромождать рисунок, на нём изображены связи и смещение только одного нейрона N_{ij} . Пример обхода всех состояний модели представлен совокупностью возбуждённых (заштрихованных) нейронов.

ОПИСАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Генетические алгоритмы, являясь одной из парадигм эволюционных вычислений, представляют алгоритмы поиска, построенные на принципах, сходных с принципами естественного отбора и генетики. ГА относится к алгоритмам локально-стохастического поиска [6]. В основе локально-стохастических алгоритмов лежит случайно-детерминированный поиск в пространстве решений с сохранением наилучшего получаемого результата. Функционирование данных алгоритмов осуществляется следующим образом. Случайный поиск обеспечивает подбор исходных точек для проведения локальной

оптимизации. Следовательно, решения улучшаются не только путём локальной оптимизации, но и путём случайного поиска лучшего из локально оптимальных решений. На каждом последующем шаге с помощью процедуры генерации случайных перестановок вводится новая последовательность – точка поиска и на основе выбранного правила либо алгоритма определяются значения целевой функции с фиксацией достигаемых при этом лучших решений. Управление случайным поиском может при этом осуществляться путём изменения либо структуры, либо параметра генерации новой последовательности.

Разработан ГА, который работает с кодовыми последовательностями (каждая из них представляет точку пространства поиска) без относительно их смысловой интерпретации используя одно и двухточечные операторы случайно-детерминированного обмена (рис. 3).

На каждом шаге работы генетический алгоритм использует множество точек поиска одновременно. Совокупность этих точек является набором кодовых последовательностей (индивидуумов), которые образуют исходное множество решений – K (популяцию). На каждом шаге работы ГА обновляет исходное множество K путём формирования новых КП и уничтожения «бесперспективных», не удовлетворяющих критерию целевой функции. Данный процесс является итерационным и обычно идентифицируемым по размеру исходного множества K .

Критерием останова ГА может быть одно из трёх событий:

- сформировано заданное число итераций;
- исходное множество K достигло заданного уровня качества;
- достигнут некоторый уровень сходимости, при котором улучшения не происходит.

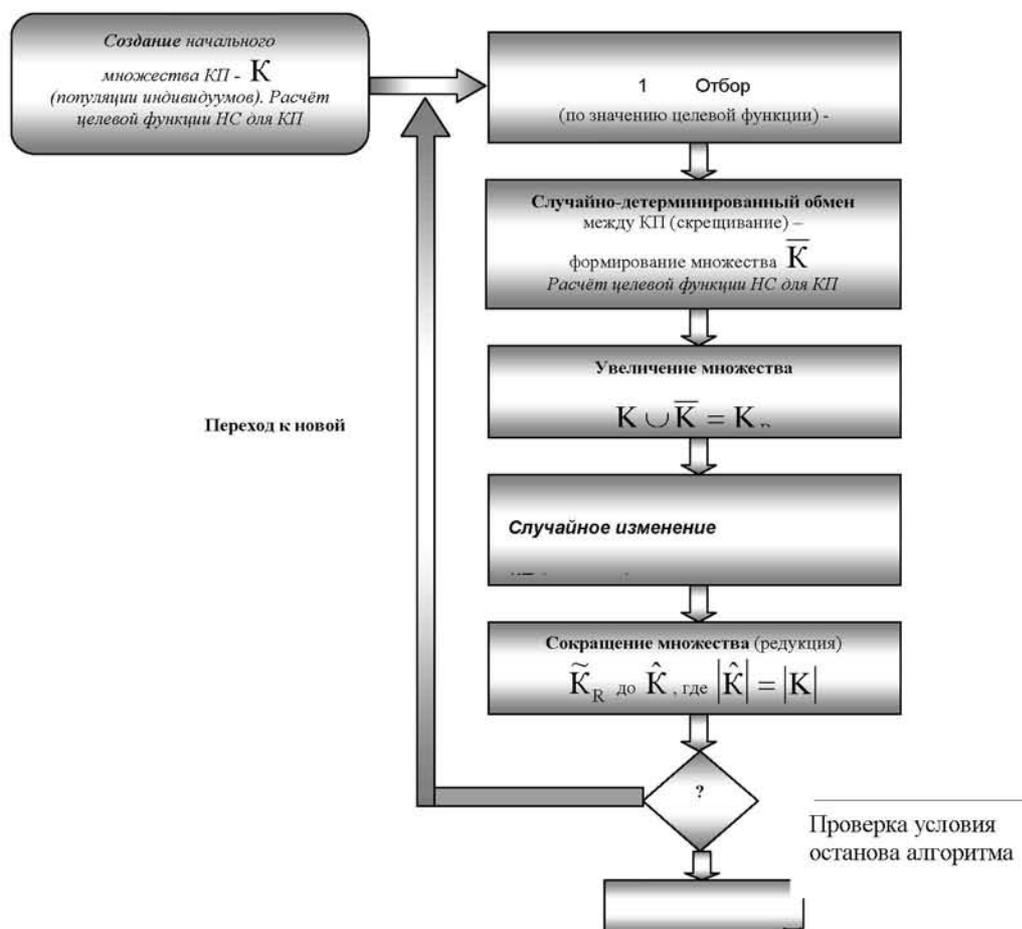


Рисунок 3 – Структура генетического алгоритма

После работы ГА из множества конечной итерации выбирается то КП-решение, которое даёт минимальное значение целевой функции и является, в итоге, результатом работы алгоритма.

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА

На начальном этапе случайным образом из заданного диапазона $[a, b]$, где a, b – положительные числа, причём $b > a$, формируется множество последовательностей значений множителей коэффициентов синаптических связей K из всего допустимого множества КП E . Каждая последовательность является начальной точкой поиска ГА – $k = \{A, B, C, F\}$ (рис. 4), которая может быть представлена также и в двоичном виде с изменением значений самих множителей.

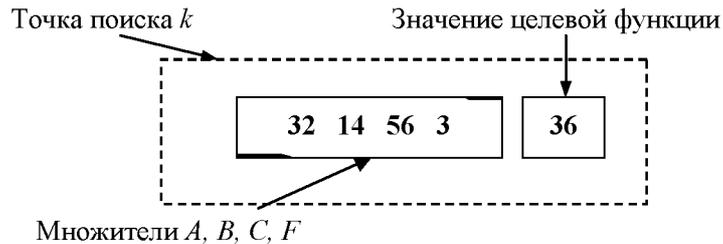


Рисунок 4 – Структура точки поиска

Из множества K вероятно выбирается подмножество точек $K' \subset K$, полученное из начальной точки по случайному равномерному закону, к которому применяются операторы поиска, которые, в свою очередь, моделируют идеализированные генетические операции селекционной генетики: кроссинговер (случайно-детерминированный обмен) и мутацию (случайное изменение части КП k). Эти операторы поиска позволяют сформировать новое подмножество \bar{K} случайных точек поиска. При формировании ГА новых точек поиска осуществляется расчёт значения целевой функции $f(k)$ (вес пути обхода всех городов) динамической НС Хопфилда при сформированных множителях коэффициентов синаптических связей. Далее новые и исходные точки поиска объединяются в одно расширенное множество $K_R = K \cup \bar{K}$, элементы которого ранжируются с помощью значений целевой функции $f(k)$. Из тех точек, для которых $f(k)$ принимает наилучшие значения, формируется новое подмножество, число элементов которого равно числу элементов исходного множества K . Далее процесс формирования и смены множеств продолжается итерационно, пока не будет найдено решение, соответствующее лучшему значению $f(k)$. Таким образом, анализ точек поиска с помощью целевой функции обеспечивает селективное смещение в пользу тех из них, для которых величина оценки является минимальной, и именно они подвергаются обработке генетических операторов и воспроизводят новые точки поиска.

Работу данного ГА можно наглядно представить в виде 4-х этапов.

На первом этапе работы алгоритма параллельно формируется множество K альтернативных вариантов последовательностей коэффициентов синаптических связей по случайному равномерному закону. Из множества K выделяются те элементы, для которых рассчитанная величина $f(k) \geq f_m^+(k)$, где $f_m^+(k)$ – минимальное значение целевой функции оценки параметров множества K , из которых формируется подмножество $K' \subset K$. Элементы K' разбиваются на пары $(k_i, k_j) \subseteq K'$ из условия $f(k_i) \approx f(k_j)$ (рис. 5).

На втором этапе алгоритма к выделенным элементам (последовательностям множителей коэффициентов синаптических связей) k_i и k_j применяется операция случайно-детерминированного обмена (переноса), которая моделирует работу адаптированного к данной задаче оператора кроссинговера и определяет пространство поиска. Здесь использованы одно и двух точечные операторы случайно-детерминированного обмена [1],

чередующиеся при работе алгоритма по случайному закону. Этим достигается существенное увеличение пространства поиска и устойчивость ГА к непопаданию в локальный минимум пространства решений. Операция переноса информационно независима для каждой пары подмножества K' и осуществляется параллельно для каждой из них.

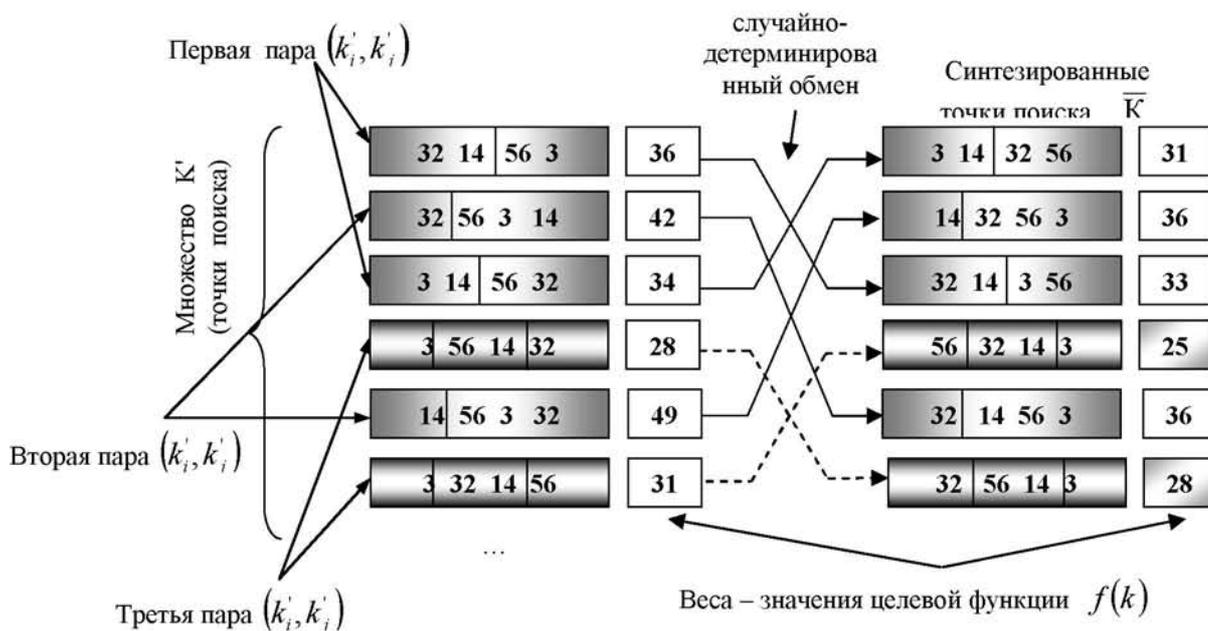


Рисунок 5 – Структура случайного-детерминированного обмена

На третьем этапе алгоритма новые точки поискового пространства \bar{K} и исходные точки K множества Ξ объединяются в одно расширенное множество K_R . Те элементы K_R , для которых вероятность включиться в дальнейший поиск минимального обхода состояний мала, подвергаются незначительному случайному изменению (мутации), то есть совокупности случайных парных перестановок. Если данная перестановка привела к улучшению оценки $f(k)$ (значению целевой функции), они включаются в новое множество \tilde{K}_R , в противном случае, из дальнейшего рассмотрения исключаются.

На четвертом этапе алгоритма элементы \tilde{K}_R сортируются и лучшее из них включаются во множество \hat{K} , мощность которого равна мощности множества K , т.е. $|\hat{K}| = |K|$. После чего процесс итерационно продолжается до тех пор, пока не будет либо исчерпано множество Ξ , либо не выполнено условие останова ГА.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

С целью проверки эффективности разработанного метода была осуществлена его программная реализация в среде C++. В качестве известных алгоритмов решения задачи коммивояжера были выбраны: точный (перебор) – алгоритм простого перебора, эвристический – алгоритм ближайшего соседа, а также динамическая нейронная сеть. Данный перечень позволяет оценить качество работы предложенного метода при сравнении их по точности и оперативности получения результата. В качестве показателей эффективности методов решения ЗК были выбраны следующие характеристики:

1) максимальная погрешность получения результата методом или алгоритмом для n городов:

$$K(n) = \frac{D_{\text{сним}}(n)}{D_{\text{опт}}(n)}, \quad (13)$$

здесь $D_{\text{сним}}(n)$ – результат решения ЗК приближенными алгоритмами, методами;

$D_{opt}(n)$ – оптимальное значение, полученное, например, простым перебором;

2) время работы ЭВМ: $T_{синт}(n)$ при реализации алгоритма.

В таблице 3 представлены результаты моделирования при различном числе состояний модели n .

Таблица 3 – Результаты экспериментов

Наименование алгоритма		n					n			
		9	10	11	12		9	10	11	12
Простой перебор	K	1	1	1	1	T _{синт} , МИН	0,05	0,08	>2	>8
Алгоритм ближайшего соседа		1,26	1,28	1,32	1,45		0,04	0,04	0,05	0,05
ДНС		1,07	1,1	1	1,29		2	1,3	2,3	2,1
Динамическая НС с ГА		1,01	1	1	1,05		2,6	3	3,4	4

В ходе проведённых исследований выявлено, что разработанный метод обладает наименьшей погрешностью по суммарным временным затратам обхода всех городов по сравнению с другими существующими алгоритмами за исключением простого перебора (рис. 6).

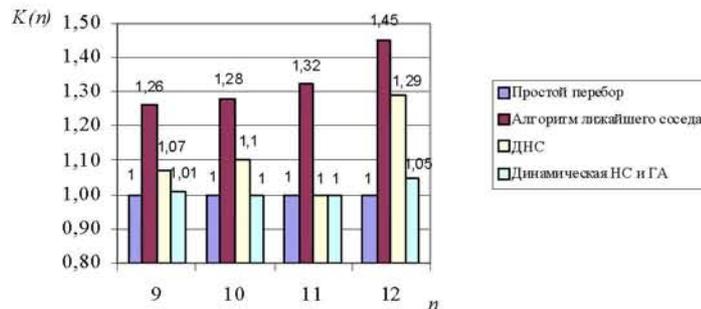


Рисунок 6 – Результативность алгоритмов

Однако лучшей оперативностью расчёта обладают приближённые итерационные алгоритмы (например, алгоритм ближайшего соседа), то есть для них характерна высокая скорость и высокая погрешность (рис. 7). Предложенный метод по сравнению с простым перебором даёт существенный выигрыш по времени, что имеет большое значение при большом числе - n .

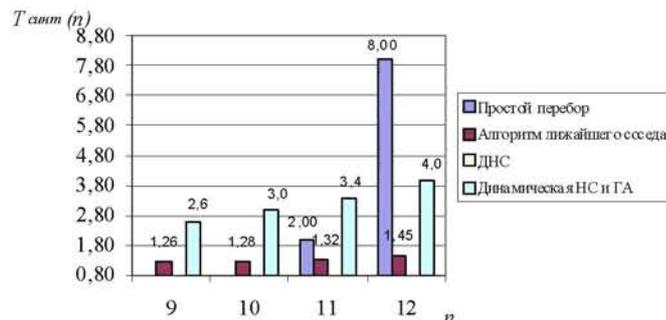


Рисунок 7 – Сравнение алгоритмов по времени

Таким образом, на этапе экспериментальных исследований разработанный метод показал результаты по точности лучше, чем другие эвристические алгоритмы при незначительном увеличении времени синтеза. Основным достоинством предложенного метода следует считать гармоническое и управляемое сочетание детерминированного и стохастического типов поиска с равномерно распределённым просмотром того пространства

решений, в котором величина оптимизируемого критерия достигает своих наилучших значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев, А.Ф. Гареев, С.В. Васютин, В.В. Райх. – М.: Нолидж, 2000. – 352 с.
2. Балухто А.Н. Нейросетевые системы обработки информации и их применение в космической технике. – М.: СИП РИА, 2000. – 152 с.
3. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
4. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе. – М., 1998. – 222 с.
5. Ефимов В.В. Нейроподобные сети в бортовых информационно-управляющих комплексах летательных аппаратов. Решение оптимизационных задач. – СПб.: ВИККА им. А.Ф. Можайского, 1996. – 113 с.
6. Калинин В.Н., Резников Б.А. Теория систем и управления. Структурно-математический подход. ВИКИ им А.Ф. Можайского. – Л., 1978. – 417 с.
7. Калинин В.Н., Резников Б.А., Варакин Е.И. Теория систем и оптимального управления. Понятия, модели, методы и модели оптимального выбора. – МО СССР, 1987. – 589 с.
8. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.
9. Лисс А.А., Степанов М.В. Нейронные сети и нейрокомпьютеры: учеб. пособие. – СПб.: ГЭТУ, 1997. – 64 с.
10. Меламед И.И., Сергеев С.И., Сигал И.Х. Задача коммивояжера. Вопросы теории // Автоматика и телемеханика, 1989. – № 9 – С. 3-30.
11. Меламед И.И., Сергеев С.И., Сигал И.Х. Задача коммивояжера. Приближённые алгоритмы // Автоматика и телемеханика, 1989. – № 11 – С. 3-27.
12. Пападимитриу Х., Стайглиц К. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. – М.: Мир, 1985. – 510 с.
13. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. Теория и практика: пер. с англ. – М.: Мир, 1992. – 161 с.
14. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

Лоскутов Андрей Иванович

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург
Кандидат технических наук, докторант кафедры телеметрических систем
E-mail: rujenz@mail.ru

A.I. LOSKUTOV (*Candidate of technical science, the doctoral candidate of department
of telemetering systems*)
Military-space academy of a name of A.F.Mozhaiskij, St.-Petersburg

DECISION METHOD OF MULTICRITERIAL NP-WHOLE SALESMAN TASK OF THE BASIS OF HOPFILD DYNAMIC NEURAL NET WITH SELECTION OF MULTIPLES OF COEFFICIENT OF SYNAPSE CONNECTIONS BY GENETIC ALGORITHM

Application of genetic algorithm in the borders of secondary optimization of coefficients of synapse connections is suggested for effective decision of np-whole salesman task in decision searching by Hopfild dynamic neural net. As an element of code genetic algorithm sequence is offered the multiple meanings. Calculation of special function of given code sequence is performed by neural net. An example of effective decision of salesman task for various quantity of primary data is suggested.

Keywords: *genetic algorithm; Hopfild dynamic neural net; salesman task.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Bazy' danny'x. Intellektual'naya obrabotka informacii // V.V. Korneev, A.F. Gareev, S.V. Vasyutin, V.V. Rajx. – M.: Nolidzh, 2000. – 352 s.
2. Baluxto A.N. Nejrosetevy'e sistemy' obrabotki informacii i ix primenenie v kosmicheskoy texnike. – M.: SIP RIA, 2000. – 152 s.
3. Ge'ri M., Dzhonson D. Vy'chislitel'ny'e mashiny' i trudnoreshaemy'e zadachi. – M.: Mir, 1982. – 416 s.
4. Ezhov A.A., Shumskij S.A. Nejrokomputing i ego primenenie v e'konomie i biznese. – M., 1998. – 222 s.
5. Efimov V.V. Nejropodobny'e seti v bortovy'x informacionno-upravlyayushhix kompleksax letatel'ny'x apparatov. Reshenie optimizacionny'x zadach. – SPb.: VIKKA im. A.F. Mozhajskogo, 1996. – 113 s.
6. Kalinin V.N., Reznikov B.A. Teoriya sistem i upravleniya. Strukturno-matematicheskij podxod. VIKI im. A.F. Mozhajskogo. – L., 1978. – 417 s.
7. Kalinin V.N., Reznikov B.A., Varakin E.I. Teoriya sistem i optimal'nogo upravleniya. Ponyatiya, modeli, metody' i modeli optimal'nogo vy'bora. – MO SSSR, 1087. – 589 s.
8. Kruglov V.V., Borisov V.V. Iskustvenny'e nejronny'e seti. Teoriya i praktika. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2001. – 382 s.
9. Liss A.A., Stepanov M.V. Nejronny'e seti i nejrokomputery': ucheb. posobie. – CPb.: GE'TU, 1997. – 64 s.
10. Melamed I.I., Sergeev S.I., Sigal I.X. Zadacha kommutirovaniya. Voprosy' teorii // Avtomatika i telemekhanika, 1989. – № 9. – S. 3-30.
11. Melamed I.I., Sergeev S.I., Sigal I.X. Zadacha kommutirovaniya. Priblizhennyye algoritmy' // Avtomatika i telemekhanika, 1989. – № 11. – S. 3027.
12. Papadimitriou X., Stajglicz K. Kombinatornaya optimizatsiya. Algoritmy' i slozhnost'. – M.: Mir, 1985. – 510 s.
13. Usserment F. Nejrokomputernaya texnika. Teoriya i praktika: per. s angl. – M.: Mir, 1992. – 161 s.
14. Fillips D., Garsia-Dias A. metody' analiza setej. – M.: Mir, 1984. – 496 s.

УДК 004.328

Е.А. ТИТЕНКО, Е.А. СЕМЕНИХИН, М.В. УРЯСЬЕВА

МОДИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТУЭ И ЯЗЫК ОБОБЩЕННЫХ КОНФЛИКТНЫХ СЛОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОДУКЦИОННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

В статье для организации параллельных вычислений выполнена модификация недетерминированной системы Туэ для совместной работы множества дискретных исполнителей. Построен язык обобщенных конфликтных слов, позволяющий задать полный перечень конфликтных ситуаций, и определены условия безвозвратной генерации ветвящихся процессов.

Ключевые слова: система продукций; недетерминированность; параллельные процессы; конфликт по данным.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Одной из значимых проблем организации параллельных вычислений в современной вычислительной технике (ВТ) является проблема создания абстрактных систем и машин с неединичным множеством исполнителей, ориентированных на реализацию ветвящихся конструктивных процессов и генерацию динамично изменяемого множества кандидатов-решений. Известные модели параллельных вычислений (клеточные автоматы, модели обработки информации на основе ассоциативной памяти, сети Петри и др.) имеют ограниченные дескриптивные возможности. Они предназначены для решения задач в определенных предметных областях (обработка изображений, обработка реляционных отношений, маршрутизация данных в сетях и т.д.) и не имеют универсальных средств для реализации любых эффективных вычислительных процессов. Другими словами, коллектив исполнителей в таких моделях по умолчанию ориентирован на определенные структуры графов параллельных вычислений, вследствие чего допускается ограниченная возможность адаптации таких моделей под изменяющуюся структуру графа.

Другая особенность организации параллельных вычислений связана с тем, что научно-технический прогресс в области компьютерной индустрии (программное обеспечение, вычислительная техника, телекоммуникационные средства) уже давно привел к трактовке вычислительных машин и систем как интеллектуальных средств предоставления и реализации информационных услуг. Значимыми для конечных пользователей и проектировщиков компьютерных систем являются слабо формализованные, проблемно-поисковые задачи, задачи поддержки принятия решений, в которых основным форматом данных выступает символьная информация как основа моделей представления и обработки знаний.

ХАРАКТЕРИСТИКА СИМВОЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ И ПРОЦЕССОВ ЕЕ ОБРАБОТКИ

Для организации параллельных вычислений символьная информация имеет особый статус среди многообразия типов информации, так как она допускает структурное и количественное многообразие представлений данных и является основой коммуникационных процессов для естественных и искусственных интеллектуальных систем. Символьная информация характеризуется динамически изменяемыми коллекциями структур элементов со сложной нерегулярной внутренней структурой, недетерминированным характером обработки больших размеров данных, размытыми границами размера минимальной единицы обработки, множественными структурными зависимостями между элементами, комбинированием локальных и глобальных процессов обработки символьной информации (ОСИ).

Наиболее полно особенности ОСИ учтены в абстрактных системах продукций (моделях). Целесообразность выбора продукционных систем (ПС) для реализации параллельных вычислений опирается на следующие показатели:

- наличие представительных дескриптивных продукционных систем (алгоритмические системы А.А. Маркова, системы Э. Поста, ассоциативные исчисления, системы Туэ, грамматики Н. Хомского), способных задать любой вычислительный процесс;
- однородность структуры правил, позволяющая унифицировать многообразие вычислительных операций типовыми символьными примитивами обработки в виде модификации дискретных символьных конструкций путем поиска вхождения образца, замены, удаления и вставки групп символов подстановки;
- симметричность структуры правил и трактовка ее записи как конструктивного объекта, позволяющие выявлять, исследовать общие законы генерации ветвящихся конструктивных процессов;
- однородность состава системы правил, позволяющая преобразовать исходную систему в эквивалентную систему, генерирующую эквивалентное ветвящееся пространство с совпадающей структурой решений, но имеющее сокращенное число состояний и связей между ними;
- разрешительный (недетерминированный) характер схемы управления правилами, позволяющий в зависимости от состояний конструктивных объектов гибко изменять стратегию и тактику параллельного вывода, т.е. динамично реконфигурировать схему управления и состав средств ОСИ;
- модульность и структурная наращиваемость системы правил, определяющая легкость модификации ее состава и автономность отдельных правил;
- естественный параллелизм вычислений и внутренняя активация правил на выполнение потоком готовых к обработке данных, что снимает проблему синхронизации параллельных процессов.

Таким образом, однородность всех элементов ПС естественным образом позволяет учесть динамическую изменчивость структур символьных данных и вести параллельную генерацию ветвящихся вычислительных процессов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Тем не менее, проблема генерации ветвящихся вычислительных процессов в исчислительной ПС имеет собственные ограничения в организации параллельных вычислений, связанные с отсутствием объективной информации о рациональном (оптимальном) количестве элементарных исполнителей в составе ПС, необходимых для размещения динамично изменяющегося множества параллельных процессов. Отсутствие информации о текущих коэффициентах ветвления не позволяет вести скоординированную работу неединичного множества исполнителей, что в технической реализации приводит к однородным устройствам и вычислительным системам с низким коэффициентом загрузки.

Таким образом, основной решаемой задачей исследования является создание ПС, имеющей встроенные средства распознавания и оценки степени параллелизма вычислений, и организация на базе такой ПС параллельных вычислений с генерацией равноправного множества кандидатов-решений. Скоординированная работа неединичного множества исполнителей правил предлагаемой ПС обеспечивается использованием дополнительной информации в виде специальных управляющих слов, описывающих конфликтные ситуации параллельной обработки рабочих слов с собственными коэффициентами ветвления. Главная трудность реализации безвозвратных параллельных вычислений в ПС заключается в том, что структура графа задачи в силу поискового ее характера является неизвестной, что не позволяет вычислить нижнюю границу количества исполнителей, координировать их работу и эффективно распределять ветвящиеся процессы для безвозвратной генерации всех траекторий от исходных слов к конечным словам-результатам.

В соответствии с [1], исчислительная система, в том числе, продукционная, формализует представления об индуктивном порождении множеств конструктивных объектов (слов) на основе аксиоматического подхода. Сущность аксиоматического подхода заключается в порождении новых слов из исходных слов-аксиом (начальных объектов),

которые являются частью описания исчислительной системы в виде нуль-посылочных правил. В этом случае исчислительная система понимается как дедуктивная система, предназначенная для доказательства теорем (порождаемых допустимых объектов), а сам процесс порождения – как логический вывод (доказательство).

Вместе с тем, исчислительная система понимается не только как инструмент доказательства теорем (аксиоматический подход), но и как инструмент преобразования множеств конструктивных объектов, т.е. генерации выходного множества слов из исходного множества слов. В этом случае индуктивный характер порождения множеств не меняется, а меняется начало индукции. Вместо конечного набора аксиом, являющихся частью исчислительной системы, допустимыми объектами признаются слова входного языка, заданные в рабочем алфавите системы.

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ БАЗИС ИСЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В рамках теории алгоритмов генераторами множеств конструктивных объектов являются продукционные алгоритмические и исчислительные системы, формализующие линейные и ветвящиеся конструктивные процессы преобразования слов соответственно. Традиционный подход задания продукционных алгоритмических и исчислительных систем основывается на задании алфавита и управляющей схемы системы.

Применительно к алгоритмическим системам (нормальные алгорифмы А.А. Маркова [2], алгоритмическая система со встроенными средствами акселерации В.М. Довгала) [3] ее задание включает алфавит A , схему алгоритма в виде управляющей последовательности текущих и заключительных формул.

Теоретической основой задания ветвящихся конструктивных процессов и генерации множества слов из входного множества слов являются ассоциативные исчисления Туэ [2,4] и системы подстановок (полусистемы Туэ [2,4]). Полусистема Туэ задается алфавитом (рабочим и служебным), определяющим множество подстановок (правил преобразования). Для выполнения дальнейших построений приводится необходимый терминологический набор определений.

Пусть заданы $n \in \mathbb{N}$, рабочий алфавит A , $\leftrightarrow \notin A$, $*$ $\notin A$, слова $\alpha_k \beta_k \in A^*$, $k=1, \dots, n$.

Определение 1.

Соотношение – это слово вида $\alpha_k \leftrightarrow \beta_k$ в алфавите $A \cup \{\leftrightarrow\}$.левой частью соотношения является слово α , правой частью соотношения является слово β .

Определение 2.

Система соотношений St в алфавите A – множество соотношений в алфавите A , т.е. $St = \{\alpha_k \leftrightarrow \beta_k\}$.

Определение 3.

Пусть $L, R \in A^*$. Действиями, допустимыми относительно St над словом $S \in A^*$, будут называться следующие преобразования:

1) замена в слове S вхождения $L * \alpha_k * R$ левой части k -ого соотношения из St его правой частью β_k , т.е. получение слова-результата в виде $L * \beta_k * R$;

2) замена в слове S вхождения $L * \beta_k * R$ правой части k -ого соотношения из St его левой частью α_k , т.е. получение слова-результата в виде $L * \alpha_k * R$.

Таким образом, каждое соотношение приобретает смысл правила исчисления для преобразования слов из A^* :

$$S' = \begin{cases} L * \beta_k * R & | \alpha_k \leftrightarrow \beta_k, S = L * \alpha_k * R \\ L * \alpha_k * R & | \alpha_k \leftrightarrow \beta_k, S = L * \beta_k * R \end{cases}$$

Определение 4.

Ассоциативное исчисление – это конструктивный объект-кортеж $\langle A, St \rangle$, в котором разрешенными действиями относительно соотношений из St над словами $S \in A^*$ понимаются

любые действия в соответствии с определением 3.

Будучи предназначенным для установления эквивалентности слов, ассоциативное исчисление задает недетерминированный вычислительный процесс порождения новых допустимых слов из входных слов, заданных в A . Вычислительный процесс характеризуется недетерминированностью активаций соотношений в силу неопределенности позиций вхождения левой и правой частей соотношений и недетерминированностью срабатывания соотношений в силу разрешительной модальности правил в системе соотношений St .

Определение 5.

Подстановка – это слово вида $\alpha_k \rightarrow \beta_k$ в алфавите $A \cup \{\rightarrow\}$. Левая часть подстановки – слово α – образец, правая часть подстановки – слово β – модификатор.

Определение 6.

Определяющая система Op в алфавите A – это множество подстановок в алфавите A , т.е. $Op = \{\alpha_k \rightarrow \beta_k\}$.

Определение 7.

Пусть $L, R \in A^*$. Действие, допустимое относительно Op над словом $S \in A^*$, будет называться следующим преобразованием: замена в слове S вхождения $L * \alpha_k * R$ левой части k -ого соотношения из Op его правой частью β_k , т.е. получение слова-результата в виде $L * \beta_k * R$;

Таким образом, каждая подстановка приобретает смысл правила исчисления для преобразования слов из A^* :

$$S' = L * \beta_k * R \mid \alpha_k \rightarrow \beta_k, S = L * \alpha_k * R. \quad (1)$$

Определение 8.

Система подстановок (полусистема Туэ) – это конструктивный объект-кортеж $\langle A, Op \rangle$, в котором разрешенными действиями относительно подстановок из Op над словами $S \in A^*$ понимаются любые действия в соответствии с определением 7.

Аналогично ассоциативному исчислению, система подстановок (полусистема Туэ) также задает недетерминированный вычислительный процесс порождения новых допустимых слов из входных слов, заданных в A . Вычислительный процесс характеризуется недетерминированностью активаций подстановок и недетерминированностью срабатывания подстановок из определяющего множества Op .

В работе рассматриваются линейные конструктивные объекты (слова), определяемые индуктивными правилами их построения. Пусть $S \in A^*$, в том числе, $S = \lambda$. Пусть в рабочем алфавите A заданы алфавитные переменные $\xi_1 \in A$, $\xi_2 \in A$, $\xi_3 \in A$:

$$\forall z (\xi_z \in A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_s\}) \mid z = 1, 2, 3.$$

Тогда разрешенными конструктивными объектами будут считаться слова, построенные по следующим правилам:

- 1) $S\xi$ – правило правой конкатенации;
- 2) ξS – правило левой конкатенации;
- 3) $\xi_1 S \xi_2$ – правило двойной конкатенации.

Введение третьего правила конкатенации задает самостоятельный способ порождения конструктивного объекта и новые отношения над словами-фрагментами. Исходя из трех разрешенных правил конкатенации, анализ линейного конструктивного объекта будет связан с выделением в нем трех структурно связанных локальных фрагментов. В общем случае, слово S имеет вид

$$S = S^H S^T S^K,$$

где S^H – собственное начало слова, S^K – собственное окончание слова, S^T – собственное тело (центр) слова.

В отличие от стандартного разбиения слова на собственное начало и собственное окончание [3], данная дефрагментация является основой для задания множества вариантов

разбиения исходного слова на ряд подслов и их параллельного рассмотрения или рассмотрения фрагментов-слов по отдельности, что служит ресурсной основой для генерации ветвящихся вычислительных процессов, локально обрабатывающих отдельные фрагменты слов.

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ИСЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ТУЭ

Конечное число вариантов разложения слова S и возникающая от этого недетерминированность активаций подстановок в практических задачах ОСИ устраняются на основе принципов конструктивной обработки слов (наличие внутренней систем координат и сквозной нумерации букв, построение слов по индуктивным правилам конкатенации). Неопределенность представления $S = L * \alpha_k * R \in A^*$ при активации k -ой подстановки устраняется предписанием использовать минимальную от начала слова S позицию вхождения левой части подстановки α_k , т.е. ориентироваться на минимальную длину собственного начала.

Впервые детерминированное уточнение активации правила преобразования слов дано в рамках алгоритмической продукционной системы А.А. Марковым [4], назвавшем такое правило формулой подстановки (продукцией). В составе продукции именные названия получили ее левая часть (образец (O)) и правая часть (подстановка/модификатор) (P). Схема детерминированной активации продукции по Маркову приведена на рисунке 1.

$$\left. \begin{array}{l} \xrightarrow{\quad} S=L_1OR_1 \\ \dots \\ S=L_iOR_i \\ \dots \\ S=L_mOR_m \end{array} \right\} \begin{array}{l} S=LOR, O \rightarrow P \\ S' = LPR \end{array}$$

Рисунок 1 – Схема детерминированной активации продукции над S : $O \rightarrow P$ – продукция, m – число вариантов разложения слова S , $L_1 \div L_m$ – упорядоченные по длине префиксы ($L_1 \subset \dots L_i \dots \subset L_m$), $R_1 \div R_m$ – упорядоченные по длине суффиксы ($R_m \subset \dots R_i \dots \subset R_1$)

Для задания, исследования и временной оптимизации ветвящихся процессов предлагается модифицированная система Туэ. Модифицированная система описывается следующим конструктивным объектом-кортежем:

$$(A, \mathcal{J}, I), \tag{2}$$

где A – алфавит, \mathcal{J} – множество правил преобразования над словами из A^* , I – внутренние встроенные слова для управления и акселерации преобразований над словами A^* .

В свою очередь, слово I в составе (2) имеет следующие слова: (Gn, LG) , где Gn – имена стратегий параллельных выводов для \mathcal{J} , LG – собственный язык специальных слов, описывающих конфликтные ситуации на левых частях правил преобразования.

Новизна модифицированной системы определяется введением иерархического включения в описание метауровня, содержащего управляющую информацию для реализации параллельных выводов в условиях недетерминированного срабатывания правил. Данное управляющее слово (слово метауровня) в составе модифицированной системы является первым отличительным признаком модификации. Второй отличительный признак в модифицированной системе связывается с использованием марковского вида и схемы активации продукции в \mathcal{J} , что позволяет задавать ветвящиеся вычислительные процессы на основе недетерминированного исполнения продукций из конечного множества разрешительных правил \mathcal{J} . Можно сказать, что исполнителям продукций предписано активировать продукции, но для генерации ветвящихся процессов они должны уметь их комбинировать в соответствии со своим внутренним состоянием.

Вычислительное ядро системы (2) составляет конечное определяющее множество продукций, имеющих разрешительную модальность исполнения. Левая фигурная скобка

обозначает, что речь идет о словах вида $O \rightarrow P$ в составе алфавита $A \cup \{\rightarrow\}$ модифицированной системы (2).

$$\mathfrak{S} : \begin{cases} O_1 \rightarrow P_1 \\ O_2 \rightarrow P_2 \\ \dots \\ O_n \rightarrow P_n \end{cases}, \quad (3)$$

где \mathfrak{S} – определяющее множество продукций, $O_1 \div O_n \in A^*$ – слова-образцы; $P_1 \div P_n \in A^*$ – слова-модификаторы; $\rightarrow \notin A$; $n \in \mathbb{N}$ – мощность множества \mathfrak{S} .

ЯЗЫК КОНФЛИКТНЫХ СЛОВ И ПРАВИЛА ИХ ГЕНЕРАЦИИ

Пусть задан $\pi \notin A^*$ и пусть из (3) выделены левые части продукций в отдельный конструктивный объект $\Theta = \pi O_1 \pi O_2 \pi O_3 \dots \pi O_n \pi$, являющийся исходным словом для генерации языка специальных слов, описывающих конфликтные ситуации на левых частях продукций. Далее описывается и формализуется рекурсивный алгоритм генерации множества конфликтных слов в части, касающейся аналитического описания счетного множества таких слов.

Множественные пересечения образцов продукций являются индикатором отношения зависимости между такими продукциями, т.е. для недетерминированного исполнения \mathfrak{S} отношения зависимости задают конфликтные ситуации применимости продукций. Конфликтная ситуация описывается конфликтным словом, на котором применимым считается подмножество продукций из (3), сопоставимых с обрабатываемым словом S . В реализационном контексте сущность конфликтной ситуации заключается в разрушении структуры фрагмента слова S при срабатывании одной продукции и неприменимости для срабатывания остальных сопоставимых продукций из конфликтного набора. В итоге конфликтная ситуация разрешается недетерминированным срабатыванием единственной приоритетной продукции на текущем шаге вывода, что не всегда целесообразно при выполнении вычислений.

Вместе с тем, описание конфликтной ситуации определяется только составом и структурой образцов, что позволяет до начала вычислений выполнить анализ множественных пересечений образцов и построить счетное множество конфликтных слов, т.е. определить язык конфликтных слов.

Множественные пересечения образцов в составе слова $\Theta = \pi O_1 \pi O_2 \pi O_3 \dots \pi O_n \pi$ будут обрабатываться на основе анализа парных пересечений образцов в составе слова Θ и построения для каждого пересечения соответствующего конфликтного слова с последующей обработкой уже конфликтных слов между собой. Далее без потери общности все теоретические построения языка обобщенных конфликтных слов можно вести на основе анализа двух продукционного определяющего множества \mathfrak{S} .

Конструктивная дизъюнкция вида [3] является компактной аналитической записью алгоритма поиска структурного пересечения пары образцов $O_i, O_j (i \neq j)$, понимаемых как конструктивные объекты (рис. 2).

$$(O_i^H = O_j^K) \vee (O_i^K = O_j^H) \vee (O_i = O_j^H O_i O_j^K) \vee (O_j = O_i^H O_j O_i^K) = 1, \quad (4)$$

где O_i^H, O_i^K – собственное начало и окончание i -ого образца, O_j^H, O_j^K – собственное начало и окончание j -ого образца.

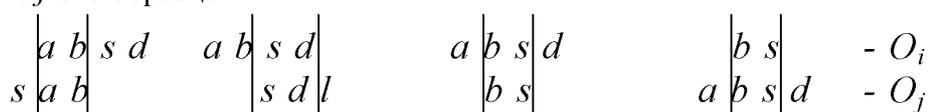


Рисунок 2 – Схемы пересечения образцов и обнаружения конфликтов

Третий и четвертый члены конструктивной дизъюнкции (4) задают алгоритм поиска вхождения образца O_i или O_j в структуру обрабатываемого слова (образца O_j или O_i

соответственно). Первые два члена конструктивной дизъюнкции (4) задают алгоритм поиска пересечений слов.

В рамках конструктивной математики процедура синтеза конфликтных слов, носящая рекурсивный характер, определяет композицию модуля генерации списка конфликтных слов (языка конфликтных слов). Данный язык будет представлять управляющий поток данных для реализации параллельных выводов в (2). В работе [5] доказана теорема о зацикливании и определены условия завершаемости процесса синтеза списка конфликтных слов в виде следующих конструктивных конъюнкций для пар образцов i, j ($i \neq j$):

$$(O_i^H = O_j^K) \& (O_j^H = O_i^K) = 1,$$

$$(K_i^H = K_j^K) \& (K_j^H = K_i^K) = 1,$$

где K_i^H, K_i^K – собственное начало и окончание i -ого конфликтного слова, K_j^H, K_j^K – собственное начало и окончание j -ого конфликтного слова.

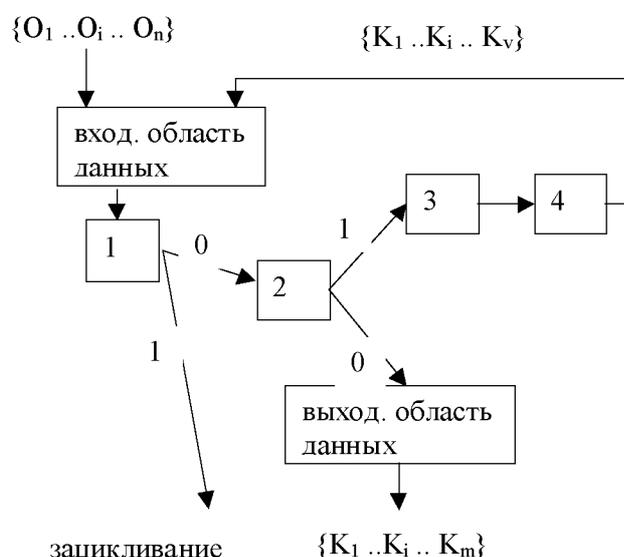


Рисунок 3 – Схема синтеза конфликтных слов: 1 – модуль проверки условия применимости, 2 – модуль поиска пересечений слов, 3 – модуль выделения слов-дополнений, 4 – модуль объединения слов

Доказано, что при одновременной истинности первого и второго членов конструктивной дизъюнкции (4) синтез конфликтных слов является незавершаемым процессом, на каждом последующем шаге которого синтезируется новая пара конфликтных слов с большей длиной. Вместе с тем, для практических приложений представляется необходимым иметь общий алгоритм распознавания таких особых конфликтных слов. Трактовка обрабатываемых слов S как конструктивных объектов, имеющих конечную длину, позволяет обнаружить вхождение обобщенных конфликтных слов, если будет задан общий их аналитический вид.

ТЕОРЕМА ОБ ОБОБЩЕННЫХ КОНФЛИКТНЫХ СЛОВАХ

Пусть истинными одновременно являются первый и второй члены конструктивной дизъюнкции пересечения образцов, тогда для каждой такой пары образцов генерируется счетное множество обобщенных конфликтных слов (язык обобщенных конфликтных слов), порождаемое рекурсивными зависимостями вида:

$$K_1^L = K_1^{L-1} (O_i^T O_i^K)^{(L+1) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L+2) \bmod 2},$$

$$K_2^L = K_2^{L-1} (O_i^T O_i^K)^{(L+2) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L+1) \bmod 2},$$

где L – уровень (номер рекурсии) K_1^L, K_2^L – конфликтные слова текущего уровня, K_1^{L-1}, K_2^{L-1} – конфликтные слова предыдущего уровня.

Доказательство.

Допустим, что истинность (4) определяется истинностью первого и второго членов одновременно.

Далее рассматриваются отношения между фрагментами образцов O_i и O_j и устанавливаются структурные свойства конфликтных слов.

Так как $O_i^H = O_j^K$ и $O_j^H = O_i^K$, то возможны следующие варианты пересечений (рис. 4) и генерация пары конфликтных слов путем объединения неповторяющихся фрагментов образцов O_i и O_j . В соответствии со схемой синтеза (рис. 3) конфликтные слова на первом уровне ($L=1$) имеют вид:

$$K_1^1 = O_i^H O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K,$$

$$K_2^1 = O_j^H O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K.$$

Анализ структур конфликтных слов первого уровня K_1^1 и K_2^1 показывает, что отношение симметричного пересечения слов сохранено (рис. 5), что порождает не завершаемый процесс генерации новых пар конфликтных слов.

$$\begin{aligned}
 \left. \begin{array}{l} O_i = O_i^H O_i^T O_i^K \\ O_j = O_j^H O_j^T O_j^K \end{array} \right\} & \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} O_i^H O_i^T \underline{O_i^H} \\ \underline{O_i^H} O_j^T O_j^K \end{array} \right. \text{ при } O_j^H = O_i^K \\
 & \left\{ \begin{array}{l} \underline{O_i^H} O_i^T O_i^K \\ O_j^H O_j^T \underline{O_i^H} \end{array} \right. \text{ при } O_i^K = O_j^H
 \end{aligned}$$

Рисунок 4 – Варианты пересечения образцов

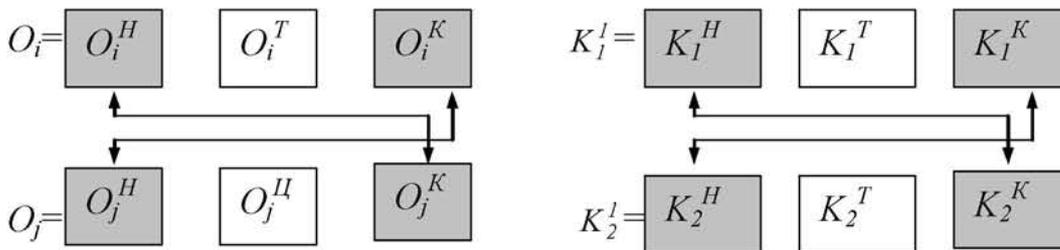


Рисунок 5 – Схемы симметричных пересечений образцов и конфликтных слов

Область пересечения пары конфликтных слов первого уровня описывается фрагментами слов $O_i^H O_i^T O_i^K$ и $O_j^H O_j^T O_j^K$ (рис.6), что определяет детерминированный процесс генерации пары конфликтных слов второго уровня:

$$\begin{aligned}
 K_1^2 &= O_i^H O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K, \\
 K_2^2 &= O_j^H O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left. \begin{array}{l} K_1 = O_i^H O_i^T O_i^K O_j^H O_j^K \\ K_2 = O_j^H O_j^T O_j^K O_i^H O_i^K \end{array} \right\} & \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} O_i^H O_i^T \underline{O_i^H} \underline{O_i^H} \underline{O_i^H} \\ \underline{O_j^H} \underline{O_j^H} \underline{O_j^H} O_i^T O_i^K \end{array} \right. \\
 & \left\{ \begin{array}{l} \underline{O_i^H} \underline{O_i^H} \underline{O_i^H} O_j^T O_j^K \\ O_j^H O_j^T \underline{O_i^H} \underline{O_i^H} \underline{O_i^H} \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

Рисунок 6 – Варианты пересечения конфликтных слов первого уровня

В соответствии со схемой синтеза конфликтных слов (рис. 3) на последующих уровнях генерируются новые пары конфликтных слов:

$$\begin{aligned}
 K_1^3 &= O_i^H O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K . \\
 K_2^3 &= O_j^H O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K . \\
 K_1^4 &= O_i^H O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K . \\
 K_2^4 &= O_j^H O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K .
 \end{aligned}$$

...

Сравнение конфликтных слов показывает, что рекурсивная процедура синтеза конфликтных слов текущего уровня сводится к правой конкатенации фрагментов слов $O_j^T O_j^K$ и $O_i^T O_i^K$ к конфликтным словам предыдущего уровня в зависимости от четности/нечетности уровня генерации L . Слова $I_1 = O_j^T O_j^K$ и $I_2 = O_i^T O_i^K$ далее будут называться словами-итераторами или кратко – итераторами, а полная запись пары конфликтных слов на уровне L имеет вид:

$$K_1^L = O_i^H (O_i^T O_i^K) (O_j^T O_j^K) \dots (O_i^T O_i^K) . \tag{5}$$

$$K_2^L = O_j^H (O_j^T O_j^K) (O_i^T O_i^K) \dots (O_j^T O_j^K) . \tag{6}$$

Дальнейший синтез языка обобщенных конфликтных слов LG и установление общности законов построения таких слов будут основаны на методе математической индукции.

Компактная рекурсивная запись определяется следующим образом

$$\begin{aligned}
 K_1^0 &= O_i \\
 K_2^0 &= O_j \\
 K_1^1 &= O_i^H O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K = O_i O_j^T O_j^K = K_1^0 O_j^T O_j^K = K_1^0 I_1 \\
 K_2^1 &= O_j^H O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K = O_j O_i^T O_i^K = K_2^0 O_i^T O_i^K = K_2^0 I_2 \\
 K_1^2 &= O_i^H O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K = K_1^1 O_i^T O_i^K = K_1^1 I_2 \\
 K_2^2 &= O_j^H O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K = K_2^1 O_j^T O_j^K = K_2^1 I_1 \\
 K_1^3 &= O_i^H O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K = K_1^2 O_j^T O_j^K = K_1^2 I_1 \\
 K_2^3 &= O_j^H O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K = K_2^2 O_i^T O_i^K = K_2^2 I_2 \\
 K_1^4 &= O_i^H O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K = K_1^3 O_i^T O_i^K = K_1^3 I_2 \\
 K_2^4 &= O_j^H O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K = K_2^3 O_j^T O_j^K = K_2^3 I_1
 \end{aligned}$$

.....

Таким образом, на нечетных значениях уровня L первое текущее конфликтное слово K_1^L получается правой конкатенацией к предыдущему конфликтному слову K_1^{L-1} итератора I_1 , а второе текущее конфликтное слово K_2^L – правой конкатенацией к слову K_2^{L-1} итератора I_2 . Соответственно на четных значениях уровня L первое текущее конфликтное слово K_1^L получается правой конкатенацией к предыдущему конфликтному слову K_1^{L-1} итератора I_2 , а второе текущее конфликтное слово K_2^L – правой конкатенацией к слову K_2^{L-1} итератора I_1 .

Чередования правой конкатенацией итераторов I_1 или I_2 зависит от свойства «четность/нечетность уровня L » и определяет аналитическую запись в виде однородной рекурсии (по номеру конфликтного слова)

$$K_1^L = K_1^{L-1} (O_i^T O_i^K)^{(L+1) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L+2) \bmod 2} . \tag{7}$$

$$K_2^L = K_2^{L-1} (O_i^T O_i^K)^{(L+2) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L+1) \bmod 2} \quad (8)$$

Пара формул (с однородными номерами слов) содержит в своих правых частях чередующиеся по свойству четности L итераторы $I_1 = O_j^T O_j^K$ и $I_2 = O_i^T O_i^K$. Для работы с итераторами и учета эффекта их чередования далее вводится понятие «степень слова».

Степень слова – это слово, значение которого зависит от степенной функции вида $(L \bmod 2)$ при $L \geq 2$

$$O^{L \bmod 2} = \begin{cases} O, & \text{если } (L \bmod 2) = 1 \\ \lambda, & \text{если } (L \bmod 2) = 0 \end{cases}$$

где λ – пустое слово.

В зависимости от свойства «четности» уровня L степень слова не изменяет значение слова или обращает его в пустое слово, что равносильно его исключению из формулы. Таким образом, правая конкатенация двух индексов I_1 и I_2 , записанных в степенях с соседними значениями L и $L+1$, обеспечивает чередующуюся вставку одного из них, что отражает фактически процессы генерации конфликтных слов.

Пусть $L=L_1$ – четное значение и пусть при L_1 верными являются формулы

$$K_1^{L_1} = K_1^{L_1-1} (O_i^T O_i^K)^{(L_1+1) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L_1+2) \bmod 2},$$

$$K_2^{L_1} = K_2^{L_1-1} (O_i^T O_i^K)^{(L_1+2) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L_1+1) \bmod 2}.$$

Согласно функции степени слова, имеем:

$$K_1^{L_1} = K_1^{L_1-1} (O_i^T O_i^K)^1 \lambda = K_2^{L_1-1} O_i^T O_i^K,$$

$$K_2^{L_1} = K_2^{L_1-1} \lambda (O_j^T O_j^K)^1 = K_2^{L_1-1} O_j^T O_j^K.$$

Относительно текущих значений конфликтных слов $K_1^{L_1}$ и $K_2^{L_1}$ значения на следующем уровне будут определяться для нечетного $L'_1 = L_1 + 1$:

$$K_1^{L_1+1} = K_1^{L_1} (O_i^T O_i^K)^{(L_1+2) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L_1+1) \bmod 2} = K_1^{L_1} \lambda (O_j^T O_j^K)^1 = K_1^{L_1} O_j^T O_j^K,$$

$$K_2^{L_1+1} = K_2^{L_1} (O_i^T O_i^K)^{(L_1+1) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L_1+2) \bmod 2} = K_2^{L_1} (O_i^T O_i^K)^1 \lambda = K_2^{L_1} O_i^T O_i^K.$$

С другой стороны, устанавливается непосредственное отношение вывода между верными по определению формулами конфликтных слов текущего уровня L (четное значение) и формулами следующего уровня $L+1$ (нечетное значение), выводимыми по аналитической зависимости.

Действительно,

$$K_1^{L_1+1} = K_1^{L_1} O_j^T O_j^K = K_2^{L_1-1} O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K,$$

$$K_2^{L_1+1} = K_2^{L_1} O_i^T O_i^K = K_2^{L_1-1} O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K,$$

что подтверждает состоятельность однородных рекурсивных формул для L -четного значения.

Пусть $L=L_2$ – нечетное значение и пусть при L_2 верными являются формулы:

$$K_1^{L_2} = K_1^{L_2-1} (O_i^T O_i^K)^{(L_2+1) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L_2+2) \bmod 2},$$

$$K_2^{L_2} = K_2^{L_2-1} (O_i^T O_i^K)^{(L_2+2) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L_2+1) \bmod 2}.$$

Согласно функции степени слова, имеем:

$$K_1^{L_2} = K_1^{L_2-1} \lambda (O_j^T O_j^K)^1 = K_2^{L_2-1} O_j^T O_j^K,$$

$$K_2^{L_2} = K_2^{L_2-1} (O_i^T O_i^K)^1 \lambda = K_2^{L_2-1} O_i^T O_i^K.$$

Относительно текущих значений конфликтных слов $K_1^{L_2}$ и $K_2^{L_2}$ значения на следующем уровне будут определяться для четного $L'_2 = L_2 + 1$:

$$K_1^{L_2+1} = K_1^{L_2} (O_i^T O_i^K)^{(L_2+2) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L_2+1) \bmod 2} = K_1^{L_2} (O_i^T O_i^K)^1 \lambda = K_1^{L_2} O_i^T O_i^K,$$

$$K_2^{L_2+1} = K_2^{L_2} (O_i^T O_i^K)^{(L_2+1) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L_2+2) \bmod 2} = K_2^{L_2} \lambda (O_j^T O_j^K)^1 = K_2^{L_2} O_j^T O_j^K.$$

С другой стороны, устанавливается непосредственное отношение вывода между верными по определению формулами конфликтных слов текущего уровня L (нечетное значение) и формулами следующего уровня $L+1$ (четное значение), выводимыми по аналитической зависимости.

Действительно,

$$K_1^{L_2+1} = K_1^{L_2} O_i^T O_i^K = K_2^{L_2-1} O_j^T O_j^K O_i^T O_i^K,$$

$$K_2^{L_2+1} = K_2^{L_2} O_j^T O_j^K = K_2^{L_2-1} O_i^T O_i^K O_j^T O_j^K,$$

что подтверждает состоятельность однородных рекурсивных формул для нечетного значения L .

Таким образом, для генерации языка конфликтных слов путем присоединения правой конкатенации чередующихся итераторов $I_1 = O_j^T O_j^K$ и $I_2 = O_i^T O_i^K$ имеются необходимые и достаточные условия в виде функции степени слова, что определяет общую значимость для любых значений L рекурсивных формул порождения языка обобщенных конфликтных слов вида:

$$K_1^L = K_1^{L-1} (O_i^T O_i^K)^{(L+1) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L+2) \bmod 2} \text{ и}$$

$$K_2^L = K_2^{L-1} (O_i^T O_i^K)^{(L+2) \bmod 2} (O_j^T O_j^K)^{(L+1) \bmod 2}.$$

Теорема доказана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение вычислительного формализма в виде исчислительных систем продукций, характеризуемых однородностью состава правил, естественным параллелизмом вычислений, связано с введением собственных законов преобразования информации, основанных на управлении вычислительными процессами потоком данных [6]. В составе управляющего потока данных выделена особая категория слов, описывающих полный перечень конфликтных ситуаций, что позволяет определить до начала вычислений степень параллелизма задачи и использовать эту информацию для координации работы неединичного множеств исполнителей. Построенная модифицированная система Туэ является основой для создания динамично реконфигурируемых многопроцессорных систем ОСИ, использующих конфликтные слова для оценки ветвлений множества продукционных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Успенский В.А., Семенов А.Л. Теория алгоритмов: основные открытия и приложения. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. (Библиотечка программиста). – 1987. – 288 с.
2. Марков А.А. Избранные труды. Т.2. Теория алгоритмов и конструктивная математика, математическая логика, информатика и смежные вопросы. – М.: МЦНМО, 2007. – 650 с.
3. Довгаль В.М. Методы модификации формальных систем обработки символьной информации. – Курск: КурскГТУ, 1996. – 114 с.
4. Марков А.А., Нагорный Н.М. Теория алгорифмов. – М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1984. – 432 с.
5. Титенко Е.А., Евсюков В.С. Продукционные системы и теорема о конфликтных словах // Известия Тульского государственного университета. Серия технол. системотехника. – Вып. 15, 2006. – С. 92-98.
6. Титенко Е.А. Продукционные системы как корректная модель недетерминированных символьных вычислений в реконфигурируемых мультипроцессорах. – Известия Тульского государственного университета. Серия технол. системотехника. – Вып. 15. – 2006. – С. 31-35.

Титенко Евгений Анатольевич

Юго-Западный государственный университет, г. Курск

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники
Тел.: 8 905 158 89 04
E-mail: johntit@mail.ru

Семенihin Евгений Анатольевич
Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Аспирант кафедры программного обеспечения вычислительной техники
Тел.: 8 903 727 87 10
E-mail: evgenii.semenikhin@gmail.com

Уряшева Марина Владимировна
Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Аспирант кафедры программного обеспечения вычислительной техники
Тел.: 8 906 690 63 88
E-mail: umv111@gmail.ru

E.A. TITENKO (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the department of the software of computer facilities*)
E.A. SEMENIHIN (*Post-graduate student of department of the software of computer facilities*)
M.V. URYASEVA (*Post-graduate student of department of the software of computer facilities*)
Southwest State University, Kursk

MODIFIED SYSTEM TUE AND LANGUAGE OF TOTAL CONFLICT WORDS FOR PRODUCTION OF PARALLEL COMPUTING

In the article the modification of nondeterministic Thue system for the joint work of many digital performers has been executed for the organization of parallel computations. The language of generalized conflict words, which allows you to specify the complete list of conflict situations, has been constructed, also the conditions of branching processes irrevocable generation have been realized.

Keywords: *system of productions; non-determinism; parallel processes; the conflict data.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Uspenskij V.A., Semyonov A.L. Teoriya algoritmov: osnovny'e otkry'tiya i prilozheniya. – M.: Nauka. Gl. red. fiz-mat. lit. (Bibliotekha programmista). – 1987. – 288 s.
2. Markov A.A. Izbranny'e trudy'. T. 2. Teoriya algoritmov i konstruktivnaya matematika, matematicheskaya logika, informatika i smezhny'e voprosy'. – M.: MCNMO, 2007. – 650 s.
3. Dovgal' V.M. Metody' modifikacii formal'ny'x sistem obrabotki simvol'noj informacii. – Kursk: KurskGTU, 1996. – 114 s.
4. Markov A.A., Nagornyj N.M. Teoriya algoritmov. – M.: Nauka. Gl. red. fiz-mat. lit., 1984. – 432 s.
5. Titenko E.A., Evsyukov V.S. Produkcionny'e sistemy' i teorema o konfliktny'x slovax // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya texnol. sistemotexnika. – Vy'p. 15, 2006. – S. 92-98.
6. Titenko E.A. Produkcionny'e sistemy' kak korrektnaya model' nedeterminirovanny'x simvol'ny'x vy'chislenij v rekonfiguriruemy'x mul'tiprocessorax. – Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya texnol. sistemotexnika. – Vy'p. 15. – 2006. – S. 31-35.

УДК 681.58; 631.17

А.А. РАБОЧИЙ

РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ СРЕДЫ ХРАНЕНИЯ

В статье рассматривается методика получения и использования информации о состоянии воздушной среды с целью организации защиты продукции от излишнего увлажнения. Определяется состояние, при котором возможна конденсация влаги из этой среды на поверхность продукции и ограждений. Предложен способ управления смесительным клапаном на основе математической модели процесса с учётом инерции датчиков температуры. Приведена блок-схема алгоритма действия локального управляющего устройства.

Ключевые слова: контроль; конденсация; защита; алгоритм.

В процессе управления микроклиматом в хранилищах определяющую роль играет управление вентиляционной системой. Режимы работы и виды вентиляционных систем определены требованиями технологических процессов в зависимости от вида хранимой продукции и других многочисленных факторов [1]. Процессы управления технологическим оборудованием, в том числе, и вентиляционным, основаны на использовании информации, получаемой с помощью информационно-измерительного комплекса. В состав комплекса входят датчики разного вида, средства контроля и сигнализации, приборы визуального контроля.

Средства контроля и измерения параметров микроклимата, входящие в состав информационно-измерительного комплекса, используются не только при выполнении технологических операций, но и для выполнения некоторых защитных функций системы, таких, как защита продукции от перегрева и переохлаждения [1].

Современные средства контроля и управления позволяют осуществить дополнительно защиту от чрезмерного увлажнения при попадании капельной влаги на поверхность и в массу продукции. Практика показывает, что несвоевременное обнаружение чрезмерного увлажнения продукции негативно влияет на качество хранимой продукции и работу оборудования [2]. Задача обнаружения и предотвращения условий излишнего увлажнения из-за конденсации влаги из вентилирующих воздушных потоков является актуальной для уменьшения потерь продукции при длительном хранении и для оптимизации энергетических затрат на выполнение технологических операций.

Организация контроля конденсации влаги на поверхность продукции имеет некоторые особенности. Они обусловлены способами обнаружения опасной ситуации, способами контроля параметров среды хранения, способами выбора состава и мест установки датчиков. В процессе управления микроклиматом преимущественно используют активную вентиляцию с подачей вентилирующего воздуха в массу продукции по схеме «снизу-вверх». В этом случае прохождение воздушного потока обеспечивается приточной вентиляционной системой по вентиляционным каналам через массу продукции в верхнюю зону, откуда вентилирующий воздух может выбрасываться в атмосферу или забираться для рециркуляции (рис. 1).

Обозначения на рисунке 1:

- 1 – приточная вентиляционная система;
- 2 – ограждающие конструкции;
- 3 – комбинированный датчик температуры и относительной влажности воздуха верхней зоны;
- 4 – датчик температуры внутренней поверхности потолочного ограждения;
- 5 – датчик температуры верхних слоёв массы продукции;
- 6 – система вытяжной вентиляции;
- 7 – датчик температуры нижних слоёв массы продукции;

8 – комбинированный датчик температуры и относительной влажности приточного воздуха
 в главном вентиляционном канале;
 9 – масса продукции;
 10 – комбинированный датчик температуры и относительной влажности наружного воздуха.

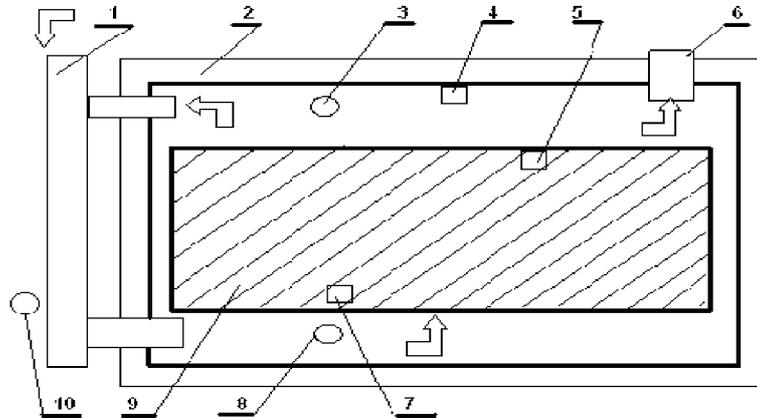


Рисунок 1 – Условная схема размещения контрольно-измерительных средств с учётом прохождения вентилярующего воздушного потока

Для вентиляции продукции используется вентиляционный воздушный поток, образованный смешиванием наружного и внутреннего воздуха. Вентиляция может осуществляться только наружным или внутренним воздухом. Параметры наружного воздуха (влажность, давление, температура) изменяются случайным образом, а параметры вентилярующего воздушного потока, проходящего сквозь массу продукции, будут определять термодинамическое состояние вентиляруемой продукции. По этой причине процессу образования вентилярующего потока, контролю и измерению его параметров следует уделять особое внимание [3]. Режим рециркуляции используется в процессе стабилизации температуры среды хранения не только при достижении заданных значений температуры массы, но и при наличии неблагоприятных для образования вентилярующих потоков с заданными параметрами внешних условий. Режим рециркуляции даёт возможность поддерживать заданную температуру в процессе самосогревания продукции при длительном хранении. На размещение информационных датчиков в пространстве среды хранения и контролируемой массе продукции, показанное условно на рисунке 1, влияют процессы самосогревания хранимой продукции, вид продукции, способ складирования, конструкции ограждений, способы образования вентилярующей смеси. С другой стороны, размещение, вид и количество датчиков зависит напрямую от тех задач, которые выполняет система управления микроклиматом. Функционально-логическая схема связей контрольно-измерительных средств с выполняемыми задачами в системе управления показана на рисунке 2.

Обозначения основных исполнительных органов: СК, ПСК – соответственно смесительный клапан, подогрев смесительного клапана; ПВ, ВВ – приточный и вытяжной вентиляторы; ОВЗ – обогреватель воздуха верхней зоны; ХМ – холодильная машина; ОГР – ограждающие конструкции; ВПР – воздухопроводы.

Обозначения параметров, измеряемых датчиками (датчики условно изображены прямоугольниками с утолщёнными линиями):

T_n, φ_n – соответственно температура и относительная влажность наружного воздуха;

$T_{пв}, \varphi_{пв}$ – температура и относительная влажность приточного воздуха;

$T_{ввз}, \varphi_{ввз}$ – температура и относительная влажность воздуха верхней зоны;

T_m – температура массы продукции;

$T_{пот}$ – температура внутренней стороны покрытия;

$T_{пк}, \phi_{пк}$ – температура и относительная влажность воздуха в вентиляционном канале.

Условия возникновения конденсации определяются по измеренным значениям температуры поверхностей и температуры и относительной влажности омывающих их потоков воздуха.

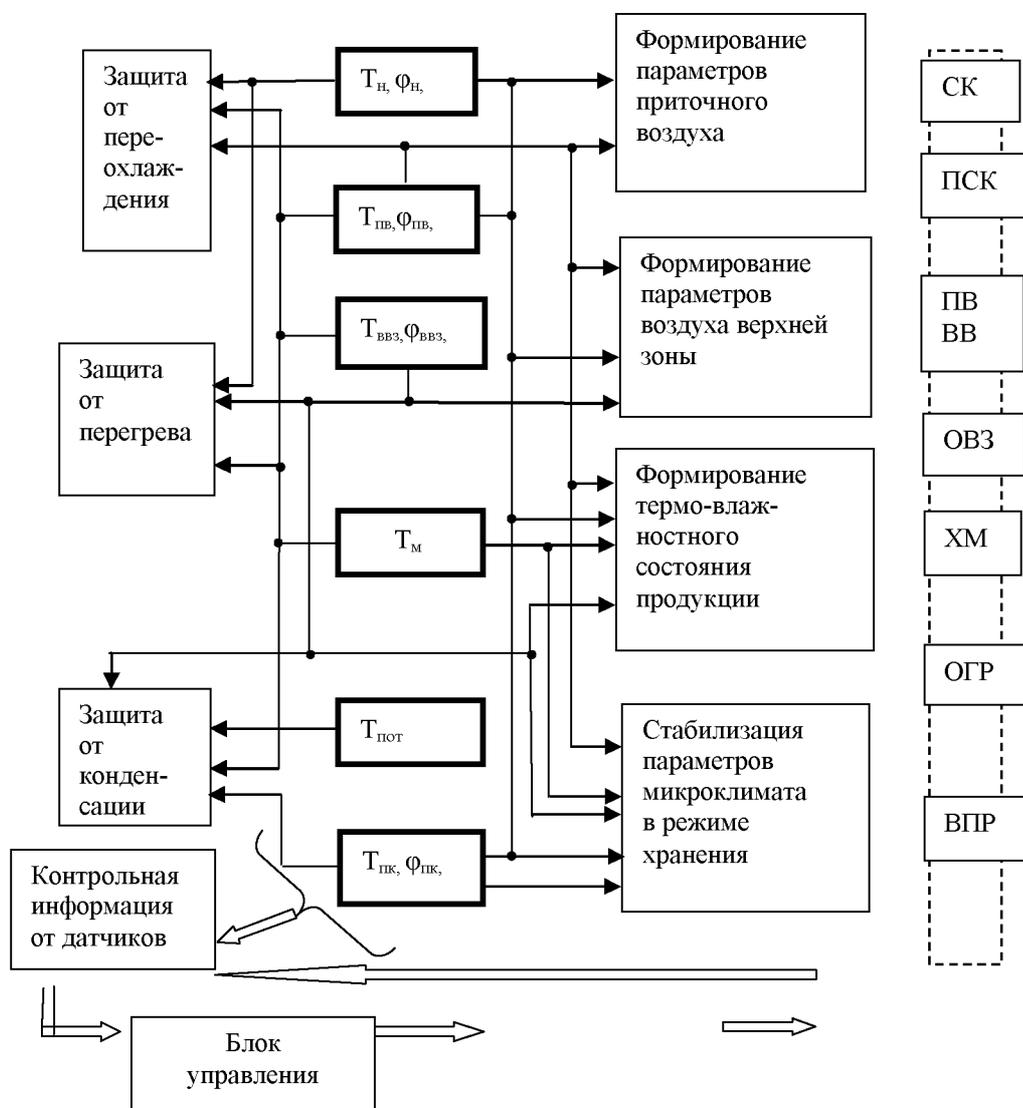


Рисунок 2 – Функционально-логическая схема связей контрольно-измерительных средств системы с выполняемыми задачами для основного комплекта оборудования

Для рассматриваемого вида автоматизированной системы управления микроклиматом структурная схема системы защиты от конденсации должна содержать три канала сигнализации о возможности и месте конденсации (рис. 3).

На рисунке 3 обозначены: 1,2,3 – блоки определения условий конденсации; 4 – блок обработки информации и сигнализации о ситуации на контролируемых объектах.

Отсутствие сигнала на выходе схемы свидетельствует об отсутствии условий для конденсации влаги. Наличие сигнала на выходах блока 4 и любого из блоков 1,2,3 укажет на область контролируемого пространства, где возможна конденсация из воздушной среды на поверхности, соприкасающиеся с вентилирующей воздушной средой. Алгоритмы действия системы управления исполнительными органами должны учитывать появление сигналов о возможности конденсации и обеспечивать формирование команд на ее предотвращение.

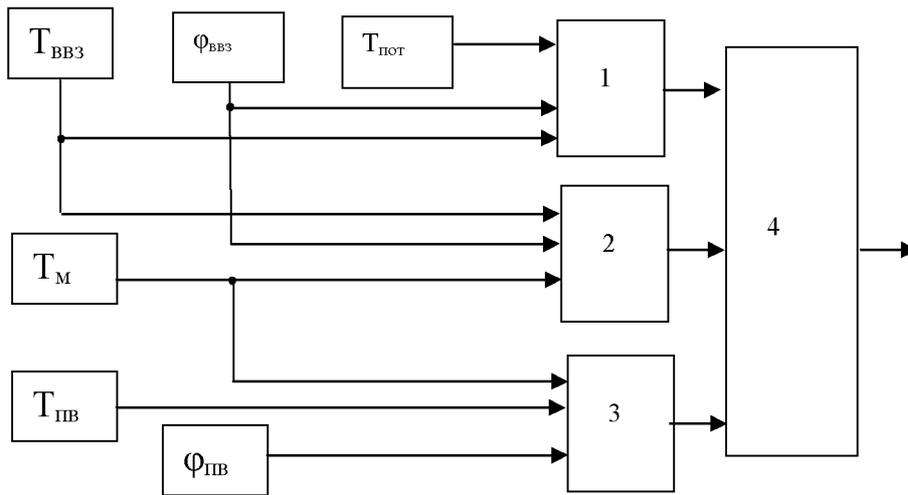


Рисунок 3 – Функциональная схема информационной части системы защиты от конденсации

Структурная схема системы регулирования температуры приточного воздуха (рис. 4) разработана с учетом инерционности измерителей в контуре регулирования.

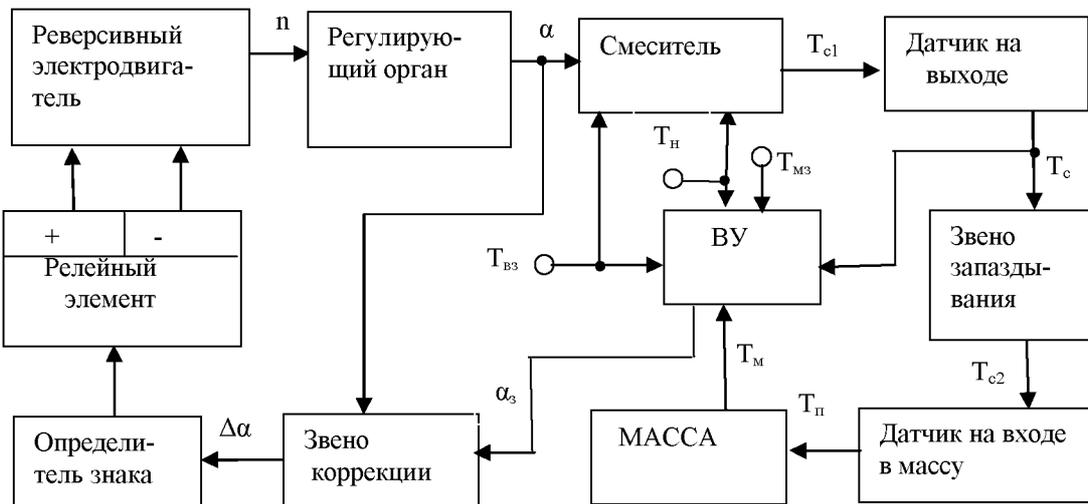


Рисунок 4 – Структурная схема системы регулирования температуры приточного воздуха с помощью смесительного клапана

Обозначения на рисунке 4: n – частота вращения ротора электродвигателя; α, α_3 – соответственно реальное и заданное значения угла поворота или величины смещения заслонки; T_{c1} – температура на выходе смесителя; T_c – температура, измеряемая датчиком в начале приточного воздуховода; T_{c2} – температура в приточном воздуховоде; T_{M3} – заданная температура массы;

T_n – наружная температура; T_{BB3} – температура воздуха верхней зоны; T_{PI} – температура приточного воздуха на входе в массу; $\Delta\alpha$ – рассогласование по углу поворота α ;

VU – вычислительное устройство.

В качестве регулируемого параметра используется величина α – угол поворота подвижного элемента смесительного клапана (либо величина смещения подвижного элемента для клапана с линейно перемещаемой заслонкой). Особенность структурной схемы – наличие вычислительного программируемого устройства, выполняющего функции задатчика с изменяющимся в зависимости от соотношения температур заданием по величине и направлению изменения угла α (рис. 4).

Укрупненная блок-схема алгоритма действия смесителя в процессе образования вентилирующей смеси показана на рисунке 5.

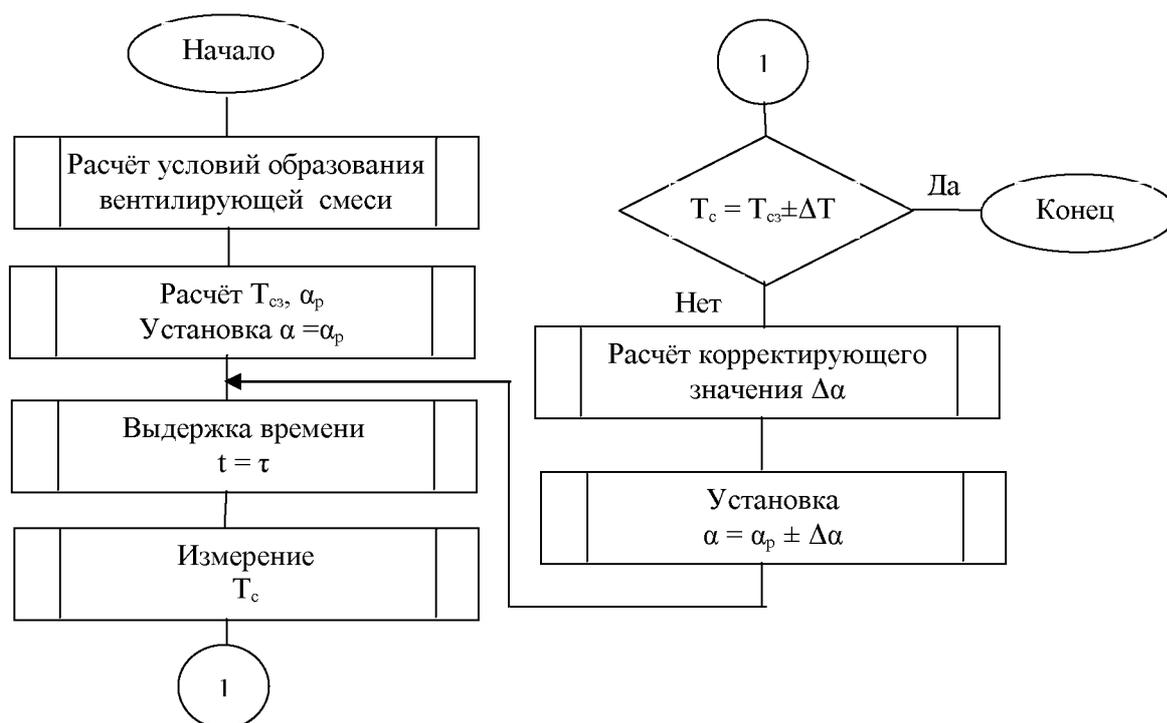


Рисунок 5 – Укрупненная блок-схема алгоритма действия смесителя в процессе образования вентилирующей воздушной смеси в режиме использования природного холода

Принцип работы системы регулирования заключается в следующем. По информации, полученной от датчиков, определяется возможность формирования смеси с нужной температурой. Вычисляется расчетное значение угла поворота подвижного элемента и принудительно устанавливается реальное значение угла, равное расчетному, и начинается отсчёт промежутка времени, достаточного для получения установившихся данных от датчиков. После окончания заданного интервала времени измеряют изменившуюся температуру на выходе смесительного клапана. При отклонении температуры от заданной определяется величина и знак отклонения, вычисляется и устанавливается скорректированное значение угла поворота. Вентиляция происходит посредством воздуха с температурой выходного потока, соответствующей установленному и скорректированному значению угла поворота. Система работает в режиме слежения за изменением условий образования вентилирующей смеси в соответствии с изменением параметров наружного и внутреннего воздуха.

Алгоритм является основой для разработки программного обеспечения локального контроллера, управляющего смесительным клапаном. Функцию защиты от конденсационного увлажнения продукции должен выполнять тот же локальный контроллер, информационно связанный с групповым контроллером. В этом случае условия, при которых возникает конденсация влаги из вентилирующего воздуха, можно предсказать, используя сигналы датчиков, измеряющих температуру поверхности продукции и ограждающих конструкций. За счет разделения функций между локальными и групповыми контроллерами существенно повышается эксплуатационная надежность всей системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 368 с.

2. Рабочий А.А. Опыт эксплуатации устройств управления микроклиматом в хранилище // Картофель и овощи. – 2004. – № 6. – С. 21.
3. Рабочий А.А. Использование смесительного устройства в условиях активного вентилирования хранилищ // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 9. – С. 79-80.

Рабочий Александр Александрович

Государственный университет – УНПК, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры ЭВТИБ

Тел.: 8 (4862) 77-94-08

A.A. RABOTCHY (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the department «Electronics, computer facilities and information security» State University – ESPC, Orel*)

REALIZATION OF PROTECTIVE FUNCTIONS IN THE SYSTEM OF CLIMATE CONTROL OF STORAGE ENVIRONMENT

The article examines a method to obtain and use information on the status of the air environment to protect the production from excessive moisture. The article defines the condition in which moisture condensation from this environment is available on the surface of the production and fences.

The author proposes a method of controlling the mixing valve based on a mathematical model of the process taking into account the inertia of the temperature sensors. The block diagram of the action algorithm of the local control unit is presented.

Keyword: control; condensation; protection; algorithm.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Borodin I.F., Nedil'ko N.M. Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh processov. – M.: Agropromizdat, 1986. – 368 s.
2. Rabochij A.A. Opy't e'kspluatatsii ustrojstv upravleniya mikroklimate v xranilishhe // Kartofel' i ovoshhi. – 2004. – № 6. – S. 21.
3. Rabochij A.A. Ispol'zovanie smesitel'nogo ustrojstva v usloviyax aktivnogo ventelirovaniya xranilishh // Xranenie i pererabotka sel'xozsy'r'ya. – 2006. – № 9. – S. 79-80.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Для оценки выходных характеристик систем бесперебойного электроснабжения предлагается использование математического моделирования. Для получения математической модели применена теория систем автоматического регулирования и метод переменных состояния.

Ключевые слова: система бесперебойного электроснабжения; динамическая система; дифференциальное уравнение; схема моделирования; матрица; управляемость; функция.

Всесторонний анализ организации электроснабжения телекоммуникационных центров показал, что государственные сети не в состоянии обеспечить непрерывное электроснабжение телекоммуникационной аппаратуры и она нуждается в использовании систем бесперебойного электроснабжения. Наиболее часто нарушаемым и оказывающим наибольшее влияние на аппаратуру связи параметром электроэнергии являются отклонения напряжения (провалы). Установлено, что до 80% всех отказов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) связано с некачественным электроснабжением, из них до 50% по причине возникновения отклонений напряжения (провалов).

Проверка выходных параметров систем электроснабжения обычно проводится путем наброса 100% нагрузки в процессе проведения автономных и комплексных испытаний при принятии их в эксплуатацию. Это приводит к возникновению динамических режимов и появлению отклонений напряжения, существенно превышающих их значения в статических режимах. Представляет значительный интерес задача по оценке выходных характеристик СБЭ при ее проектировании. Данная задача может быть решена с использованием моделирования. РЭА, построенная на базе интегральных микросхем и микропроцессоров, очень критична к качеству питающего напряжения [1], в связи с этим требования, предъявляемые к качеству электрической энергии, возрастают. В настоящее время на узлах связи и телекоммуникационных центрах широко применяются СБЭ, построенные на базе статических преобразователей.

Определим выходные координаты СБЭ, состоящей из выпрямительного устройства, аккумуляторной батареи (никель-кадмиевых) и инвертора, используя метод переменных состояния [2]. Для определения выходных координат воспользуемся передаточными функциями функциональных устройств СБЭ при набросе на них 100% нагрузки [3, 4, 5], а именно: передаточной функцией выпрямительного устройства $W(p) = \frac{k_1}{T_0^2 p^2 + T_1 p + 1}$;

передаточной функцией химического источника тока $W_1(p) = k \frac{T_n p + 1}{T_u p + 1}$;

функцией инвертора $W(p) = \frac{k}{T p + 1}$.

Структурная схема данной СБЭ будет иметь вид:

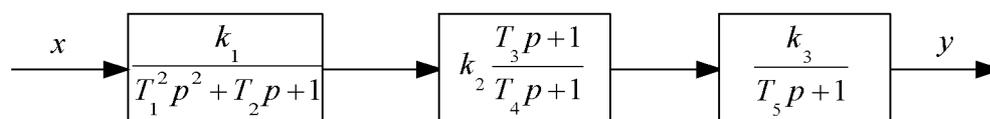


Рисунок 1 – Структурная схема СБЭ

Используя передаточные функции функциональных звеньев СБЭ и его структурную схему, результирующая передаточная функция запишется следующим образом:

$$W(p) = W_1(p)W_2(p)W_3(p) = \frac{k_1}{T_1^2 p^2 + T_2 p + 1} \cdot k_2 \frac{T_3 p + 1}{T_4 p + 1} \cdot \frac{k_3}{T_5 p + 1} =$$

$$= \frac{k_1 k_2 k_3 (T_3 p + 1)}{T_1^2 T_4 T_5 p^4 + (T_1^2 T_4 + T_1^2 T_5 + T_2 T_4 T_5) p^3 + (T_1^2 + T_2 T_4 + T_2 T_5 + T_4 T_5) p^2 + (T_2 + T_4 + T_5) p + 1} \quad (1)$$

Обозначив $G = \frac{k_1 k_2 k_3 T_3}{T_1^2 T_4 T_5}$; $Q = \frac{k_1 k_2 k_3}{T_1^2 T_4 T_5}$; $\alpha_3 = \frac{T_1^2 T_4 + T_1^2 T_5 + T_2 T_4 T_5}{T_1^2 T_4 T_5}$;

$$\alpha_2 = \frac{T_1^2 + T_2 T_4 + T_2 T_5 + T_4 T_5}{T_1^2 T_4 T_5}; \alpha_1 = \frac{T_2 + T_4 + T_5}{T_1^2 T_4 T_5}; \alpha_0 = \frac{1}{T_1^2 T_4 T_5}$$

и обозначив входную и выходную переменные как x и y соответственно, а также учитывая коэффициенты при свободных членах, исходное дифференциальное уравнение СБЭ можно записать в виде:

$$y = \frac{Gp + Q}{p^4 + \alpha_3 p^3 + \alpha_2 p^2 + \alpha_1 p + \alpha_0} x \quad (2)$$

или

$$(p^4 + \alpha_3 p^3 + \alpha_2 p^2 + \alpha_1 p + \alpha_0)y = (Gp + Q)x. \quad (3)$$

Осуществляя переход к уравнениям состояния, по заданным коэффициентам дифференциального уравнения α_i и β_i определим коэффициенты a_i и b_i уравнения состояния:

$$\begin{aligned} a_0 &= \alpha_0; a_1 = \alpha_1; a_2 = \alpha_2; a_3 = \alpha_3; \\ b_0 &= \beta_4 = 0; \\ b_1 &= \beta_3 - \alpha_3 b_0 = 0; \\ b_2 &= \beta_2 - \alpha_3 b_1 - \alpha_2 b_0 = 0; \\ b_3 &= \beta_1 - \alpha_3 b_2 - \alpha_2 b_1 - \alpha_1 b_0 = 0; \\ b_4 &= \beta_0 - \alpha_3 b_3 - \alpha_2 b_2 - \alpha_1 b_1 - \alpha_0 b_0 = G + Q. \end{aligned} \quad (4)$$

Обозначив переменные состояния ψ_i и представив уравнение состояния в нормальной форме

$$p^4 y = -(\alpha_0 \psi_1 + \alpha_1 \psi_2 + \alpha_2 \psi_3 + \alpha_3 \psi_4) + b_4 x, \quad (5)$$

составим схему моделирования исследуемой СБЭ:

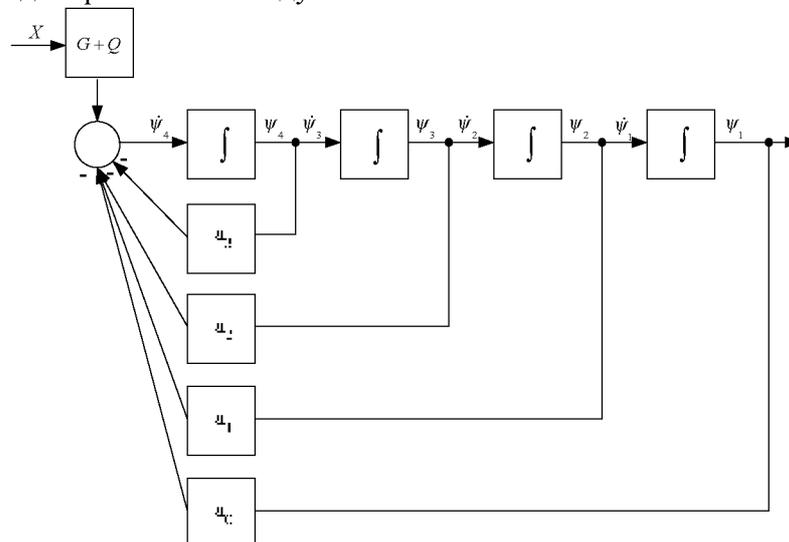


Рисунок 2 – Схема моделирования СБЭ

В матричной форме система уравнений состояния для рассматриваемой СБЭ будет иметь вид:

$$\begin{bmatrix} \dot{\psi}_1 \\ \dot{\psi}_2 \\ \dot{\psi}_3 \\ \dot{\psi}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\alpha_0 & -\alpha_1 & -\alpha_2 & -\alpha_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \psi_3 \\ \psi_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ G+Q \end{bmatrix} x$$

$$Y = [1 \ 0 \ 0 \ 0] \cdot \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \psi_3 \\ \psi_4 \end{bmatrix} \quad (6)$$

или в компактной форме

$$\begin{aligned} \dot{\psi} &= A\psi + Bx \\ Y &= C\psi \end{aligned} \quad (7)$$

В связи с тем, что отсутствует непосредственная связь входа и выхода СБЭ, матрица D является нулевой, соответственно, в правой части второго уравнения второй член отсутствует.

Вычислим матричную экспоненциальную функцию e^{At} , для чего воспользуемся ее разложением в бесконечный ряд:

$$e^{At} = 1 + At + \frac{A^2 t^2}{2!} + \dots + \frac{A^n t^n}{n!} + \dots \quad (8)$$

Для приближенной оценки с учетом величины дискретного шага вычисления выходной координаты ограничимся первыми двумя членами разложения.

С учетом принятых допущений, рассматривая $\dot{\psi} = \frac{\Delta\psi}{T_0}$, $t = kT_0$, $k = \overline{0, r}$, решение уравнения для определения выходной координаты представим в виде:

$$\Delta\psi = T_0 A\psi + T_0 Bx \quad (9)$$

Воспользовавшись полученной приближенной формулой для расчета вектора переменных состояния, переходная матрица состояний для рассматриваемой системы определится как:

$$\begin{aligned} \Phi &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & T_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & T_0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & T_0 \\ -\alpha_0 T_0 & -\alpha_1 T_0 & -\alpha_2 T_0 & -\alpha_3 T_0 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 1 & T_0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & T_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & T_0 \\ -T_0 \alpha_0 & -T_0 \alpha_1 & -T_0 \alpha_2 & (1 - T_0 \alpha_3) \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (10)$$

Выражения для определения состояний ψ_1 , ψ_2 , ψ_3 , ψ_4 запишем, приняв начальное условие $\psi_1(0) = \psi_2(0) = \psi_3(0) = \psi_4(0) = 0$, используя уравнение состояния и переходную матрицу состояний:

$$\begin{aligned} \psi_1(k+1) &= \psi_1(k) + T_0 \psi_2(k), \\ \psi_2(k+1) &= \psi_2(k) + T_0 \psi_3(k), \\ \psi_3(k+1) &= \psi_3(k) + T_0 \psi_4(k), \\ \psi_4(k+1) &= -T_0 \alpha_0 \psi_1(k) - T_0 \alpha_1 \psi_2(k) - T_0 \alpha_2 \psi_3(k) + (1 - T_0 \alpha_3) \psi_4(k) + T_0 (G+Q)x. \end{aligned} \quad (11)$$

Переменные состояния $\psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4$ определяются, принимая последовательно $k = 0, 1, 2, \dots, r$, учитывая нулевые предначальные условия $\psi_1(0) = \psi_2(0) = \psi_3(0) = \psi_4(0) = 0$ или:

при $k = 0$ $\psi_1(1) = 0, \psi_2(1) = 0, \psi_3(1) = 0, \psi_4(1) = T_0(G + Q)x$;

при $k = 1$ $\psi_1(2) = 0, \psi_2(2) = 0, \psi_3(2) = T_0\psi_4(1), \psi_4(2) = (1 - T_0\alpha_3)\psi_4(1) + T_0(G + Q)x$;

при $k = 2$ $\psi_1(3) = 0, \psi_2(3) = T_0\psi_3(2),$

$$\psi_3(3) = \psi_3(2) + T_0\psi_4(2), \psi_4(3) = -T_0\alpha_2\psi_3(2) + (1 - T_0\alpha_3)\psi_4(2) + T_0(G + Q)x;$$

при $k = 3$ $\psi_1(4) = T_0\psi_2(3), \psi_2(4) = \psi_2(3) + T_0\psi_3(3);$

$$\psi_3(4) = \psi_3(3) + T_0\psi_4(3),$$

$$\psi_4(4) = -T_0\alpha_1\psi_2(3) - T_0\alpha_2\psi_3(3) + (1 - T_0\alpha_3)\psi_4(3) + T_0(G + Q);$$

при $k = 4$ $\psi_1(5) = \psi_1(4) + T_0\psi_2(4), \psi_2(5) = \psi_2(4) + T_0\psi_3(4),$

$$\psi_3(5) = \psi_3(4) + T_0\psi_4(4),$$

$$\psi_4(5) = -T_0\alpha_0\psi_1(4) - T_0\alpha_1\psi_2(4) - T_0\alpha_2\psi_3(4) + (1 - T_0\alpha_3)\psi_4(4) + T_0(G + Q)x;$$

и так далее.

Переходные отклонения в точках $k = 0, 1, 2, \dots, r$ определяются согласно второму уравнению системы (6).

Постоянные дифференциального уравнения получим, воспользовавшись справочными данными, а затем сведем их в таблицу коэффициентов.

Учитывая полученные значения постоянных времени, вычислим и представим в форме табличных значений коэффициенты дифференциального уравнения при операторах соответствующих степеней.

Таблица 1 – Численные значения коэффициентов передаточных функций элементов СБЭ

Постоянные коэффициенты	k_1	k_2	k_3	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	G	Q
Численные значения	10	0,472	0,13	$5,01 \cdot 10^{-7}$	$3,95 \cdot 10^{-11}$	0,019	0,032	$0,11 \cdot 10^{-3}$	$1,32 \cdot 10^{16}$	$6,945 \cdot 10^{17}$

Таблица 2 – Численные значения коэффициентов матричного дифференциального уравнения динамики СБЭ

Коэффициенты ДУ	α_3	α_2	α_1	α_0	β_0
Численные значения	$5,897 \cdot 10^{12}$	$2,532 \cdot 10^{21}$	$2,309 \cdot 10^{25}$	$7,192 \cdot 10^{26}$	$7,077 \cdot 10^{17}$

Располагая временем переходных процессов отдельных агрегатов, задаем ориентировочную длительность переходного процесса в рассматриваемой дискретной цепи $t_{пер}$ (для рассматриваемой цепи примем $t_{пер} = 0,08$ с). В зависимости от необходимой точности расчетов выбираем интервал дискретизации T_0 . Для $k = 1, 2, \dots, 200$ примем $T_0 = 4 \cdot 10^{-4}$.

В таблице 3 сведены расчетные данные выходной координаты рассматриваемой СБЭ при набросе 100% нагрузки, а на рисунке 3 – расчетная кривая выходного напряжения.

Таблица 3 – Расчетные значения выходной координаты исследуемой СБЭ при набросе 100% нагрузки

k	1	2	3	4	5	6	7	8
ψ_1	0	0	157,7	218,8	24,76	-208,3	-12,09	78,62
k	9	10	11	12	13	14	15	16
ψ_1	197	136,98	3,54	-18,45	-190,7	-13,6	4,81	89,17
k	...	...	...	...	169	170	...	200
ψ_1	...	...	...	...	-216,04	-182,13	...	218,07

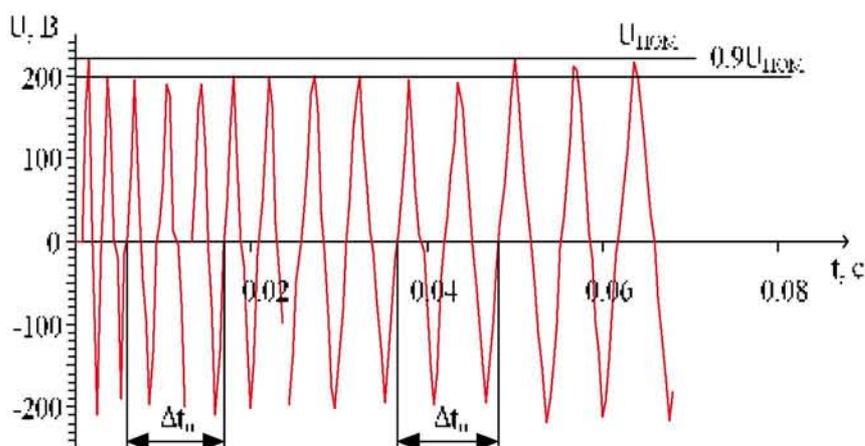


Рисунок 3 – График расчетной функции выходного напряжения СБЭ

Проведенное моделирование показало, что в данной системе за время ориентировочной длительности переходного процесса $t_{пер} = 0,08$ с, возникло два провала напряжения длительностью $\Delta t_{нн}$ 0,01 с и 0,012 с соответственно. Данные провалы напряжения не приведут к сбою аппаратуры связи и другого телекоммуникационное оборудование, и, как следствие, передаваемая информация будет передана с заданной достоверностью в заданное время. Использование метода переменных состояния позволяют исследовать СБЭ любой сложности, адекватно описывая динамику происходящих в них процессов при набросе (сбросе) 100% нагрузки. Погрешность определения выходных координат не превышает 7% [1].

Предполагается, что нормы на другие показатели, такие, как отклонение частоты, коэффициент небаланса напряжений, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, могут быть обеспечены на последующих этапах разработки системы путем проведения конструктивных мер без изменения структурной схемы системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорольский В.Я., Ершов А.Б. Оценка влияния качества напряжения на работу радиоэлектронной аппаратуры // Труды учебных заведений связи. – СПб: СГУТС, 1999. – Вып. 164. – С. 173-176.
2. Деруссо П., Рой Р., Клоуз Ч. Пространство состояний в теории управления (для инженеров). – М.: Наука, 1970. – 620 с.
3. Хорольский В.Я., Ковалевский С.Г. Экспериментальное определение динамических характеристик химических источников тока информационных систем // Информационные системы и технологии. – Орел: Орел ГТУ, 2009. – Вып. 6/56(569). – С. 124-128.
4. Клюев А.С. Автоматическое регулирование. – М.: Энергия, 1968. – 344 с.

5. Хорольский В.Я., Ковалевский С.Г. Теоретические и экспериментальные исследования динамических режимов работы элементов систем бесперебойного электроснабжения информационно-вычислительных центров // Обозрение прикладной и промышленной математики / под ред. Ю.В. Прохорова. – М.: ОПиПМ, 2010. – Т. 17. – Вып. 3. – С. 472.

Ковалевский Сергей Георгиевич

Военная академия связи, г. Санкт-Петербург

Адъюнкт кафедры № 4

E-mail: ksst83@mail.ru

S.G. KOVALEVSKIY

Adjunct to Military academy relationship, St.-Petersburg

**MATHEMATICAL MODELLING OF DYNAMIC OPERATING MODES OF SYSTEMS
OF THE UNINTERRUPTED ELECTRICAL SUPPLY**

Use of mathematical modeling is offered For estimation of the output features of the systems of steady supply. For reception of the mathematical model applying theory systems of the automatic regulation and method variable conditions.

Keywords: *system of steady supply; dynamic system; differential equation; scheme of modeling; matrix; controllability; function.*

BIBLIOGRAPHY(TRANSLITERATED)

1. Xorol'skij V.Ya., Ershov A.B. Ocenka vliyaniya kachestva napryazheniya na rabotu radioe'lektronnoj apparatury' // Trudy' uchebny'x zavedenij svyazi. – SPb.: SGUTS, 1999. – Vy'p. 164. – S. 173-176.
2. Derusso P., Roj R., Klouz Ch. Prostranstvo sostoyanij v teorii upravleniya (dlya inzhenerov). – M.: Nauka, 1970. – 620 s.
3. Xorol'skij V.Ya., Kovalevskij S.G. E'ksperimental'no opredelenie dinamicheskix xarakteristik ximicheskix istochnikov toka informacionny'x sistem // Informacionny'e sistemy i tekhnologii / pod red. G.A. Konstantinovej, A.I. Motinoj, A.A. Mitina. – Oryol: OryolGTU, 2009. – Vy'p. 6/56(569). – S. 124-128.
4. Klyuev A.S. Avtomaticheskoe regulirovanie. – M.: E'nergiya, 1968. – 344 s.
5. Horol'skij V.Ya., Kovalevskij S.G. Teoreticheskie i e'ksperimental'ny'e issledovaniya dinamicheskix rezhimov raboty' e'lementov system besperebojnogo e'lektrosnabzheniya informacionno-vy'chislitel'ny'x centrov//Obozrenie prikladnoj i promy'shlennoj matematiki /pod red. Yu.V. Proxorova. – M.:OPiPM, 2010/ – Т. 17. – Vy'p. 3/ – S. 472.

УДК 532.5

Е.П. КОРНАЕВА

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В КОНФУЗОРЕ

Исследуется напорное течение вязкой несжимаемой жидкости в диффузорном канале. Математическая модель основана на уравнениях Навье-Стокса и неразрывности и реализуется методом контрольных объемов. В качестве результатов приводятся поля скоростей, давлений и расход жидкости.

Ключевые слова: напорное течение; вязкая несжимаемая ньютоновская жидкость; метод контрольных объемов; поле скоростей; поле давлений; расход жидкости.

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование напорных течений вязких жидкостей в каналах различной геометрии является важной задачей гидродинамики и имеет прикладной характер. В настоящей статье рассматривается напорное ламинарное течение вязкой несжимаемой жидкости в канале, образованном двумя пластинами, одна из которых наклонена к другой. Несмотря на простоту геометрии области, реализация математической модели, описывающей такое течение, является сложной задачей, а известные аналитические решения получены при существенных допущениях [1] и не могут быть применены в данном случае. Базовыми уравнениями математической модели являются уравнения Навье-Стокса и неразрывности, которые реализованы методом контрольных объемов. Совместное численное решение этих уравнений зачастую приводит к расходимости процесса расчета, т.к. из-за уравнения неразрывности матрица коэффициентов перед неизвестными содержит блок нулей в главной диагонали. К тому же дополнительные сложности вносят нелинейные слагаемые уравнения Навье-Стокса.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматривается течение вязкой несжимаемой жидкости в плоском канале, образованном двумя неподвижными пластинами, изображенными на рисунке 1, верхняя пластина наклонена под углом θ к нижней. Минимальная и максимальная ширина канала составляет h_{01} и h_{02} соответственно. Длина канала равна L . Жидкость подается с одного торца под давлением P_1 в направлении сужения канала и вытекает с противоположного торца под давлением P_0 . Процесс считается стационарным и изотермическим, жидкость принимается вязкой несжимаемой ньютоновской. На пластинах действуют условия прилипания.

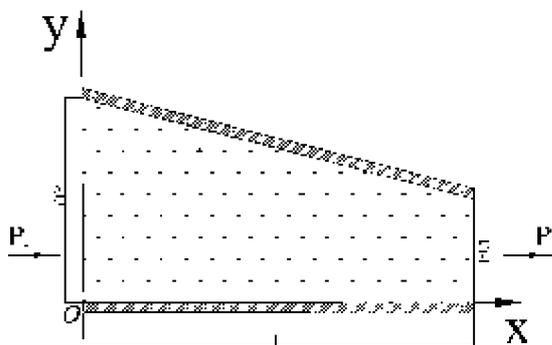


Рисунок 1 – Расчетная область

Система уравнений, описывающих течение в декартовых координатах, в скалярной форме имеет вид¹:

¹ В работе используется правило А. Эйнштейна суммирования по повторяющимся индексам и исключение из него А.И. Лурье

$$\begin{cases} \rho V_{x_i} \frac{\partial V_{x_k}}{\partial x_i} = -\frac{\partial P}{\partial x_k} + \mu \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial V_{x_k}}{\partial x_j} \right); \\ \frac{\partial V_{x_i}}{\partial x_i} = 0; \end{cases} \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости;

$\vec{V} = [[V_x \ V_y \ V_z]]$ – вектор скорости;

$x_1 = x, x_2 = y$ – координаты;

P – функция давления;

μ – динамическая вязкость жидкости.

Граничные условия для вектора скорости имеют вид:

на пластинах –

$$\vec{V}(x,0) = [[0 \ 0]], \quad \vec{V}(x,h(x)) = [[0 \ 0]], \quad (2)$$

где $h(x) = -\beta x + h_{02}$ – уравнение верхней границы канала;

$\beta = \text{tg}\theta$ – тангенс угла наклона верхней границы канала;

на торцах –

$$\left. \frac{\partial V_i}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial V_i}{\partial x} \right|_{x=L} = 0.$$

Граничные условия для функции давления определяются на торцах как давление подачи и слива:

$$P(0,y) = P_1, \quad P(L,y) = P_0; \quad (3)$$

на пластинах –

$$\left. \frac{\partial P}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial P}{\partial \vec{n}} \right|_{\vec{n} \perp h(x)} = 0.$$

РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Для получения дискретного аналога был применен метод контрольных объемов [2]. В левую часть проекций уравнения Навье-Стокса системы (1) были добавлены слагаемые из уравнения неразрывности, умноженные на соответствующую компоненту скорости $\rho V_{x_k} (\nabla \cdot \vec{V})$, после чего каждое уравнение проинтегрировано по контрольным объемам (КО), представленным на рисунке 2 а, б.

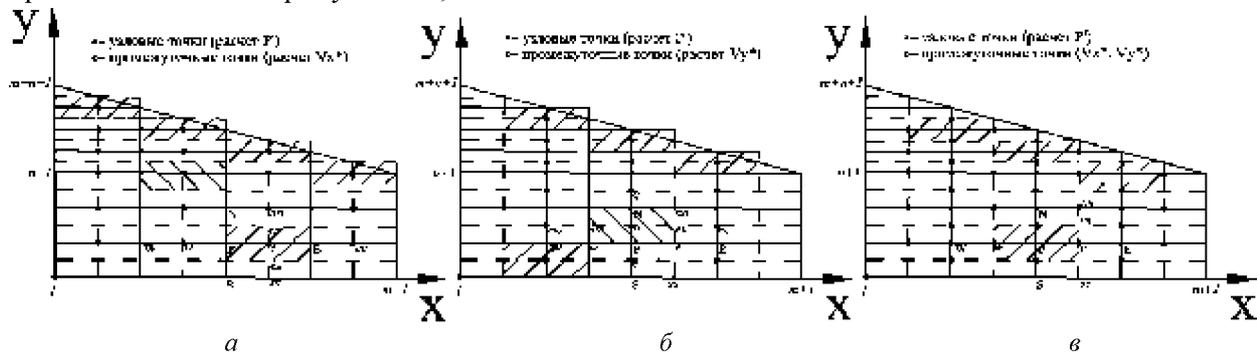


Рисунок 2 – Контрольные объемы

а – интегрирование проекции уравнения Навье-Стокса на ось Ox ; *б* – интегрирование проекции уравнения Навье-Стокса на ось Oy ; *в* – интегрирование уравнения неразрывности

После интегрирования в проекции уравнения Навье-Стокса входят только производные первого порядка, которые аппроксимируются, исходя из предположения об экспоненциальном профиле компонент скорости [2]. В результате дискретные аналоги проекций уравнения Навье-Стокса примут вид:

$$a_e V_{x_e} = a_E V_{x_{ee}} + a_P V_{x_{\omega}} + a_{en} V_{x_{nn}} + a_{es} V_{x_{ss}} + (P_P - P_E) \Delta y \quad (4)$$

$$a_n V_{y_n} = a_{en} V_{y_{ne}} + a_{\omega n} V_{y_{n\omega}} + a_N V_{y_{nq}} + a_P V_{y_s} + (P_P - P_N) \Delta x, \quad (5)$$

где $a_E = \frac{\rho V_{x_E} \Delta y}{\exp(Pe_E) - 1}$, $a_P = \rho V_{x_P} \Delta y \left(1 + \frac{1}{\exp(Pe_P) - 1} \right)$, $a_E = \frac{\rho V_{y_{en}} \Delta x}{\exp(Pe_E) - 1}$,

$$a_P = \rho V_{y_{en}} \Delta x \left(1 + \frac{1}{\exp(Pe_P) - 1} \right), \quad a_{en} = \frac{\rho V_{x_{en}} \Delta y}{\exp(Pe_{en}) - 1},$$

$$a_{\omega n} = \rho V_{x_{\omega n}} \Delta y \left(1 + \frac{1}{\exp(Pe_{\omega n}) - 1} \right), \quad a_N = \frac{\rho V_{y_N} \Delta x}{\exp(Pe_N) - 1}, \quad a_P = \rho V_{y_P} \Delta x \left(1 + \frac{1}{\exp(Pe_P) - 1} \right),$$

$$a_e = a_E + a_P + a_{en} + a_{es}, \quad a_n = a_{en} + a_{\omega n} + a_N + a_P - \text{коэффициенты уравнения};$$

$$Pe_k = \frac{\rho V_k \delta}{\mu} - \text{сеточное число Пекле на соответствующей грани КО};$$

δ – длина КО по соответствующей оси.

Таким образом, для двух компонент скорости получены уравнения (4), (5). Эти уравнения можно разрешить относительно поля скоростей, если задано поле давлений [2]. Поле давлений и скоростей представлены в виде суммы приближенных полей и соответствующих поправок:

$$P = P^* + P', \quad V_x = V_x^* + V_x', \quad V_y = V_y^* + V_y'. \quad (6)$$

Зная приближенное поле давлений, можно найти приближенное поле скоростей:

$$\begin{cases} -a_e V_{x_e}^* + a_E V_{x_{ee}}^* + a_P V_{x_{\omega}}^* + a_{en} V_{x_{nn}}^* + a_{es} V_{x_{ss}}^* = (P_E^* - P_P^*) \Delta y; \\ -a_n V_{y_n}^* + a_{en} V_{y_{ne}}^* + a_{\omega n} V_{y_{n\omega}}^* + a_N V_{y_{nq}}^* + a_P V_{y_s}^* = (P_N^* - P_P^*) \Delta x; \end{cases} \quad (7)$$

Тогда для поправок скоростей проекции уравнения Навье-Стокса будут иметь вид:

$$\begin{cases} -a_e V_{x_e}' + a_E V_{x_{ee}}' + a_P V_{x_{\omega}}' + a_{en} V_{x_{nn}}' + a_{es} V_{x_{ss}}' + (P_P' - P_E') \Delta y = 0; \\ -a_n V_{y_n}' + a_{en} V_{y_{ne}}' + a_{\omega n} V_{y_{n\omega}}' + a_N V_{y_{nq}}' + a_P V_{y_s}' + (P_P' - P_N') \Delta x = 0; \end{cases}$$

Система является незамкнутой, поэтому дополняется уравнением неразрывности, проинтегрированным по КО, изображенному на рисунке 1(в). Тогда поправки будут такими, что поле скоростей удовлетворяет уравнению неразрывности:

$$\begin{cases} -a_e V_{x_e}' + a_E V_{x_{ee}}' + a_P V_{x_{\omega}}' + a_{en} V_{x_{nn}}' + a_{es} V_{x_{ss}}' + (P_P' - P_E') \Delta y = 0; \\ -a_n V_{y_n}' + a_{en} V_{y_{ne}}' + a_{\omega n} V_{y_{n\omega}}' + a_N V_{y_{nq}}' + a_P V_{y_s}' + (P_P' - P_N') \Delta x = 0; \\ \Delta y V_{x_e}' - \Delta y V_{x_{\omega}}' + \Delta x V_{y_n}' - \Delta x V_{y_s}' = \Delta y (V_{x_{\omega}}^* - V_{x_e}^*) + \Delta x (V_{y_s}^* - V_{y_n}^*); \end{cases} \quad (8)$$

В матричном виде система (8) запишется:

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \vec{V}' \\ P' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ f \end{pmatrix}, \quad (9)$$

где A – матрица коэффициентов перед неизвестными V_x', V_y' в 1^{om} и 2^{om} уравнении (8);

B – матрица коэффициентов перед неизвестным P' в 1^{om} и 2^{om} уравнении (8);

C – матрица коэффициентов перед неизвестными V_x', V_y' в 3^{om} уравнении (8);

$\vec{V}' = \begin{pmatrix} V_x' \\ V_y' \end{pmatrix}$ – неизвестные поправки компонент скорости;

$f = \Delta y (V_{x_{\omega}}^* - V_{x_e}^*) + \Delta x (V_{y_s}^* - V_{y_n}^*)$ – правая часть 3^{ro} уравнения (8).

Таким образом, получены уравнения для нахождения приближенного поля скоростей (7) и уравнения для поправок к компонентам скорости и давлению (8). Построение поля скорости и давления выполняется по следующему алгоритму:

- по приближенному полю давлений из системы (7) определяются приближенные компоненты скоростей;
- поправки к полю скоростей и давления находятся совместным решением системы (8);
- строятся новые поля скоростей и давлений (6).

Процедура продолжается до тех пор, пока относительные величины поправок не станут меньше заданной точности. Для улучшения сходимости была использована процедура нижней релаксации по давлению [2] с коэффициентом релаксации $\alpha=0.3$.

Для начала первой итерации и определения коэффициентов уравнения задаются приближенные поля скоростей и давлений для случая, когда угол наклона равен нулю, т.е. для параллельных пластин [1]. Из-за уравнения неразрывности матрица коэффициентов системы (9) содержит в главной диагонали нули, поэтому данная система решалась следующим образом: из первого уравнения (9) выражен вектор поправок скоростей и подставлен во второе уравнение (9), после чего сначала определены поправки к давлению, а потом к скорости.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В качестве результатов получены поля скоростей и давлений при различных значениях следующих факторов: перепад давлений на торцах, угол наклона верхней границы области, ширина канала. На рисунке 3 приведены поля скоростей при различном значении угла наклона верхней границы области, значение скорости растет в направлении сужения канала, нормальная компонента скорости отлична от нуля в отличие от случая параллельных пластин. На рисунке 4 изображены профили давления по толщине и длине канала соответственно, по толщине канала изменение давления незначительно, а по длине оно изменяется по нелинейному закону. На рисунке 5 приведена зависимость расхода жидкости (отнесенного к единице ширины канала по оси Oz) от угла наклона верхней пластины, расход снижается с увеличением угла наклона верхней пластины.

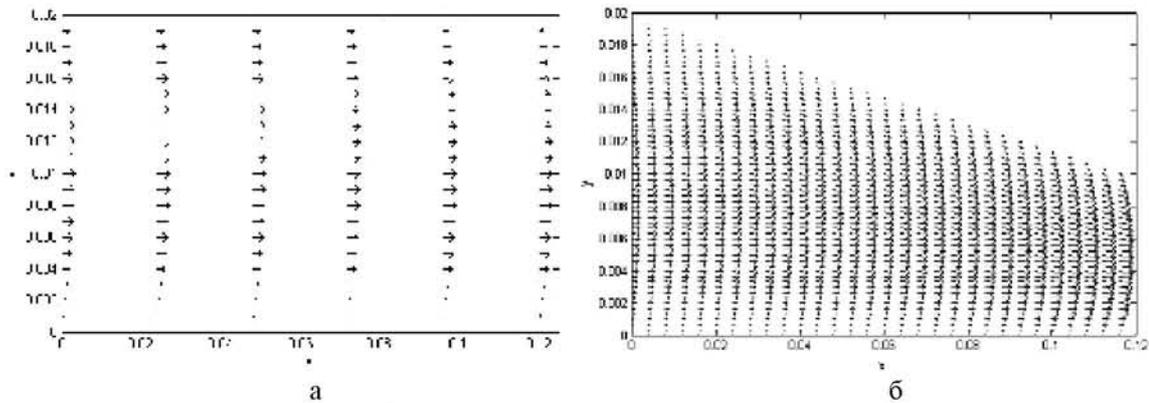


Рисунок 3 – Зависимость поля скорости от угла наклона
а – при $\beta=8 \cdot 10^{-5}$; б – при $\beta=0,08$

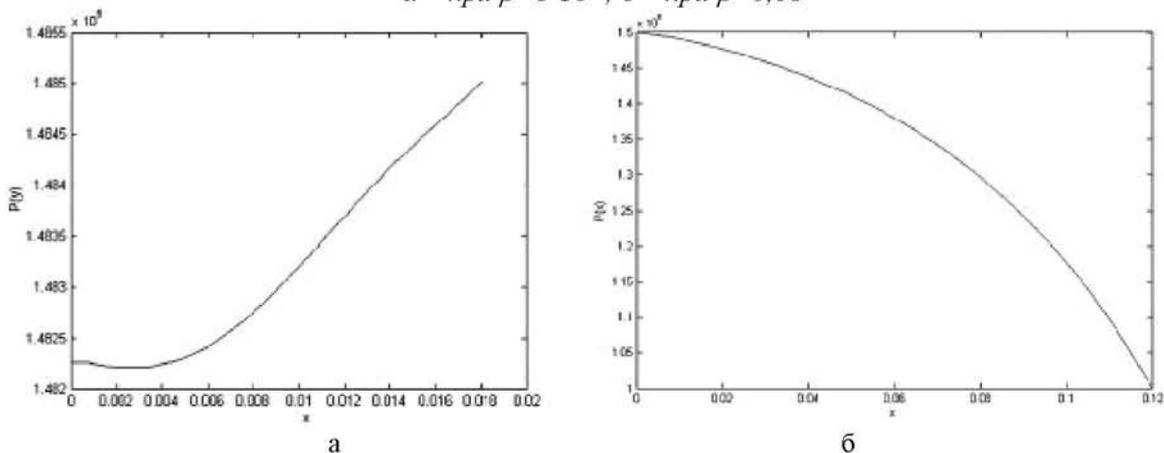


Рисунок 4 – Зависимость давления при $\beta=0,08$

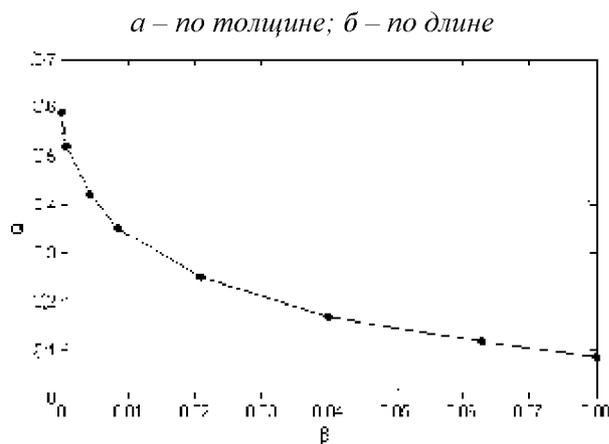


Рисунок 5 – Зависимость расхода от угла наклона

Расход жидкости в асимптотическом случае ($\beta \rightarrow 0$) параллельных пластин сопоставлен с аналитическим решением [1]:

$$Q = \frac{\Delta P h^3}{12 \mu L}$$

В результате получено, что погрешность расчета не превышает 2%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. – М.: Государственное издательство технико-технической литературы, 1955. – 519 с.
2. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 148 с.

Корнаева Елена Петровна

Старооскольский технологический институт (филиал) НИТУ МИСиС, г. Старый Оскол
 Аспирант кафедры «Технологии и оборудования в металлургии и машиностроении»
 E-mail: lenoks_box@mail.ru

E.P. KORNAEVA

(Post-graduate student of the department of Technology and equipment in metallurgy and mechanical engineering)

Stary Oskol state institute branch of NRU MISA

MODELING OF VISCOSITY INCOMPRESSIBLE FLUID FLOW IN CONFUSOR

Enforced flow of viscosity incompressible Newtonian fluid within confusor system is investigated. Mathematical model is based on Navier-Stokes and continuity equation and solved by finite volume method. Velocity and pressure fields and leakage of fluid are presented as a result.

Keywords: *enforced flow; viscosity incompressible Newtonian fluid; finite volume method; velocity field; pressure field; leakage of fluid.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Slyozkin N.A. Dinamika vyazkoj neszhimaemoj zhidkosti. – M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo tekhniko-tekhnicheskoy literatury', 1955. – 519 s.
2. Patankar S. Chislenny'e metody' resheniya zadach teploobmena I dinamiki zhidkosti. – M.: E'nergoatomizdat, 1984. – 148 s.

УДК 535:621.373.8; 535:621.375.8

С.И. МАТЮХИН, З.Ж. КОЗИЛ, Г.Р. МАГОМЕДОВ, Д.О. МАЛЫЙ, С.Н. РОМАШИН

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДГС РО ЛАЗЕРА НА ОСНОВЕ AlGaAs
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ
В ВОЛНОВОДЕ**

Методами компьютерного моделирования в пакете программ Sentaurus TCAD компании Synopsys исследована зависимость ключевых характеристик полупроводникового AlGaAs лазера с двойной гетероструктурой и отдельным ограничением (ДГС РО) от положения квантоворазмерной активной области в области волновода. Показано, что КПД лазера с асимметричной структурой, активная область которой смещена относительно центра волновода, может быть выше КПД лазера с симметричной структурой.

***Ключевые слова:** полупроводниковый лазер на основе AlGaAs; асимметричная двойная гетероструктура; отдельное ограничение; компьютерное моделирование; Sentaurus TCAD.*

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в физике полупроводниковых лазеров успешно развивается концепция асимметричных лазеров с двойной гетероструктурой и отдельным ограничением (ДГС РО) [1-5], смысл которой заключается в снижении внутренних оптических потерь путем изготовления структур с расширенным волноводом и квантоворазмерной активной областью, смещенной относительно центра волновода [6-8]. В настоящее время эта идея реализована как в мощных полупроводниковых лазерах, изготовленных по технологии безалюминиевых твердых растворов [1-3], так и в лазерных диодах на основе твердых растворов AlGaAs/GaAs [4, 5]. Мощные полупроводниковые лазеры, а также линейки и решетки на их основе широко используются для накачки твердотельных неодимовых лазеров, а также волоконных усилителей. Вследствие этого задача оптимизации их конструкции и, в частности, задача о зависимости их ключевых характеристик от положения активной области в волноводом является чрезвычайно актуальной.

Для решения этой задачи, безусловно, могут быть использованы как теоретические, так и экспериментальные методы исследования. Однако попытки её экспериментального решения связаны с серьёзными затратами времени и средств, а теоретические исследования неизбежно упираются в необходимость использования упрощенных математических моделей в силу большого числа параметров задачи и многообразия взаимосвязанных явлений и процессов. В силу этого на передний план выдвигаются компьютерные методы исследования, основанные на имитационном моделировании полупроводниковых лазеров с использованием современных программных пакетов приборно-технологического моделирования (TCAD).

Одним из таких пакетов является пакет программ Sentaurus TCAD компании Synopsys [9]. Он позволяет моделировать все основные процессы твердотельной электроники, объединять их в технологические маршруты, получать в результате произвольные приборные структуры и анализировать их электрофизические и схемотехнические характеристики и параметры. Фактически этот пакет на практике реализует концепцию виртуального производства и позволяет существенно сократить расходы на проектирование и разработку технологических маршрутов изготовления полупроводниковых приборов. Кроме того, программы этого пакета позволяют исследовать физические явления и процессы, протекающие в объеме этих приборов, а также анализировать влияние этих процессов на характеристики приборов [10].

В настоящей работе методами компьютерного моделирования в пакете программ Sentaurus TCAD (лицензия) исследована зависимость основных характеристик

полупроводникового ДГС РО лазера на основе AlGaAs от положения активной области в волноводе.

МЕТОДИКА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В качестве прототипа для моделирования и прибора, предназначенного для калибровки компьютерной модели, был выбран мощный лазерный диод на основе двойной гетероструктуры AlGaAs/GaAs, излучающий на длине волны $\lambda = 808$ нм. Такие лазеры, а также линейки и решетки на их основе производятся в ФГУП НИИ «Полюс» им. М.Ф. Стельмаха (г.Москва) и имеют стандартную структуру, описанную в таблицах 1 и 2 [4, 5]. Структура, описанная в таблице 1 (структура 1), является симметричной структурой с узким волноводом и квантоворазмерной активной областью, расположенной в центре волновода. Структура, описанная в таблице 2 (структура 2), представляет собой асимметричную структуру с широким волноводом, с квантоворазмерной активной областью, смещенной относительно центра волновода.

Таблица 1 – Симметричная структура ДГС РО лазера на основе AlGaAs с узким волноводом

Номер слоя	Слой	Состав	Уровень легирования, см ⁻³	Толщина, мкм
1	<i>n</i> -подложка	<i>n</i> -GaAs (100)	$2 \cdot 10^{18}$	350
2	<i>n</i> -буфер	<i>n</i> -GaAs	$1 \cdot 10^{18}$	0.4
3	<i>n</i> -эмиттер	Al _{0,5} Ga _{0,5} As	$8 \cdot 10^{17}$	1.6
4	волновод	Al _{0,33} Ga _{0,67} As	не легирован	0.2
5	активная область (КЯ)	Al _{0,08} Ga _{0,92} As	не легирован	0.012
6	волновод	Al _{0,33} Ga _{0,67} As	не легирован	0.2
7	<i>p</i> -эмиттер	Al _{0,5} Ga _{0,5} As	$8 \cdot 10^{17}$	1.6
8	контактный <i>p</i> -слой	<i>p</i> -GaAs	$4 \cdot 10^{19}$	0.5

Таблица 2 – Асимметричная структура ДГС РО лазера на основе AlGaAs с широким волноводом

Номер слоя	Слой	Состав	Уровень легирования, см ⁻³	Толщина, мкм
1	<i>n</i> -подложка	<i>n</i> -GaAs (100)	$2 \cdot 10^{18}$	350
2	<i>n</i> -буфер	<i>n</i> -GaAs	$2 \cdot 10^{18}$	0.47
3	<i>n</i> -эмиттер	Al _{0,5} Ga _{0,5} As	$8 \cdot 10^{17}$	1.78
4	волновод	Al _{0,32} Ga _{0,68} As	не легирован	0.93
5	активная область (КЯ)	Al _{0,08} Ga _{0,92} As	не легирован	0.012
6	волновод	Al _{0,32} Ga _{0,68} As	не легирован	0.61
7	<i>p</i> -эмиттер	Al _{0,5} Ga _{0,5} As	$8 \cdot 10^{17}$	1.76
8	контактный <i>p</i> -слой	<i>p</i> -GaAs	$7 \cdot 10^{19}$	0.46

Моделирование структуры этих диодов осуществлялось при помощи программы Mdraw, а его электрофизических характеристик – при помощи программы Dessis пакета Sentaurus TCAD. При этом для сокращения времени численного счета контактный *p*-слой, *n*-буфер и *n*-подложка заменялись эквивалентными сопротивлениями, а коэффициенты отражения граней резонатора выбирались равными 0.05 и 0.95. Температура лазерных диодов *T* полагалась равной 300 К.

Моделирование работы диодов со структурой 1 проводилось при длине их резонатора *L*, равной 800, 1000, 1500 и 2000 мкм. Для лазеров со структурой 2 моделирование

проводилось при L , равной 2000, 2500, 3000 и 3333 мкм. Ширина полоска W во всех этих случаях считалась равной 100 мкм.

В ходе проведенного моделирования при различных длинах резонатора изучалась зависимость порогового напряжения U_T , дифференциального сопротивления r , порогового тока I_{th} , наклона S ватт-амперной характеристики (ВтАХ), КПД лазеров η , равного отношению мощности лазерного излучения к электрической мощности, а также вертикальной расходимости излучения Θ_{\perp} от положения активной области в волноводе структуры 1 и 2. Для калибровки компьютерных моделей использовалась симметричная структура 1 с длиной резонатора $L = 1000$ мкм, для которой эти характеристики имеют следующие значения [4, 5]: $U_T = 1.56-1.6$ В, $r = 50-80$ мОм, $I_{th} = 290-360$ мА, $S = 1.15-1.25$ Вт/А, $\Theta_{\perp} = 42^{\circ}$. После калибровки, при моделировании структуры 1 в Sentaurus TCAD, значения этих величин оказались равными: $U_{T0} = 1.61$ В, $r_0 = 77$ мОм, $I_{th}^0 = 308$ мА, $S_0 = 1.25$ Вт/А, $\Theta_{\perp 0} = 40^{\circ}$. Длина волны лазерного излучения λ_0 по результатам моделирования составила величину, равную 808.2 нм.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования зависимости порогового тока I_{th} лазерных диодов от положения активной области в структурах 1 и 2 с узким и широким волноводами представлены на рисунке 1. По оси абсцисс на этом рисунке отложено смещение активной области относительно центра соответствующего волновода, выраженное в процентах от ширины волновода d_w . За положительное направление смещения принято смещение в сторону p -эмиттера.

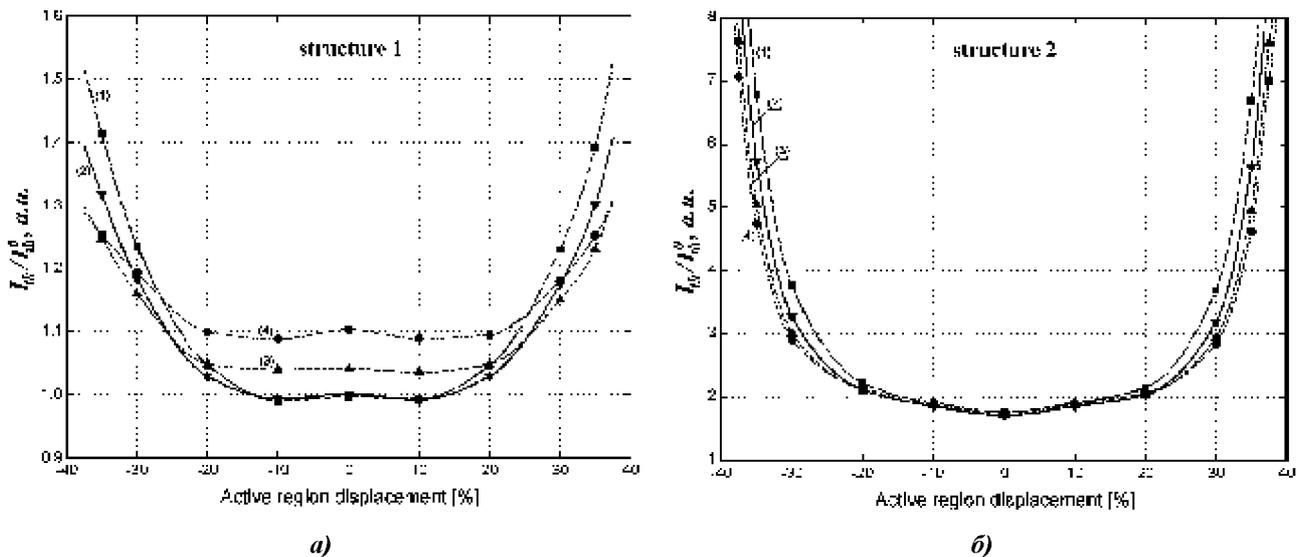


Рисунок 1 – Пороговый ток ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от положения активной области в волноводе:
 а) для структуры 1 с узким волноводом при длине резонатора L (1) – 800 мкм, (2) – 1000 мкм, (3) – 1500 мкм, (4) – 2000 мкм;
 б) для структуры 2 с широким волноводом при длине L , равной (1) – 2000 мкм, (2) – 2500 мкм, (3) – 3000 мкм, (4) – 3333 мкм

Как показывают построенные графики, смещение активной области относительно центра волновода может приводить к падению порогового тока в структурах с узким волноводом ($\lambda > d_w$; рис. 1, а). Однако в структурах с широким волноводом ($\lambda < d_w$; рис. 1, б) такого падения не наблюдается: пороговый ток I_{th} монотонно растет вместе со смещением активной области.

Указанное поведение порогового тока не зависит от длины резонатора и сопровождается небольшим ростом наклона ВТАХ S при смещении активной области на 10-15% от ширины волновода в сторону p -эмиттера (рис. 2). При этом пороговое напряжение U_T и сопротивление r лазерных диодов, как показывают результаты моделирования, изменяются достаточно слабо (рис. 3, 4), что совместно с падением порогового тока I_{th} приводит к росту КПД лазерных диодов с узким волноводом (рис. 5).

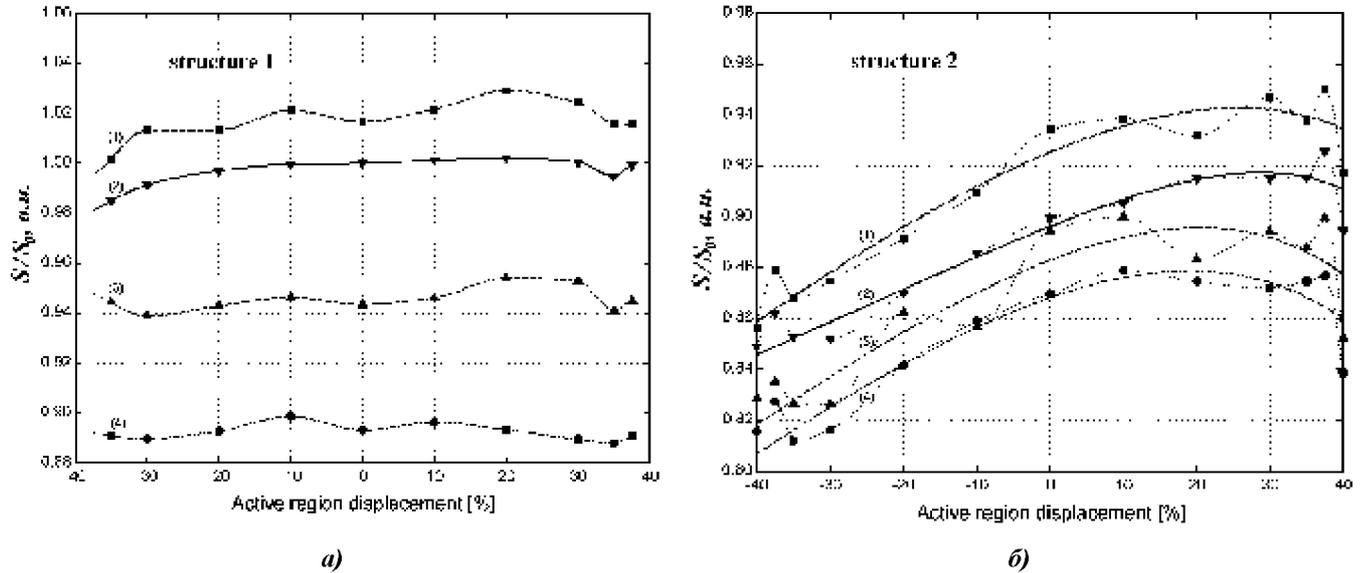


Рисунок 2 – Наклон ВТАХ ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от положения активной области в волноводе:
 а) для структуры 1 с узким волноводом при длине резонатора L (1) – 800 мкм, (2) – 1000 мкм, (3) – 1500 мкм, (4) – 2000 мкм;
 б) для структуры 2 с широким волноводом при длине L , равной (1) – 2000 мкм, (2) – 2500 мкм, (3) – 3000 мкм, (4) – 3333 мкм

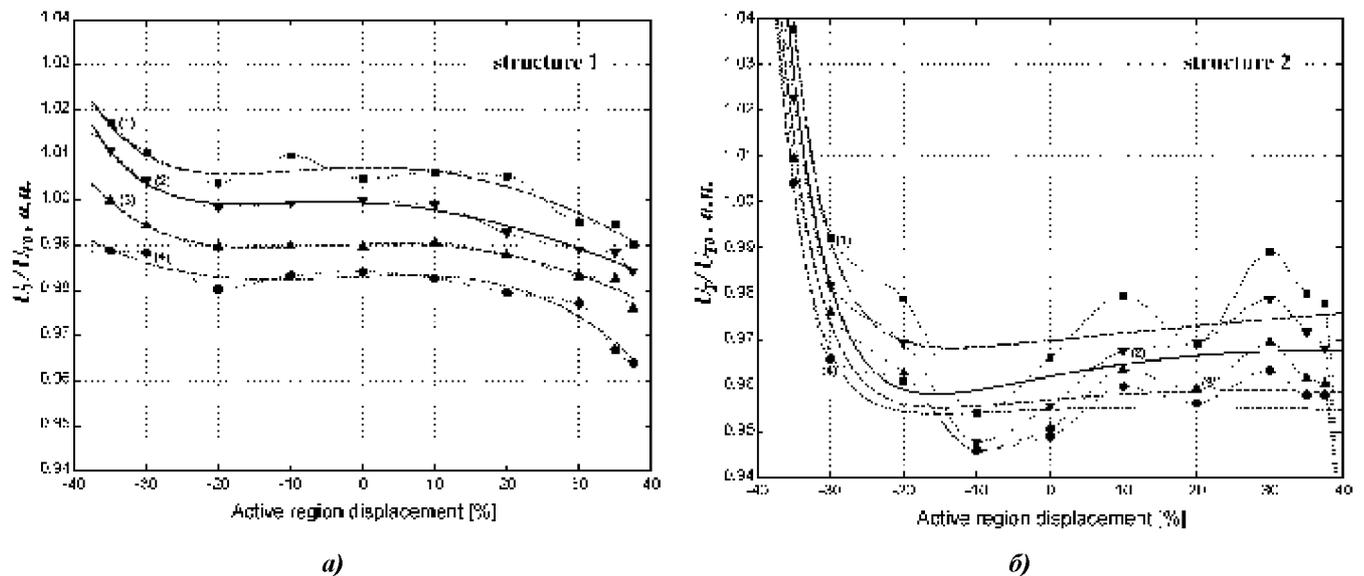


Рисунок 3 – Пороговое напряжение ДГС РО лазера на основе AlGaAs в зависимости от положения активной области в волноводе:
 а) для структуры 1 с узким волноводом при длине резонатора L (1) – 800 мкм, (2) – 1000 мкм, (3) – 1500 мкм, (4) – 2000 мкм;
 б) для структуры 2 с широким волноводом при длине L , равной (1) – 2000 мкм, (2) – 2500 мкм, (3) – 3000 мкм, (4) – 3333 мкм

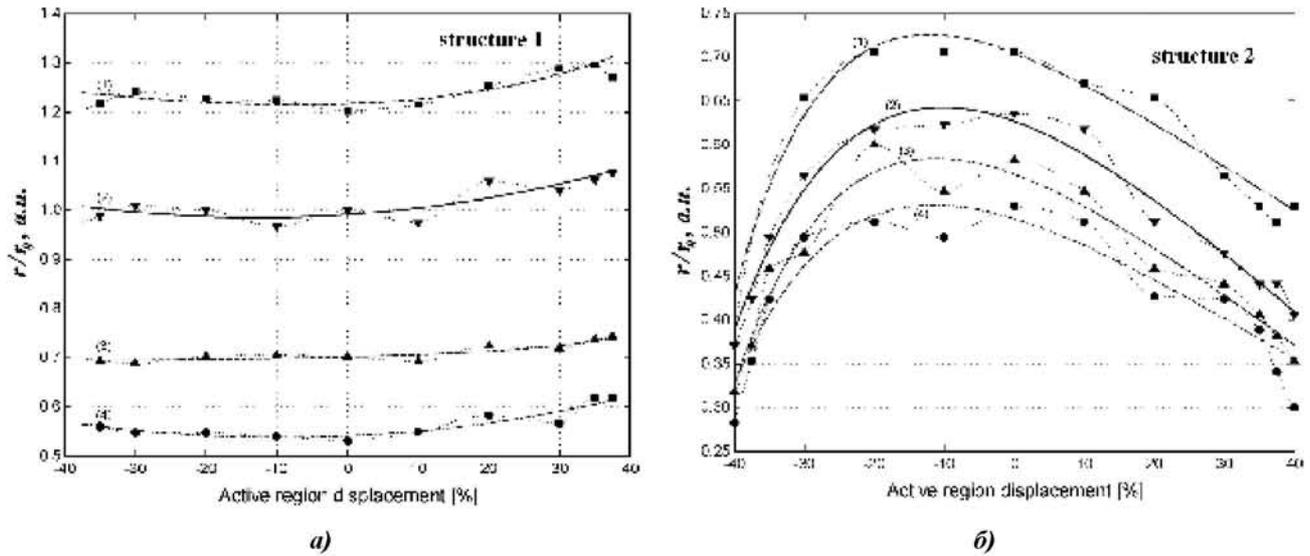


Рисунок 4 – Дифференциальное сопротивление ДГС РО лазера на основе

AlGaAs в зависимости от положения активной области в волноводе:

- а) для структуры 1 с узким волноводом при длине резонатора L
 (1) – 800 мкм, (2) – 1000 мкм, (3) – 1500 мкм, (4) – 2000 мкм;
 б) для структуры 2 с широким волноводом при длине L , равной
 (1) – 2000 мкм, (2) – 2500 мкм, (3) – 3000 мкм, (4) – 3333 мкм

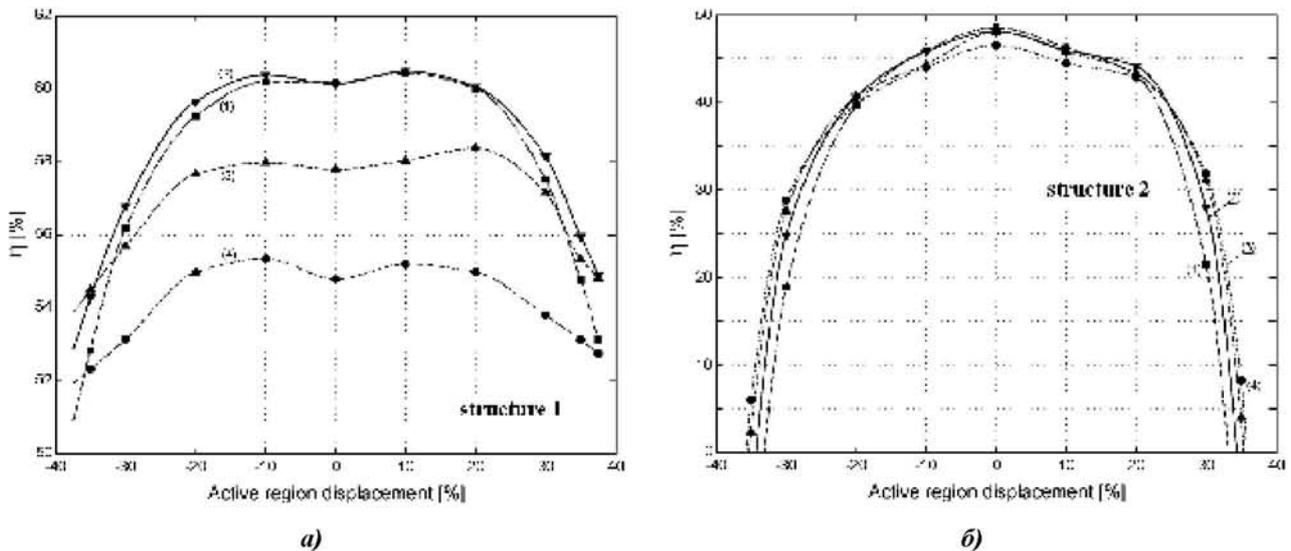


Рисунок 5 – КПД полупроводникового ДГС РО лазера на основе *AlGaAs* в зависимости от положения активной области в волноводе при токе $I = 1.9$ А:

- а) для структуры 1 с узким волноводом при длине резонатора L
 (1) – 800 мкм, (2) – 1000 мкм, (3) – 1500 мкм, (4) – 2000 мкм;
 б) для структуры 2 с широким волноводом при длине L , равной
 (1) – 2000 мкм, (2) – 2500 мкм, (3) – 3000 мкм, (4) – 3333 мкм

Следует отметить, что увеличение КПД лазерных диодов с узким волноводом наблюдается как при смещении активной области в сторону p -эмиттера, так и при ее смещении в противоположном направлении (рис. 5, а). При этом, однако, смещение в сторону p -эмиттера представляется более предпочтительным, так как в соответствии с результатами моделирования в этом случае, хотя и незначительно, но уменьшается вертикальная расходимость лазерного излучения в области дальнего поля (рис. 6).

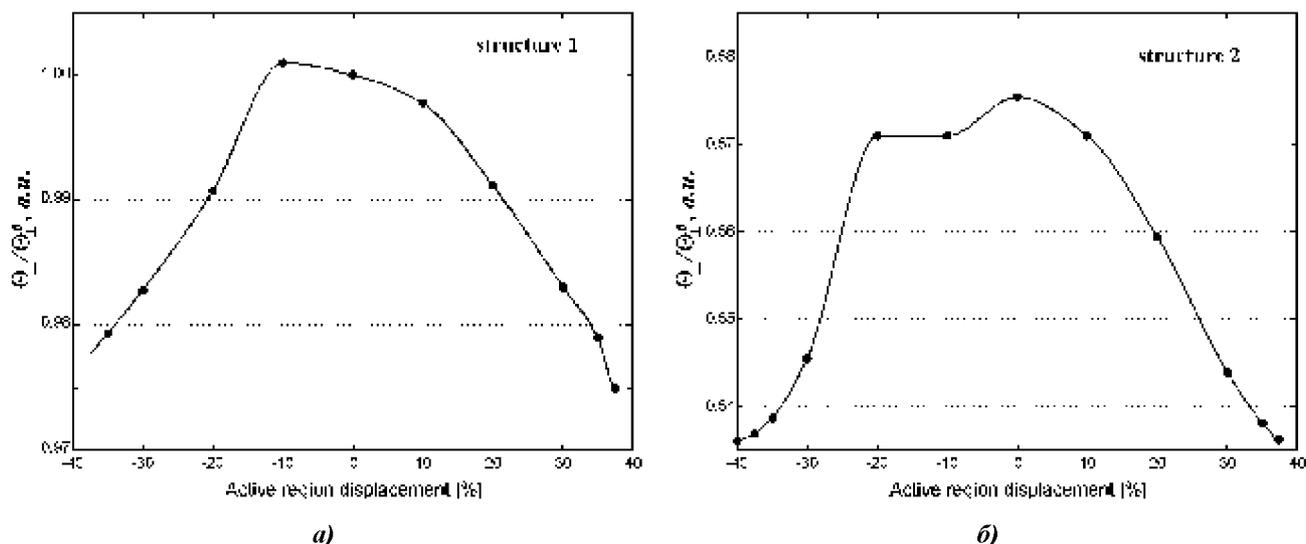


Рисунок 6 – Вертикальная расходимость излучения ДГС РО лазера на основе

AlGaAs в зависимости от положения активной области в волноводе:
 а) для структуры 1 с узким волноводом; б) для структуры 2 с широким волноводом

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показывают полученные результаты, КПД лазерных диодов с асимметричной структурой может быть выше КПД диодов с симметричной структурой, что согласуется с концепцией асимметричных лазеров, развиваемой на практике [1-5]. В частности, для ДГС РО лазеров на основе AlGaAs, работающих на длине волны $\lambda = 808$ нм, увеличения их КПД следует ожидать при смещении квантоворазмерной активной области на 10-15% от центра волновода при ширине волновода $d_w < \lambda$ (рис. 5, а).

Указанное увеличение КПД не зависит от длины резонатора лазерных диодов и обусловлено, в основном, снижением порогового тока лазерной генерации (рис. 1) вследствие увеличения эффективности взаимодействия оптического излучения с электронным возбуждением. При этом в лазерах с шириной волновода $d_w > \lambda$ аналогичного роста КПД не наблюдается (рис. 5, б).

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № П2514).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pikhtin N.A., Slipchenko S.O., Sokolova Z.N., Stankevich A.L., Vinokurov D.A., Tarasov I.S., Alferov Zh.I. 16W continuous-wave output power from 100 μm -aperture laser with quantum well asymmetric heterostructure // Electron. Lett. – 2004. – V. 40. – No. 22. – P. 1413-1414.
2. Винокуров Д.А., Зорина С.А., Капитонов В.А., Мурашова А.В., Николаев В.Н., Станкевич А.Л., Хомылев М.А., Шамахов В.В., Лешко А.Ю., Лютецкий А.В., Налет Т.А., Пихтин Н.А., Слипченко С.О., Соколова З.Н., Фетисова Н.В., Тарасов И.С. Мощные полупроводниковые лазеры на основе асимметричных гетероструктур отдельного ограничения // ФТП, 2005. – Т. 39. – Вып. 3. – С. 388-392.
3. Винокуров Д.А., Васильева В.В., Капитонов В.А., Лютецкий А.В., Николаев Д.Н., Пихтин Н.А., Слипченко С.О., Станкевич А.Л., Шамахов В.В., Фетисова Н.В., Тарасов И.С. Влияние толщины активной области на характеристики полупроводниковых лазеров на основе асимметричных гетероструктур AlGaAs/GaAs/InGaAs с расширенным волноводом // ФТП, 2010. – Т. 44. – Вып. 2. – С. 246-250.

4. Андреев А.Ю., Лешко А.Ю., Лютецкий А.В., Мармалюк А.А., Налет Т.А., Падалица А.А., Пихтин Н.А., Сабитов Д.Р., Симаков В.А., Слипченко С.О., Хомылев М.А., Тарасов И.С. Мощные лазеры ($\lambda = 808 - 850$ нм) на основе асимметричной гетероструктуры раздельного ограничения // ФТП, 2006. – Т. 40. – Вып. 5. – С. 628-632.
5. Андреев А.Ю., Зорина С.А., Лешко А.Ю., Лютецкий А.В., Мармалюк А.А., Мурашева А.В., Налет Т.А., Падалица А.А., Пихтин Н.А., Сабитов Д.Р., Симаков В.А., Слипченко С.О., Телегин К.Ю., Шамахов В.В., Тарасов И.С. Мощные лазеры ($\lambda = 808$ нм) на основе гетероструктур раздельного ограничения AlGaAs/GaAs // ФТП, 2009. – Т. 43. – Вып. 4. – С. 543-547.
6. Livshits D.A., Kochnev I.V., Lantratov V.M., Ledentsov N.N., Nalyot T.A., Tarasov I.S., Alferov Zh.I. Improved catastrophic optical mirror damage level in InGaAs/AlGaAs laser diodes // Electron. Lett, 2000. – V. 36. – No. 22. – P. 1848-1849.
7. Пихтин Н.А., Слипченко С.О., Соколова З.Н., Тарасов И.С. Внутренние оптические потери в полупроводниковых лазерах // ФТП, 2004. – Т. 38. – Вып. 3. – С. 374-381.
8. Слипченко С.О., Винокуров Д.А., Пихтин Н.А., Соколова З.Н., Станкевич А.Л., Тарасов И.С., Алферов Ж.И. Сверхнизкие внутренние оптические потери в квантоворазмерных лазерных гетероструктурах раздельного ограничения // ФТП, 2004. – Т. 38. – Вып. 12. – С. 1477-1486.
9. Sentaurus TCAD User Guide, Synopsys, 2005. –
URL: <http://www.synopsys.com/Tools/TCAD/Pages/default.aspx>.
10. Матюхин С.И., Писарев А.А., Ставцев А.В. Компьютерное моделирование процессов, связанных с влиянием микротрещин на вольтамперные характеристики полупроводниковых диодов // Информационные системы и технологии, 2011. – № 1(63). – С. 46-52.

Матюхин Сергей Иванович

Госунiversитет–УНПК, г. Орел

Доктор физико-математических наук, декан естественно-научного факультета

Тел.: (4862) 41-98-81

E-mail: sim1@mail.ru

Козил Збигнев Жозеф

Госунiversитет–УНПК, г. Орел

Ph.D., ведущий инженер-физик лаборатории приборно-технологического моделирования в микро- и нанoeлектронике

Тел.: (4862) 41-98-89

E-mail: softquake@gmail.com

Магомедов Гаджи Рашидович

Госунiversитет–УНПК, г. Орел

Студент Учебно-научно-исследовательского института информационных технологий

Тел.: (4862) 41-98-89

E-mail: maggadr@gmail.com

Мальий Денис Олегович

Госунiversитет–УНПК, г. Орел

Студент Учебно-научно-исследовательского института информационных технологий

Тел.: (4862) 41-98-89

E-mail: bloodymc@mail.ru

Ромашин Сергей Николаевич

Госунiversитет–УНПК, г. Орел

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Физика»

Тел.: (4862) 41-98-89

E-mail: rosen@ostu.ru

S.I. MATYUXIN (*Doctor of Physico-mathematical Sciences, Dean of Natural-science Faculty*)

Z.Zh. KOZIL (*Ph.D., Leading Engineer-physicist of TCAD Laboratory*)

G.R. MAGOMEDOV (*Student of Educational and Scientific Research Institute of Information Technologies*)

D.O. MALY'J (*Student of Educational and Scientific Research Institute of Information Technologies*)
S.N. ROMASHIN (*Candidate of Physico-mathematical Sciences, Associate Professor
of department «Physics»
State University – ESPC, Orel*)

**COMPUTER SIMULATION OF THE PERFORMANCE
DHS PO SEMICONDUCTOR LASER BASED ON ALGAAS
DEPENDING ON THE SITUATION OF ACTIVE
IN THE WAVEGUIDE**

Key characteristics of an AlGaAs semiconductor laser with separate confinement heterostructures (SCH) as functions of the active region position in waveguide are investigated by the methods of computer simulation in the Synopsys' Sentaurus TCAD software. It's shown that the power conversion efficiency of lasers with asymmetric structure where active region is displaced from waveguide center may be above efficiency of lasers with symmetric structure.

Keywords: *semiconductor laser on the base of AlGaAs; asymmetric double heterostructure; separate confinement; computer simulation; Sentaurus TCAD.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Pikhtin N.A., Slipchenko S.O., Sokolova Z.N., Stankevich A.L., Vinokurov D.A., Tarasov I.S., Alferov Zh.I. 16W continuous-wave output power from 100 μm -aperture laser with quantum well asymmetric heterostructure // *Electron. Lett.* – 2004. – V. 40. – No. 22. – P. 1413-1414.
2. Vinokurov D.A., Zorina S.A., Kapitonov V.A., Murashova A.V., Nikolaev V.N., Stankevich A.L., Xomy'lev M.A., Shamaxov V.V., Leshko A.Yu., Lyuteczkiy A.V., Nalet T.A., Pixtin N.A., Slipchenko S.O., Sokolova Z.N., Fetisova N.V., Tarasov I.S. Moshhny'e poluprovodnikovye lazery' na osnove assimetrichny'x geterostruktur razdel'nogo ogranicheniya // *FTP*, 2005. – T. 39. – Vy'p. 3. – S. 288-392.
3. Vinokurov D.A., Vasil'eva V.V., Kapitonov V.A., Lyuteczkiy A.V., Nikolaev D.N., Pixtin N.A., Slipchenko S.O., Stankevich A.L., Shamaxov V.V., Fetisova N.V., Tarasov I.S. Vliyanie tolshhiny'aktivnoj oblasti na karakteristiki poluprovodnikovyx lazerov na osnove asimetrichny'x geterostruktur AlGaAs/GaAs/InGaAs s rasshireny'm volnovodom // *FTP*, 2010. – T. 44. – Vy'p. 2. – S. 246-250.
4. Andreev A.Yu., Leshko A.Yu., Lyuteczkiy A.V., Marmalyuk A.A., Nalet T.A., Padalicza A.A., Pixtin N.A., Sabitov D.R., Simakov V.A., Slipchenko S.O., Xomy'lev M.A., Tarasov I.S. Moshhny'e lazery' ($\lambda = 808 - 850 \text{ nm}$) na osnove asimetrichnoj geterostrukturny' razdel'nogo jgranicheniya // *FTP*, 2006. – T. 40. – Vy'p. 5. – S. 628-632.
5. Andreev A.Yu., Zorina S.A., Leshko A.Yu., Lyuteczkoj A.V., marmalyuk A.A., Murasheva A.V., Nalet T.A., Padalicza A.A., Pixtin N.A., Sabitov D.R., Simakov V.A., Slipchenko S.O., Telegin K.Yu., Shamaxov V.V., Tarasov I.S. Moshhny'e lazery' ($\lambda = 808 \text{ nm}$) na osnove geterostruktur razdel'nogo ogranicheniya AlGaAs/GaAs // *FTP*, 2009. – T. 43. – Vy'p. 4. – S. 543-547.
6. Livshits D.A., Kochnev I.V., Lantratov V.M., Ledentsov N.N., Nalyot T.A., Tarasov I.S., Alferov Zh.I. Improved catastrophic optical mirror damage level in InGaAs/AlGaAs laser diodes // *Electron. Lett.*, 2000. – V. 36. – No. 22. – P. 1848-1849.
7. Pixtin N.A., Slipchenko S.O., Sokolova Z.N., Tarasov I.S. Vnutrennie opticheskie poteri v poluprovodnikovyx lazerax // *FTP*, 2004. – T. 38. – Vy'p. 3. – S. 374-381.
8. Slipchenko S.O., Vinokurov D.A., Pixtin N.A., Sokolova Z.N., Stankevich A.L., Tarasov I.S., Alfeyorov Zh.I. Sverxnizkie vnutrennie opticheskie poteri v kvantorazmernyx lazernyx geterostrukturax razdel'nogo ogranicheniya // *FTP*, 2004. – T. 38. – Vy'p. 12. – S. 1477-1486.
9. Sentaurus TCAD User Guide, Synopsys, 2005. – URL: (<http://www.synopsys.com/Tools/TCAD/Pages/default.aspx>).
10. Matyuxin S.I., Pisarev A.A., Stavcev A.V. Komp'yuternoe modelirovaniyeprocessov, svyazanny'x s vliyaniem mikrotreshhin na vol'tampernye karakteristiki poluprovodnikovyx diodov // *Informacionny'e sistemy' i texnologii*, 2011. – № 1(63). – S. 46-52.

**СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Приводится методика вероятностного анализа электромагнитной совместимости электроэнергетических объектов, реализуемая на основе статистического моделирования (метода Монте-Карло). Рассматривается возможное взаимное электромагнитное влияние двух объектов, имеющих между собой гальваническую, индуктивную и емкостную связь. Предложенная методика и алгоритм могут быть использованы для решения различных теоретических и практических задач электроэнергетики, а также в тренажерно-обучающих комплексах.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость; статистическое моделирование; электроэнергетический объект; вероятностный анализ.

Степень электромагнитного влияния электроэнергетических объектов друг на друга или на другие объекты определяет уровень их электромагнитной совместимости (ЭМС). Одностороннее или взаимное электромагнитное влияние объектов возникает в результате следующих возможных типов электрической связи между объектами: гальванической, магнитной (индуктивной) и емкостной [1,2]. Возможна также связь через электромагнитное излучение; однако предполагается, что рассматриваемые промышленные электроэнергетические установки не являются излучающими и поэтому этот вид связи в дальнейшем при анализе ЭМС не учитывается.

Для удобства изложения в дальнейшем тип электромагнитного влияния будем называть по типу связи между объектами и говорить, например, вместо «влияние объекта через индуктивную связь» – просто «индуктивное влияние объекта»; аналогично – гальваническое и емкостное влияния.

Электромагнитное влияние электроэнергетических объектов и степень их ЭМС часто зависит от ряда случайных факторов, определяющих параметры этого влияния. Для получения наиболее полной картины электромагнитного влияния объектов, обоснования необходимых мер и рекомендаций по уменьшению такого влияния следует учитывать не только степень воздействия того или иного фактора, но и его вероятностные характеристики.

Применение вероятностного анализа позволит получить статистические параметры выходных величин, что в свою очередь позволит наиболее достоверно оценить степень влияния различных факторов, наметить рациональные пути уменьшения электромагнитного влияния объектов и достижения необходимого уровня ЭМС.

Для вероятностного анализа ЭМС электроэнергетических объектов можно воспользоваться статистическим моделированием (методом Монте-Карло [3,4]). Для реализации метода Монте-Карло с целью вероятностного анализа ЭМС электроэнергетических объектов был разработан алгоритм, изображенный на рисунке 1.

На рисунке 1 схематически стрелками показано взаимное влияние объектов А и Б через гальваническую, индуктивную и емкостную связь (сплошными линиями – влияние объекта Б на объект А; пунктирными – обратное влияние). Это влияние может описываться математически одной общей или отдельными для каждого типа влияния формулами. Алгоритм на рисунке относится к случаю, когда все типы влияний сведены в общую формулу: математическая модель электромагнитного влияния объекта Б на объект А $F_{БА}(y_1, y_2, \dots, y_n)$ и математическая модель электромагнитного влияния объекта А на Б $F_{АБ}(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где x и y – случайные переменные, соответственно определяющие влияние объекта А на объект Б и наоборот.

В алгоритме (рис. 1) предполагается, что вероятностный анализ проводится на основе метода Монте-Карло. Для реализации метода Монте-Карло в данном случае необходимо располагать не только математическими моделями влияния А на Б $F_{AB}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ и объекта Б на А $F_{BA}(y_1, y_2, \dots, y_n)$, но и законами распределения (и их параметрами) случайных величин, входящих в эти модели.

Как известно, для применения метода Монте-Карло необходимо иметь генератор случайных чисел, которые формируются с учетом соответствующих законов распределения влияющих величин и используются для реализации «i»-го варианта влияния на объект. Каждый «i»-ый вариант (рис. 1) определяет конкретное случайное значение интегрального фактора влияния.

После реализации N вариантов приступают к статистической обработке полученных данных. Для достижения необходимой точности число N должно быть достаточно большим ($N = 10^3$ и более). Статистическая обработка включает в себя определение закона распределения выходной величины и его характеристик: математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, степень соответствия принятому закону и другие.

Наиболее информативной характеристикой, полученной в результате применения метода Монте-Карло, можно считать вероятность нахождения выходной величины в заданных пределах. Эту вероятность, полученную расчетным путем $P_{расч}$, можно сравнить с заданной, предельно допустимой $P_{доп}$. Если $P_{расч} \leq P_{доп}$, то можно предположить, что электромагнитное влияние объекта А на объект Б является несущественным, т.е. им можно пренебречь. В противном случае для достижения ЭМС объектов следует изменить параметры влияния и снова реализовать статистическое моделирование.

В качестве критерия степени влияния объекта Б на объект А можно очевидно использовать и другие параметры законов распределения, например, математическое ожидание. Для наглядности после ранжирования полученного набора данных можно построить и вывести на печать гистограмму распределения выходной величины.

Анализ влияния объекта А на объект Б производится аналогично (правая часть алгоритма на рисунке 1).

Алгоритм (рис. 1) относится к анализу взаимного электромагнитного влияния друг на друга только двух объектов (А и Б). Объектов может быть значительно больше, тогда необходимо учитывать все связи между объектами. Общая методика применения метода Монте-Карло в случае нескольких объектов аналогична описанной.

При невозможности объединить все факторы влияния в один общий интегральный признак следует исследовать и оценивать отдельно каждый влияющий фактор по предложенной в алгоритме (рис. 1) методике. Окончательный вывод о степени взаимного влияния и ЭМС объектов можно сделать по проявлению наиболее опасного фактора.

В ряде случаев стороннее случайное влияние на объект можно отразить, внося изменения непосредственно в уравнения состояния объекта. Т.е. фактор влияния, например, на объект А, определяемый математической моделью F_{BA} , может быть оценен отдельно как в предлагаемом алгоритме на рисунке или непосредственно введен в уравнения, определяющие состояние объекта А; в зависимости от этого и будет определяться дальнейшая методика расчета.

Математическую модель объекта А можно в общем виде представить как функцию $F_A(X_1, X_2, \dots, X_n; Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$, где X_1, X_2, \dots, X_n – внутренние управляемые факторы, а Y_1, Y_2, \dots, Y_n – внешние сторонние случайные факторы воздействия на объект А, например, объекта Б. Аналогично математическую модель объекта Б можно представить как функцию $F_B(Y_1, Y_2, \dots, Y_n; x_1, x_2, \dots, x_n)$, где Y_1, Y_2, \dots, Y_n – внутренние управляемые факторы, а x_1, x_2, \dots, x_n – внешние сторонние случайные факторы воздействия на объект Б, например, объекта А.

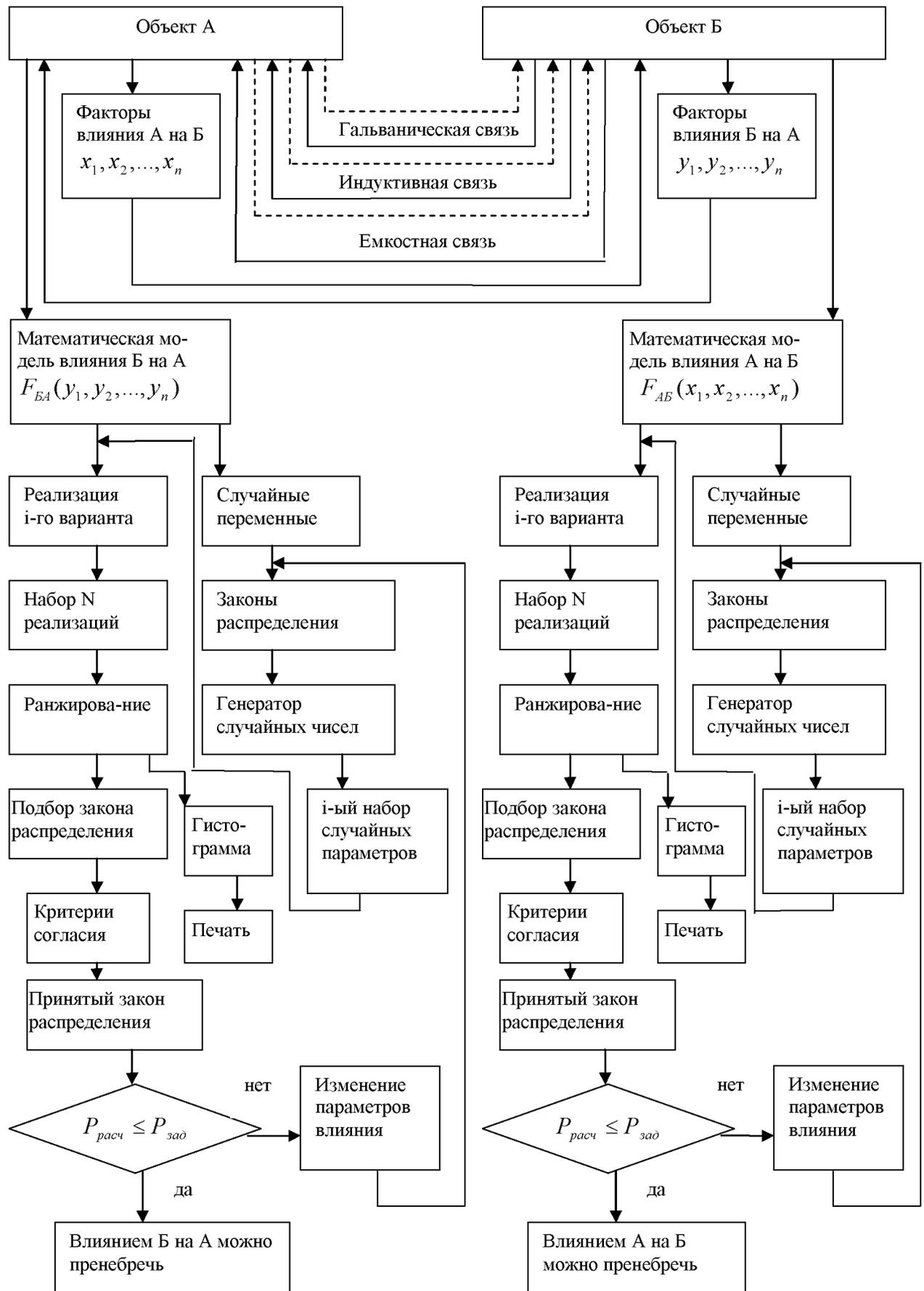


Рисунок 1 – Алгоритм вероятностного анализа ЭМС электроэнергетических объектов

В этом случае в алгоритме, показанном на рисунке 1, вместо математической модели влияния, например, объекта А на объект Б, следует использовать общую математическую модель F_A объекта А, учитывающую воздействия случайных сторонних факторов. Критерием оценки ЭМС может служить отклонение режима работы объекта от номинальных параметров, вызванное внешними воздействиями. Если внешние факторы воздействия являются случайными, то и вызванные ими отклонения режима работы подверженного влиянию объекта также будут носить случайный характер. Следовательно, к анализу ЭМС объектов, как и в ранее рассмотренном случае, можно применить статистические методы и, в частности, метод Монте-Карло.

Основные этапы вероятностного анализа ЭМС с использованием метода Монте-Карло в последнем случае будут аналогичны описанным в данном алгоритме. Однако, если в первом случае (рис. 1) оценивается вероятность и интенсивность одного или совокупности факторов воздействия, то во втором случае (исследования общей математической модели объекта) будут оцениваться отклонения от номинального режима работы объекта (их величина и вероятность), вызванные внешним электромагнитным воздействием.

С точки зрения объема вычислительных операций первый вариант проще, так как там проще математические модели. Второй вариант исследует более сложную математическую модель, охватывающую весь объект и внешние воздействия. Выбор того или иного варианта зависит от целей исследования и возможностей вычислительной техники.

В ряде случаев анализ ЭМС электроэнергетических объектов сводится к определению электромагнитного влияния одного объекта на другой без учета обратного влияния, т.е. к анализу одностороннего электромагнитного влияния. В этом случае можно воспользоваться лишь частью предложенного алгоритма, т.е. исследованием, например, влияния объекта Б на объект А в соответствии с этапами, отраженными в левой части алгоритма на рисунке 1.

Предложенный алгоритм был использован для решения конкретной задачи анализа влияния высоковольтных ЛЭП на электрические взрывные цепи – цепи, состоящие из электродетонаторов, действие которых производится электрическим импульсом и которые служат для инициирования взрыва ВВ при производстве взрывных работ. Предполагается, что взрывные работы ведутся в зоне возможного электромагнитного влияния ЛЭП.

Как известно [5], такое влияние может привести к возникновению в электрических взрывных цепях сторонних токов опасной величины, способных вызвать преждевременный взрыв со всеми вытекающими катастрофическими последствиями. Величина тока, который возникает в электрических взрывных цепях в результате возможного гальванического, индуктивного и электрического влияния, зависит от целого ряда случайных факторов. Если ориентироваться на крайние наиболее опасные условия, то рекомендации по предотвращению втекания в электрические взрывные цепи токов опасной величины оказываются существенно завышенными и трудно выполнимыми.

Для наиболее аргументированного обоснования таких рекомендаций необходимо учитывать случайный характер процесса, в связи с чем было реализовано статистическое моделирование (метод Монте-Карло) по предложенной ранее методике. Статистическое моделирование было реализовано в среде MathCad в соответствии с этапами вычислений, описанными в алгоритме (рис. 1). Полученные вероятностные характеристики позволили сформулировать конкретные рекомендации по предотвращению возникновения токов опасной величины в электрических взрывных цепях с заранее заданной степенью надежности.

Вероятностный анализ ЭМС позволит наиболее широко исследовать взаимное влияние электроэнергетических объектов друг на друга и на другие объекты. Статистическое моделирование дает возможность наиболее полного отражения реальной картины электромагнитного влияния объектов, является действенным инструментом исследования ЭМС, может быть использовано в тренажерно-обучающих комплексах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике / А.Ф. Дьяков, Б.К. Максимов, Р.К. Борисов и др.; под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 768 с.
2. Шваб А. Электромагнитная совместимость: пер. с нем. В.Д. Мазина и С.А. Спектора. – 2-е изд., перераб. и доп.; под ред. И.П. Кужекина. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 480 с.
3. Ермаков С.М. Метод Монте-Карло в вычислительной математике: ввод. курс. – М.: СПб.: Бинوم. Лаб. знаний: Нев. диалект, 2009. – 192 с.
4. Войтишек А.В. Дополнительные сведения о численном моделировании случайных элементов: учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. Каф. вычисл. математики. – Новосибирск: НГУ, 2007. – 92 с.
5. Защита зарядов взрывчатых веществ от преждевременных взрывов блуждающими токами / М.М. Граевский, В.Ф. Ермошин, П.С. Залесский и др.; под ред. М.М. Граевского. – М.: Недра, 1987. – 380 с.

Петрова Виктория Юрьевна

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

Аспирантка, ассистент кафедры «Информационные системы в экономике»

Тел.: 8 (8672) 40-75-22

E-mail: petrova_viktoriya@yahoo.com

V.Yu. PETROVA

*(Postgraduate student, assistant of the department «Information Systems in Economics»
North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University))*

STATISTICAL MODELING OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ELECTRIC POWER FACILITIES

In this paper, a methodology of probabilistic analysis of electrical power objects electromagnetic compatibility is considered, which is realized on the basis of statistical modeling (Monte-Karlo's method). Probable electromagnetic interference between two objects, which have got galvanic, inductive and capacitive coupling is examined. Proposed methodology and algorithm could be used for various theoretical and practical problems' solving in electroenergetics, also it can be exploited in computer-based training simulator complexes.

Keywords: *electromagnetic compatibility; statistical modeling; electrical power object; probabilistic analysis.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. E'lektromagnitnaya sovmestimost' v e'lektroe'nergetike i e'lektrotexnike / A.F. D'yakov, B.K. Maksimov, R.K. Borisov i dr.; pod red. A.F. D'yakova. – М.: E'nergomatizdat, 2003. – 768 s.
2. Shvab A. E'lektromagnitnaya sovmestimost': per. s nem. V.D. Mazina i S.A. Spektora. – 2-e izd., pererab. i dop.; pod red. I.P. Kuzhekina. – М.: E'nergoatomizdat, 1998. – 480 s.
3. Ermakov S.M. Metod Monte-Karlo v vy'chislitel'noj matematike: vod. kurs. – М.: SPb.: Binom. Lab. znaniy: Nev. dialekt, 2009. – 192 s.
4. Vojtishchek A.V. Dopolnitel'ny'e svedeniya o chislennom modelirovanii sluchajny'x e'lementov: ucheb. posobie / Novosib. gos. un-t. Kaf. vy'chisl. matematiki. – Novosibirsk: NGU, 2007. – 92 s.
5. Zashhita zaryadov vzry'vchaty'x veshhestv ot prezhdevremenny'x vzry'vov bluzhdayushhimi tokami / M.M. Graevskij, V.F. Ermoshin, P.S. Zaleskij id r.; pod red. M.M. Graevskogo. – М.: Nedra, 1987. – 380 s.

УДК 004.912

Е.М. ГРИЦЕНКО, А.В. ЛОЧ, А.С. ШЕЛЬМАГИН

НАПОЛНЕНИЕ ВАРИАТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УЧЕБНОГО ПЛАНА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО ИТ-СПЕЦИАЛИСТА

В статье представлен подход к определению вариативной составляющей учебного плана бакалавров и магистрантов ИТ-направлений. Рассматриваются основные требования направления подготовки бакалавров и магистрантов на основе компетентностного подхода. Предлагается применять онтологии для классификации, упорядочивания, группировки выбранных данных.

Ключевые слова: ИТ-специалист; учебный план; компетентностный подход.

ВВЕДЕНИЕ

Направление реформирования образования в нашей стране определяется задачей обеспечения качества образования на основе сохранения его фундаментальности и соответствия актуальным и перспективным потребностям личности, общества и государства. Повышение качества образования является одной из самых важных целей образовательной реформы. Качество образования рассматривается как многосторонняя концепция, охватывающая все основные функции и виды деятельности ВУЗа, и характеризуется тем, как выпускник может быстро и эффективно включиться в трудовую деятельность. На качество образования влияют многие факторы, например, такие, как система управления ВУЗом, организация отбора абитуриентов, содержание образовательных программ и т.д.

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ВАРИАТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Целью данной работы является отслеживание тенденций развития информационных технологий, анализ рынка труда, оценка требований работодателя ИТ-рынка для наполнения вариативной составляющей учебного плана с целью повышения качества выпускаемых специалистов. В рамках данной задачи предлагается разработка интерактивной системы анализа вышеперечисленных данных, позволяющей, во-первых, выработать рекомендации по формированию вариативной составляющей учебного плана, во-вторых, получить структуру необходимых дисциплин, знаний и умений. При реализации этой системы предлагается использование компетентностного подхода и создание онтологий.

Одной из приоритетных задач при формировании содержания основной образовательной программы является стремление учесть современные тенденции и технологии, существующие в заданной области. В соответствии с новым образовательным стандартом [1, 2] образовательная программа состоит из нескольких образовательных циклов (гуманитарный, социальный и экономический циклы, естественнонаучный цикл, профессиональный цикл), каждый из которых имеет базовую (обязательную) часть и вариативную (профильную), устанавливаемую ВУЗом. Вариативная часть даёт возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков, определяемых содержанием базовых дисциплин, позволяет студенту получить углубленные знания и навыки для успешной профессиональной деятельности. Таким образом, одной из основных целей и задач ВУЗа является формирование программы образования в рамках актуальных современных тенденций в профессиональной сфере.

Компетентностный подход изначально возник как ответ на проблему несоответствия содержания современного образования потребностям современной экономики и цивилизации и, как следствие, неэффективности системы образования. В данном подходе имеется нацеленность на конечный результат образовательной деятельности, от чего и

формируется вся образовательная программа. Также подход предполагает формирование компетентности будущего ИТ-специалиста, что подразумевает наличие знаний и опыта, необходимых для эффективной деятельности в заданной предметной области. Понятие «компетентность» включает не только когнитивную и операциональную-технологическую составляющие, но и мотивационную, этическую, социальную и поведенческую. Таким образом, целью работы будет не просто создание программы изучения базовых теорий, но и её нацеленность на получение необходимых навыков и умений, формирования компетенций для эффективной деятельности в заданных условиях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАРИАТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УЧЕБНОГО ПЛАНА БАКАЛАВРОВ

Так как работа преследует цель формирования вариативной составляющей учебной программы как для бакалавров, так и для магистров, то первое, что следует учесть в нашей работе – это различия в направлениях подготовки. Так, для бакалавров следует уделить внимание больше актуальным тенденциям, присутствующим на рынке труда технологий, в то время как магистрам следует сделать «уклон» в сторону инновационных явлений в информационных технологиях и актуальных проблем науки.

Для бакалавров:

- Необходимо выполнить анализ рынка труда с целью определения наиболее актуальных и востребованных профессий и направлений. (При этом следует учитывать различные критерии, например: критерий востребованности профессии и критерий степени её оплачиваемости).

- Далее необходимо провести анализ профессиональных областей с целью формирования программы необходимых теоретических знаний. (При этом следует в первую очередь учитывать наиболее актуальные теоретические знания как для каждой из профессиональных областей, так и для всех в целом).

- Необходимо провести анализ навыков и умений, а также задач, которые предполагается решать в данных профессиональных областях. (Например, сетевому администратору необходимы помимо знаний об устройстве сети навыки владения инструментами для обжима, укладки сетевых кабелей, а также специфическими приборами для тестирования и устранения неполадок).

- Необходимо провести анализ дополнительных требований, выдвигаемых к представителям тех или иных профессий, и выделить по примеру двух предыдущих пунктов требуемые навыки и теоретические знания. Например, специалисту по управлению разработкой ИТ-проекта для успешной деятельности часто необходимы навыки и знания в областях, не связанных с ИТ, такие, как коммуникабельность для работы с заказчиками и некоторые менеджерские навыки и знания. Или, например, банковскому программисту требуются знания по финансовому менеджменту, управленческому учету.

- Произвести группировку и выборку полученных данных, сформировать необходимые компетенции. На этом этапе необходимо выделить значимость полученных компетенций, определить, какие из знаний и навыков уже предусмотрены образовательной программой, а какие нужно туда добавить, при этом необходимо проанализировать, можно ли их присоединить к существующим учебным предметам или выделить в отдельную дисциплину. Предварительно также необходимо оценить объёмы образовательной нагрузки.

- Вывести результаты оценки в виде рекомендаций по составлению вариативной составляющей учебных планов с данными о их содержании и структуре.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАРИАТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ УЧЕБНОГО ПЛАНА МАГИСТРОВ

Учитывая, что магистр готовится к широкому кругу профессиональной деятельности (научно-исследовательская, аналитическая, производственная, педагогическая, проектная,

технологическая, организационно-управленческая, сервисно-эксплуатационная) [2], то для магистрантов необходимо:

- Как в случае с бакалаврами, провести четыре первых пункта анализа, делая уклон на более специфические и более наукоёмкие направления (например, уклон на такие профессии, как «Администратор цифровой магистрали связи»; цифровые магистрали связи находятся в постоянном развитии, привлекая для этого различные отрасли науки).

- Следует также дополнительно произвести анализ новых отраслей и тенденций в информационных технологиях с целью выявления наиболее перспективных и включения их в учебный план.

- Затем, как и в случае с бакалаврами, произвести группировку и выборку полученных данных, сформировать компетенции и вывести полученные результаты.

На каждом этапе будет применяться онтология для классификации, упорядочивания, группировки выбранных данных. Онтология включает в себя ряд концептов, описывающих спектр профессиональной деятельности человека, таких, как: профессии, теоретические знания, практические знания (навыки, умения), отрасли информационных технологий, дисциплины и т.д. Под онтологией в данном контексте понимается точная спецификация концептуализации некоторой предметной области. Онтология включает в себя тезаурус концептов предметной области, логические отношения, которые описывают, как концепты соотносятся друг с другом, а также ограничения между концептами. Таким образом, онтология позволяет соотнести требуемые вакансии на естественном языке. В настоящее время использование онтологий наиболее активно происходит в области систем управления знаниями, а также в области многоагентных интеллектуальных систем.

Сбор данных для экземпляров онтологии предполагается реализовать несколькими способами:

- ручное добавление данных;
- автоматическое добавление данных с сайтов Интернета;
- добавление данных с размещённой в Интернете анкеты.

Также необходимо разработать ряд аналитических алгоритмов для:

- формирования экземпляров онтологий, обновления, дополнения существующих, создания новых;
- анализа полученных онтологических экземпляров навыков, знаний, определения похожих, взаимозаменяемых, взаимодополняемых;
- анализа объёма и учебной нагрузки, оценки критериев значимости знаний и умений;
- формирования дисциплин на основе критериев значимости и компетенций, а также возможности распределения их с учётом объёма по заданной учебной нагрузке, либо группировки навыков в существующие дисциплины с анализом принадлежности к этим дисциплинам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Программно-аппаратной частью данного исследования будет являться сервер с запущенными на нём необходимыми программными алгоритмами. Вывод результата будет осуществляться с помощью сформированной HTML-страницы, которая будет содержать рекомендации (данные о значимости тех или иных знаний и дисциплин), а также в табличном виде структуру предлагаемых дисциплин с данными об их объёме и учебной нагрузки в отдельной таблице.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 231000 Программная инженерия (квалификация (степень) «бакалавр»)». – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.edu.ru/db-mon/mo/data/d_09/m542.html.

2. Приказ «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 231000 Программная инженерия (квалификация (степень) «магистр»)». – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.edu.ru/db-mon/mo/data/d_09/m543.html.
3. Использование онтологий в системах управления знаниями. – [Электронный ресурс]. – URL: http://bigc.spb.ru/publications/bigspb/km/use_ontology_in_suz.php.
4. Автоматическое построение онтологий для тематических поисковых систем / Е.А. Рабчевский, Г.И. Булатова. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://shcherbak.net/avtomaticheskoe-postroenie-ontologij-dlya-tematicheskix-poiskovyx-sistem/>.

Гриценко Екатерина Михайловна

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии»
Тел.: 8 923 354 19 85
E-mail: mmlab@bk.ru

Лоч Артур Валерьевич

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск
Магистрант факультета автоматизации и информационных технологий
Тел.: 8 902 976 77 36
E-mail: gmrfait@gmail.com

Шельмагин Антон Сергеевич

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск
Аспирант кафедры «Информационные технологии»
Тел.: 8 908 201 00 58
E-mail: gemfait@gmail.com

E.M. GRITSENKO (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of department «Information technology»*)

A.V. LOCH (*The undergraduate of faculty of automation and information technology*)

A.S. SHELMAGIN (*The post-graduate student of department «Information technology»*)
Siberian State Technological University

CONTENT VARIABILITY PART OF CURRICULUM FOR THE FORMATION OF COMPETITIVENESS IT SPECIALIST

In clause the approach to definition variation is presented to a component of the curriculum of bachelors and masters IT-directions. The basic requirements of a direction of preparation of bachelors and masters on the basis of competent the approach are considered. It is offered to apply ontologies to classification, ordering, a grouping of the chosen data.

Keywords: *IT-specialist; IT-directions; curriculum; competitiveness.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Приказ «Об утверждении и введении в действие федерал'ного государственного образовател'ного стандарта вы'sсшего профессионал'ного образования по направлению подготовки 231000 Программная инженерия (квалификация (степень) «бакалавр»)». – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.edu.ru/db-mon/mo/data/d_09/m542.html.
2. Приказ «Об утверждении и введении в действие федерал'ного государственного образовател'ного стандарта вы'sсшего профессионал'ного образования по направлению подготовки 231000 Программная инженерия (квалификация (степень) «магистр»)». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.edu.ru/db-mon/mo/data/d_09/m543.html.
3. Ispol'zovanie ontologij v sistemax upravleniya znaniyami. – [Электронный ресурс]. – URL: http://bigc.spb.ru/publications/bigspb/km/use_ontology_in_suz.php.
4. Avtomaticheskoe postroenie ontologij dlya tematicheskix poiskovy'x sistem / E.A. Rabchevskij, G.I. Bulatova. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://shcherbak.net/avtomaticheskoe-postroenie-ontologij-dlya-tematicheskix-poiskovyx-sistem/>.

УДК 002.6:024

И.С. КОНСТАНТИНОВ, В.Н. ВОЛКОВ, А.А. СТЫЧУК

АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ОРГАНИЗАЦИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА

В данной статье проведен анализ и обобщение принципов организации обслуживания населения с применением технологии удаленного доступа. Выделены основные принципы и проведено их описание. Приведенные принципы могут быть использованы в области создания инструментальных средств организации и контроля оказания электронных услуг населению.

Ключевые слова: электронная услуга; язык описания электронной услуги; регламент электронной услуги; электронное правительство; обслуживание населения; инструментальное средство; удаленный доступ.

Организация обслуживания населения с применением средств удаленного доступа должна основываться на соблюдении определенных основополагающих принципов. Согласно словарю русского языка С.И. Ожегова, «принцип – это основное, исходное положение какой-нибудь теории, учения, науки и т.д.» [1]. Таким образом, можно утверждать, что принципы в данном случае – это выработанные практикой, закрепленные или отраженные в специальных нормативных правовых актах руководящие положения, в соответствии с которыми осуществляется деятельность различных субъектов в рамках их компетенции по обслуживанию граждан с использованием технологии удаленного доступа. Основными источниками для формулирования оснований и исходных принципов организации обслуживания населения с применением технологии удаленного доступа служит ряд нормативных документов и публикаций [2-17], а также следующие документы:

1. ФЦП «Электронная Россия (2002-2010 годы)» (утв. Постановлением Правительства РФ от 28 января 2002 г. № 65 (в редакции постановления Правительства РФ от 10 сентября 2009 г. № 721)).

2. План-проспект технического проекта на создание и эксплуатацию инфраструктуры электронного правительства (разработанный в рамках исполнения государственного контракта от 12.11.2009 г. № 012/171).

3. План построения инфраструктуры электронного правительства на территории РФ (разработанный в рамках исполнения государственного контракта от 12.11.2009 г. № 012/171).

4. Проект федерального закона № 254940-5 «Об общих принципах организации предоставления государственных (муниципальных) услуг и исполнения государственных (муниципальных) функций».

Таким образом, были выделены следующие группы принципов организации обслуживания населения с применением технологии удаленного доступа:

- социально-экономические;
- организационные;
- технические;
- правовые.

Социально-экономические принципы включают в себя:

1. **Доступность.** Принцип доступности выражается:

- в гарантии прав граждан России на получение требуемой услуги;
- в равноправии прав на обслуживание, которыми обладают как граждане Российской Федерации, так и постоянно проживающие в стране иностранные граждане;
- в обеспечении прав граждан на получение бесплатной информации о возможностях, видах, порядке и условиях обслуживания;

- в возможности получения обслуживания как на дому, так и в специализированных учреждениях;

- в возможности получения заявителем сведений о ходе выполнения запроса о предоставлении услуги.

2. **Возмездность.** Услуги оказываются на возмездной основе, в том числе, путем взимания с заказчика пошлины за предоставление государственных и муниципальных услуг (плательщик в той или иной мере непосредственно ощущает возмездность платежа) или платы за предоставление других услуг.

3. **Гуманизм.** Деятельность по обслуживанию населения страны должна осуществляться в соответствии с принципом гуманизма, провозглашающего человека, его жизнь и здоровье высшими ценностями, защита которых составляет смысл и нравственное содержание обслуживания в Российской Федерации. Следовательно, граждане имеют право на уважительное и гуманное отношение со стороны работников учреждений, оказывающих услуги населению.

4. **Социальная справедливость.** Принцип социальной справедливости проявляется в том, что оказание услуг гарантируется имеющим на это право гражданам независимо от пола, расы, национальности, языка, происхождения, должностного положения, места жительства, отношения к религии, убеждений, а также других обстоятельств. Информационные системы, используемые для предоставления электронных услуг, должны обеспечивать учет интересов граждан, имеющих ограниченные возможности. Поскольку используемые ими средства просмотра веб-сайтов преимущественно работают с текстовой информацией, вся значимая информация должна быть представлена в текстовом виде, а изображения сопровождаться текстовыми пояснениями. Навигация должна быть возможна с использованием клавиатуры без графического манипулятора.

5. **Профессионализм.** Принцип профессионализма в деятельности по оказанию электронных услуг населению проявляется в том, что оказание услуг осуществляется специалистами, имеющими профессиональное образование, соответствующими требованиям и характеру выполняемых задач, обладающими опытом работы в данной области.

6. **Представительство интересов.** В случаях, когда это не противоречит законодательству, должны быть предусмотрены возможности опосредованного (через представителя) получения услуг для граждан, которые не могут реализовать свое право получения услуги самостоятельно. Возможность расширения механизмов представительства интересов и требования к уполномоченным представителям должны определяться для каждой конкретной услуги отдельно. Возможность регламентированного опосредованного доступа к услугам с использованием технологии удаленного доступа позволит повысить уровень безопасности персональных данных пользователей, поскольку снизит вероятность предоставления гражданами, заинтересованными в посредничестве, своих идентификационных данных случайным третьим лицам.

Организация обслуживания населения с применением технологии удаленного доступа должна основываться на существующей законодательной базе и нормативных документах. В связи с этим в группу правовых принципов были включены:

1. **Конфиденциальность.** Сведения личного характера, ставшие известными работникам учреждений, связанных с реализацией услуг населению, составляют профессиональную тайну. Особую значимость данный принцип приобретает в условиях оказания услуг с применением технологии удаленного доступа.

2. **Законность.** Принцип законности выражается в том, что деятельность по оказанию услуг населению в Российской Федерации осуществляется (регулируется) в соответствии с Конституцией Российской Федерации, общепризнанными принципами и нормами международного права, с требованиями федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов субъектов страны.

3. **Полнота правового регулирования.** Нормативные правовые акты, регулирующие порядок предоставления услуг, должны предусматривать все возможные ситуации, в случае которых граждане обращаются за получением услуги. Если заявитель не может реализовать свое право на получение услуги в рамках действующего порядка ее предоставления, но в соответствии с вышестоящими нормативными правовыми актами имеет право на ее получение, в нормативных актах должен быть описан правовой механизм оперативной реализации законных прав заявителей (например, регламентированным расширением дискреционных полномочий ответственных должностных лиц).

4. **Законность использования информационных систем.** Информационные системы (ИС), используемые в предоставлении услуг, должны в полной мере реализовывать требования правовых актов, устанавливающих порядок предоставления этих услуг. Каждая ИС, используемая в предоставлении услуг, должна быть законно введена в эксплуатацию.

5. **Ответственность за действия, совершаемые автоматически.** Все юридически значимые действия, включая фиксацию юридических фактов, предоставление справок и выписок и т.п., совершаемые автоматически или автоматизировано с помощью ИС, должны совершаться от имени конкретного должностного лица, которое несет персональную ответственность за все наступающие последствия.

6. **Отсутствие произвольных ограничений доступа к услугам.** Идентификация пользователей, запрос у них персональных или иных данных, заключение лицензионных или иных соглашений с пользователями допустимо только в случаях, прямо предусмотренных законодательством. Во всех остальных случаях доступ к информации и сервисам должен осуществляться немедленно по запросу. В случае, если нормативные правовые акты предусматривают необходимость совершения такого рода действий, на них должна предоставляться ссылка в пределах одного пользовательского интерфейса с запросом на совершение таких действий. К любой открытой информации, в том числе, связанной с порядком и ходом предоставления услуг, должен предоставляться немедленный бесплатный доступ. В случае, если оплата доступа к информации предусмотрена действующими нормативными правовыми актами, на эти акты должна предоставляться ссылка в пределах одного пользовательского интерфейса с запросом на оплату.

Качество оказания услуги в большей степени зависит от способа ее организации. Таким образом, группу организационных принципов составляют:

1. **Добровольность.** Принцип добровольности в сфере обслуживания проявляется в том, что при получении услуг граждане имеют право на:

- самостоятельный выбор учреждения и формы обслуживания в установленном порядке: как из числа государственных организаций, так и коммерческих, а также граждан, занимающихся предпринимательской деятельностью по соответствующему профилю обслуживания населения без образования юридического лица;

- информацию о своих правах, обязанностях и условиях оказания услуг;

- согласие на обслуживание либо отказ от него.

2. **Научность.** Реализация принципа научности связана с осуществлением регулярного мониторинга ситуации в сфере оказания электронных услуг в Российской Федерации, в отдельных субъектах страны. Такие исследования должны проводиться наиболее компетентными в данной области специалистами на нормативно-правовой основе и должны рассматриваться как основание для корректировки и совершенствования программ развития оказания услуг в электронной форме.

3. **Вариантность.** Принцип вариантности обслуживания населения с применением технологии удаленного доступа выражается в том, что данная система основана на использовании поддержки и развитии всех форм собственности и состоит из государственного и негосударственного секторов оказания услуг. Государственные учреждения, являясь юридическими лицами, осуществляют свою деятельность в соответствии с законодательством страны. Негосударственный сектор услуг объединяет

учреждения, деятельность которых основана на негосударственной форме собственности, а также лиц, осуществляющих частную деятельность в данной сфере без образования юридического лица.

4. **Персональная ответственность.** Реализация принципа персональной ответственности предполагает, с одной стороны, наступление в соответствии с законодательством Российской Федерации ответственности (дисциплинарной, гражданско-правовой и др.) лиц, занятых в области оказания электронных услуг, если их действия (бездействие) повлекли за собой опасные для жизни и здоровья клиента последствия или иное нарушение его прав; а с другой – действия (бездействие) могут быть обжалованы гражданином, его опекуном, попечителем, другим законным представителем в органы государственной власти, органы местного самоуправления либо в суд.

5. **Неосвязаемость.** Услуги невозможно увидеть, попробовать, продемонстрировать или изучить до их получения. Эта характеристика предопределяет особенности взаимоотношений между продавцом и покупателем услуг (поставщиком и заказчиком). Заказчику или его представителям нелегко разобраться и оценить, что продается до получения услуги. В связи с этим они вынуждены полагаться на то, что их не обманут и не подведут.

6. **Адресность.** Услуги предоставляются непосредственно заказчику. Это отличает их от материальной продукции, которая выпускается, как правило, ориентируясь не на конкретного потребителя, а на общий рынок спроса. Услуги можно оказывать только тогда, когда поступают заказы от конкретных клиентов.

7. **Неотделимость от источника.** Услуги неотделимы от своего источника, будь то человек или машина. Это означает, что их нельзя произвести впрок и хранить, чтобы затем при необходимости реализовать. Данный принцип жестко ограничивает участие в процессе купли-продажи услуг торговых посредников. Реализация и производство в сфере обслуживания базируется на прямых контактах между производителями и потребителями.

8. **Изменчивость качества услуг (гетерогенность).** Большинство услуг до момента их продажи не могут быть рассчитаны, измерены, инвентаризованы, опробованы на вкус и проверены с целью подтверждения их качества. Качество услуг в значительной степени зависит от того, кто их обеспечивает, а также где, когда и как они предоставляются, важнейшую роль в их изменчивости играет сам заказчик.

9. **Принцип «одного окна».** Обращение за предоставлением услуги имеет заявительный порядок, т.е. оказание услуги осуществляется после однократного обращения заказчика к продуценту (посреднику, специализированной организационно-технической системе поддержки оказания электронных услуг [17]), а взаимодействие с поставщиками услуги осуществляется в соответствии с нормативно-правовыми актами, соглашениями о взаимодействии установленного регламента.

10. **Регламентированное взаимодействие учетных систем.** Органы, участвующие в предоставлении услуг, не вправе требовать от заявителей актуальную и законно имеющуюся в их распоряжении информацию (или которая может быть законно полученной). Получатели услуг должны иметь возможность доверить (уполномочить) органу, участвующему в предоставлении услуги, обратиться в иные организации для получения сведений, необходимых для предоставления услуги (если это не установлено нормативным правовым актом). Факты регламентированного доступа к сведениям, относящимся к гражданам и организациям, должны автоматически протоколироваться (дата, имя и должность служащего, основания, на которых осуществлено обращение к данным). Персональные и иные непубличные сведения, относящиеся к гражданам и организациям, должны быть недоступны вне пределов полномочий продуцента и поставщиков, определенных действующими нормативными правовыми актами.

Группа технических принципов указывает на особенности реализации оказания услуги с применением технологии удаленного доступа. К ним относятся:

1. **Принцип повышения эффективности электронного взаимодействия.** Переход к предоставлению электронных услуг не должен приводить к усложнению для получателей услуг процедур, увеличению сроков рассмотрения и принятия решения, росту издержек.

2. **Протоколирование действий.** В ИС, используемых для предоставления услуг, должна отсутствовать техническая возможность нецелевого использования информации, связанной с заявителями. ИС должны предусматривать автоматическое ведение протоколов, фиксирующих момент совершения всех юридически значимых действий с помощью ИС, состав действий и совершившего их субъекта. Регламенты эксплуатации ИС и технические средства должны предусматривать использование операторами индивидуальных средств их идентификации.

3. **Доступное для понимания информирование.** Продюценты и поставщики услуг информируют заказчика доступным для него способом без использования специальной терминологии:

- о существовании услуги, предоставляемой в электронном виде и о порядке ее получения;

- об отличиях (в том числе, преимуществах и недостатках) процедур получения услуги в электронном и традиционном виде;

- о правовых последствиях, потенциальных рисках и проблемах, связанных с получением услуги в электронном виде;

- о требованиях к квалификации заявителей и к используемым ими программно-техническим (форматы данных, коммуникационные протоколы, иные формальные спецификации), телекоммуникационным (ширина канала связи и др.) средствам, средствам идентификации, использование которых обязательно для получения услуги.

4. **Открытость внешних интерфейсов ИС.** Все внешние интерфейсы информационных систем, используемых для предоставления услуг, должны быть реализованы посредством открытых стандартов и быть официально опубликованы. Реализация внешних интерфейсов информационных систем с использованием закрытых (неспецифицированных) технологий и технологий, требующих для их использования заключения лицензионных, а также иных (в том числе, платных) соглашений, допускается только в качестве дополнения, использование или отказ от использования которых остается полностью на усмотрение получателя услуги.

Основными способами взаимодействия в ходе предоставления услуг в электронной форме являются веб-браузер и электронная почта. Взаимодействие через веб-браузер и электронную почту, если предоставление какой-либо услуги технически осуществимо с их использованием, должны реализовываться в обязательном порядке. Другие каналы взаимодействия и программное обеспечение, требующее специальной установки на компьютеры заявителя только для целей предоставления услуги, могут использоваться только в качестве дополнительных способов взаимодействия после реализации основных, а их использование или отказ от использования остается на усмотрение получателя услуги. Применение такого программного обеспечения должно быть обосновано и не должно приводить к дополнительным расходам заказчика услуги.

5. **Запрет на технологическую дискриминацию.** Обеспечивается доступ к электронной услуге посредством всех электронных каналов взаимодействия, востребованных пользователями, не ограничивая круг получателей услуги владельцами конкретных видов аппаратного и программного обеспечения, использованием услуг конкретных поставщиков услуг на рынке, в том числе, операторов связи.

6. **Разумность требований к компетентности пользователей.** Предоставление услуг не должно требовать от пользователя навыков, превышающих базовые (использование веб-браузера, электронной почты и текстового процессора, а также средств идентификации). Если для осуществления какой-либо процедуры требуются знания и навыки, выходящие за рамки базовой компетенции пользователей, в интерфейсе веб-сайтов и программного обеспечения должны быть реализованы общая и контекстная справки. Требования к навыкам

пользователей должны быть зафиксированы в административных регламентах или иных правовых актах, регулирующих предоставление услуги.

Таким образом, группа социально-экономических принципов гарантирует возможность получения услуги каждым гражданином вне зависимости от его социального статуса, материального положения и состояния здоровья. Группа правовых принципов регламентирует законность выполнения действия, связанных с оказанием услуг с применением технологии удаленного доступа. Организационные принципы указывают на способ оказания услуг. Отступление от данных принципов может привести к некачественному оказанию услуги или неполному использованию преимуществ, свойственных электронным услугам. Несоблюдение принципов из технической группы может привести к невозможности оказания услуги посредством технологии удаленного доступа. Сформулированные принципы достаточны для проектирования инструментальных средств организации и контроля оказания электронных услуг населению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка: 80000 слов и фразеологических выражений // Российская академия наук. Институт русского языка им. В.В. Виноградова. – 4-е изд., дополненное. – М.: Азбуковник, 1999. – 944 с.
2. Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг: [федер. закон № 210-ФЗ от 27 июля 2010 г.] // Российская газета, 2010. – № 168(5247).
3. Об основах социального обслуживания населения в Российской Федерации [Электронный ресурс]: [федер. закон № 195-ФЗ от 10 декабря 1995 г.]. – М., 2008. – URL: <http://base.garant.ru/105642>.
4. Об информации, информационных технологиях и о защите информации: [федер. закон № 149-ФЗ от 27 июля 2006 г.] // Российская газета, 2006. – № 4131.
5. Об электронной цифровой подписи [Электронный ресурс] : [федер. закон № 1-ФЗ от 10 января 2002 г.] // Российская газета, 2002. – URL: <http://www.rg.ru/2002/01/10/podpis-dok.html>.
6. О персональных данных: [федер. закон № 152-ФЗ от 27 июля 2006 г.] // Российская газета, 2006. – № 4131.
7. Концепция формирования в Российской Федерации электронного правительства до 2010 года [Электронный ресурс]: [распоряж. Правительства РФ № 632-р от 06 мая 2008 г.] // КонсультантПлюс, 2009. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=86005>.
8. Концепция долгосрочного социально-экономического развития страны до 2020 года [Электронный ресурс]: [распоряж. Правительства РФ № 1662-р от 17 ноября 2008 г.] // КонсультантПлюс, 2008. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=90601>.
9. Основные направления деятельности Правительства РФ на период до 2012 года [Электронный ресурс]: [распоряж. Правительства РФ №1663-р от 17 ноября 2008 г.] // КонсультантПлюс, 2008. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=94902>.
10. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации [Электронный ресурс]: [указ Президента РФ № Пр-212 от 7 февраля 2008 г.] // КонсультантПлюс, 2008. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=92004>.
11. Концепция региональной информатизации до 2010 года [Электронный ресурс]: [распоряж. Правительства РФ № 1024-р от 17 июля 2006 г.] // КонсультантПлюс, 2009. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=92580>.
12. Волков В.Н. Контроль хода оказания электронных услуг населению [Электронный ресурс] // Международная научно-техническая интернет-конференция «Информационные системы и технологии». – URL: <http://isit-conf.ostu.ru/conferences/1/materials/manager/view/129>.
13. Константинов И.С. Подсистема формирования плана-графика хода оказания электронной услуги [Электронный ресурс] / И.С. Константинов, В.Н. Волков, О.С. Радченко, Н.О. Борисов // Международная научно-техническая интернет-

- конференция «Информационные системы и технологии». – URL: <http://isit-conf.ostu.ru/conferences/1/materials/manager/view/110>.
14. Константинов И.С. Концепция «Создание, сопровождение и реализация электронных услуг населению» (проект) / И.С. Константинов, В.Н. Волков, О.А. Иващук и др. – Орел: Информ. аг-во «Стерх», 2010. – 16 с.
 15. Константинов И.С. Язык формального описания регламентов электронных услуг – ЛОГИ / И.С. Константинов, В.Н. Волков, О.А. Иващук и др. – Орел: Информ. аг-во «Стерх», 2010. – 32 с.
 16. Архипов О.П. Создание бизнеса предоставления электронных услуг населению как одно из ключевых направлений инновационного развития России / О.П. Архипов, О.А. Иващук, И.С. Константинов, А.В. Коськин, О.А. Савина // Информационные системы и технологии, 2011. – № 4(66) июль-август. – С. 83-89.
 17. Архипов О.П. Создание бизнеса предоставления электронных услуг населению / О.П. Архипов, О.А. Иващук, И.С. Константинов, А.В. Коськин, О.А. Савина // Развитие информационных технологий и их значение для модернизации социально-экономической системы: материалы международной научно-практической конференции (12 мая 2011 г.). – Саратов: Изд-во ЦПМ «Академия бизнеса», 2011. – С. 87-91.

Константинов Игорь Сергеевич

Госунiversитет–УНПК, г. Орёл

Доктор технических наук, профессор, директор Учебно-научно-исследовательского института информационных технологий, зав. кафедрой «Информационные системы»

Тел.: 8 (4862) 40-96-14

E-mail: konstantinov@ostu.ru

Волков Вадим Николаевич

Госунiversитет–УНПК, г. Орёл

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»

Тел.: 8 (4862) 40-96-14

E-mail: vadimvolkov@list.ru

Стычук Алексей Александрович

Госунiversитет–УНПК, г. Орёл

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Информационные системы»

Тел.: 8 (4862) 40-96-14

E-mail: stichuck@rambler.ru

I.S. KONSTANTINOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, director of the Uchebno-scientific research institute of information technology, head of department «Information systems»*)

V.N. VOLKOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of department «Information systems»*)

A.A. STYCHUK (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of department «Information systems»*)

State University – ESPC, Orel

THE ANALYSIS AND GENERALIZATION OF PRINCIPLES OF THE ORGANIZATION OF SERVICE OF THE POPULATION WITH APPLICATION OF TECHNOLOGY OF REMOTE ACCESS

In given article the analysis and generalization of principles of the organization of service of the population with application of technology of remote access is carried out. Main principles are allocated and their description is spent. The resulted principles can be used in the field of creation of tool means of the organization and control of rendering of electronic services to the population.

Keywords: *electronic service; language of the description of electronic service; regulations of electronic service; electronic government; population service; tool means; remote access.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ozhegov S.I., Shvedova N.Yu. *Tolkovy'j slovar' russkogo yazy'ka: 80000 slov i frazeologicheskix vy'razhenij* // Rossijskaya akademiya nauk. Institut russkogo yazy'ka im. V.V. Vinogradova. – 4-e izd., dopolnennoe. – M.: Azbukovnik, 1999. – 944 s.
2. Ob organizacii predostavleniya gosudarstvenny'x i municipal'ny'x uslug: [feder. zakon № 210-FZ ot 27 iyulya 2010 g.] // Rossijskaya gazeta, 2010. – № 168(5247).
3. Ob osnovax social'nogo obsluzhivaniya naseleniya v Rossijskoj Federacii [E'lektronny'j resurs]: [feder. zakon № 195-FZ ot 10 dekabrya 1995 g.]. – M., 2008. – URL.: <http://base.garant.ru/105642>.
4. Ob informacii, informacionny'x texnologiyax i o zashhite informacii: [feder. zakon № 149-FZ ot 27 iyulya 2006 g.] // Rpsijskaya gazeta, 2006. – № 4131.
5. Ob e'lektronnoj cifrovoj podpisi [E'lektronny'j resurs]: [feder. zakon № 1-FZ ot 10 yanvarya 2002 g.] // Rossijskaya gazeta, 2002. – URL: <http://www.rg.ru/2002/01/10/podpis-dok.html>.
6. O personal'ny'x danny'x: [feder. zakon № 152-FZ ot 27 iyulya 2006 g.] // Rossijskaya gazeta, 2006. – № 41-31.
7. koncepciya formirovaniya v Rossijskoj Federacii e'lektronnogo pravitel'stva do 2010 goda [E'lektronny'j resurs]: [rasporyazh. Pravitel'stva RF № 632-r ot 06 maya 2008 g.] // Konsul'tantPlyus, 2009. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=86005>.
8. koncepciya dolgosrochnogo social'no-e'konomicheskogo razvitiya strany' do 2020 goda [E'lektronny'j resurs]: [rasporyazh. Pravitel'stva RF № 1662-r ot 17 noyabrya 2008 g.] // Konsul'tantPlyus, 2008. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=90601>.
9. Osnovny'e napravleniya deyatel'nosti Pravitel'stva RF na period do 2012 goda [E'lektronny'j resurs]: [rasporyazh. Pravitel'stva RF № 1663-r ot 17 noyabrya 2008 g.] // Konsul'tantPlyus, 2008. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=94902>.
10. Strategiya razvitiya informacionnogo obshhestva v Rossijskoj Federacii [E'lektronny'j resurs]: [ukaz Prezidenta RF № Pr-212 ot 7 fevralya 2008 g.] // Konsul'tantPlyus, 2008. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=92004>.
11. koncepciya regional'noj informatizacii do 2010 goda [E'lektronny'j resurs]: [rasporyazh. Pravitel'stva RF № 1024-r ot 17 iyulya 2006 g.] // Konsul'tantPlyus, 2009. – URL: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=92580>.
12. Volkov V.N. Kontrol' xoda okazaniya e'lektronny'x uslug naseleniyu [E'lektronny'j resurs] // Mezhdunarodnaya nauchno-texnicheskaya internet-konferenciya «Informacionny'e sistemy' i texnologii». – URL: <http://isit-conf.ostu.ru/conferences/1/materials/manager/view/129>.
13. Konstantinov I.S. Podsystema formirovaniya plana-grafika xoda okazaniya e'lektronnoj usluzhi [E'lektronny'j resurs] / I.S. Konstantinov, V.N. Volkov, O.S. Radchenko, N.O. Borisov // Mezhdunarodnaya nauchno-texnicheskaya internet-konferenciya «Informacionny'e sistemy' i texnologii». – URL: <http://isit-conf.ostu.ru/conferences/1/materials/manager/view/110>.
14. Konstantinov I.S. koncepciya «Sozdanie, soprovozhdenie i realizaciya e'lektronny'x uslug naseleniyu» (proekt) / I.S. Konstantinov, V.N. Volkov, O.A. Ivashhuk i dr. – Oryol: Inform. ag-vo «Sterx», 2010. – 16 s.
15. Konstantinov I.S. Yazy'k formal'nogo opisaniya reglamentov e'lektronny'x uslug – LOGI / I.S. Konstantinov, V.N. Volkov, O.A. Ivashhuk i dr. – Oryol: Inform. ag-vo «Sterx», 2010. – 32 s.
16. Arxipov O.P. Sozdanie biznesa predostavleniya e'lektronny'x uslug naseleniyu kak odno iz klyuchevy'x napravlenij innovacionnogo razvitiya Rossii / O.P. Arxipov, O.A. Ivashhuk, I.S. Konstantinov, A.V. Kos'kin, O.A. Savina // Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – № 4(66) iyul'-avgust. – S. 83-89.
17. Arxipov O.P. Sozdanie biznesa predostavleniya e'lektronny'x uslug naseleniyu / O.P. Arxipov, O.A. Ivashhuk, I.S. Konstantinov, A.V. Kos'kin, O.A. Savina // razvitie informacionny'x texnologij i ix znacheniedlya modernizacii social'no-e'konomicheskoy sistemy: materaly' mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (12 maya 2011 g.). – Saratov: Izd-vo CPM «Akademiya biznesa», 2011. – S. 87-91.

УДК 519.816:004.023

В. А. ЛОМАЗОВ, В. С. НЕХОТИНА

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ ИТ-ПРОЕКТОВ

Рассмотрена проблема оценки риска инвестиционных проектов применительно к сфере ИТ-сервиса. Предложена методика иерархического формирования критерия риска на основе нечетких показателей проекта. Показана эффективность использования предлагаемого подхода в системах поддержки принятия решений.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений; инвестиционные риски; нечеткие показатели.

Инвестиционные механизмы современной экономики требуют всестороннего и объективного научного анализа проектов, невозможного без широкого использования современных информационных технологий. Это в полной мере относится и к инвестиционным проектам в области ИТ-сервиса. Существующие в настоящее время системы поддержки принятия решений (СППР) в сфере инвестиций могут быть разделены на два основных типа: СППР, основанные на применении методов и алгоритмов исследования операций [1], и интеллектуальные СППР, использующие модели и методы теории искусственного интеллекта [2]. СППР первого типа (наряду с несомненными достоинствами) не позволяют в полной мере учесть характерную для рыночных условий неопределенность входной информации. Использование СППР второго типа дает возможность избежать этого недостатка (например, за счет нечетких представлений знаний), но высокая временная сложность алгоритмов (стратегий) обработки знаний приводит к существенным масштабным ограничениям (например, уменьшению числа учитываемых факторов). Отмеченные особенности важны именно для рынка ИТ-сервиса, где высокая степень неопределенности (к обычным факторам неопределенности добавляются бурный рост новых технологий и существенное влияние ИТ на все сферы социально-экономической жизни общества) сочетается с большим числом влияющих факторов. Решение проблемы лежит в плоскости гибридных СППР, сочетающих достоинства обоих подходов, в степени, достаточной для оценки инвестиционных рисков на рынке ИТ-сервиса, и требует исследования.

В рамках настоящей работы ограничимся рассмотрением инвестиционных проектов внедрения ИТ-сервиса на предприятии. Решение задачи оценки риска и экономической эффективности проектов предлагается осуществлять на основании сочетания методов экономического анализа и теории нечетких чисел [2]. Согласно принятой методике принятие решения о необходимости привлечения денежных средств для развития предприятия на основе внедрения ИТ-сервиса базируется на оценке эффективности проекта.

Иерархическая информационная модель проекта содержит два уровня (рис. 1,а). Верхний уровень включает в себя четыре показателя, первые два из которых (показатель затрат P_1 и показатель прибыли P_2) характеризуют экономическую компоненту проекта, а остальные (показатель уровня организации работ P_3 и показатель технической сложности работ P_4) соответствуют организационно-технической компоненте. На нижнем уровне иерархии проводится детализация показателей первого уровня путем выделения составляющих. Составляющими показателя $P_1(i_1 \dots i_5)$ являются: $p(i_1)$ – чистый приведенный эффект (NPV); $p(i_2)$ – индекс рентабельности инвестиций (PI); $p(i_3)$ – внутренняя норма прибыли (IRR); $p(i_4)$ – модифицированная внутренняя норма прибыли (MIRR); $p(i_5)$ – дисконтный срок окупаемости инвестиций (DPP). Составляющими $P_2(i_6, i_7)$ являются: $p(i_6)$ – срок окупаемости инвестиций (PP); $p(i_7)$ – коэффициент эффективности инвестиций (ARR). Составляющими $P_3(i_8, i_9, i_{10})$ являются: $p(i_8)$ – уровень квалификации команды внедрения проекта; $p(i_9)$ – заинтересованность и участие руководства в реализации проекта; $p(i_{10})$ – опыт внедрения аналогичных проектов. Составляющими $P_4(i_{11}, i_{12})$ являются: $p(i_{11})$ – показатель степени технической сложности работ по внедрению; $p(i_{12})$ – показатель степени

технической сложности последующей эксплуатации. В приведенных обозначениях различаются измеряемые величины i и их показатели $p(i)$, поскольку предполагается возможность различных способов измерения с использованием разных (не только сильных, но и слабых) измерительных шкал. В рамках рассматриваемой модели предлагается ограничиться следующими тремя типами показателей: числовые показатели (a), нечеткие числа с треугольной функцией принадлежности (нечетко d), нечеткие интервалы с трапециевидной функцией принадлежности (нечетко примерно d), как это показано на рисунке 1,б.

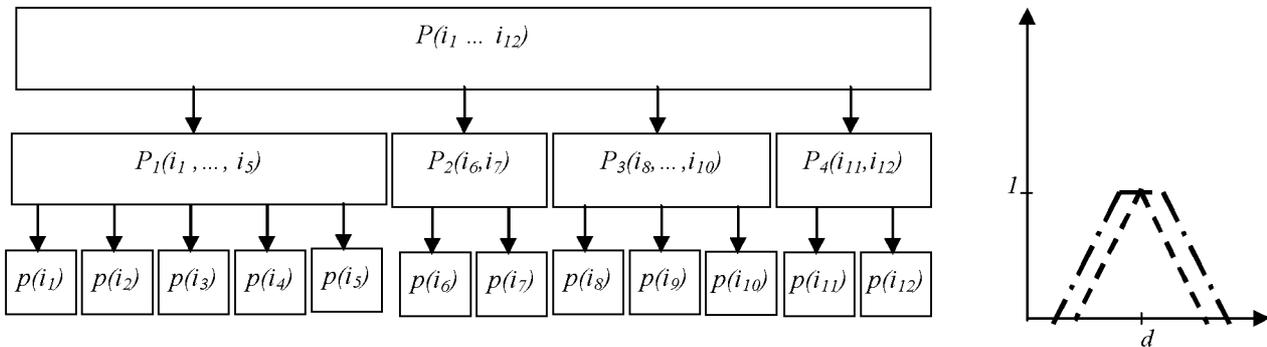


Рисунок 1 – Структура иерархической информационной модели инвестиционного проекта – а) и функции принадлежности нечетких значений показателя: «нечетко d »(пунктир) и « нечетко примерно d »(штрих-пунктир) – б)

Использование нечетких чисел и интервалов позволяет учесть неопределенность, присутствующую в описании проектов, не прибегая к лингвистическим переменным, применение которых существенно усложнило бы последующий анализ. Иерархичность предлагаемой информационной модели инвестиционного проекта в более полной (по сравнению с одноуровневыми моделями [3]) мере отражает специфику области применения и позволяет гибко менять структуру модели, а также (в случае необходимости) дает возможность (в зависимости от решаемой задачи) ограничиться тем или иным уровнем детализации.

Задачу оценки инвестиционных рисков необходимо рассматривать в контексте определенного горизонта планирования (например, в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе). При этом основой во всех случаях остается единая информационная модель проектов, что позволяет в дальнейшем производить сравнительный анализ. Задачи будут различаться критериями оценки проектов.

Формирование критериев является центральным вопросом задачи оптимального выбора из конечного множества альтернативных инвестиционных проектов [4]. Для принятия решения предлагается сформировать частные критерии, соответствующие компонентам верхнего уровня иерархической модели и затем на их основе построить обобщенный критерий минимального риска инвестиций. Частные критерии верхнего уровня в свою очередь базируются на показателях нижнего уровня. Иерархичность процедуры определения обобщенного критерия соответствует иерархии модели проекта и дает возможность организации параллельных вычислений.

Процедура вычисления обобщенного критерия минимального риска содержит следующие этапы:

Этап 1. Приведение показателей нижнего уровня к безразмерному виду на основе сравнения с соответствующими показателями эталонного проекта.

Этап 2. Сравнительная экспертная оценка (на основе алгоритма командного ранжирования или метода парных сравнений с использованием, например, шкалы Саати) важности отдельных показателей нижнего уровня.

Этап 3. Определение весовых коэффициентов показателей нижнего уровня.

Этап 4. Вычисление значений частных критериев в виде полусумм выпуклых линейных комбинаций показателей нижнего уровня с найденными весами и соответствующих показателей верхнего уровня.

Этап 5. Сравнительная экспертная оценка степени важности частных критериев верхнего уровня и построение весовых коэффициентов этих критериев.

Этап 6. Вычисление значения обобщенного критерия.

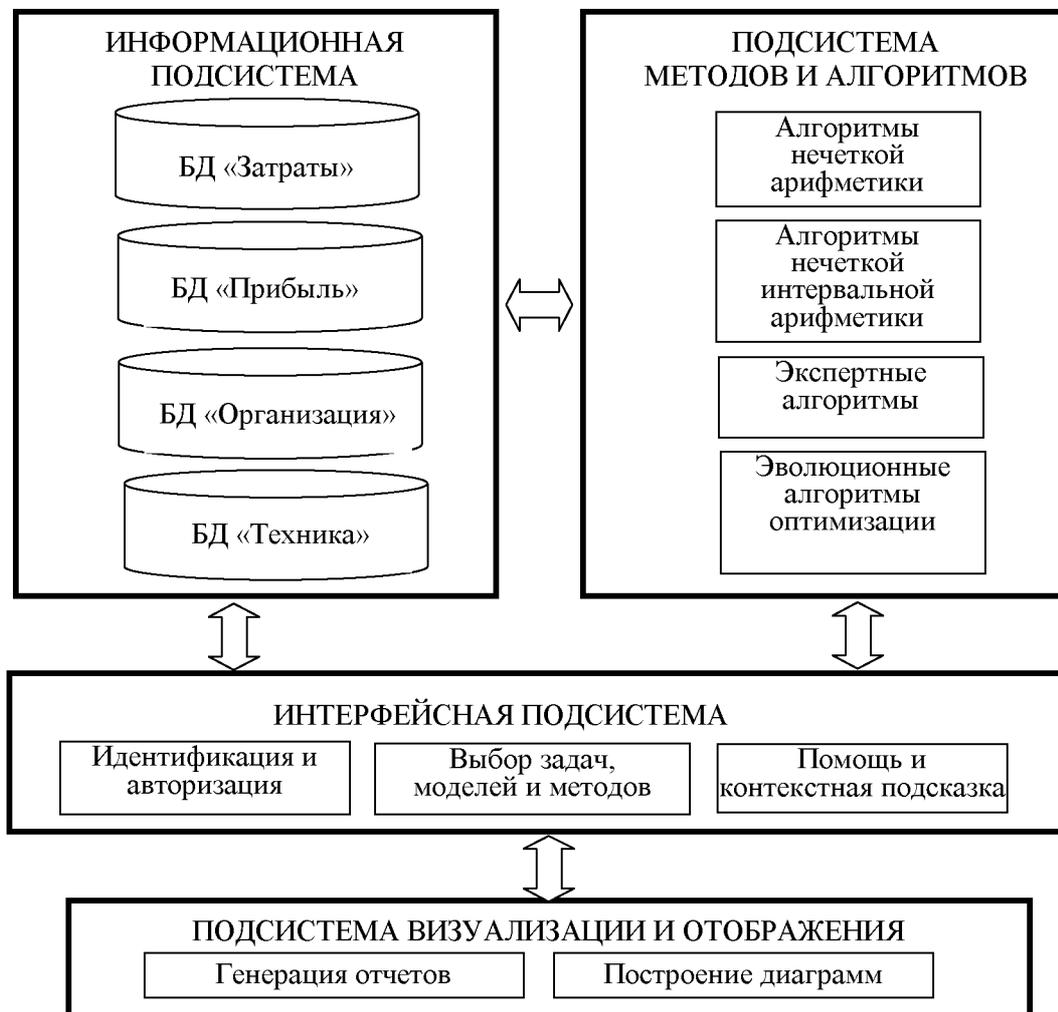


Рисунок 2 – Структурная схема СППР «ИнвестИнфо»

Последующая задача принятия решения сводится к выбору из конечного числа альтернатив одного или нескольких инвестиционных проектов с минимальным значением обобщенного критерия. В случае, когда количество альтернатив велико, целесообразно вместо процедуры полного перебора использовать эволюционные методы, например, генетический алгоритм (широко применяемый для решения многоэкстремальных задач оптимизации [4]), где в качестве функции приспособленности используется обобщенный критерий. Это оправдано, поскольку многократное вычисление обобщенного критерия для каждого проекта требует (с учетом нечеткого представления отдельных показателей, требующего специальной программной реализации арифметических операций) временных затрат.

Необходимо отметить, что в ряде случаев достаточно ограничиться определением значений частных критериев (этапы 1-4) и последующим определением Парето-оптимальных проектов. При этом последующий окончательный выбор инвестиционного проекта из сравнительно небольшого числа альтернатив производится лицом, принимающим решение на основе собственных неформализуемых предпочтений. Для уменьшения размерности задач принятия решения целесообразно также использовать предварительную кластеризацию и селекцию проектов [5,6].

Предложенный подход к информационному моделированию и выбору инвестиционных проектов в сфере ИТ-сервиса реализован при разработке системы поддержки принятия решений СППР «ИнвестИнфо», схема которой представлена на рисунке 2. Результаты эксплуатации исследовательского прототипа свидетельствуют об эффективности предлагаемых в работе решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапыгин Ю.Н. Управление проектами: от планирования до оценки эффективности. – М.: Омега-Л, 2008. – 252 с.
2. Модели и методы искусственного интеллекта. Применение в экономике / М.Г. Матвеев, А.С. Свиридов, Н.А. Алейникова. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 448 с.
3. Ломазов В.А., Трубавин Д.С. Информационное моделирование и компьютерная селекция проектов в горнодобывающей отрасли // Научные ведомости БелГУ, 2011. – № 1(96). – Выпуск 17/1. – С. 158-162.
4. Гладков Л.А. Биоинспирированные методы в оптимизации / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, В.П. Сороколетов. – М.: Физматлит, 2009. – 384 с.
5. Жилияков Е.Г. Селекция аддитивных функциональных моделей сложных систем / Е.Г. Жилияков, В.И. Ломазова, В.А. Ломазов // Информационные системы и технологии, 2010. – № 6. – С. 166-170.
6. Жилияков Е.Г. Компьютерная кластеризация совокупности аддитивных математических моделей взаимосвязанных процессов / Е.Г. Жилияков, В.И. Ломазова, В.А. Ломазов // Вопросы радиоэлектроники. – Сер. «Вычислительная техника», 2011. – Вып. 1. – С. 115-119.

Ломазов Вадим Александрович

Белгородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Белгород
 Доктор физ.-мат. наук, зав. кафедрой информатики и информационных технологий
 E-mail: vlomazov@yandex.ru

Нехотина Виктория Сергеевна

Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород
 Преподаватель кафедры информационных систем и технологий
 E-mail: nnviktory@yandex.ru

V.A. LOMAZOV (*Doktor of Physico-mathematical Sciences, head of department of Computer science and information technology*)

Belgorod state agricultural academy

V.S. NEHOTINA (*The teacher of department of information systems and technologies*)

Belgorod university of cooperation, economy and the right

DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON FUZZY INDICATORS ESTIMATION OF INVESTMENT RISK IT-PROJECTS

We consider the problem of risk assessment of investment projects concerning the scope of IT services. Proposed a method hierarchical formation of a risk criterion based on fuzzy parameters of the project. Shown to be efficient of the proposed approach to decision support systems.

Keywords: *decision support system; investment risks; the fuzzy parameters.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lapy'gin Yu.N. Upravlenie proektami: ot planirovaniya do ocenki e'ffektivnosti. – M.: Omega-L, 2008. – 252 s.
2. Model ii metody' iskusstvennogo intellekta. Primenenie v e'konomike / M.G. Matveev, A.S. Sviridov, N.A. Alejnikova. – M.: Finansy' i statistika, 2008. – 448 s.
3. Lomazov V.A., Trubavin D.S. Informacionnoe modelirovanie i komp'yuternaya selekciya proektov v gornodoby'vayushhej otrasli // Nauchny'e vedomosti BelGU, 2011. – № 1(96). – Vy'pusk 17/1. – S. 158-162.
4. Gladkov L.A. Bioinspirirovanny'e metody' v optimizacii / L.A. Gladkov, V.V. Kurejchik, V.M. Kurejchik, V.P. Sorokoletov. – M.: Fizmatlit, 2009. – 384 s.
5. Zhilyakov E.G. Selekcija additivny'x funkcional'ny'x modelej slozhny'x sistem / E.G. Zhilyakov, V.I. Lomazova, V.A. Lomazov // Informacionny'e sistemy' i tehnologii. 2010. – № 6. – S. 166-170.
6. Zhilyakov E.G. Komp'yuternaya klasterizaciya sovokupnosti additivny'x matematicheskix modelej vzaimosvyazanny'x processov / E.G. Zhilyakov, V.I. Lomazova, V.A. Lomazov // Voprosy' radioe'lektroniki. – Ser. «Vy'chislitel'naya texnika», 2011. – Vy'p. 1. – S. 115-119.

УДК 331.103.255

В.Г. АБАШИН

**АДАПТИВНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
МУЛЬТИБИОМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА АРМ
НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

В статье описана адаптивная математическая модель мультибиометрической подсистемы определения работоспособности человека на основе нечетких множеств. Проведен сравнительный анализ работы биометрической и мультибиометрической моделей.

Ключевые слова: мультибиометрическая подсистема; математическая модель; нечеткие множества.

На сегодняшний день проблема построения автоматизированной системы управления прессовальным оборудованием является актуальной. Проводятся работы по моделированию оборудования этого класса [1], [2], разработке моделей, выполняющих автоматическое позиционирование заготовок и штампов [3], [4]. Однако остаются не рассмотренными вопросы контроля психофизиологического состояния человека-оператора АРМ, выполняющего управление прессовальным оборудованием.

В проведенном ранее исследовании [5] указывается связь между психофизиологическим состоянием (ПФС) человека-оператора АРМ, его работоспособностью и снижением количеством брака, аварий технологического процесса по вине человека-оператора АРМ при использовании биометрических технологий. Представлена математическая модель биометрического метода определения работоспособности по клавиатурному почерку человека на основе нечетких множеств. Однако следует учесть, что применение разработанной ранее математической модели неадекватно в отношении задачи определения работоспособности человека-оператора АРМ прессовального оборудования в связи с его необходимостью покидать пульт АРМ для выполнения прочих регламентированных обязанностей.

Для решения возникшего противоречия предлагается использовать несколько биометрических методов параллельно, т.е. мультибиометрическую технологию. Сделано предположение, что таким образом удастся получить актуальную информацию о ПФС человека-оператора АРМ с высокой степенью точности.

Использование мультибиометрической технологии позволяет повысить надежность, точность биометрической подсистемы или сократить временной интервал между измерениями, отражающими состояние биологического объекта. При сопряжении различных математических моделей биометрических методов на сегодняшний момент используются операции логическая И или логическая ИЛИ. Использование логической операции ИЛИ для объединения результатов нескольких биометрических методов необходимо для сокращения времени получения биометрической информации. Использование логической операции И необходимо для повышения надежности биометрической информации при процедуре идентификации биологического объекта или для достижения иной цели [7], [8],[10].

Фактические санитарные условия в разных цехах могут сильно отличаться друг от друга, что создает предпосылки для получения недостоверной информации от того или иного биометрического метода. Следует помнить, что доступными являются только неинвазивные биометрические методы, а это значит, что изменение показаний биометрических компонент может вызываться изменением окружающей среды, а не ПФС человека.

Параллельное использование нескольких методов биометрии обеспечит повышение эффективности управления производством за счет сокращения времени получения

биометрической информации и возможности продолжения работы биометрической подсистемы в случае выхода из строя её части.

Создание адаптивной мультибиометрической математической модели определения работоспособности человека на основе нечетких множеств проведена по гранту № 11151 на тему «Развитие теории автоматического управления нестационарными технологическими процессами деформирования» в рамках Целевой программы развития высшей школы на 2009-2011 гг., что является подтверждением практической значимости работы.

Было выявлено, что каждый биометрический метод обладает определенной степенью точности и достоверности, следовательно, необходимо учитывать расхождения в получаемой информации. В связи с этим предлагается дополнить математическую модель определения ПФС человека-оператора АРМ при использовании нескольких биометрических методов параллельно корректирующим коэффициентом для каждого метода, оказывающим влияние на приращение изменения ПФС человека-оператора АРМ, представленной в работе [5].

Достоверность, в свою очередь, является изменяемой величиной и зависит от работоспособности отдельных систем мультибиометрической системы. В случае отказа более точных биометрических методов достоверность менее точных повышается, что должно снизить возможность внештатных ситуаций по вине человека-оператора АРМ. Данный механизм является адаптивным. Приведем пример: если данные от наиболее точного биометрического метода должны приходить не реже, чем раз в пять минут, но их нет большее время, достоверность менее точных методов начинает повышаться. После возобновления нормальной работы наиболее точных методов достоверность прочих методов возвращается к начальному значению.

В связи с использованием нескольких методов параллельно необходимо дополнить функции принадлежности, приведенные в источнике [5] величиной Q_{\max} – максимальным значением измеряемого параметра биометрического метода. Это позволит использовать биометрические методы различной степени точности и приведет к замене значения константного коэффициента функций принадлежности со значения 1.2 на 0.24. В этом случае функции принадлежности примут следующий вид:

значение A_B пример вид

$$A_B = \begin{cases} 1, \text{если } \frac{y}{Q_{\max}} \geq (S_0 + 0.24) \\ \frac{\frac{y}{Q_{\max}} - S_0}{0.24}, \text{если } S_0 < \frac{y}{Q_{\max}} < (S_0 + 0.24), \\ 0, \text{если } \frac{y}{Q_{\max}} \leq S_0 \end{cases}$$

значение A_M примет вид

$$A_M = \begin{cases} 1, \text{если } \frac{y}{Q_{\max}} \leq (S_0 - 0.24) \\ \frac{S_0 - \frac{y}{Q_{\max}}}{0.24}, \text{если } (S_0 - 0.24) < \frac{y}{Q_{\max}} < S_0, \\ 0, \text{если } \frac{y}{Q_{\max}} \geq S_0 \end{cases}$$

Определение работоспособности человека-оператора АРМ с помощью биометрической технологии происходит через определение отклонения измеряемого значения ПФС от эталонного ПФС. В связи с высокой инертностью развития ПФС оператора АРМ, а также большим количеством шума во входной информации, к результатам работы

биометрических методов необходимо применять формулу определения работоспособности человека, учитывая предыдущее значение ПФС

$$S = S_0 + (A_B(y) * \Delta) - (A_M(y) * \Delta),$$

где S – результирующее значение работоспособности; S_0 – предыдущее значение работоспособности; y – текущее измеренное значение ПФС; Δ – приращение (константа, подбираемая экспериментально).

В мультибиометрической системе приращение Δ , в отличие от математической модели ПФС, определяемой по клавиатурному почерку, является не коэффициентом-константой, а зависит от времени между измерениями текущей достоверности различных биометрических методов, точности каждого метода. Иная трактовка приращения Δ позволяет мультибиометрической модели адаптироваться под изменяющиеся условия в режиме реального времени. Приращение описывается, как $\Delta = f(B, D, T)$, где B – промежуток времени с последнего измерения; D – достоверность биометрического метода; T – точность биометрического метода. Значения определяются для каждого биометрического метода отдельно. Выявление формы функциональной зависимости возможно экспериментальным способом.

В соответствии с математической моделью, взятой за основу [5], необходимо выполнение определения значительного отклонения ПФС.

Для принятия решения о значительности отклонения психофизиологического состояния человека-оператора АРМ используется специальный алгоритм [5]. Он реализован с использованием множества всех возможных психофизиологических состояний человека-оператора АРМ $S = \{S_1, S_2, \dots, S_{i-1}, S_i\}$ и множества состояний оператора за рабочую смену $S_D = \{S_{D1}, S_{D2}, \dots, S_{Dn-1}, S_{Dn}\}$. В этом случае значительным отклонением является $\Delta S_{\text{знач}} = \{-1, 0, 1\}$.

Нулевое значение переменной $\Delta S_{\text{знач}}$ говорит об отсутствии значительного отклонения ПФС человека-оператора АРМ. Значение «1» говорит о значительном отклонении состояния в сторону улучшения. Это может быть связано с ошибочным определением состояния оператора в предыдущий период, с появлением за пультом другого оператора без сообщения этого факта диспетчеру или с принятием стимуляторов. Отрицательное значение «-1» говорит о резком ухудшении состояния оператора или другой негативной ситуации, такой, как смена оператора без сообщения об этом диспетчеру и т.п.

Значительное отклонение зависит от максимального (наилучшего) из возможных состояний, а также от текущей и предыдущей оценки психофизиологического состояния человека-оператора АРМ. Математическое описание значительного отклонения представлено в формуле

$$\Delta S_{\text{знач}} = \begin{cases} -1, \text{ если } -\frac{\max\{S_i\}}{4} \geq S_{Dn} - S_{Dn-1} \\ 0, \text{ если } \frac{\max\{S_i\}}{4} > S_{Dn} - S_{Dn-1} \vee -\frac{\max\{S_i\}}{4} < S_{Dn} - S_{Dn-1} \\ 1, \text{ если } \frac{\max\{S_i\}}{4} \leq S_{Dn} - S_{Dn-1} \end{cases}$$

Необходимо учитывать, что оценка ПФС сохраняет актуальность на интервале времени от пяти до пятнадцати минут в зависимости от конкретных условий технологического процесса и может требовать сохранения информации о психофизиологическом состоянии человека-оператора АРМ с временными метками и выполнения дополнительных математических преобразований, одним из которых может быть аппроксимация значений в заданном интервале времени.

Адаптивная мультибиометрическая математическая модель на основе нечетких множеств реализована с использованием языка C++ и компилятора g++, распространяемого

под лицензией GNU. Смоделирована ситуация, при которой ввод данных в АСУ человеком-оператором АРМ осуществляется в течение первых 10 минут работы, с 50 по 60 минуты и на 80 минуте работы. С 20 по 30 минуту оператор отсутствовал на рабочем месте, в связи с чем векодвигательная реакция не могла быть применена. С 55 по 60 минуту оператор осуществлял ввод данных в АСУ, однако находился под углом к устройствам ввода-вывода, не позволяющим использовать данные векодвигательной реакции. С 10 по 40 минуты у оператора была намочена часть руки, при помощи которой осуществлялся съем информации для кожно-гальванической реакции, на 60 минуте произошло смещение устройство съема данных кожно-гальванической реакции, что привело к получению неадекватных данных от этого биометрического метода.

Результаты моделирования представлены на рисунке 1. Участок графика, соответствующий реальному отсутствию человека-оператора АРМ на рабочем месте, затемнен. В это время в соответствии с формулой расчета $\Delta S_{\text{знач}}$ разработанной адаптивной мультибиометрической модели выдавалось тревожное сообщение. Сплошной линией отмечен результат работы адаптивной мультибиометрической математической модели.

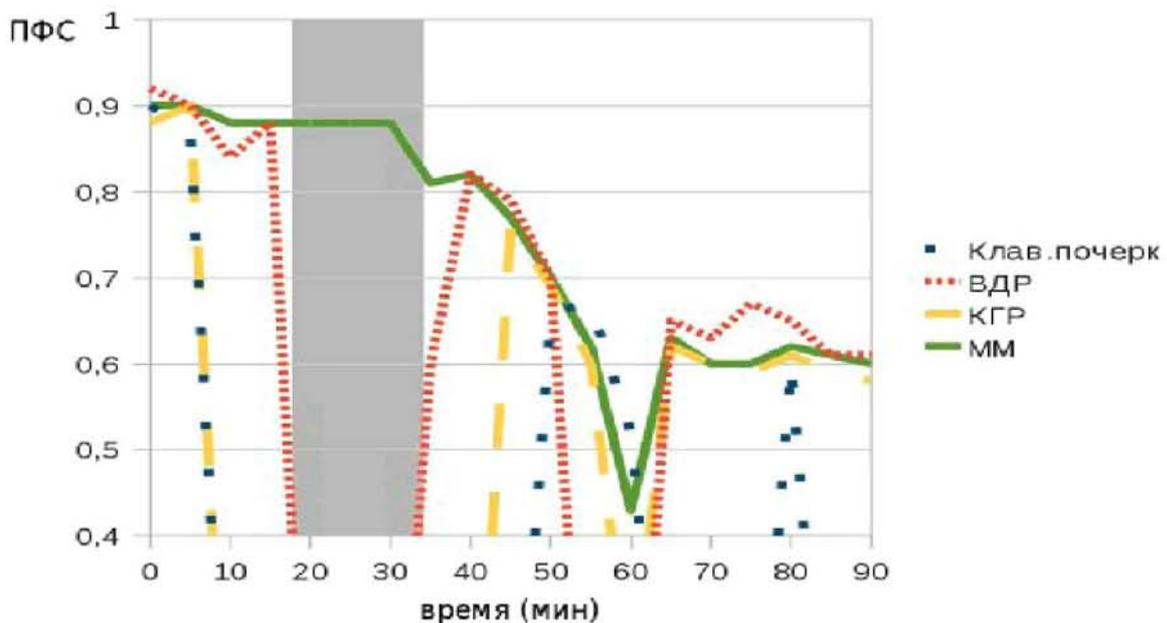


Рисунок 1 – Результаты работы адаптивной математической модели на основе нечетких множеств,

где ВДР – векодвигательная реакция, КГР – кожно-гальваническая реакция, ММ – адаптивная мультибиометрическая модель

Несмотря на отсутствие данных, с наиболее точного из используемых метода кожно-гальванической реакции с 10 по 40 минуты адаптивная математическая модель смогла правильно распознать время отсутствия человека-оператора АРМ на рабочем месте. В этом случае адаптивная математическая модель сработала как логическая функция ИЛИ.

Потеря адекватности данных о кожно-гальванической реакции и отсутствие данных о векодвигательной реакции не привели к подаче тревожного сигнала, т.к. был получен результат обработки клавиатурного почерка, который смог компенсировать временную неадекватность данных о кожно-гальванической реакции. В этом случае адаптивная математическая модель сработала как логическая функция И.

Использование адаптивной мультибиометрической модели на основе нечетких множеств позволяет значительно сократить количество ложных срабатываний биометрической подсистемы вплоть до их полного отсутствия (табл. 1), а также позволяет снизить риск ложного срабатывания в случае временной неработоспособности одного из биометрических методов.

Таблица 1 – Продолжительность ложного срабатывания различных моделей

Модель	Продолжительность ложного срабатывания (мин.)
Клавиатурный почерк	65
Векодвигательная реакция	15
Кожно-гальваническая реакция	25
Логическое И	45
Логическое ИЛИ	5
Мультибиометрическая модель	0

ВЫВОД

Использование адаптивной мультибиометрической математической модели на основе нечетких множеств позволяет повысить качество управления технологическим процессом за счет повышения качества биометрической информации, т.к. количество ложных срабатываний является одним из основных показателей качества биометрической информации.

Новое значение психофизиологического состояния, получаемое в результате работы математической модели, также имеет ограниченный срок актуальности, что необходимо учитывать при принятии решения на основе решений, представляемых мультибиометрической моделью. Принятие решения о значительности отклонения необходимо делать с учетом времени, прошедшем после последнего измерениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пилипенко А.В. Автоматизированное управление гидравлическими прессами на основе компьютерного моделирования. Сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции «Современные технологии обработки металлов давлением». – Тула: ТулГУ, 2010 г. – С. 51-52.
2. Пилипенко А.В. Моделирование остаточных значений радиуса тороидального участка трубной заготовки. Сборник трудов международной научно-практической конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabView и технологии National Instruments». – Москва: РУДН, 28-29 ноября 2008 года. Промышленные АСУ и контроллеры, 2009. – № 5. – С. 39-40.
3. Пилипенко А.В. Отбраковка образцов путем сравнения с эталоном с использованием технического зрения. Сборник трудов международной научно-практической конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabView и технологии National Instruments». – Москва: РУДН, 23-24 ноября 2007 года. – С. 74-76.
4. Пилипенко А.В., Сидоров М.А. Программно-аппаратный комплекс позиционирования на основе машинного зрения. Автоматизация технологической линии поточного производства. Сборник трудов международной научно-практической конференции «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabView и технологии National Instruments». – Москва: РУДН, 20-21 ноября 2009 года. – С. 37-38.
5. Абашин В.Г. Автоматизация процесса определения психофизиологического состояния оператора автоматизированного рабочего места в АСУТП. Автореферат дис. к.т.н. (05.13.06). – Орел: ОрелГТУ, 2007. – 20 с.
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control. 1965; 8: 338–353. URL: www-bisc.cs.berkeley.edu/Zadeh-1965.pdf.
7. Ho T.K. Hull J.J. and S.N. Srihari. Decision combination in multiple classifier systems. IEEE. Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence 16, 1 (1994), IEEE, NY, 66-75 s.

8. Jain A.K., Ross A. Learning user-specific parameters in a multibiometric system. In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (Rochester, NY, Sept. 22–25, 2002), 57–60 s.
9. Jain A.K., Bolle R. and Pankanti S. (Eds.). Biometrics: Personal Identification in Networked Society. Kluwer, Dordrecht. The Netherlands, 1999. – 30–34 s.
10. Korves H., Nadel L., Ulery B. and Masi D. «Multi-biometric Fusion: From Research to Operations». Sigma, Mitretek Systems, Summer 2005, pp. 39–48. – URL: <http://www.mitretek.org/home.nsf/Publications/SigmaSummer2005>.
11. Uwe M. Budeck. Multibiometric Authentication – An Overview of Recent Developments. URL: www.thuktun.org/cs574/papers/multibiometrics.pdf.

Абашин Валерий Геннадьевич

Государственный университет – УНПК, г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная математика и информатика»

E-mail: valeriy@abashin.ru

V.G. ABASHIN

(Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of department « The applied mathematics and computer science »)
State University – ESPC, Orel

ADAPTIVE MATHEMATICAL MODEL OF THE MULTIBIOMETRICS SUBSYSTEM OF DEFINITION OF WORKING CAPACITY OF THE OPERATOR OF A AUTOMATED WORKPLACE ON THE BASIS OF FUZZY SETS

In article the adaptive mathematical model multibiometrics subsystems of definition of working capacity of the person on the basis of fuzzy sets is described. The comparative analysis of work biometric and multibiometrics models is carried out.

Keywords: multibiometrics subsystems; mathematical model; fuzzy sets.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Pilipenko A.V. Avtomatizirovannoe upravlenie gidravlichesкими pressami na osnove komp'yuternogo modelirovaniya. Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii «Sovremennyye tekhnologii obrabotki metallov davleniem». – Tula: TulGU, 2010. – S. 51–52.
2. Pilipenko A.V. Modelirovanie ostatochny'x znachenij radiusa toroidal'nogo uchastka trubnoj zagotovki. Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Obrazovatel'ny'e, nauchny'e i inzhenerny'e prilozheniya v srede LabView i tekhnologii National Instruments». – Moskva: RUDN, 28–29 noyabrya 2008 goda. Promy'shlenny'e ASU i kontrolyory', 2009. – № 5. – S. 39040.
3. Pilipenko A.V. Otbrakovka obrazcov putyom sravneniya s e'talonom s ispol'zovaniem tekhnicheskogo zreniya. Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Obrazovatel'ny'e, nauchny'e i inzhenerny'e prilozheniya v srede LabView i tekhnologii National Instruments». – Moskva: RUDN, 23–24 noyabrya 2007 goda. – S. 74–76.
4. Pilipenko A.V., Sidorov M.A. Programmno-apparatny'j kompleks pozicionirovaniya na osnove mashinnogo zreniya. Avtomatizaciya tekhnologicheskoy linii potochnogo proizvodstva. Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Obrazovatel'ny'e, nauchny'e i inzhenerny'e prilozheniya v srede LabView i tekhnologii National Instruments». – Moskva: RUDN, 20–21 noyabrya 2009 goda. – S. 37–38.
5. Abashin V.G. Avtomatizaciya processa opredeleniya psixofiziologicheskogo sostoyaniya operatora avtomatizirovannogo rabocheho mesta v ASUTP. Avtoreferat dis. k.t.n. (05.13.06). – Oryol: OryolGTU, 2007. – 20 s.
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control. 1965; 8: 338–353. URL: www-bisc.cs.berkeley.edu/Zadeh-1965.pdf.
7. Ho T.K. Hull J.J. and S.N. Srihari. Decision combination in multiple classifier systems. IEEE. Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence 16, 1 (1994), IEEE, NY, 66–75 s.
8. Jain A.K., Ross A. Learning user-specific parameters in a multibiometric system. In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (Rochester, NY, Sept. 22–25, 2002), 57–60 s.
9. Jain A.K., Bolle R. and Pankanti S. (Eds.). Biometrics: Personal Identification in Networked Society. Kluwer, Dordrecht. The Netherlands, 1999. – 30–34 s.
10. Korves H., Nadel L., Ulery B. and Masi D. «Multi-biometric Fusion: From Research to Operations». Sigma, Mitretek Systems, Summer 2005, pp. 39–48. – URL: <http://www.mitretek.org/home.nsf/Publications/SigmaSummer2005>.
11. Uwe M. Budeck. Multibiometric Authentication – An Overview of Recent Developments. URL: www.thuktun.org/cs574/papers/multibiometrics.pdf.

УДК 66.023

С.В. КАРПУШКИН, М.Н. КРАСНЯНСКИЙ, А.Б. БОРИСЕНКО

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МНОГОАССОРТИМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Проблема оценки эффективности аппаратурного оформления химико-технологических систем актуальна для многоассортиментных химических производств, т.к. выбор основной аппаратуры для оснащения стадий системы во многом определяет режим ее функционирования. В статье рассмотрены наиболее популярные подходы к решению этой проблемы, представлены основы разработанной авторами методологии выбора аппаратурного оформления и режима функционирования проектируемых многопродуктовых химико-технологических систем. Обоснован выбор критериев оптимальности решений задачи определения характеристик режима функционирования системы и задач определения аппаратурного оформления ее стадий. Приведен пример подготовки исходных данных для расчета критерия оптимальности решения первой задачи при перепрофилировании реального производства.

Ключевые слова: многоассортиментные химические производства; химико-технологические системы; методология выбора аппаратурного оформления и режима функционирования системы; способ оценки эффективности аппаратурного оформления системы с учетом параметров режима ее функционирования.

Отличительными признаками многоассортиментных химических производств (МХП) являются обширная номенклатура продукции, небольшие (до 1000 т/год) производительности по отдельным ее маркам, постоянные изменения ассортимента продуктов и объемов их выпуска. К классу МХП относится производство синтетических красителей и полупродуктов, фармацевтических препаратов, химических реактивов и др. Основной структурной единицей МХП является химико-технологическая система (ХТС) – аппаратурно-технологический комплекс, ориентированный на выпуск нескольких марок продукции определенного вида. Большинство ХТС МХП осуществляют последовательный выпуск продуктов и работают в периодическом режиме: продукты выпускаются отдельными партиями, последовательно проходящими все стадии переработки. Аппаратурные стадии ХТС МХП, предназначенные для реализации предусмотренных технологическими регламентами этапов выпуска продуктов, оснащаются стандартным оборудованием.

Определение аппаратурного оформления (АО) ХТС является одним из основных этапов технологических расчетов, выполняемых при проектировании МХП и перепрофилировании действующих производств на выпуск новой продукции. Задача АО ХТС проектируемого производства – это задача выбора определяющих геометрических размеров (объемов, поверхностей) и числа основных аппаратов стадий системы, характеристик режима ее функционирования, при которых система может выпустить продукты заданного ассортимента I в требуемых объемах Q_i , $i = 1, \dots, I$ за планируемый период T_p . Весьма популярна задача модернизации АО ХТС перепрофилируемого производства, которая предусматривает организацию выпуска новых продуктов и (или) изменение производительности существующей ХТС по выпускаемым продуктам при минимальных изменениях ее АО.

Особенностью обеих задач является зависимость параметров режима функционирования ХТС (размеров партий продуктов, длительностей операций их переработки, продолжительностей циклов выпуска продуктов и др.) от АО стадий системы. Как следствие, выбор и модернизацию АО ХТС МХП необходимо совмещать с оптимизацией режима функционирования ХТС и оборудования отдельных стадий системы.

В большинстве публикаций, посвященных этой проблеме, формулируется единая задача определения АО ХТС и параметров режима ее функционирования, причем до середины 90-х годов прошлого века [1-3], в качестве критерия оптимальности решения такой задачи чаще всего использовались затраты на основное оборудование ХТС в форме:

$$Z = \sum_j \alpha_j \cdot V_j^{\beta_j}, \quad (1)$$

где V_j – определяющий размер основного аппарата стадии j ХТС; α_j, β_j – постоянные коэффициенты, зависящие от типа и исполнения основных аппаратов стадии j . Производственные расходы на выпуск продуктов заданного ассортимента в планируемых объемах считались постоянными, т.к. основным источником исходных данных для решения этой задачи являются регламенты процессов синтеза продуктов, которые практически никак не связаны с конкретным способом их реализации, т.е. с АО ХТС и режимом ее функционирования.

В более поздних публикациях предлагаются способы комплексной оценки эффективности АО проектируемых и перепрофилируемых ХТС МХП. Так, в работе [4] в качестве целевой функции задачи выбора или модернизации АО МХП предлагается использовать минимум затрат на выпуск продукции, а в работах [5,6] – максимум прибыли от функционирования системы. Затраты на оборудование в [4-6] предлагается определять аналогично (1), а математическая формализация или хотя бы словесное представление способов определения производственных затрат отсутствует.

Авторы ряда работ последнего времени формулируют задачу выбора (модернизации) АО ХТС МХП, оптимизации режима функционирования системы и оборудования отдельных ее стадий как многокритериальную [7-9]. В качестве критериев оптимальности ее решения предлагается использовать максимум дохода от выпуска продукции, минимум затрат на оборудование, минимум производственных расходов, минимум времени на выпуск продукции. Для этих работ [4-6] характерно отсутствие как математического, так и словесного описания способа определения производственных расходов.

Предлагаемый нами подход к решению проблемы АО ХТС МХП, общая схема которого представлена в [10], предусматривает декомпозицию общей задачи на следующие подзадачи:

- определение характеристик режима функционирования ХТС и оборудования ее стадий (задача AO_s);

- определение АО стадий ХТС, способов переработки партий продуктов выбранными аппаратами (задачи $AO_{sj}, j = 1, \dots, J$, где J – число аппаратурных стадий ХТС).

AO_s – это задача определения размеров партий продуктов $w_i, i = 1, \dots, I$ (масс партий, прошедших все стадии переработки), моментов начала (tos_{ijl}) и окончания (tof_{ijl}) операций (I) циклов работы основных аппаратов каждой стадии (j) выпуска каждого продукта (i), которые обеспечивают выпуск всех продуктов в объемах $Q_i, i = 1, \dots, I$ за период времени Tp (задача нелинейного программирования). Каждая из задач AO_{sj} – это задача выбора определяющих геометрических размеров (X_j), числа (N_j) основных аппаратов стадии j ХТС и способа переработки этими аппаратами партий продуктов фиксированных размеров (задача дискретной оптимизации). Такой подход позволяет избежать затруднения, многократно упоминаемого в литературе [1,3,5-9] – необходимости решать задачу смешанного дискретно-нелинейного программирования (англоязычная аббревиатура – MINLP), общепринятая методика решения которой в настоящее время отсутствует.

В отличие от подавляющего большинства постановок общей задачи, представленных в литературе, предлагаемые нами формулировки задач AO_s и $AO_{sj}, j = 1, \dots, J$ учитывают возможность изменения размеров партий продуктов в ходе их переработки основными аппаратами стадий ХТС:

- разделение партии на несколько равных порций и последовательная или синхронная переработка этих порций в аппаратах стадий системы;

- объединение нескольких партий для совместной переработки в одних и тех же аппаратах.

Эти операции широко применяются в ХТС МХП для обеспечения требуемых условий реализации стадий синтеза различных продуктов в одних и тех же аппаратах.

Поэтому способ переработки партий продуктов основными аппаратами стадии j ХТС предложено характеризовать:

- указателями p_{ij} , $i = 1, \dots, I$ режима переработки партий продуктов параллельными основными аппаратами стадии ($p_{ij} = 0$ – целиком, со сдвигом по времени; $p_{ij} = 1$ – равными долями, синхронно);

- указателями r_{ij} , $i = 1, \dots, I$ изменения размеров партий продуктов на стадии ($r_{ij} = 1$ – без изменений, $r_{ij} > 1$ – разделение на r_{ij} равных долей для последовательной переработки, $r_{ij} < 1$ – объединение $1/r_{ij}$ партий для совместной переработки);

- числом n_{ij} , $i = 1, \dots, I$ основных аппаратов, задействованных в процессе выпуска каждого продукта.

Значения n_{ij} , r_{ij} , p_{ij} , $i = 1, \dots, I$, $j = 1, \dots, J$ входят в число исходных данных для решения задачи AO_s , а в ходе решения задач AO_{sj} , $j = 1, \dots, J$ эти значения могут быть изменены для обеспечения выполнения условий переработки партий всех продуктов в одних и тех же основных аппаратах. Поэтому общая схема совместного решения задач AO_s и AO_{sj} , $j = 1, \dots, J$ предусматривает:

1) прогноз значений n_{ij} , r_{ij} , p_{ij} , $i = 1, \dots, I$, $j = 1, \dots, J$;

2) решение задачи AO_s , т.е. определение значений размеров партий продуктов w_i , $i = 1, \dots, I$ и значений моментов tos_{ijl} , tof_{ijl} , $i = 1, \dots, I$, $j = 1, \dots, J$, $l = 1, \dots, L_{ij}$ начала и окончания операций циклов работы основных аппаратов каждой стадии выпуска каждого продукта;

3) решение задач AO_{sj} для всех аппаратурных стадий ХТС, т.е. выбор числа и определяющих геометрических размеров (N_j , X_j , $j = 1, \dots, J$) основных аппаратов стадий с учетом возможности изменения значений n_{ij} , r_{ij} , p_{ij} , $i = 1, \dots, I$, $j = 1, \dots, J$;

4) возврат на п. 1, если полученные в п. 3 значения n_{ij} , r_{ij} , p_{ij} , $i = 1, \dots, I$, $j = 1, \dots, J$ не совпадают с их прогнозом.

Как следствие, эффективность АО ХТС на этапах 2 и 3 необходимо оценивать с разных точек зрения: в качестве критерия оптимальности решения задачи AO_s предлагается использовать нижнюю оценку стоимости энергии различных видов, затрачиваемой на реализацию операций переработки партий продуктов в течение периода эксплуатации T_p , а в качестве критерия оптимальности решения каждой из задач AO_{sj} – ориентировочную стоимость выбранных основных аппаратов конкретной стадии.

Выше отмечалось, что данные, имеющиеся в регламентах выпуска продуктов МХП, оставляют мало возможностей для оценки производственных расходов на выпуск продукции с помощью конкретного АО ХТС. Тем не менее, в них достаточно информации, чтобы по результатам решения задачи AO_s рассчитать нижнюю оценку потребления и стоимости таких видов энергии, как электричество, тепло и холод за планируемый период выпуска продуктов в заказанных объемах. Для этого необходимо определить значения следующих параметров:

- удельных расходов основных видов энергоресурсов en_{ijl}^{ke} , $i = 1, \dots, I$, $j \in J_i$, $l = 1, \dots, L_{ij}$, $ke = 1, \dots, Ke$, потребляемых на стадиях ХТС при реализации отдельных операций переработки партий продуктов (в Вт/кг);

- материальных индексов операций, реализуемых на стадиях ХТС в ходе выпуска каждого продукта go_{ijl} , $i = 1, \dots, I$, $j \in J_i$, $l = 1, \dots, L_{ij}$ (объем или масса материалов, которые необходимо переработать для получения 1 т продукта).

В случае $r_{ij} \neq 1$, $i \in 1, \dots, I$, $j \in J_i$, когда на некоторых стадиях ХТС появляются дополнительные операции загрузки, физико-химических превращений, выгрузки и «заполненного простоя» (аппараты стадии недогружены, либо недovyгружены, [11]), значения go_{ijl} необходимо пересчитать:

$$goc_{ijkl} = \begin{cases} go_{ijl} / Ll_{ij}, i = 1, \dots, I, j \in J_i, k = 1, \dots, K_{ij}, l \in Oa_{ij} \cup Ob_{ij} \\ go_{ijl} / Lu_{ij}, i = 1, \dots, I, j \in J_i, k = 1, \dots, K_{ij}, l \in Od_{ij} \cup Oe_{ij}, \\ go_{ijl}, i = 1, \dots, I, j \in J_i, k = 1, \dots, K_{ij}, l \in Oc_{ij} \end{cases}$$

где $Oa_{ij}, Ob_{ij}, Oc_{ij}, Od_{ij}, Oe_{ij}$ – множества номеров технологических операций k -го цикла работы аппаратов j -й стадии при выпуске i -го продукта (соответственно операций загрузки, «заполненного простоя при загрузке», физико-химических превращений, выгрузки, «заполненного простоя при выгрузке»);

$Ll_{ij} = \max\{1, r_{i,jp_i} / r_{ij}\}$, $Lu_{ij} = \max\{1, r_{i,ja_i} / r_{ij}\}$ – число загрузок и выгрузок аппаратов стадии j ХТС в течение одного цикла выпуска i -го продукта;

jp_i, ja_i – номера стадий ХТС, предыдущей и следующей за j при выпуске i -го продукта.

Предлагаемый критерий оптимальности решения задачи AO_s имеет вид:

$$Ze = \sum_{i=1}^I wc_i \cdot \sum_{j \in J_i} \frac{w_i \cdot pn_{ij}}{r_{ij}} \cdot \sum_{k=1}^{K_{ij}} \sum_{l=1}^{L_{ijk}} \sum_{ke=1}^{Ke} C^{ke} \cdot en_{ijl}^{ke} \cdot goc_{ijkl} \cdot (tof_{ijkl} - tos_{ijkl}), \quad (2)$$

где $wc_i = \text{INT} \left(\frac{Q_i \cdot \min_{j=1, J} \{r_{ij}\}}{w_i} \right) + 1$ – число циклов работы ХТС, необходимое для выпуска i -го продукта в объеме Q_i ;

$$pn_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если } p_{ij} = 0 \\ 1.05 \cdot n_{ij}, \text{ если } p_{ij} = 1 \end{cases} \quad \text{– коэффициент увеличения затрат энергии на } j\text{-й стадии ХТС}$$

при синхронной обработке равных долей партии i -го продукта в нескольких параллельных аппаратах (за счет увеличения потерь);

$$K_{ij} = r_{ij} / \min_{j=1, J} \{r_{ij}\} \quad \text{– число циклов работы основных аппаратов стадии } j \text{ выпуска } i\text{-го}$$

продукта за один цикл работы системы;

C^{ke} – стоимость единицы (1 Дж) энергоресурса вида ke (например, в III квартале 2009 г. на ОАО «Пигмент» г. Тамбов 1 ГКал насыщенного водяного пара давлением 0.3 МПа стоила 432 руб., 1 т баражной воды, используемой как хладагент – 5.2 руб., 1 Квт·ч электроэнергии – 2.5 руб.).

Стадии ХТС МХП, как правило, комплектуются стандартными аппаратами, стоимость которых можно определить по прейскурантам цен на оборудование, выпускаемое предприятиями химического машиностроения [12-14]. Для приблизительной оценки стоимости оборудования предлагается использовать аналогичные (1) функциональные зависимости, цены аппарата от его типа (ta_j) и определяющего размера:

$$s(ta_j, X_j) = \alpha_j \cdot X_j^{\beta_j}, \quad j = 1, \dots, J,$$

где $\alpha_j = \alpha_j(ta_j)$, $\beta_j = \beta_j(ta_j)$ – коэффициенты, определяемые методами регрессионного анализа на основе имеющейся информации о ценах на аппараты различных типов. Например, по состоянию на середину III квартала 2009 г. в тысячах рублей, см. [12-14]:

- для стальных эмалированных емкостных аппаратов с цилиндрическими рубашками, сальниковыми уплотнениями и механическими перемешивающими устройствами, включая мотор-редукторы – $s(ta_j, X_j) = 94.643 \cdot X_j^{0.368}$ (X_j в m^3);

- для рамных фильтр-прессов из нержавеющей стали с закрытым отводом фильтрата и механизированным зажимом (РЗМ), выпускаемых Бердичевским заводом «Прогресс» – $s(ta_j, X_j) = 55.099 \cdot X_j^{0.696}$ (X_j в m^2).

С применением подобных зависимостей капитальные затраты на основное технологическое оборудование стадии j ХТС МХП можно оценить по формуле:

$$Z_j = N_j \cdot s(ta_j, X_j),$$

а для обеспечения совместимости критериев оптимальности решений задач AO_{sj} и задачи AO_s в качестве целевой функции задачи выбора АО стадии j ХТС используется сумма амортизационных отчислений от стоимости оборудования стадии за период выпуска продуктов в плановых объемах:

$$Zk_j = Ek \cdot (Tp/Ty) \cdot (N_j \cdot s(ta_j, X_j)), \quad (3)$$

где Ek – нормативный коэффициент окупаемости для оборудования (0.15), Ty – годового эффективный фонд рабочего времени ХТС (ч) с учетом сменности ее работы и продолжительностей переходов с выпуска одних продуктов на другие согласно календарному плану.

Для оценки эффективности предложенной методики определения АО ХТС МХП использована информация об основном оборудовании и режиме функционирования действующих производств, выпускающих синтетические красители (более 20 ХТС). В результате реализации итерационного процесса решения задач AO_s и $AO_{sj}, j = 1, \dots, J$ для всех ХТС удалось оптимизировать АО стадий и режим функционирования системы: затраты на оборудование уменьшались в среднем на 15%, затраты на основные виды энергии – на 10%.

В случае изменения планов выпуска продукции действующего МХП целью решения задачи AO_s остается минимизация стоимости энергоресурсов, потребляемых при реализации операций переработки партий продуктов на стадиях ХТС в течение нового планового периода ее функционирования (Tp), а цель решения задач AO_{sj} меняется – необходимо обеспечить возможность реализации стадий выпуска всех продуктов при минимальных дополнительных затратах на оборудование аппаратурных стадий ХТС.

Анализ практики работы проектно-конструкторских отделов действующих МХП в части расчетов оборудования ХТС при изменении планов выпуска продукции производства приводит к необходимости учета следующих возможностей, расширяющих множество допустимых решений задач AO_{sj} :

а) в состав оборудования стадии ХТС могут быть включены параллельные основные аппараты, имеющие неодинаковое исполнение и различные определяющие размеры;

б) в аппаратах одной и той же аппаратурной стадии ХТС могут быть реализованы несколько стадий синтеза одного и того же продукта (например, последовательно осуществлено растворение сырья, химическая реакция и выделение продукта или же поочередно приготовлены компоненты химических реакций, реализуемых в аппаратах других стадий).

Вследствие этого возникает необходимость изменения обозначений, использованных ранее: к номеру каждой аппаратурной стадии ХТС добавляется индекс, характеризующий номер стадии синтеза продукта, реализуемой в ее аппаратах: $j^c, j = 1, \dots, J, c = 1, \dots, C_{ij}, i \in (1, \dots, I)$, где C_{ij} – число стадий синтеза i -го продукта, реализуемых в аппаратах стадии j .

В условиях изменения планов выпуска продукции действующего МХП при решении задачи AO_s также необходимо определить значения $w_i, i = 1, \dots, I$ размеров партий продуктов и моментов $tos_{ij^c kl}, tof_{ij^c kl}, i = 1, \dots, I, j \in J_i, c = 1, \dots, C_{ij}, k = 1, \dots, K_{ij^c}, l = 1, \dots, L_{ij^c k}$ начала и окончания операций переработки партий продуктов в аппаратах стадий ХТС, обеспечивающие выпуск продуктов в объемах $Q_i, i = 1, \dots, I$ за период Tp при минимальной стоимости энергоресурсов, затрачиваемых на реализацию операций переработки партий продуктов на стадиях ХТС. Поэтому критерий (2) не претерпит структурных изменений, но форма его записи изменится:

$$Ze = \sum_{i=1}^I wc_i \cdot \sum_{j \in J_i} \frac{w_i \cdot pn_{ij}}{r_{ij}} \sum_{c=1}^{C_{ij}} \sum_{k=1}^{K_{ij^c}} \sum_{l=1}^{L_{ij^c k}} \sum_{ke=1}^{Ke} C^{ke} \cdot en_{ij^c l}^{ke} \cdot goc_{ij^c kl} \cdot (tof_{ij^c kl} - tos_{ij^c kl}). \quad (4)$$

Вид критерия (3) оптимальности АО стадий ХТС проектируемого МХП необходимо скорректировать в соответствии с изменением цели решения задач AO_{sj} . Поскольку оптимальными в рассматриваемой ситуации являются решения задач АО стадий ХТС,

соответствующие минимуму затрат, связанных с привлечением дополнительных основных аппаратов, в качестве критерия оптимальности решений задач AO_{sj} предлагается использовать функцию:

$$Zm_j = Ek \cdot \frac{Tp}{Ty} \cdot \left(\sum_{f=1}^{N_j} ko_{jf} \cdot s(ta_{jf}, X_{jf}) \right), \quad (5)$$

где $ko_{jf} = \begin{cases} 0, & \text{если } X_{jf} = \overline{X_{jf}}; \\ 1, & \text{иначе} \end{cases}$; $\overline{X_{jf}}$ – определяющие геометрические размеры основных

аппаратов стадии j ХТС до изменения планов выпуска продукции (если f -й основной аппарат не входил в состав оборудования стадии j , то $\overline{X_{jf}} = 0$); ta_{jf} – тип и исполнение f -го основного аппарата стадии j .

Критерий (5) учитывает только амортизационные отчисления от стоимости дополнительно привлекаемого основного оборудования стадий ХТС, т.к. именно эти затраты необходимо свести к минимуму. Возможность высвобождения части основного оборудования стадий ХТС не учитывается, т.к. эти аппараты обычно остаются в составе оборудования ХТС и могут быть использованы при очередных изменениях ее производительности по выпускаемым продуктам и (или) их ассортимента.

Порядок предварительной оценки значений материальных индексов операций и удельных расходов различных видов энергии на их реализацию (go_{ijl} и en_{ijl}^{ke}) рассмотрим на примере одной из стадий процесса выпуска реального продукта МХП – красителя сернистого черного в одном из производств ОАО «Пигмент», г. Тамбов. Процесс выпуска красителя организован на действующем производстве в условиях недостатка подходящего оборудования, поэтому для его реализации выделены только три аппаратные стадии, на каждой из которых установлен один основной аппарат – емкостной реактор. Как следствие, предусмотренные регламентом получения красителя шесть стадий реализуются следующим образом:

- 1) получение растворов сульфида (стадия 1¹) и полисульфида натрия (стадия 1²);
- 2) гидролиз расплава 2,4-динитрохлорбензола раствором едкого натра (стадия 2¹) и восстановление 2,4-динитрофенолята натрия раствором полисульфида натрия (стадия 2²);
- 3) варка красителя с отгоном воды (стадия 3¹) и установка на тип (стадия 3²).

Данные регламента процесса выпуска красителя сернистого черного по стадиям 3¹ и 3² сведены в таблицу 1. Размер аппарата, выбранного для реализации стадий №№ 3¹, 3² слишком велик для переработки одной партии продукта, поэтому при решении задачи AO_{s3^1} принято: $r_{i3} = 1/2$, т.е. в этом аппарате объединяются для совместной переработки две партии материалов. Диаграмма, иллюстрирующая режим функционирования ХТС в этой ситуации, представлена на рисунке 1.

Таблица 1 – Данные регламента выпуска красителя сернистого черного

Наименование операций	Продолжит.		Наименование веществ	Содержание, %	К-во на 1т продукта	
	часы	мин.			Масса, кг	Объем, л
Стадия № 3 ¹ : Получение красителя						
Загрузка раствора красителя	1	30	Раствор красителя	-	1498.2	1134
Варка красителя с отгоном воды	21	00	-	-	678.53	678.53
Охлаждение	1	00	-	-	-	-
Отбор пробы и анализ	2	00	Паста красителя	-	819.67	455.47

Стадия № 3 ² : Установка на тип (в том же аппарате)						
Загрузка раствора сульфида Na и воды	1	00	Раствор сульфида Na Вода	22 -	113.64 66.69	93.2 66.69
Размешивание	2	00	-	-	-	-
Отбор пробы и анализ	1	00	-	-	-	-
Слив красителя в тару	12	00	Раствор красителя	-	1000	615.36

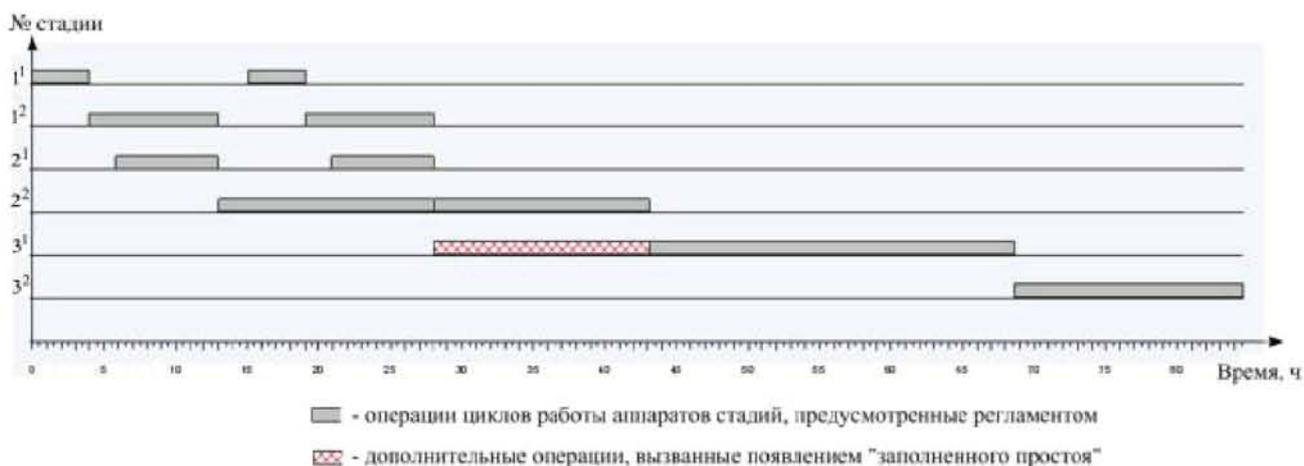


Рисунок 1 – Диаграмма режима функционирования ХТС выпуска красителя сернистого черного

В результате за один цикл работы ХТС будут выпускаться две партии красителя, основной аппарат стадий № 3¹, № 3² выполняет 1 цикл работы, а аппараты стадий № 1¹, № 1² и стадий № 2¹, № 2² – 2 цикла. На стадии № 3¹ возникают дополнительные операции: вторая операция загрузки (второй партии) и операция «заполненного простоя» между операциями загрузки. При этом $LL_{i3^1} = \max\{1, r_{i2}/r_{i3}\} = \max\{1, 1/(1/2)\} = 2$, $Lu_{i3^1} = LL_{i3^2} = 1$.

На основании данных таблицы 1 по стадии № 3¹ получим:

1. Первая операция загрузки: $goc_{i3^1 11} = go_{i3^1 11} / LL_{i3^1} = 749.1$ кг/т, продолжительность операции $\tau l_{i3^1} = 1.5$ ч. Раствор красителя загружается с помощью насоса, причем эти энергозатраты уже учтены на предыдущей стадии, поэтому $en_{i3^1 1}^1 = 0$. Нагрев и охлаждение отсутствуют: $en_{i3^1 1}^2 = 0$, $en_{i3^1 1}^3 = 0$.

2. Операция «заполненный простой при загрузке»: $goc_{i3^1 12} = go_{i3^1 12} / LL_{i3^1} = 749.1$ кг/т. Продолжительность «заполненного простоя» равна продолжительности подготовки второй из объединяемых партий, т.е. продолжительности реализации стадии № 2² (стадия № 2¹ реализуется параллельно стадии № 1², рис. 1): $\tau b_{i3^1} = 15.08$ ч. В течение этого времени масса в аппарате перемешивается с помощью механической мешалки. Путем усреднения результатов расчетов затрат мощности на перемешивание механическими перемешивающими устройствами по методике [15] для нескольких десятков промышленных аппаратов нами установлено, что удельный расход мощности приблизительно соответствует 0.25 Вт/кг перемешиваемой массы, т.е можно принять $en_{i3^1 2}^1 = 0.25$ Вт/кг. Оценка удельных энергозатрат при реализации тепловых и гидравлических процессов (на суммарную продолжительность операций) осуществляется согласно рекомендациям [16]: поскольку

температура в аппарате поддерживается равной 100-105 °С, то $en_{i3^1 2}^2 = 2.5$ Вт/кг. Охлаждения нет: $en_{i3^1 2}^3 = 0$.

3. Вторая операция загрузки: $goc_{i3^1 13} = go_{i3^1 1} / Ll_{i3^1} = 749.1$ кг/т, $\tau_{i3^1} = 1.5$ ч. Масса продолжает перемешиваться, поэтому $en_{i3^1 3}^1 = 0.25$ Вт/кг. Ее температура продолжает поддерживаться на том же уровне, т.е. $en_{i3^1 3}^2 = 2.5$ Вт/кг. Охлаждения нет: $en_{i3^1 3}^3 = 0$.

4. Операция «физико-химические превращения»: $goc_{i3^1 14} = go_{i3^1 2} = 819.67$ кг/т, $\tau_{i3^1} = 24$ ч. Масса в аппарате перемешивается: $en_{i3^1 4}^1 = 0.25$ Вт/кг, кипятится при температуре 120 °С: $en_{i3^1 4}^2 = 45$ Вт/кг, водяной пар конденсируется в холодильнике, а масса в аппарате охлаждается водой до температуры 90 °С: $en_{i3^1 4}^3 = 45$ Вт/кг + 35 Вт/кг = 80 Вт/кг.

С применением предложенной методики определения и модернизации АО ХТС МХП, в том числе, критериев (2)-(5) оптимальности решений задач AO_s и AO_{sj} , $j = 1, \dots, J$, успешно решены задачи изменения производительности нескольких ХТС Производства полупродуктов и красителей ОАО «Пигмент», г. Тамбов, выпуска с помощью имеющегося оборудования ряда новых полупродуктов и красителей. Установлено, что значения критерия эффективности решения задачи AO_s , полученные при решении этих задач, отличаются от реальных затрат на электроэнергию, тепло и холод не более, чем на 30%.

Таким образом, в рамках предложенного авторами подхода к решению проблемы АО ХТС проектируемого и перепрофилируемого МХП разработана методика оценки эффективности АО ХТС с учетом режима ее функционирования, в том числе, оценки потребления и стоимости основных видов энергии с использованием данных регламентов выпуска продуктов. Апробация методики показала ее эффективность и приемлемый уровень совпадения результатов в сравнении с производственной практикой.

Работа выполнена в рамках государственного контракта № 02.740.11.0624 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Knopf F.C., Okos M.R., Reklaitis G.V. Optimal design of batch/semicontinuous processes // Ind. & Eng. Chem. Process Des. & Dev. – 1982. – Vol. 21. – No.1. – P. 79-86.
2. Кафаров В.В., Макаров В.В. Гибкие автоматизированные производственные системы в химической промышленности. – М.: Химия, 1990. – 320 с.
3. Rippin D.W.T. Batch processes systems engineering: a retrospective and prospective review // Comp. & Chem. Eng. – 1992. – Vol. 17. – P. S1-S13.
4. Гордеев Л.С., Козлова М.А., Макаров В.В. Интегрированная экспертная система для организации многоассортиментных химических производств // Теор. осн. хим. технологии. – 1998. – Т. 32. – № 3. – С. 322-332.
5. Voudouris V.T., Grossmann I.E. MILP model for scheduling and design of a special class of multipurpose batch plants // Comp. & Chem. Eng. – 1996. – Vol. 20. – No. 11. – P. 1335-1360.
6. Orçun S., Antinel I.K., Hortaçsu Ö. General continuous time models for production planning and scheduling of batch processing plants: MILP formulations and computational issues // Comp. & Chem. Eng. – 2001. – Vol. 25. – P. 371-389.
7. Cavin L., Fischer U., Glover F., Hungerbühler K. Multi-objective process design in multipurpose batch plants using a Tabu Search optimization algorithm // Comp. & Chem. Eng. – 2004. – Vol. 28. – P. 459-478.

8. Castro P., Grossmann I.E. Multiple time grid continuous-time formulation for the short term scheduling of multiproduct batch plants // Poster papers of 16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering. – 2006. – P. 2093-2098.
9. Mokeddem D., Khellaf A. Optimal Solutions of Multiproduct Batch Chemical Process Using Multiobjective Genetic Algorithm with Expert Decision System // Journal of Automated Methods and Management in Chemistry. – Vol. 2009. – Art. ID 927426. – 9 pages. – doi:10.1155/2009/927426.
10. Малыгин Е.Н., Карпушкин С.В., Борисенко А.Б. Математическая модель функционирования многопродуктовых химико-технологических систем // Теор. осн. хим. технологии. – 2005. – Т. 39. – № 4. – С. 455-465.
11. Малыгин Е.Н., Карпушкин С.В. Методология автоматизированного проектирования технических систем с изменяемым ассортиментом продукции // Вестник Тамбовского ГТУ. – 2008. – № 4. – С. 778-788.
12. Официальный web-сайт Бердичевского завода «Прогресс» – URL: <http://www.progress.com.ua/products>.
13. Официальный web-сайт завода «УралХИММАШ» – URL: <http://www.uralhimmach.ru/catalog>.
14. Официальный web-сайт ООО «Техника» (г. Санкт-Петербург) – URL: <http://www.emkosti.spb.ru>.
15. Руководящий нормативный документ РД 26-01-90-85: механические перемешивающие устройства, метод расчета; введ. с 01.01.1986. – Л.: РТП ЛенНИИхиммаша, 1985. – 257 с.
16. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Курочкина М.И. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). – СПб: Химия, 1993. – 495 с.

Карпушкин Сергей Викторович

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»

Тел.: 8 (4752) 63-07-06

E-mail: karp@mail.gaps.tstu.ru

Краснянский Михаил Николаевич

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»

Тел.: 8 (4752) 63-07-06

E-mail: kras@mail.gaps.tstu.ru

Борисенко Андрей Борисович

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования»

Тел.: 8 (4752) 63-07-06

E-mail: andrey@mail.gaps.tstu.ru

S.V. KARPUSHKIN (*Doctor of Engineering Sciences, Professor of department «The automated designing of the process equipment»*)

M.N. KRASNYANSKY (*Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of department «The automated designing of the process equipment»*)

A.B. BORISENKO (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of department «The automated designing of the process equipment»*)

Tambov State Technical University

TECHNIQUE OF THE ESTIMATION OF EFFICIENCY OF HARDWARE REGISTRATION OF HIMIKO-TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF POLIASSOPRTIMENT MANUFACTURES

The problem of evaluating the effectiveness of hardware configuration for chemical engineering systems actual for multi-product plants, because selection of basic hardware for system stages equipping largely determines the functioning mode of system. The article deals with most popular approaches to solve of this problem, presents the foundations of methodology for choosing hardware configuration and functioning mode of designing multi-product chemical engineering systems, offered by authors. The choice of criteria for an optimal solution for task of determine parameters of system functioning mode and task of determine hardware configuration for system stage is validated. The example of given data preparation for calculating the criteria of first task's optimality solution for retrofit design of real plant is provided.

Keywords: multi-product chemical plants; chemical engineering systems; methodology for selection the hardware configuration and functioning mode of system; technique for estimate the effectiveness of system hardware configuration subject to its functioning mode.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Knopf F.C., Okos M.R., Reklaitis G.V. Optimal design of batch/semicontinuous processes // *Ind. & Eng. Chem. Process Des. & Dev.* – 1982. – Vol. 21. – No.1. – P. 79-86.
2. Kafarov V.V., Makarov V.V. *Gibkie avtomatizirovanny'e proizvodstvenny'e sistemy' v ximicheskoy promy'shlennosti.* – M.: Ximiya, 1990. – 320 s.
3. Rippin D.W.T. Batch processes systems engineering: a retrospective and prospective review // *Comp. & Chem. Eng.* – 1992. – Vol. 17. – P. S1-S13.
4. Gordeev L.S., Kozlova M.A., Makarov V.V. Integrirovannaya e'kspertnaya sistema dlya organizacii mnogoassortimentny'x ximicheskix proizvodstv // *Teor. osn. xim. tehnologii.* – 1998. – T. 32. – № 3. – S. 322-332.
5. Voudouris V.T., Grossmann I.E. MILP model for scheduling and design of a special class of multipurpose batch plants // *Comp. & Chem. Eng.* – 1996. – Vol. 20. – No. 11. – P. 1335-1360.
6. Orçun S., Antinel I.K., Hortaçsu Ö. General continuous time models for production planning and scheduling of batch processing plants: MILP formulations and computational issues // *Comp. & Chem. Eng.* – 2001. – Vol. 25. – P. 371-389.
7. Cavin L., Fischer U., Glover F., Hungerbühler K. Multi-objective process design in multipurpose batch plants using a Tabu Search optimization algorithm // *Comp. & Chem. Eng.* – 2004. – Vol. 28. – P. 459-478.
8. Castro P., Grossmann I.E. Multiple time grid continuous-time formulation for the short term scheduling of multiproduct batch plants // *Poster papers of 16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering.* – 2006. – P. 2093-2098.
9. Mokeddem D., Khellaf A. Optimal Solutions of Multiproduct Batch Chemical Process Using Multiobjective Genetic Algorithm with Expert Decision System // *Journal of Automated Methods and Management in Chemistry.* – Vol. 2009. – Art. ID 927426. – 9 pages. – doi:10.1155/2009/927426.
10. Maly'gin E.N., Karpushkin S.V., Borisenko A.B. Matematicheskaya model' funkcionirovaniya mnogoproduktovy'x ximiko-texnologicheskix sistem // *Teor. osn. xim. tehnologii.* – 2005. – T. 39. – № 4. – S. 455-465.
11. Maly'gin E.N., Karpushkin S.V. Metodologiya avtomatizirovannogo proektirovaniya texnicheskix sistem s izmenyaemy'm assortimentom produkcii // *Vestnik Tambovskogo GTU.* – 2008. – № 4. – S. 778-788.
12. Oficial'ny'j web-sajt Berdicheskogo zavoda «Progress» – URL: <http://www.progress.com.ua/products>.
13. Oficial'ny'j web-sajt zavoda «UralXIMMASH» – URL: <http://www.uralhimmach.ru/catalog>.
14. Oficial'ny'j web-sajt OOO «Texnika» (g. Sankt-Peterburg) – URL: <http://www.emkosti.spb.ru>.
15. Rukovodyashnij normativny'j document RD 26-01-90-85: mexanicheskie peremeshivayushhie ustrojstva, metod raschyota; vved. s 01.01.1986. – L.: RTP LenNIIximmasha, 1985. – 257 s.
16. Romankov P.G., Frolov V.F., Flisyuk O.M., Kurochkina M.I. metody' raschyota processov i apparatov ximicheskoy tehnologii (primery' i zadachi). – Spb: Ximiya, 1993. – 495 s.

УДК519.816:658.562.012.7

А.Ю. КУДРЯВЦЕВ, А.Б. НИКОЛАЕВ, В.Ю. СТРОГАНОВ, П.А. ТИМОФЕЕВ,
О.В. КРАЙНЮК

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ЗАВОДА

В статье предложен метод статистического анализа оценки качества продукции для обеспечения требуемого уровня точности и достаточности измерений, испытаний и контроля. Описан метод формирования выборочных планов последовательного типа. Предложены методы и модели определения причин выпуска дефектной продукции с использованием аппарата темпоральных логик.

Ключевые слова: контроль качества; асфальтобетонный завод; смеси; автоматизация; темпоральная логика; система поддержки принятия решений.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ и систематизация задач в области моделирования процессов производства смесей и оценки их качества с целью выбора конструктивных параметров и рациональных режимов работы производственных агрегатов привела к схеме исследований, приведенной на рисунке 1. Верхний уровень связан с принятием управленческих решений по выбору типов агрегатов. Свойства смесей существенно влияют на эффективность использования агрегатов, поэтому необходима разработка формализованных моделей технологических процессов производства смесей.



Рисунок 1 – Взаимосвязь задач автоматизации выбора конструктивных параметров и режимов работы агрегатов

Решение задач среднего уровня связано с определением оптимальных режимов работы агрегатов по выпуску смесей. Основой расчета должна быть совокупность математических моделей описания процесса производства смеси, что дает основу для расчета технических характеристик агрегатов. В свою очередь, модели анализа характеристик смесей и формальные методы оптимизации дают основу задачам синтеза, которые вместе с экспертными оценками составляют основу методологии выбора типов агрегатов и режимов их работы.

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА АБЗ

Деятельность асфальтобетонного завода зависит от деятельности его структурных подразделений. На рисунке 2 приведена схема организационной структуры типового предприятия по выпуску бетона и асфальтобетонных смесей. К основным АРМам асфальтобетонного завода относятся: бухгалтерия, лаборатория, смесительный цех, транспортный цех, диспетчерская.

Исходя из организационной структуры предприятия, функции контроля качества закреплены за испытательной лабораторией, которая является самостоятельным структурным подразделением предприятия по производству асфальтобетонных смесей и подчиняется директору. Основной задачей лаборатории является испытание и контроль

качества продукции в целях определения ее соответствия обязательным требованиям государственных стандартов, норм и правил. В процессе своей деятельности лаборатория выполняет контроль показателей качества продукции в соответствии с регламентами технологических карт и схем оперативного контроля. В задачи лаборатории также входит обеспечение требуемого уровня точности и достаточности измерений, испытания и контроля. Лаборатория выполняет проведение испытаний на всех стадиях производства продукции (постановка на производство, входной, операционный и выходной контроль).

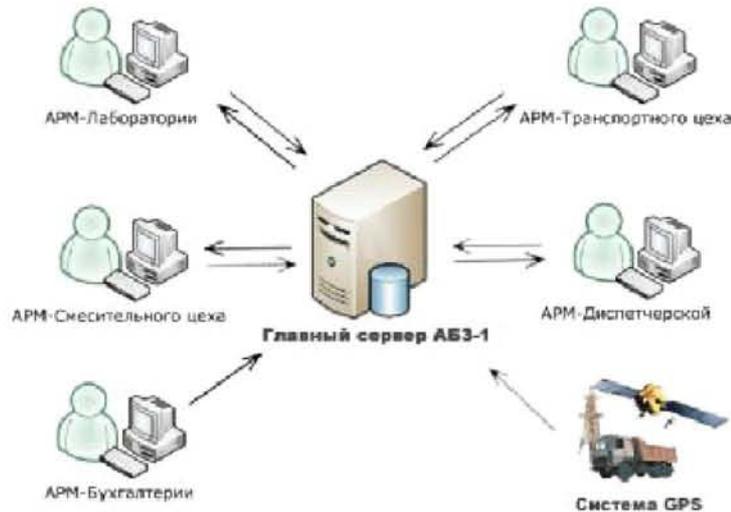


Рисунок 2 – Схема организационной структуры типowego предприятия по выпуску бетона и асфальтобетонных смесей

Лаборатория должна постоянно пополнять и обновлять всю необходимую для работы нормативно-техническую документацию, а также регулярно вести необходимую лабораторную документацию в виде журналов:

- отбора проб и образцов;
- изготовления образцов;
- испытаний и контроля;
- составных материалов;
- режимов технологических процессов;
- замечаний и предписаний проверяющих организаций;
- претензий и рекламаций и др.

Контроль делится на этапы: входной, операционный, приемочный и периодический.

При входном контроле устанавливается соответствие качества исходных материалов в каждой поступившей на завод партии требованиям действующих нормативно-технических документов с соответствующими записями в журналах.

Операционный контроль исходных материалов осуществляется лабораторией завода не реже одного раза в 10 смен с определением помимо показателей входного контроля:

- содержание пылевидных и глинистых частиц для щебня и песка;
- влажность щебня, песка и минерального порошка и др.

При приемочном контроле смеси в лаборатории определяют следующие показатели:

- состав смеси (зерновой состав минеральной части и содержание битума);
- водонасыщение;
- пределы прочности при сжатии при температуре +20°C и +50°C;
- водостойкость и др.

Периодический контроль выполняется не реже 1 раз в месяц и при изменении исходных материалов с определением помимо показателей, предусмотренных при приемочном контроле:

- пористости минеральной части;
- предела прочности при сжатии при температуре 0° С;
- водостойкости при длительном водонасыщении;
- однородность смесей и др.

Для контроля качества лаборатория завода отбирает пробы от каждой выпущенной партии одного состава, на одной смесительной установке в течение одной смены (объемом не более 600тн по ГОСТ 9128-97г.).

Показатели указанных составов должны соответствовать требованиям ГОСТ 9128 и ГОСТ 31015 для каждого конкретного типа и вида смеси или другим нормативно-техническим документам на конкретно выпускаемую продукцию.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУР КОНТРОЛЯ

Для организации процедур контроля предлагается использование выборочных планов последовательного типа, которые более предпочтительны по соображениям большей мощности. По сравнению со статическими планами они требуют меньшего объема выборки (количества контрольных замеров). При динамическом контроле, обозначая количество

дефектных изделий m , процентная частота попадания в выборке равна $P = \frac{m}{n} \cdot 100$. Для достаточно большой генеральной совокупности границы коридора имеют вид:

$$\pi^+ = \left(p + \frac{z^2}{2n} \right) + z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}, \quad \pi^- = \left(p - \frac{z^2}{2n} \right) - z \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}, \quad (1)$$

где z – нормировочная константа нормального приближения. Для конечных генеральных совокупностей используется поправка на конечность $\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$. Способ определения доверительного интервала для относительной частоты генеральной совокупности основан на нормальном приближении и вычисляется на основании:

$$\pm P = \frac{p + \frac{z^2}{2n} \pm \sqrt{\frac{p(1-p)}{n} + \frac{z^2}{4n^2}}}{1 + \frac{z^2}{n}}. \quad (2)$$

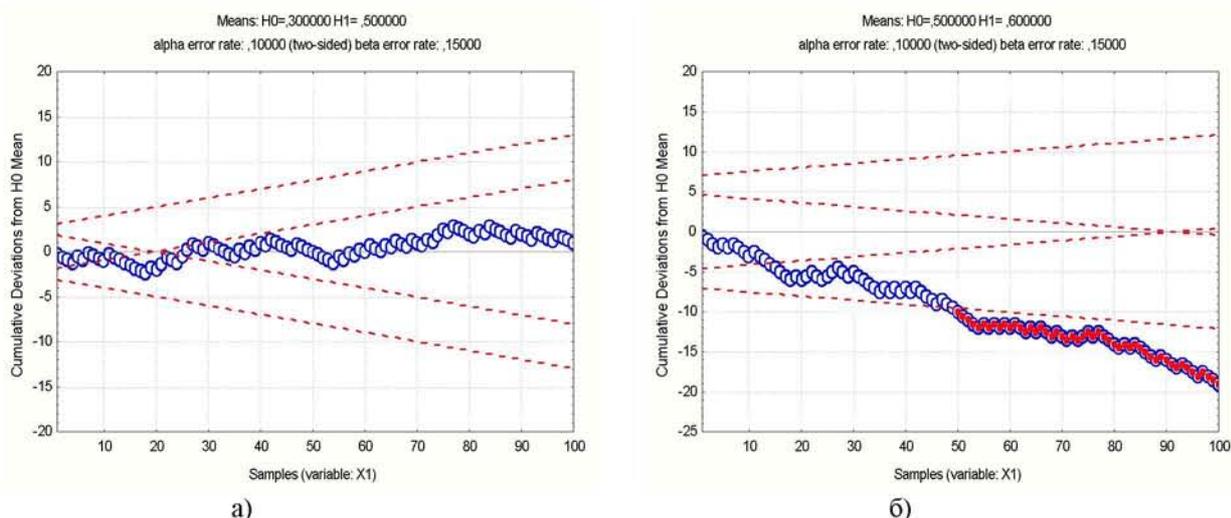


Рисунок 3 – Коридоры принятия и отклонения гипотез

На рисунке 3 приведены границы коридора в ситуациях принятия и отклонения гипотез о соответствии качества.

В результате такой поход дает возможность организации адаптивного контроля для установления соответствия уровня качества продукции требуемому уровню, причем, начиная построения с различных начальных точек, реализуется динамическая идентификация пороговых точек изменения качества. Так, на рисунке 3,а показан процесс выпуска продукции, который идет в норме допустимого. На рисунке 3,б, начиная с 50-го изделия, можно принимать решение о переналадке оборудования.

ТЕМПОРАЛЬНАЯ ЛОГИКА В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Так, после проведения значительного объема работ в лаборатории контроля качества осуществляется метрологическая аттестация (проверка) всех средств измерений, которыми оборудован асфальтобетонный завод. К таким средствам измерения относятся весовые дозаторы минеральных материалов и битума. Аттестацию осуществляют специальные организации, имеющие лицензии проверки; при необходимости они осуществляют ремонт дозаторов. Подобная работа проводится также применительно к средствам измерения, имеющимся в лаборатории. Вся эта работа направлена на выявление причин выпуска дефектной продукции (табл. 1).

Таблица 1 – Дефекты асфальтобетонной смеси и способы их устранения

Дефекты	Причины	Способы устранения
Синий дымок над смесью	Смесь прогрета выше 200°C	Регулировать температурный режим приготовления на заводе
Наличие в смеси включений в виде комочков из минерального порошка	Использован непросушенный минеральный порошок; избыток битума, минерального порошка; недостаточное перемешивание	Не применять непросушенный минеральный порошок. Уточнить дозировку материалов, соблюдать время перемешивания
Смесь имеет битумные пятна или пленку, щебенки не покрыты битумом	Недостаточное и неправильное перемешивание	Откорректировать время перемешивания и выбрать оптимальную технологию приготовления смесей
Комья в смеси	Смесь охлаждена при транспортировании, избыток пылеватых частиц	Перевозить смесь в автомобилях большой грузоподъемности, оборудованных устройством для обогрева. Закрывать сверху смесь матами или плотными брезентовыми чехлами
Смесь трудно разрабатывается	Низкая температура смеси, увеличенное количество минерального порошка, недостаточное перемешивание	Повысить температуру смеси до требуемой, проверить дозировку и производить раздельное перемешивание (сначала «сухое», а потом с битумом)
Наличие в смеси щебня незаданной фракции	Разрыв сетки грохота	Заменить сетку грохота

В результате такой подход к выявлению причин дефектов с указанием экспертами способов их устранения в соответствии с характеристиками агрегатов приводит к необходимости автоматизации формирования производственных правил. Причем, поскольку необходимо учитывать динамику старения оборудования и качество используемого сырья, предлагается использовать аппарат темпоральных логик.

На основании проведенного анализа темпоральных логик в качестве базовой для проведения временных рассуждений была принята временная логика с часами TLC (Temporal Logic with Clock). TLC является расширением темпоральной логики, семантика

которой такова, что каждая формула при конкретной временной интерпретации ассоциируется со своими локальными часами, т.е. с подпоследовательностями последовательности натуральных чисел, мыслимой, как «глобальная» временная шкала (глобальные часы). При этом конкретные значения формула приобретает в соответствии с семантикой TLC только для моментов времени на её локальных часах. В остальные моменты времени значение формулы не определено.

Система доказательств темпоральной логики содержит множество аксиом и множество правил вывода. Помимо аксиом логики первого порядка определены аксиомы и правила вывода, связанные с временными операторами и присваиванием часов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ и систематизация задач в области моделирования выпуска асфальтобетонных смесей и оценки их качества с целью выбора конструктивных параметров и рациональных режимов работы производственных агрегатов. Для организации процедур контроля качества разработана методика формирования выборочных планов последовательного типа, которые более предпочтительны по соображениям большей мощности и по сравнению со статическими планами требуют меньшего количества контрольных замеров качества. Предложены методы и модели, направленные на выявление причин выпуска дефектной продукции, и с использованием темпоральных логик предложена методика формирования производственных правил, что позволяет учитывать факты старения агрегатов для выработки рациональных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цибизов Г.П. Применение вероятностно-статистических методов к расчету труб коллектора на прочность // Расчет и исследование несущей способности сооружений аэропортов: сб. науч. тр. – М.: МАДИ (ГТУ), 2005. – 69-75 с.
2. Ивахненко А.М., Ахохов А.Ч. Моделирование контроля качества технологических процессов и промышленной продукции: монография. – М.: Техполиграфцентр, 2008. – 146 с.
3. Ивахненко А.М. Концепция создания гибридной системы поддержки принятия решений с открытой структурой / А.М. Ивахненко, Д.В. Белянский, М.В. Приходько, Аль-Газу Абдель Рахман. – М.: Вестник МАДИ (ГТУ). – Вып. 1(8), 2007. – С. 82-87.
4. Ивахненко А.М. Автоматизация системы контроля качества при производстве асфальтобетонных смесей. – М.: Вестник МАДИ (ГТУ). – Вып. 2(13), 2008. – С. 70-73.

Кудрявцев Андрей Юрьевич

ЗАО НПВФ «СВАРКА», г. Чебоксары
Кандидат технических наук, инженер
Тел.: 8 (499) 151-25-38

Николаев Андрей Борисович

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва
Доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ, декан факультета «Управление»
Тел.: 8 (499) 155-04-72

Строганов Виктор Юрьевич

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
Доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ, профессор кафедры «Системы обработки информации и управления»
Тел.: 8 (499) 151-25-38

Тимофеев Павел Анатольевич

ЗАО «Центр анализа проектов», г. Москва
Кандидат технических наук, советник
Тел.: 8 (495) 727-10-40

Крайнюк Ольга Владимировна

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва
Аспирантка
Тел.: 8 (499) 151-25-38

A. Yu. KUDRYAVTSEV (*Candidate of Engineering Sciences, Cheboksary*)

A. B. NIKOLAEV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, The winner of the award of the Government of the Russian Federation, The decan of faculty «Management»
The Moscow State Automobile & Road Technical University*)

V. Yu. STROGANOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, The winner of the award of the Government of the Russian Federation, professor of department
«Systems of processing of the information and management»
Bauman Moscow State Technical University*)

P. A. TIMOFEYEV (*Candidate of Engineering Sciences, adviser*
Company «Center of the analysis of projects», Moscow)

O. V. KRAJNYUK (*Post-graduate student*
The Moscow State Automobile & Road Technical University)

QUALITY CONTROL ASPHALT FACTORY

The paper suggests a universal model of calculation and comparative analysis of empirical models for the statistical analysis of the evaluation of product quality to ensure the required level of accuracy and adequacy of the measurement, testing and control. A technique for the formation of sampling plans of the sequential type. The methods and models to determine the causes release of defective products, and using the temporal logic developed technique expert survey methods, for their elimination.

Keywords: *quality control; asphalt plant; mix automation; temporal logic; decision support system.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERANED)

1. Cibizov G.P. Primenenie veroyatnostno-staticheskix metodov k raschyotu trub kollektora na prochnost' // Raschyot i issledovanie nesushhej sposobnosti sooruzhenij ae'roportov: sb. nauch. tr. – M.: MADI (GTU), 2005. – 69-75 s.
2. Ivaxnenko A.M., Axoxov A.Ch. Modelirovanie kontrolya kachestva texnologicheskix processov i promy'shlennoj produkcii: monografiya. – M.: Texpoligrafcentr, 2008. – 146 s.
3. Ivaxnenko A.M. Konceptiya sozdaniya gibridnoj sistemy' podderzhki prinyatiya reshenij s otkry'toj srukturoj / A.M. Ivaxnenko, D.V. Belyanskij, M.V. Prixod'ko, Al'-Gazu Abdel' Raxman. – M.: Vestnik MADI (GTU). – Vy'p. 1(8), 2007. – S. 82-87.
4. Ivaxnenko A.M. Avtomatizaciya sistemy' kontrolya kachestva pri proizvodstve asfal'tobetonnj'x smesej. – M.: Vestnik MADI (GTU). – Vy'p. 2(13), 2008. – S. 70-73.

УДК 621.382.333

А.Д. ЛИХОДЕДОВ, Н.Н. ПОРТНЯГИН

АНАЛИЗ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБОРОТОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

В статье рассмотрено применение модального регулятора для автоматизации процесса регулирования скорости электропривода в сравнении с ПИД-регулятором. Предлагается применять автоматический регулятор, основанный на методах модальности и искусственного интеллекта для повышения надёжности АСУ и снижения энергозатрат на городской водонапорной станции.

Ключевые слова: ПИД-регулятор; модальный регулятор; электропривод; частотный преобразователь; нейросеть; нечёткая логика.

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов на основе микроэлектронной техники для развития и совершенствования существующих и создающихся производств является одним из важных направлений развития производства.

Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) приобретает особое значение в связи с ростом требований к скорости вычисления, переработки и выдачи информации. Поэтому разработка и исследование структур и режимов функционирования АСУ ТП на основе микро-ЭВМ является актуальной задачей. Использование микро-ЭВМ позволяет на порядок снизить затраты, обеспечивает повышение эффективности и расширение функциональных возможностей.

Внедрение комплексной автоматизации является важнейшим средством дальнейшего технического прогресса в развитии систем водоснабжения. Достигнутые успехи в совершенствовании техники водоснабжения могут привести к высокой эффективности лишь при широком использовании современных методов и средств автоматизации технологических процессов.

В связи с постоянным развитием и совершенствованием инженерных систем все чаще возникает необходимость более качественного и оптимального управления ими. Этим и объясняется непрекращающийся рост автоматизации в водоснабжении.

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМИ АГРЕГАТАМИ

Для обеспечения заданного режима работы насосной станции (НС) при изменении условий работы требуется производить регулирование режимов работы насосных установок. Эта задача может быть разделена на два направления: регулирование гидравлических режимов работы насосов и регулирование энергетической эффективности работы оборудования НС.

Для насосных установок центробежного типа применяют следующие способы регулирования подачи жидкости и давления:

- дресселированием трубопровода;
- перепуском части потока жидкости из выходного патрубка насоса во входной;
- отключением или подключением насосов (ступенчатое регулирование);
- изменением частоты вращения рабочего колеса насоса.

Дресселирование трубопровода является распространенным способом регулирования давления и подачи жидкости. Несмотря на простоту реализации данного способа регулирования он имеет ряд недостатков. Одним из них является снижение КПД НС.

Регулирование напора перепуском основано на отведении части потока жидкости с выхода насоса на его вход через отвод с задвижкой. При этом энергия, затрачиваемая на циркуляцию жидкости по холостому кругу, не создает полезной работы, что снижает КПД установки.

Ступенчатое регулирование подачи насосной станции осуществляется за счет подключения или отключения насоса или группы насосов. Данный способ вызывает частые

пуски двигателей, что уменьшает срок работы оборудования и требует строительства промежуточного аккумулирующего резервуара для сглаживания колебаний подачи НС. Кроме того, электроприводы работают не в оптимальном режиме, что также снижает КПД всей НС.

Изменение частоты вращения рабочего колеса насосной установки позволяет осуществить непрерывное регулирование производительности НС с меньшими затратами энергии, чем в предыдущих вариантах. Однако оно требует больших затрат на регулирующее оборудование, особенно для установок с мощностью выше средней, и приводит к ухудшению электромагнитной совместимости с питающей сетью.[1]

На рисунке 1 приведен график зависимости мощности, потребляемой электродвигателем, от текущего водоразбора при дроссельном и частотном регулировании. При водоразборе, меньшем Q^1 , частотное регулирование безусловно выгодно.

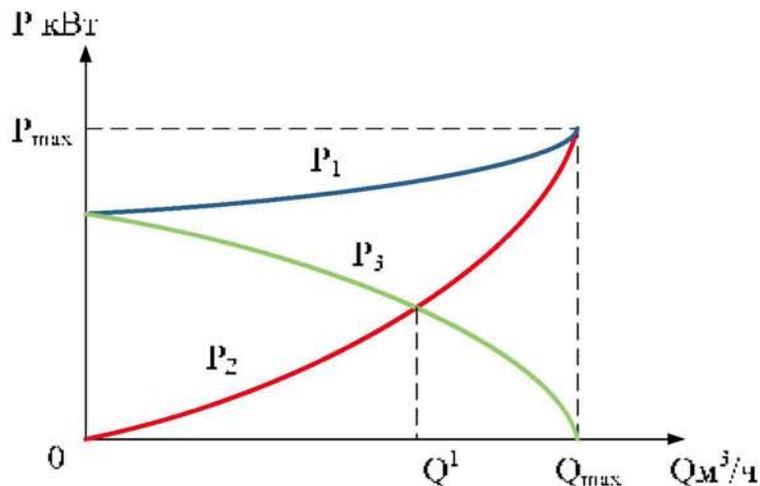


Рисунок 1 – Потребление электроэнергии при дроссельном и частотном регулировании:
 P_1 – расход энергии, потребляемой электродвигателем при дроссельном регулировании;
 P_2 – расход энергии, потребляемой электродвигателем при частотном регулировании;
 P_3 – экономия электроэнергии за счёт внедрения частотного регулирования

По результатам исследований Фраунгоферского института (Fraunhofer Institut), потенциал экономии энергопотребления насосными системами составляет приблизительно 60%. Регулирующие системы, которые настраивают режим работы насоса на текущую необходимую мощность, могут исчерпать этот потенциал [2].

По сравнению с дросселированием при частотном регулировании (ЧР) производительности насосных станций достигается экономия электроэнергии до 50%. Для осуществления ЧР используются преобразователи частоты (ПЧ), которые автоматически изменяют частоту и напряжение питания электродвигателя насоса, в результате чего изменяется скорость вращения рабочего колеса и производительность насоса. Внедрение устройства частотного регулирования электроприводом позволяет точно управлять скоростью и моментом электродвигателя по заданным параметрам в точном соответствии с характером нагрузки. Попутно решается проблема гидравлических ударов: при работе преобразователя частоты пуск и останов насоса происходят плавно [3]. При помощи ПИД-регулятора преобразователь определяет необходимую выходную частоту питания электронасоса.

На рисунке 2 изображена структурная схема водопроводной насосной станции (ВНС) и указано расположение используемых для автоматизации датчиков.

Для осуществления автоматизации технологического процесса на ВНС предполагается установка датчиков: уровнемер – в резервуаре чистой воды (РЧВ); датчик давления и расходомер в напорном коллекторе.

Чтобы подать воду в кран потребителя, нужно создать необходимый напор (Н) на выходе насосной станции. Его величина складывается из двух составляющих:

–статической (H_c) – это разница абсолютных высот расположенного выше других потребителя и насосной станции, а также необходимое давление у потребителя;

–динамической – необходимой для преодоления гидравлического сопротивления (обозначено как суммарный коэффициент потерь) системы трубопроводов току воды и зависящей от величины водоразбора (Q).

$$\text{Напор (H)} = \text{статическая составляющая (H}_c\text{)} + \text{динамическая составляющая } (\sum \zeta Q^2)$$

Статическую и динамическую составляющую можно рассчитать из показаний датчиков – уровнемера и расходомера, в результате чего можно получить величину необходимого напора.

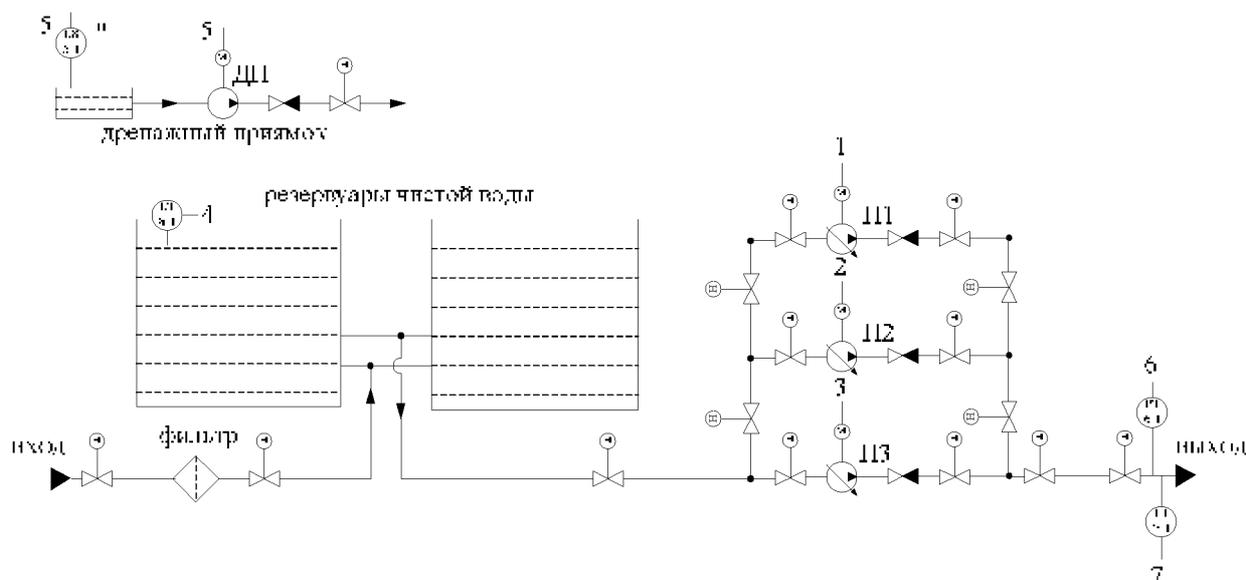


Рисунок 2 – Структурная схема водопроводной насосной станции:

1 – напорный насос №1; 2 – напорный насос №2; 3 – напорный насос №3; 4 – уровень воды в РЧВ; 5 – дренаж; 6 – давление в напорном коллекторе; 7 – расход в напорном коллекторе

На рисунке 3 изображена структурная схема системы автоматического регулирования напора воды в расходном баке с использованием ПИД-регулятора.

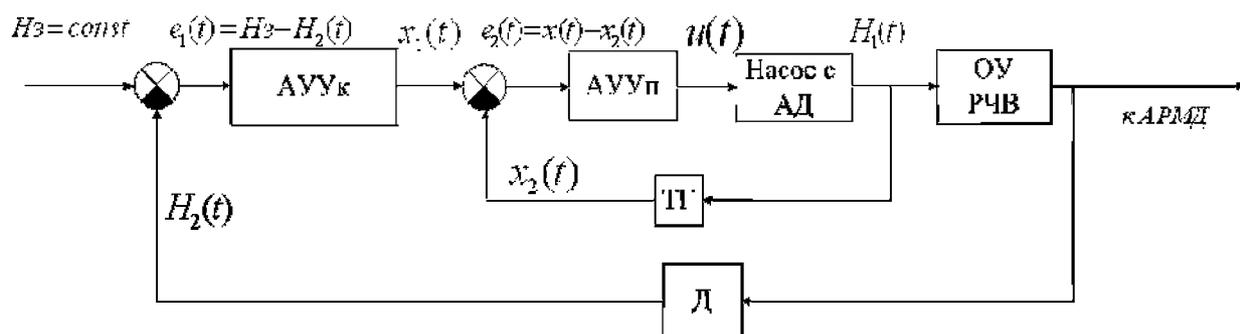


Рисунок 3 – Структурная схема системы автоматического регулирования напора воды в расходном баке:

ЧП – частотный преобразователь; АД – асинхронный двигатель; ТГ – тахогенератор; ОУ – объект управления; Д – датчики

Объект управления имеет большое запаздывание во времени, поэтому целесообразно использовать модель системы подчиненного регулирования. Система содержит два контура отрицательной обратной связи (ООС) и два регулятора: подчиненный и командный. Обеспечивает точность и непрерывность управления.

На вход системы подается уставка в виде сигнала напряжения, это постоянная величина, характеризующая заданный напор. Сигнал уставки поступает либо от оператора, либо от системы управления более высокого уровня. По показаниям датчика расхода с

использованием формулы расчета напора (1) определяется напор, который нужно создать в трубопроводе:

$$H_2 = \Delta z + \sum \zeta \left(\frac{16Q_t^2}{\pi^2 d^4} \right) \quad (1)$$

Ошибка рассогласования поступает на автоматическое управляющее устройство, преобразующее сигнал напряжения по принципу ПИД-регулятора (2).

$$x_1(t) = K_n e(t) + K_u \int_{t_0}^t e(\tau) d\tau + K_o \frac{\partial e(t)}{\partial t} \quad (2)$$

Внутренний контур ООС оказывает упреждающее воздействие на объект управления. Функции подчиненного автоматического управляющего устройства выполняет частотный преобразователь. Он осуществляет частотное управление асинхронным электродвигателем и посредством изменения частоты вращения ротора исполнительного механизма регулирует создаваемый в трубопроводе напор и поддерживает уровень воды в резервуаре.

Частотный преобразователь и асинхронный двигатель охвачены цепью отрицательной обратной связи, в которую включен тахогенератор, выходное напряжение тахогенератора прямо пропорционально скорости вращения электродвигателя (3).

$$x_2 = K_{mz} \cdot \omega = K_{mz} \cdot \frac{d\theta_2}{dt} \quad (3)$$

Данные о состоянии объекта управления поступают на Автоматизированное Рабочее Место Диспетчера для контроля и анализа.

МОДЕЛИРОВАНИЕ САР

Было произведено математическое моделирование системы автоматического регулирования в программе MatLab 7.2.0.232. Объекты и устройства, входящие в систему, были описаны передаточными функциями. ПИД-регулятор обеспечивает управление АД средней и большой мощности в скользящем режиме; регулирование возможно в узких пределах скольжения $s_H \leq s \leq s_m$.

Система была оптимизирована по времени регулирования. Она имеет запасы устойчивости по фазе 170 градусов на частоте 0,336 рад/с; по амплитуде 50,1 дБ на частоте 167 рад/с, перерегулирование переходного процесса 0%, статическую ошибку 0,01%.

На рисунке 4 изображен переходный процесс системы, оптимизированной по времени регулирования с использованием ПИД-регулятора. Время регулирования составило $t_{per} = 7,25$ секунды. Минимально возможное время регулирования для САР с ПИД-регулятором при оптимальной настройке может быть не меньше 7 секунд [4].

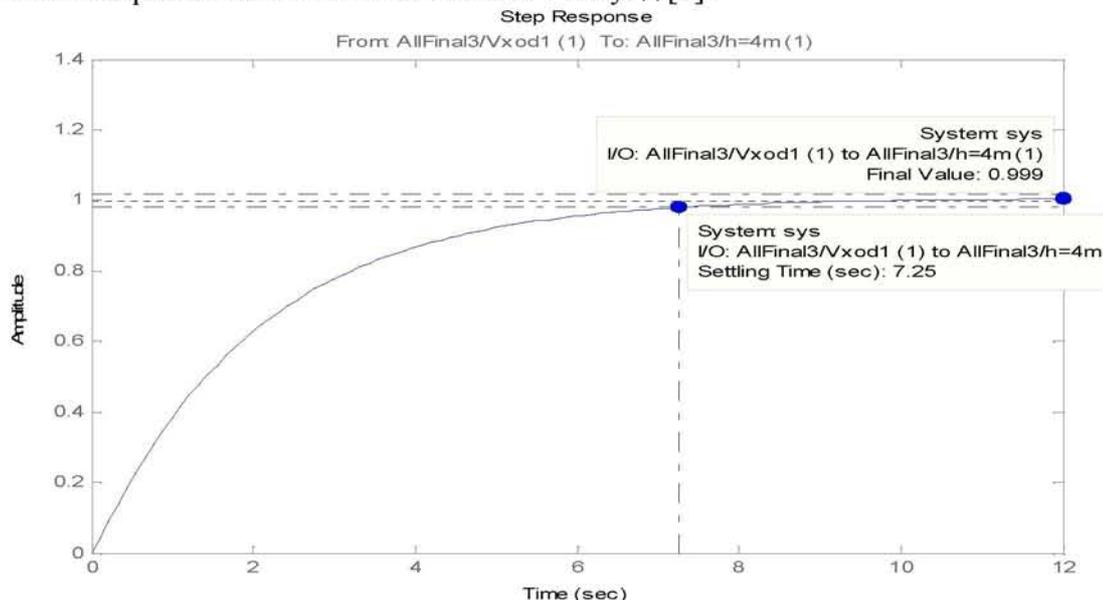


Рисунок 4 – Переходный процесс системы с ПИД-регулятором

На рисунке 5 изображены ЛАФЧХ системы с ПИД-регулятором, определены запасы устойчивости.

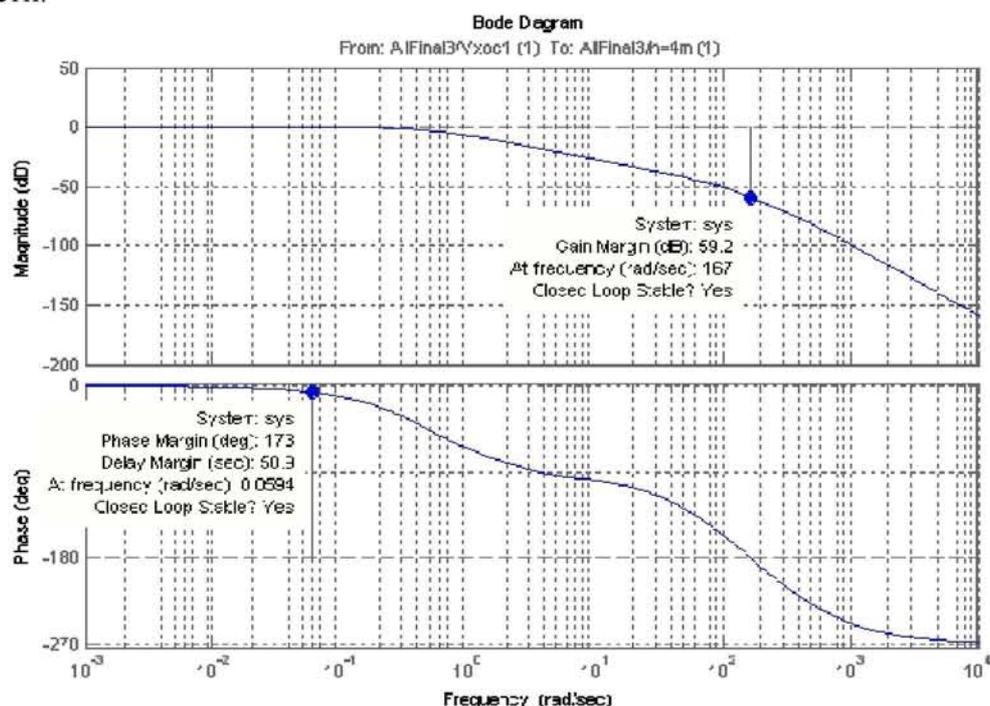


Рисунок 5 – ЛАФЧХ системы с ПИД-регулятором

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ НАСОСОВ

Каждый насосный агрегат имеет свою фактическую расходно–напорную характеристику, каждой точке которой соответствует некоторое паспортное значение потребляемой мощности электродвигателя. Выбор комбинации работающих насосных агрегатов и способа регулирования определяет текущее значение потребляемой мощности по каждому агрегату и всей насосной станции в целом. Следовательно, критерием оптимизации является обеспечение заданного режима работы насосной станции по подачам и давлениям при минимально возможном расходе электроэнергии с учетом всех доступных способов регулирования.

Результатом решения задачи оптимизации в каждый конкретный момент времени является выработка рекомендации по осуществлению такого комплекса управляющих воздействий (включение/отключение агрегатов, изменение положения дросселирующего клапана, изменение частоты вращения электродвигателей), который переводит текущую рабочую точку совокупной характеристики насосной станции к значению, которому соответствуют минимально достижимая при этом потребляемая электрическая мощность приводов насосов.

Для управления группой насосов выпускают специализированные серии частотных преобразователей. Использование специализированных преобразователей значительно упрощает схему и технологию изготовления системы автоматики, снижает её себестоимость и освобождает от необходимости написания программ для управляющих устройств других типов.

Однако системы автоматики многонасосных станций, построенные с использованием функций управления насосами специализированных преобразователей частоты, имеют ряд недостатков. Преобразователи позволяют настраивать некоторые параметры работы станции, например, число насосов и выдержки времени перед переключениями, но сам алгоритм работы остаётся неизменным. Это делает невозможным совершенствование алгоритма и добавление новых функций.

Но главный недостаток использования специализированных ПЧ заключается в том, что преобразователи не сигнализируют об аварийном отключении насосов, работавших на

момент аварии от преобразователя, и выводе их из автоматического режима. У преобразователей просто нет дополнительных выходных реле, с помощью которых они могли бы сигнализировать аварии каждого насоса. Все реле, включая реле плат расширения, задействуются для управления коммутационными аппаратами. Общий сигнал аварии ПЧ не позволяет идентифицировать аварийный насос и снимается автоматически при подключении к преобразователю другого насоса. В результате может сложиться ситуация, когда авария насосов не будет вовремя обнаружена персоналом. Ситуация сохраняется даже при выходе из строя всех резервных насосов. Авария ещё одного насоса приведет к полному прекращению водоснабжения или снижению его объемов с понижением давления сети.

При достижении выходной частотой преобразователя максимального или минимального значения и необходимости подключить или отключить дополнительный насос возникают зоны неустойчивости.

Суммарная производительность работающих насосов до переключения может несколько отличаться от суммарной производительности после переключения из-за технологического разброса характеристик насосов и некоторого различия характеристик одного насоса при работе от сети и от ПЧ. Изменение производительности при стандартном алгоритме управления может оказаться достаточным для обратного переключения и возникновения автоколебательного процесса, сопровождающегося значительными колебаниями выходного давления. В большинство систем управления насосными станциями вводятся выдержки времени перед переключениями, что значительно снижает вероятность возникновения автоколебаний. Однако при работе станции на объемную трубопроводную систему и при использовании насосов большой мощности введение выдержек времени не всегда позволяет полностью отстроиться от автоколебаний [5].

МОДАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

В сложных системах управления, когда необходимо обеспечить высокую точность регулирования, рекомендуется применять модальное управление [6, 7, 8]. Модальное управление обладает рядом достоинств:

- синтезированная модальная САУ не требует проверки на устойчивость (так как она заранее должна быть устойчивой и обладать требуемой степенью устойчивости);
- синтезированная модальная САУ не требует введения дополнительных корректирующих устройств (так как она сама уже удовлетворяет требуемым показателям качества);
- введение модальных ОС в силу их безынерционности не повышает порядок объекта и не нарушает его управляемость и наблюдаемость (что зачастую происходит при введении пассивных инерционных корректирующих устройств);
- относительная простота и экономичность технической реализации модальных САУ (так как реализации модальных ОС может быть выполнена с помощью маломощных измерительно-преобразовательных устройств и электронных усилителей с малыми тепловыми потерями).

На рисунке 6 приведена классическая схема модального регулятора.

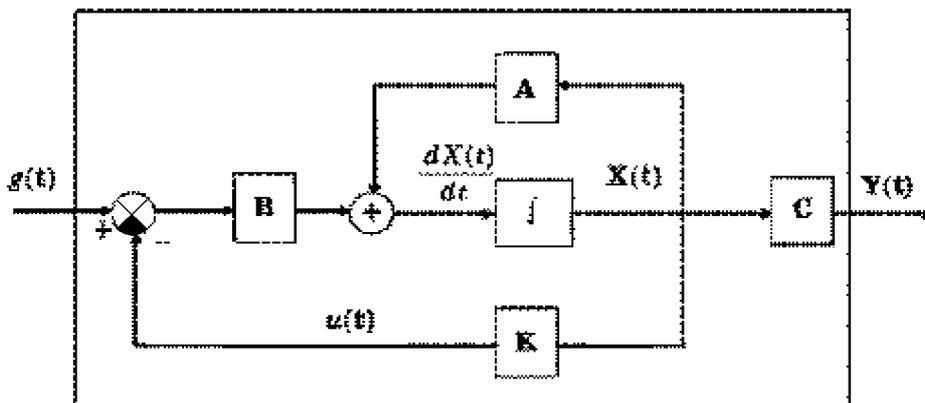


Рисунок 6 – Структурная схема модального регулятора

Суть модального управления состоит в определении численных значений коэффициентов передачи безынерционных ОС по всем переменным состояниям объекта с целью обеспечения заданного распределения корней характеристического уравнения замкнутой САУ. Корни характеристического уравнения САУ полностью определяют ее свободное движение (4).

$$x(t) = c_1 e^{-p_1 t} + c_2 e^{-p_2 t} + \dots + c_n e^{-p_n t} \quad (4)$$

В системе автоматического регулирования напора воды в расходном баке, описанной выше, вместо ПИД-регулятора был использован модальный регулятор. В результате моделирования получен переходный процесс, изображенный на рисунке 1.7. Время регулирования $t_{\text{пер}} = 5,25$ секунды.

Использование модального управления позволяет получить желаемую форму переходного процесса, обеспечить высокую точность регулирования. Но в то же время применение модального управления влечет за собой:

– жесткую привязанность параметров регулятора к параметрам системы и, как следствие, непредсказуемость работы системы управления при изменении параметров системы;

– неудовлетворительную работу системы управления при воздействии внешних возмущений;

– зачастую невозможность «наблюдения» всех координат системы.

Незначительное изменение параметров модального регулятора, построенного по классической схеме, приводит к изменению параметров переходного процесса.

Для ослабления влияния перечисленных недостатков модального регулятора предлагается применить нечеткую логику. В систему управления будет введена нейронная сеть, что повысит адаптивность системы управления. В этом случае малые отклонения параметров системы не будут приводить к изменению переходного процесса; также будут учтены недостатки специализированных частотных преобразователей.

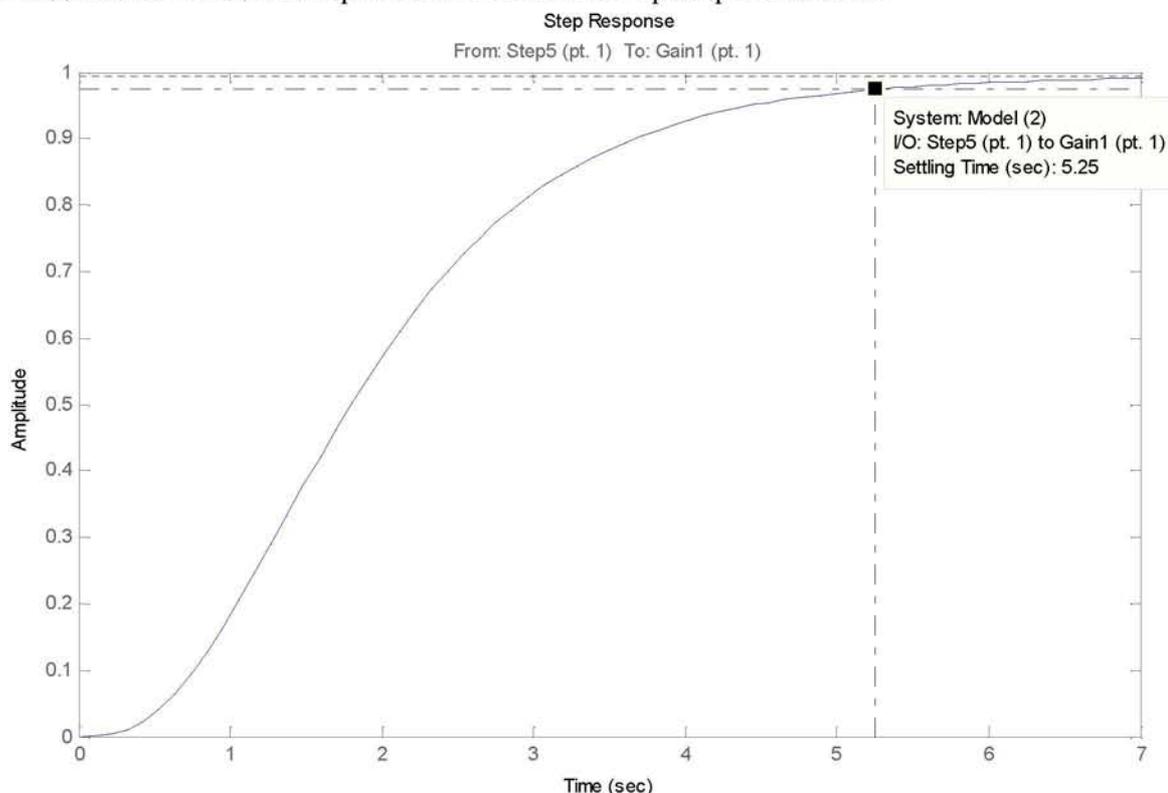


Рисунок 7 – Переходный процесс системы с применением модального регулятора

Синтез систем модального управления базируется на корневых методах, следовательно, качество переходных процессов определяется расположением корней характеристического полинома системы на комплексной плоскости. Модальный регулятор относится к полноразмерным (нередуцированным) линейным регуляторам состояния, то есть для выработки оптимального управления используется информация обо всех координатах управляемого объекта. Такой регулятор позволит экономить электроэнергию за счет оптимального управления как одним двигателем, так и системой, включающей 2 и более двигателей. Подобный подход приведет к снижению энергозатрат и эксплуатационных затрат на 10–15%. На рисунке 1.8 приведена общая схема системы с нечетким модальным регулятором.

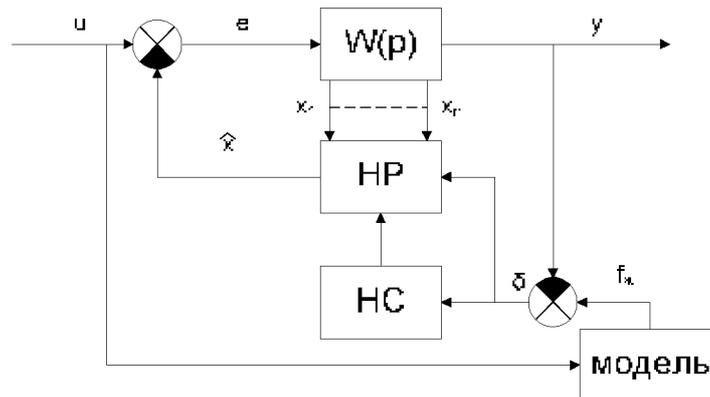


Рисунок 8 – Общий вид системы с нечетким модальным регулятором [9]:

«модель» – модель объекта управления; $W(p)$ – передаточная функция объекта; НР – нечеткий регулятор; НС – нейронная сеть; u – управляющее воздействие; e – ошибка регулирования; y – выход системы; $f_{\text{жс}}$ – желаемая характеристика переходного процесса; δ – ошибка регулирования;

\hat{x} – управляющее воздействие НР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование нечеткого подхода при синтезе систем модального управления позволяет устранить слабые стороны модального управления. Наличие корректирующей нейронной сети в контуре нечеткого модального регулятора придает системе регулирования дополнительные адаптационные свойства, обеспечивающие получение желаемого переходного процесса, несмотря на изменения параметров системы.

Введение нечетко-модального регулятора позволит:

- экономить электроэнергию за счет оптимизации процесса управления двигателем;
- повысить надёжные, эксплуатационные характеристики системы;
- оптимизировать управление системы, состоящей из группы насосов;
- учесть и исключить недостатки использования специализированных частотных преобразователей и недостатки использования классической схемы модального регулятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов А.Б., Сибирцев А.Н., Колодин И.Ю. Автоматизация насосной станции с применением частотно-регулируемого электропривода // Силовая электроника. – № 2. – 2006.
2. Экономия энергопотребления – основная задача изготовителей насосного оборудования: журнал / учредитель ООО Издательский дом «МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ»: Сантехника, отопление, кондиционирование, 8/2006.
3. Хусаинов Р.Г. «Частотные преобразователи: критерии выбора»: журнал «ТехСовет». – № 4(67). – 27.04.2009.
4. URL: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/03_05/stat_114.htm.
5. URL: <http://www.energoportal.ru/articles/avtomatika-mnogonasosnyh-stancij-povysheniya-davleniya-s-chastotnym-regulirovaniem-1439.html>.
6. Проников А.С. Программный метод испытаний металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1985.

7. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающее устройство. – М.: Машиностроение, 1976.
8. Постников Ю.В., Соколовский Г.Г. Автоматизированные системы управления электроприводами с упругостью. – Л.: Ротапринт ЛЭТИ, 1990.
9. Косицын В.Г., Соловьев В.А. Синтез систем управления с нечетким модальным регулятором // Интеллектуальные системы, 2002. – № 2(4).

Лиходедов Андрей Дмитриевич

Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский
Аспирант по специальности «Математическое моделирование систем и комплексы программ»
Тел.: 8 962 216 55 05
E-mail: ritm2009@yandex.ru

Портнягин Николай Николаевич

Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский
Доктор технических наук, профессор кафедры «РЭС»
Тел.: 8 (4152) 42-70-76
E-mail: pornic1@yandex.ru

A.D. LIHODEDOV (*Post-graduate student on a speciality «Mathematical modeling of systems and complexes of programs»*)
N.N. PORTNYAGIN (*Doctor of Engineering Sciences, Professor*)
The Kamchatka State Technical University

**ANALYSIS OF OPTIMIZATION OF PROCESS OF ADJUSTING OF TURNS
OF ELECTRIC MOTORS OF PUMPINGS UNITS**

In the article application of modal regulator for automation the process of adjusting the speed of the electric drive is considered by comparison to a PID-regulator. Encouraged to apply an automatic regulator, based on the methods of modality and artificial intelligence to improve the reliability of CAD and to reduce the energy consumption at the city water station.

Keywords: *PID-regulator; modal regulator; electric motor; frequency converter; neural network; fuzzy logic.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Vinogradov A.B., Sibircev A.N., Kolodin I.Yu. Avtomatizaciya nasosnoj stancii s primeneniem chastotno-reguliruemogo e'lektroprivoda // Silovaya e'lektronika. – № 2. – 2006.
2. E'konomiya e'nergopotrebleniya – osnovnaya zadacha izgotovitelej nasosnogo oborudovaniya: zhurnal // uchreditel' OOO Izdatel'skij dom «MEDIA TEXNOLODZHI»: Santexnika, otoplenie, kondicionirovanie, 8/2006.
3. Xusainov R.G. «Chastotny'e preobrazovateli: kriterii vy'bora»: zhurnal «TexSvet». – № 4(67). – 27.04.2009.
4. http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/03_05/stat_114.htm.
5. <http://www.energoportal.ru/articles/avtomatika-mnogonasosnyh-stancij-povysheniya-davleniya-s-chastotnym-regulirovaniem-1439.html>.
6. Pronikov A.S. Programmny'j metod ispy'tanij metallovezhushnix stankov. – М.: Mashinostroenie, 1985.
7. Kuzovkov N.T. Modal'noe upravlenie i nablyudayushhee ustrojstvo. – М.: Mashinostroenie, 1976.
8. Postnikov Yu.V., Sokolovskij G.G. Avtomatizirovanny'e sistemy' upravleniya e'lektroprivodami s uprugost'yu. – Л.: Rotaпринт ЛЭТИ, 1990.
9. Kosicy'n V.G., Solov'yov V.A. Sintez sistem upravleniya s nechyotkim modal'ny'm regulyatorom // Intellektual'ny'e sistemy', 2002. – № 2(4).

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

УДК 65.011.56

О.В. ТАРАКАНОВ, В.М. МИРОНОВ

**АЛГОРИТМЫ ПОВЫШЕНИЯ
КАЧЕСТВА ОЦЕНИВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АСУП**

Рассмотрен подход к повышению точности оценивания производительности корпоративной информационно-вычислительной системы АСУП за счет усреднения результатов оценивания по набору частных параметрических моделей. Предложены алгоритмы ранжирования и хранения базы моделей, расчета оценок по частным моделям с использованием параллельных вычислений.

Ключевые слова: сложный объект управления; производительность информационно-вычислительной системы; процесс принятия решения; средняя точка; потоковая сеть Петри; сетевое планирование.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе задачи планирования и управления различными видами деятельности предприятия выполняются с помощью автоматизированных систем управления (АСУП). Технологической основой данных систем является комплекс аппаратных и программных средств, объединенных в единую корпоративную информационно-вычислительную систему (КИВС), которая предназначена для обеспечения эффективного функционирования информационной инфраструктуры предприятия и является подсистемой АСУП.

В связи с возрастающей ролью корпоративных информационно-вычислительных систем, их применением во многих областях деятельности и различных отраслях производства, а также увеличением их сложности и стоимости, растет значение качества оценивания их состояния. Точная и адекватная оценка дает возможность управлять состоянием системы, своевременно предупреждать конфликтные ситуации, связанные с ростом потребностей пользователей в обслуживании с одной стороны и стоимостными и технологическими ограничениями КИВС – с другой.

Современные структуры КИВС обуславливают необходимость учета значительного числа параметров их функционирования. Зависимость агрегированных показателей функционирования (выходных данных) от параметров (входных данных) может иметь вложенный математический, логический или операционный характер. Описание вышеуказанной зависимости назовем параметрической моделью оценивания (ПМО).

Повышение точности и адекватности оценок производительности КИВС достигается либо путем воздействия на сам процесс оценивания (постулаты научной школы академика Д.А. Поспелова), либо путем обеспечения высокого качества собственно оценки (положения научной школы Г.Б. Петухова). Исторически третий возможный путь повышения качества оценок за счет расширения модельной базы процесса оценивания не рассматривался в виду его экстенциональной природы, формирующей предпосылки к так называемому «комбинаторному взрыву» [1].

Развитие электронной вычислительной техники обеспечило условия для решения многих вычислительно емких задач, ранее не решавшихся из-за ограниченности ресурсов. Целесообразно исследовать возможность повышения точности и адекватности оценок производительности КИВС АСУП путем расширения модельной базы процесса оценивания.

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Управление КИВС характеризуется совокупностью значимых разнородных свойств, в том числе, производительностью. В дальнейшем будем рассматривать управление производительностью КИВС как наиболее важное свойство, оценивание интенсивности которого основано на достаточном множестве математических моделей и методик.

Имеется объект управления, который преобразует входы (X) в выходы (Y) и подвержен внешним воздействиям (D). Компенсирует внешние воздействия система управления, включающая ЛПР, систему мониторинга, собирающую информацию о процессе функционирования (Q), систему поддержки принятия решения, систему выработки и доведения управляющего воздействия (Z) и систему поддержки принятия решения (СППР).

С точки зрения теории принятия решений для обеспечения принятия максимально точного и адекватного решения по оценке функционирования ОУ ЛПР необходим весь объем информации по текущей ситуации на ОУ. Отдельная параметрическая модель оценивания (ПМО) не может дать абсолютно точный результат, так как создается с помощью ряда допущений и упрощений, поэтому для обеспечения приемлемой точности оценивания необходимо использовать несколько ПМО с усреднением результатов, а для обеспечения максимальной точности число моделей необходимо увеличивать.

Отдельные ПМО отличаются по точности и адекватности, а их количество зависит от используемых наборов контролируемых параметров. В рамках данной статьи не исследуется качественный состав параметров, их корреляция и вес в системе предпочтений ЛПР. Учитывая экстенциональный характер исследуемого способа повышения точности и адекватности оценок производительности КИВС, можно считать любые параметры равнозначными в их свертке в оценки по частным показателям эффективности. Кроме того, принимается допущение, что пространство возможных для использования ПМО расширяется с течением времени и конечно в неопределенном пределе (потенциально не счетно). Данное предположение вкупе с наличием волюнтаризма по формированию множества ПМО, выбору вида свертки и интерпретации результата (факт принятия решения есть компетенция ЛПР) позволяет отнести подсистему принятия решения в цикл управления КИВС АСУП в разряд организационно-технических [1].

В связи с расширением пространства ПМО общее время расчета оценки растет, увеличивая общее время принятия решения, а учитывая то, что предел мощности множества ПМО стремится к бесконечности, необходим механизм вычисления общей оценки, наиболее рационально использующий вычислительный ресурс:

$$R_{\text{общ}} = O(A) \left| \lim_{\min(T_{BP}) \rightarrow \infty} \{A\} \right. , \quad (1)$$

где A – массив ПМО, T_{BP} – время использования вычислительного ресурса.

Таким образом, необходимо использовать научно-обоснованные методы для построения эффективных алгоритмов оценивания с учетом требований по максимально возможной точности и адекватности оценки и минимизации времени задействования вычислительного ресурса.

ХОД ИССЛЕДОВАНИЙ

Очевидно, что повышения точности оценивания можно добиться либо путем использования более сложной модели оценивания либо за счет увеличения количества моделей. В обоих случаях вычислительные затраты повышаются, увеличивая время выработки решения. С другой стороны, используемый вычислительный ресурс не является выделенным, его занятие необходимо свести к минимуму. Следовательно, необходимо ввести гипотетическое временное ограничение на принятие решения, которое должно быть учтено при разработке алгоритма.

Алгоритм на рисунке 1 позволяет при выработке решения использовать на исследуемом этапе модели с максимальной точностью и адекватностью, а также применять параллельные вычисления для сокращения времени получения частных оценок на конкретных моделях.

Рассмотрим алгоритм поэтапно:

1. Формирование исходных данных $\{M\}$. На этом этапе производится сбор данных от различных подсистем КИВС об оборудовании, линиях связи, телетрафике, состоянии и

работоспособности информационных подсистем и т.п. Формируемый массив представляет собой снимок состояния КИВС на момент начала цикла управления.

2. Формирование массива моделей $\{A\}$. Данный массив формируется из базы моделей в соответствии с рангом. При вводе в эксплуатацию базы моделей ранг каждой модели одинаковый, однако в процессе набора статистики по принятию решения на основе определения средней точки результата оценивания их ранг будет изменяться. Принятие решения по выбору той или иной модели в конкретном цикле управления возможно при следующем допущении: интегральный показатель каждой модели приведен к одинаковой размерности, обеспечивается возможность их сравнения по удаленности от средней точки оценивания до результата модели.

3. Начало процесса принятия решения. Старт отсчета допустимого времени на выработку решения.

4. Старт цикла по вычислению оценки на критическом этапе принятия решения ($R_{крит}$). Производится вычисление частных оценок $R_i = A_i(\{M\})$ моделей в зависимости от их ранга по алгоритму А.1 (приведен ниже), позволяющему максимально использовать имеющиеся вычислительные ресурсы платформы для сокращения времени вычисления.

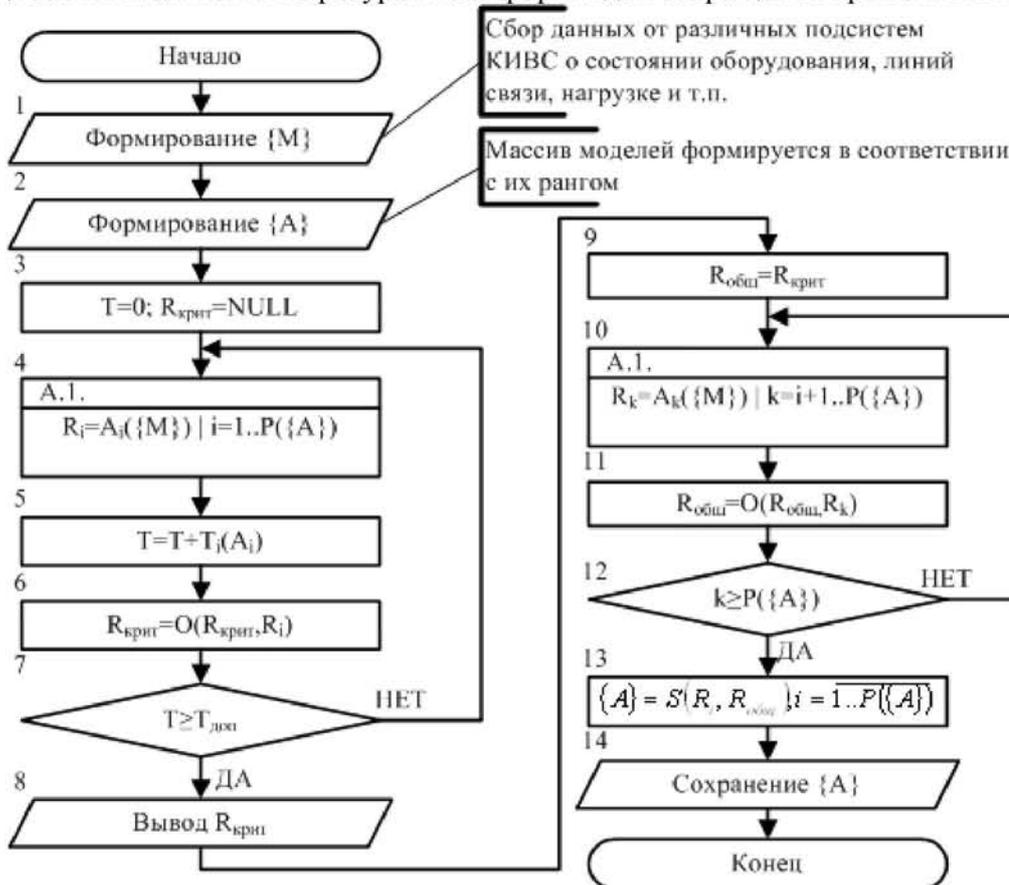


Рисунок 1 – Алгоритм повышения эффективности оценивания производительности КИВС АСУП

5. Суммирование времени вычисления оценки по каждой модели $T = T + T_i(A_i)$;

6. Вычисление оценки производительности на критическом этапе $R_{крит} = O(R_0, R_1, \dots, R_i)$ как функции от полученных частных оценок. На основании того, что результаты отдельных моделей являются отображением оценивания одного и того же объекта управления, можно сделать вывод, что отклонение результата оценивания производительности КИВС на основе конкретной ПМО от среднего рассчитанного значения является случайной величиной, а процесс накопления ошибки является стохастическим.

Учитывая случайную природу множества $\{M\}$, допустимо считать, что распределение отклонения результата оценивания описывается нормальным законом. Следовательно, уместно говорить, что среднее значение результатов $\{A\}$ находится так же, как и их среднее арифметическое значение.

7. Условие окончания цикла расчета $R_{крит}$. При превышении времени, отведенного на принятие решения, цикл останавливается.

8. Полученная оценка ($R_{крит}$) передается на следующий этап цикла управления (этап выработки и доведения управляющего воздействия).

9. После завершения критического этапа принятия решения начинается вычисление общей оценки $R_{общ}$ по всей совокупности $\{A\}$.

10. Старт цикла вычисления общей оценки. Используется тот же алгоритм, который применялся на шаге 4. В расчете используются модели, не вошедшие в расчет $R_{крит}$.

11. Аналогично шагу 6 производится уточнение оценки за счет использования оставшихся моделей.

12. Условие окончания цикла. Если получены результаты по всем моделям ($k \geq P(\{A\})$), цикл завершается.

13. Ранжирование множества моделей. На основании шага 6 пригодным параметром для ранжирования является расстояние от частной оценки модели до вычисленной общей оценки $\{A\} = S(R_i, R_{общ}), i = \overline{1..P(\{A\})}$.

14. Сохранение ранжированного множества в базу моделей.

Рассмотрим подробнее алгоритм А.1 (рис. 2).

1. **Процедура получения модели для обчета.** На данном этапе происходит выбор модели из сформированной базы моделей в зависимости от ранга модели.

Схему вычислений параметрической модели оценивания можно представить в виде вектора:

$$A_{cx} = \langle X, V, H \rangle,$$

где $X = \{x_k | k \in K_{ex}\}$ – множество входных данных, $V = \{v_l | l \in L_{вых}\}$ – множество выходных данных, $H = \{h_j | j = \overline{1, J}\}$ – множество процедур преобразования [2].

Полученная модель должна соответствовать следующим требованиям:

- поддержка нескольких интегральных показателей;
- использование исходных данных на любом этапе вычислений;
- приведение исходных данных к численному виду с учетом единиц измерения;
- настраиваемость и полиморфичность относительно целевой функции отдельных этапов преобразования;
- учет наличия как положительной, так и отрицательной обратной связи в схеме вычислений;
- учет взаимного влияния этапов вычисления.

Обобщенная модель может быть представлена выражением [3]:

$$A = \langle F_0, A_{cx}, U_{обр}, U_{вз} \rangle,$$

где F_0 – начальные процедуры приведения исходных данных к численному виду, A_{cx} – схема вычислений ПМО, $U_{обр}$ – множество потоков преобразования обратного направления, $U_{вз}$ – множество потоков перекрестного влияния этапов вычисления.



Рисунок 3 – Алгоритм параллельного вычисления частной оценки (A.1)

2. **Представление модели в виде потоковой сети Петри.** Модель должна удовлетворять следующим требованиям:

- существует только одна исходная позиция X^+ , такая, что отсутствуют переходы, входящие в X^+ ;
- существует только одна конечная позиция Z^- , такая, что отсутствуют переходы, выходящие из Z^- ;
- каждый узел данной сети расположен на пути от X^+ к Z^- .

Если вышеперечисленные требования выполняются, происходит формирование потоковой сети F_{net} .

3. **Нахождение критического пути** $P_{крит} = P(F_{net})$. Путь, определяющий минимальное время $T_{min}(X^+, Z^-)$ выполнения всех вычислений сети, является критическим.

Вычисление минимального момента реализации Z^- сводится к отысканию в сети пути с максимальной суммой длительностей, соответствующих вершинам и дугам, образующим этот путь [4].

Применяется рекурсивная процедура: для этапа R_j вычисляется максимум суммы [4]

$$\max_k (T(R_{ik}) + t(R_{ik}, R_j)), R_{ik} \in U^{-1}R_j$$

с последующим сложением его со временем выполнения $t(R_j)$ этапа R_j . Примем временные затраты для передачи данных по дуге $t(R_{ik}, R_j) = 0$, тогда полное время вычисления этапа R_j

$$T(R_j) = t(R_j) + \max_k (T(R_{ik})),$$

где t – вычислительная сложность этапа R_j .

Этапы, включенные в критический путь, называются критическими. Для каждого не критического этапа имеем два граничных значения времени: ожидаемое время расчета

$\tilde{t}(R_i)$ и предельное время расчета $\tilde{t}^*(R_i)$, превышение которого приведет к изменению общего времени завершения проекта. Очевидно, что для критических этапов $\tilde{t}(R_i) = \tilde{t}^*(R_i)$.

4. Приведение сети к бесконтурному замкнутому виду. Очевидно, процесс вычисления ассоциируется с поэтапным продвижением маркеров от X^+ к Z^- . Вычисление считается законченным, если все маркеры покидают систему или система переходит в тупиковое состояние. Вторым случаем является ненормальным завершением расчета, поэтому при моделировании необходимо проверять полученную потоковую сеть на отсутствие тупиков. Это свойство называется свойством правильной завершаемости (бездефектности) и выполняется, если [4]:

- конечная позиция Z^- достижима при любой последовательности переходов от позиции X^+ ;
- сеть не содержит лишних позиций (которые никогда не будут выполнены);
- при достижении конечной позиции данной сети не должно оставаться маркеров в промежуточных позициях.

Чтобы выполнить эти требования, необходимо отыскать и устранить вычислительные контуры. В общем виде данный алгоритм состоит из следующих этапов:

- Представление потоковой сети Петри в виде несвязного орграфа и разбиение его на набор связных подграфов

$$G = \{g_1, \dots, g_k\};$$

- Определение контуров в каждом подграфе g_i и их разрыв путем деления вершин.

Здесь определяется вычислительная сложность каждого правила агрегирования $t(R_i)$. Затем по методу поиска вглубь с сохранением пути производится поиск контура K_{g_i} , ближайшего по расстоянию к X^+ . Путем суммирования определяется общая вычислительная сложность контура:

$$T(K_{g_i}) = \sum_{y=1}^L t(R_y),$$

где L – количество вершин R в контуре. Далее выбирается ближайшая к X^+ вершина $R_0 \in K_{g_i}$, определяется вычислительная сложность критического пути синдрома $[X^+, R_0]$ и антисиндрома $[R_0, Z^-]$. Находится такая вершина $R_y \in K_{g_i}$, не принадлежащая антисиндрому $[R_0, Z^-]$, что

$$\left(T_{\min}(X^+, R_0) \geq T(R_y, R_0) \right) \cap \left(T_{\min}(R_0, Z^-) \geq T(R_0, R_y) \right),$$

т.е. вершина R_y должна делить $T(K_{g_i})$ таким образом, чтобы полученные ветви контура не приводили к изменению критических путей синдрома и антисиндрома R_0 .

5. Составление сетевого графика для всех имеющихся вычислительных приборов. Для каждого некритичного этапа можно определить полный временной резерв, который можно использовать для ожидания вычислительного прибора без ущерба для $T_{\min}(X^+, Z^-)$

$$\Delta t(R_i) = \tilde{t}^*(R_i) - \tilde{t}(R_i). \quad (2)$$

Согласно теореме о полном временном резерве [4], формулу (2) можно представить в виде

$$\Delta t(R_i) = T_{\min}(X^+, Z^-) - (T_{\min}(X^+, R_i^-) + T_{\min}(R_i^+, Z^-)) + t(R_i),$$

где $T_{\min}(X^+, Z^-)$ – критическое время сети $[X^+, Z^-]$, X^+ – условное начало вычисления, Z^- – условное окончание вычисления, $T_{\min}(X^+, R_i^-)$ – критическое время антисиндрома $[X^+, R_i^-]$, $T_{\min}(R_i^+, Z^-)$ – критическое время синдрома $[R_i^+, Z^-]$, $t(R_i)$ – время расчета этапа R_i .

Таким образом, зная время начала этапа вычисления $T_{\min}(X^+, R_i^-) - t(R_i)$, его длительность $t(R_i)$ и временной резерв $\Delta t(R_i)$, можно составить расписание распределения вычислительных приборов.

Пусть p есть количество процессоров, используемых для выполнения алгоритма. Тогда для параллельного выполнения вычислений необходимо задать множество (расписание) [5]

$$H_p = \{(i, P_i, t_i) : i \in V\},$$

в котором для каждой операции $i \in V$ указывается номер используемого для выполнения операции процессора P_i и время начала выполнения операции t_i . Для того, чтобы расписание было реализуемым, необходимо выполнение следующих требований при задании множества H_p [5]:

1) $\forall i, j \in V : t_i = t_j \Rightarrow P_i \neq P_j$, т.е. один и тот же процессор не должен назначаться разным операциям в один и тот же момент времени;

2) $\forall (i, j) \in R \Rightarrow t_j \geq t_i + 1$, т.е. к назначаемому моменту выполнения операции все необходимые данные уже должны быть вычислены.

6-7. Вычисление частной оценки для текущей модели оценивания и вывод оценки в основной алгоритм. На данных этапах в соответствии с составленным сетевым графиком (расписанием) производится вычисление, а результат возвращается в основную программу.

ВЫВОД

Таким образом, представленные алгоритмы позволяют применить несколько ПМО для повышения точности и адекватности оценки производительности КИВС АСУП при минимизации времени использования вычислительного ресурса.

Предполагаемый эффект от внедрения автоматизированного оценивания, основанного на приведенных алгоритмах, определяется двумя моментами:

- 1) Повышение точности оценки производительности КИВС АСУП за счет использования в процессе оценивания нескольких ПМО и усреднении результата оценивания;
- 2) Сокращение времени использования вычислительного ресурса вычислительной платформы АСУП за счет использования сетевого планирования и параллельных вычислений при расчете частных оценок по конкретным ПМО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука. – Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 288 с.
2. Миронов В.М. Моделирование процесса вычисления интегральных показателей в АСУП как процесса преобразования ресурсов на основе потоковой сети Петри // Системы управления и информационные технологии, 1.1(43), 2011. – С. 155-158.
3. Миронов В.М., Тараканов О.В. Вычисление интегральных показателей функционирования предприятия как процесс преобразования информационного ресурса // Актуальные проблемы анализа и построения информационных систем и процессов: сборник статей

- Международной научно-технической конференции. – Таганрог: Издательство Технологического института ЮФУ, 2010. – С. 91-95.
4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с., ил.
 5. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб. – БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.: ил.

Тараканов Олег Викторович

Академия ФСО, г. Орел

Кандидат технических наук, зав кафедрой информатики и вычислительной техники

Миронов Вадим Михайлович

Академия ФСО, г. Орел

Адъюнкт военной докторантуры и аспирантуры

Тел.: 8 920 081 22 83

E-mail: vmironov@mail.ru

O.V. TARAKANOV (*Candidate of Engineering Sciences, head of department computer science and computer facilities*)

V.M. MIRONOV (*The graduated in a military academy of military doctoral studies and postgraduate study*)

Academy of Federal Agency of protection of the Russian Federation, Orel

ALGORITHMS OF IMPROVEMENT OF QUALITY OF ESTIMATION OF PRODUCTIVITY OF CORPORATE INFORMATION SYSTEM ASUP

An approach to improve the accuracy of estimating the performance of corporate information and computing systems MIS by averaging the results of evaluations on a set of individual parametric models. Proposed algorithms for ranking and storage base models, calculating the estimates for particular models using parallel computing.

Keywords: *complex object management; data-processing system performance; decision-making process; the middle point; stream Petri net; network planning.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Pospelov D.A. Situacionnoe upravlenie: teoriya i praktika. – М.: Nauka. – Gl. red. fiz.-mat. lit, 1986. – 288 s.
2. Mironov V.M. Modelirovanie processa vy'chisleniya integral'ny'x pokazatelej v ASUP kak processa preobrazovaniya resursov na osnove potokovoj seti Petri // Sistemy' upravleniya i informacionny'e tehnologii, 1.1(43), 2011. – S. 155-158.
3. Mironov M.V., Tarakanov O.V. Vy'chislenie integral'ny'x pokazatelej funkcionirovaniya predpriyatiya kak process preobrazovaniyainformacionnogo resursa // Aktual'ny'e problemy' analiza i postroeniya informacionny'x sistem i processov: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. – Таганрог: Izdatel'stvo Texnologicheskogo institute YuFU, 2010. – S. 91-95.
4. Piterson Dzh. Teoriya setej Petri i modelirovanie sistem: per. s angl. – М.: mir, 1984. – 264 s., il.
5. Voevodin V.V., Voevodin Vl.V. Parallel'ny'e vy'chisleniya. – SPb. – BXV-Peterburg, 2002. – 608 s.: il.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 34.342

А.П. ФИСУН, Ю.А. БЕЛЕВСКАЯ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРАВА
НА ОСНОВЕ ОПЫТА ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – ОСНОВА РАЗВИТИЯ
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА**

Рассматривается совершенствование методологии информационного права с учетом известных общеметодологических принципов. За основу развития методологии взят опыт построения информационных телекоммуникационных технологий (ИКТ), что в совокупности определяет развитие информационного общества.

Ключевые слова: информационное общество; информационные телекоммуникационные технологии; информация; информационная сфера; информационная безопасность; методология информационного права.

Анализ состояния, особенностей и проблем формирования и развития информационного общества (ИО), его материально-информационной основы, представляющей современные информационные и телекоммуникационные технологии (ИКТ), а также анализ нормативного правового базиса, обеспечивающего надлежащее их регулирование [1-17], позволил выделить ряд значащих факторов, которые обуславливают и актуализируют необходимость регулярного развития такого важнейшего их инструментария, как методология информационного права. К таким значащим факторам можно отнести:

- устойчивость и превалирование тенденции развития рынка информационных продуктов и услуг, лежащих в основе развития материально-энергетического производства и рынка;
- формирование и развитие международного информационного пространства как составной части национальной информационной сферы;
- усиление требований обеспечения безопасности личности, общества и государства, в том числе, и их информационной безопасности;
- изменение объема и содержания задач управления органов публичной власти, необходимость совершенствования и развития их деятельности, что требует и соответствующего качественного информационного обеспечения;
- формирование устойчивых закономерностей создания и развития информационной сферы, обусловленных широким применением НИТ;
- повышение роли информации как объекта правоотношений во всех сферах и видах материально-энергетической деятельности личности, общества, государства и сложностью, неопределенностью объективной оценки ее свойств;
- возрастанием угроз, обусловленных лавинообразным развитием и широким использованием НИТ, а также развитием самой информационной сферы, национальных и международных информационных пространств;
- закономерностями формирования и развития фундаментальной и прикладной информационной и правовой наук.

Актуальность такой постановки проблемы для явно не смежных и различных научных отраслей науки и практики обусловлена содержанием, свойствами и особенностями единого для них объекта – информации.

Рост и постоянное развитие ИКТ обуславливает не только видоизменение, совершенствование и адаптацию сложившихся общественных отношений, но и появление новых общественных отношений, которые не всегда сопровождаются адекватным и

своевременным законодательным закреплением. Поэтому наблюдается опережающее развитие общественных отношений, вызванных и обусловленных развитием ИКТ, теории и практики их применения, следовательно, и опережающим развитием соответствующей методологии теоретического базиса ИКТ. При этом развитие методологии информационного права в целом отстает от теоретико-методологических основ ИКТ. Такое несоответствие связано с определенными трудностями, которые заключаются в использовании общих представлений о действии новых, развиваемых методах теории и практики ИКТ. При этом одним из направлений разрешения этой проблемы, направленного на устранение рассматриваемого несоответствия в развитии методологии информационного права, может быть согласование и приведение к определенному знаменателю общего ее содержания, относящегося к одному и тому же объекту общественных отношений – информации.

Формирование и развитие методологии информационного права, в отличие от теории и опыта построения ИКТ, еще не в достаточной мере нашло отражение в известных работах отечественных и зарубежных ученых. При этом сложилась парадоксальная ситуация: с одной стороны, при существовании более шести десятилетий достаточно стройной, непротиворечивой и относительно полной теории и опыта построения ИКТ, наблюдается отставание, явно недостаточное, неадекватное развитие теоретико-правового базиса, имеющего качественный источник формирования теории и практики информационного права. Данное обстоятельство подтверждается фактом того, что отрасль отечественного информационного законодательства насчитывает чуть более двух десятилетий, а отрасль информационного права и его теоретико-методологический базис – и того меньше, к тому же они находятся в стадии формирования. Такое состояние предполагает осуществление разработки методологии информационного права с обязательным учетом ряда взаимосвязанных проблем развития теории и практики ИКТ, обуславливающих новое содержание методологии информационного права. С учетом этого, рассмотрение научно-методологических основ информационного права будет осуществляться на основе использования известных понятий методологии.

Таким образом, предложенная авторами современная постановка проблемы правового регулирования информационной сферы (ИСф), в том числе, сферы обеспечения ее информационной безопасности (ИБ), а также используемых ими ИКТ на основе формирования и развития методологии информационного права, представляющих эффективный инструментарий правового регулирования соответствующих информационных отношений, позволяет выделить основные задачи развития методологии информационного права:

- 1) уточнения целевых, системных, структурных, временных аспектов правового регулирования ИСф, в том числе, обеспечения ее ИБ;
- 2) исследование вопросов защиты информации для большинства объектов ИКТ различной архитектуры и принадлежности (больших и малых, государственных и негосударственных), расширения содержания и массовости различных видов информационных услуг (государственных, муниципальных, хозяйствующих субъектов и иных), реализуемым на основе ИКТ и соответствующего их правового регулирования;
- 3) исследование направлений расширения разнообразия информации, подлежащей защите, представляющей различные уровни и степени конфиденциальности (государственная, промышленная, коммерческая, личная (персональные данные) и другие виды тайны), предполагающие, в свою очередь исследование и расширение мероприятий по комплексной защите информации [15, 16].

Успешное решение этих задач требует не только постановки научно обоснованных концепций информационного права, но и разработку эффективного инструментария, предполагающего уточнение и формирование соответствующих принципов, разработку моделей, методов и средств решения соответствующих задач, совокупность которых составляет методологию информационного права и определяет предпосылки ее совершенствования.

Анализ отечественного опыта исследуемой проблемы [12-17] позволил выявить трудности в ее разрешении, обусловленные рядом факторов и недостатков в организации и проведении исследований по развитию научно-методологической базы информационного права. Эти факторы и недостатки порождают проблему правового регулирования ИСф, сферы обеспечения ее ИБ и использования ИКТ.

Известно [15], что любая теория, в том числе, и рассматриваемая, должна служить методологическим базисом изучения самих проблем и решения совокупности задач практической реализации правового регулирования ИСф, сферы обеспечения ее ИБ [16]. Но чтобы теория была адекватной своему назначению, она сама должна опираться на стройный и научно обоснованный базис. На основе сказанного можно констатировать, что в настоящее время сложилось такое состояние в сфере правового регулирования ИСф и сферы обеспечения ее ИБ, которое характеризуется наличием большого опыта практического решения задач правового регулирования и недостаточностью работ теоретико-обобщающего характера. Это еще раз подтверждает актуальность рассмотрения и совершенствования адекватного научно-методологического базиса информационного права, на формирование структуры и содержания которого существенное влияние оказывают:

- особенности правового регулирования ИСф и процессов обеспечения ИБ;
- многоаспектность целей и задач правового регулирования ИСф;
- многофакторность и зависимость показателей защищенности ИСф от множества разноплановых факторов внешних воздействий и внутренних особенностей систем обработки информации;
- повышенный уровень неопределенности решаемых задач обеспечения ИБ, обусловленной случайным характером многих факторов и другие.

Учитывая особенности правового регулирования ИСф и рассмотренные выше сложности при формировании и развитии методологии информационного права, можно заключить:

- 1) на данном этапе формирования методологии информационного права необходимо большое внимание уделять основам, которые направлены на решение проблем правового регулирования ИСф и сферы обеспечения ее ИБ;
- 2) исходную базу для формирования и развития методологии информационного права будут составлять результаты аналитико-синтетической обработки всех имеющихся данных, точек зрения по рассматриваемой проблеме;
- 3) основой формирования методологии информационного права будет служить система общеметодологических принципов, сформированных на базе диалектико-материалистического мировоззрения, и общеметодологические подходы, разработанные в рамках современной теории систем;
- 4) базу структуры методологии информационного права будет составлять совокупность моделей и методов, необходимых и достаточных для адекватного развития правового регулирования ИСф и сферы обеспечения ее ИБ.

Из этого следует, что методология информационного права может развиваться в рамках тех элементов структуры, которые были рассмотрены нами в предыдущем исследовании [17], а также дополняться следующими элементами:

- результатами систематизации опыта теории и практики правового регулирования ИСф;
- системой общеметодологических принципов;
- общетеоретическими подходами, обеспечивающими естественно-научную ориентацию в процессе разработки концепций информационного права как отрасли и законодательства;
- совокупностью методов построения адекватных моделей систем и процессов правового регулирования ИСф и сферы обеспечения ее ИБ.

Несомненно, что первоочередным элементом любой теории являются определенные принципы. В основу совершенствования методологии информационного права должны быть

положены известные общеметодологические принципы [15, 16], что, в свою очередь, обеспечит объективную постановку и формулирование целей решения и выбора направлений решения проблемы правового регулирования ИСф, сферы обеспечения ее ИБ и используемых ими ИКТ.

Таким образом, можно представить следующую систему общеметодологических принципов:

1. Принцип строгого следования целям и задачам науки [15, 16], реализация которого, с учетом обобщенной цели ТОИП, направлена на выработку и систематизацию объективных знаний о реальной действительности в области правового регулирования ИСф и сферы обеспечения ее ИБ.

2. Принцип выбора способов реализации главной задачи [15], реализация которого должна включать:

– системное, последовательное и независимое рассмотрение и решение искомой проблемы и получение обобщающих решений по правовому регулированию ИСф;

– разработку и обоснование полной, непротиворечивой и обобщенной концепции решения проблемы, в рамках которой решение любой частной проблемы или частной задачи правового регулирования информационной сферы в конкретной постановке должно осуществляться в виде частного решения.

3. Принцип учета диалектического соотношения количественных и качественных изменений [1, 2, 3, 4, 15], предполагающий, что качественные изменения в решении проблем правового регулирования ИСф и сферы обеспечения ее ИБ возможны лишь при учете результатов накопленных знаний и предшествующих количественных изменений.

4. Принцип своевременного видоизменения ранее сформулированной постановки проблемы или задачи [1, 2, 3, 4, 15] предполагает своевременный учет меняющихся условий, определяющих характер и содержание проблем и задач, развивающихся методов и средств решения сложных проблем правового регулирования ИСф и сферы обеспечения ИБ.

5. Принцип выбора рациональных подходов к практической реализации разработанных концепций [1, 2, 3, 4, 15], учитывающий рассмотренные выше основные принципы теоретического формирования и обоснования концепции ИПр как отрасли и законодательства. Содержание этого принципа заключается в системном использовании рассмотренных выше принципов, обеспечивающих разработку эффективных концепций.

6. Принцип системности предполагает реализацию известных требований системного подхода и обеспечивающий решение частных актуальных задач правового регулирования ИСф в едином комплексе и общесистемных рамках обеспечения ее ИБ с учетом значительного количества внешних факторов и внутренних взаимосвязей.

7. Принцип полноты предполагает формирование на достаточно высоком уровне основных понятий, принципов, способов, методов, моделей процессов правового регулирования, позволяющих охватывать множество частных и конкретных процедур, связанных с решением задач, исследованиями процессов обеспечения ИБ ИСф.

8. Принцип простоты предполагает при формировании сложной структуры информационного права возможность их декомпозиции в более простые компоненты.

9. Принцип непротиворечивости, реализуемый во внутренней согласованности основных научных принципов, выдвигаемых информационным правом, и логических следствий из этих принципов.

10. Принцип максимальной унификации предполагает решение задачи наиболее полной структуризации компонентов разрабатываемого механизма правового регулирования и технологических процессов его функционирования при реализации правотворческого процесса и разработки методологии информационного права.

Рассмотренные принципы имеют конкретное содержание, являются важной составляющей, определяющей содержание развития методологической базы информационного права [17, 18], сочетаются с методологическими принципами теории ИКТ.

С учетом опыта построения ИКТ эти принципы могут быть положены в основу совершенствования информационного права как инструмента эффективного развития информационного общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бэкон Ф. О достоинстве и преумножении наук // Сочинения в 2-х томах. – Том 1. – М.: «Мысль», 1997. – 567 с.
2. Баженов Л.Б. Строеие и функции естественно-научной теории. – М.: Наука, 1978. – 231 с.
3. Овчинский Н.Ф. Методологические принципы в истории научной мысли. – М.: Эдиториал УРСС, 1997. – 296 с.
4. Керимов Д.А. Методология права. Предмет, функции, проблемы философии права. – М., 2000. – С. 52.
5. Рузавин Г.И. Научная теория. Логико-методологический анализ. – М.: Мысль, 1978. – 244 с.
6. Мельников Г.П., Преображенский С.Ю. Методология лингвистики: учеб. пособие. – М.: Изд-во УДН, 1989. – 84 с.
7. Зиновьев А.А. Основы логической теории научных знаний. – М.: Наука, 1967. – 261 с.
8. Печенкин А.А. Обоснование научной теории. – М.: Наука, 1991. – 184 с.
9. Соколов А.В. Информация: понятие, категории, амбивалентная природа НТИ. – Серия 1. – 2010. – № 5. – С. 1-13.
10. Соколов А.В. Онтология информации. Философские очерки // НТИ. – Серия 1. – 2010. – № 7. – С. 1-22.
11. Соколов А.В. Сущность информации. Философские очерки // НТИ. – Серия 1. – 2010. – № 8. – С. 1-14.
12. Фисун А.П., Минаев В.А., Саблин В.Н. и др. Теоретические основы информатики и информационная безопасность. – М.: Радио и связь, 2000. – 468 с.
13. Фисун А.П., Белевская Ю.А. Совершенствование информационно-коммуникационных технологий путем развития теории информационного права // Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». Научный журнал ОрелГТУ «Информационные системы и технологии» № 2(64), март-апрель 2011. – Орел: ОрелГТУ, 2011. – С. 117-126.
14. Фисун А.П., Белевская Ю.А. Теоретико-правовое регулирование конституционных прав и свобод человека и гражданина в информационной сфере: монография; под ред. д.т.н. А.П. Фисуна, Ю.А. Белевской. – Орел: Изд. ГОУ ВПО «Орловский государственный университет», 2008. – 231 с.
15. Фисун А.П., Белевская Ю.А., Минаев В.А. и др. Правовое обеспечение информационной безопасности объектов информатизации и регулирование конституционных прав личности в информационной сфере: монография; под ред. д.т.н. А.П. Фисуна, к.ю.н. Ю.А. Белевской. – Орел: ОГУ, ОрелГТУ, 2008. – 428 с.
16. Фисун А.П. Теоретическая информатика – фундаментальный базис формирования информационной культуры современного общества, развития информационной науки и технологий. – Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». Научный журнал ОрелГТУ № 2/270(545), 2008.
17. Фисун А.П., Белевская Ю.А. Информационная теория и информационное право как основной инструментариий обеспечения информационной безопасности и противодействия информационному терроризму. – Научный журнал ОрелГТУ «Информационные системы и технологии» № 5(61), 2010. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – С. 142-144.

Фисун Александр Павлович

Орловская региональная академия государственной службы, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры административного и финансового права
Тел.: 8 910 307 0081
E-mail: fisun@orel.ru

Белевская Юлия Александровна

Орловская региональная академия государственной службы, г. Орел
Кандидат юридических наук, доцент, доцент кафедры конституционного и муниципального права

Тел.: (4862) 40-86-75
E-mail: furiya_ua@mail.ru

A.P. FISUN (*Doctor of Engineering Sciences, Professor of department of the administrative and financial right*)

Ju.A. BELEVSKAYA (*Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor of department of the constitutional and municipal right*)
Orel Regional Academy of Civil Service

PERFECTION OF METHODOLOGY OF INFORMATION TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES AND THE INFORMATION RIGHT – THE FORMATION BASIS AND DEVELOPMENTS OF THE INFORMATION SOCIETY

Perfection of methodology of the information right taking into account known principles is considered. For a basis of development of methodology experience of construction of information telecommunication technologies is taken that in aggregate defines development of an information society.

Keywords: *information society; information telecommunication technologies; the information; information sphere; information security; methodology of the information right.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Be'kon F. O dostoinstve i preumnozhenii nauk // Sochineniya v 2-x tomakh. – Tom 1. – M.: «My'sl'», 1997. – 567 s.
2. Bazhenov L.B. Stroenie i funkcii estestvenno-nauchnij teorii. – M.: Nauka, 1987. – 231 s.
3. Ovchinskij N.F. Metodologicheskie principy' v istorii nauchnoj my'sli. – M.: E'ditorial URSS, 1997. – 296 s.
4. Kerimov D.A. Metodologiya prava. Predmet, funkcii, problemy' filosofii prava. – M., 2000. – S. 52.
5. Ruzavin G.I. Nauchnaya teoriya. Logiko-metodologicheskij analiz. – M.: My'sl', 1978. – 244 s.
6. Mel'nikov G.P., Preobrazhenskij S.Yu. Metodologiya lingvistiki: ucheb. posobie. – M.: Izd-vo UDN, 1989. – 84 s.
7. Zinov'ev A.A. Osnovy' logicheskoy teorii nauchny'x znaniy. – M.: Nauka, 1967. – 261 s.
8. Pechyonkon A.A. Obosnovanie nauchnoj teorii. – M.: Nauka, 1991. – 184 s.
9. Sokolov A.V. Informaciya: ponyatie, kategorii, ambivalentnaya priroda NTI. – Seriya 1. – 2010. – № 5. – S. 1-13.
10. Sokolov A.V. Ontologiya informacii. Filosofskie ocherki // NTI. – Seriya 1. – 2010. – № 7. – S. 1-22.
11. Sokolov A.V. Sushhnost' informacii. Filosofskie ocherki // NTI. – Seriya 1. – 2010. – № 8. – S. 1-14.
12. Fisun A.P., Minaev V.A., Sablin V.N. id r. Teoreticheskoe osnovy' informatiki i informacionnaya bezopasnost'. – M.: Radio i svyaz', 2000. – 468 s.
13. Fisun A.P., Belevskaya Yu.A. Sovershenstvovanie informacionno-kommunikacionny'x texnologij putyom razvitiya teorii informacionnogo prava // Izvestiya OryolGTU. Seriya «Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' texniki i texnologii». Nauchny'j zhurnal OryolGTU «Informacionny'e sistemy' i texnologii» № 2(64), mart-aprel' 2011. – Oryol: OryolGTU, 2011. – S. 117-126.
14. Fisun A.P., Belevskaya Yu.A. Teoretiko-pravovoe regulirovanie konstitucionny'x prav i svobod cheloveka i grazhdanina v informacionnoj sfere: monografiya; pod red. d.t.n. A.P. Fisuna, Yu.A. Belevskoj. – Oryol: Izd. GOU VPO «Orlovskij gosudarstvenny'j universitet», 2008. – 231 s.
15. Fisun A.P., Belevskaya Yu.A., Minaev V.A. id r. Pravovoe obespechenie informacionnoj bezopasnosti ob'ekov informatizacii i regulirovanie konstitucionny'x prav lichnosti v informacionnoj sfere: monografiya; pod red. d.t.n. A.P. Fisuna, k.yu.n. Yu.A/ Belevskoj. – Oryol: OGU, OryolGTU, 2007. – 428 s.
16. Fisun A.P. Teoreticheskaya informatika – fundamental'ny'j bazis formirovaniya informacionnoj kul'tury' sovremennogo obshhestva, razvitiya informacionnoj nauki i texnologij. – Izvestiya OryolGTU. Seriya «Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' texniki i texnologii». Nauchny'j zhurnal OryolGTU № 2/270(545), 2008.
17. Fisun A.P., Belevskaya Yu.A. Informacionnaya teoriya i informacionnoe pravo kak osnovnoj instrumentarij obespecheniya informacionnoj bezopasnosti i protivodejstviya informacionnome terrorizmu. – Nauchny'j zhurnal OryolGTU «Informacionny'e sistemy' i texnologii» № 6(61), 2010. – Oryol: OryolGTU, 2010. – S. 1420144.

ТРЕБОВАНИЯ к оформлению статьи для опубликования в журнале «Информационные системы и технологии»

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах формата А4 и содержит от 4 до 9 страниц; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только одна статья одного автора, включая соавторство.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

• Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу и сверху – 2 см.

• **Обязательные элементы:**

- УДК
- заглавие (на русском и английском языках)
- аннотация (на русском и английском языках)
- ключевые слова (на русском и английском языках)
- список литературы, на которую автор ссылается в тексте статьи.

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

• Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

• **Формулы** следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

• **Рисунки** и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

• В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт).

Сведения об авторах предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.