



ISSN 1681-7710

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ
ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

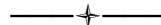
Системи обробки інформації

Наукове
періодичне
видання

Випуск 11 (136)



ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ



ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ
В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ



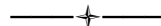
ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ
В СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ



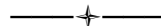
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ



ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ



ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ



МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ,
ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ



ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ



АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАВЧАННЯ

Харків
2015

Збірник наукових праць «Системи обробки інформації» заснований у 1996 році. У збірнику публікуються результати досліджень з розробки нових інформаційних технологій як для рішення традиційних задач збору, обробки та відображення даних, так і для побудови систем обробки інформації у різних проблемних галузях. Збірник призначений для наукових працівників, викладачів, докторантів, ад'юнктів, аспірантів, а також курсантів та студентів старших курсів відповідних спеціальностей.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

- Голова:** СТАСЄВ Юрій Володимирович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків).
- Члени:** БАЙРАМОВ Азад Агахар Огли (д-р фіз.-мат. наук проф., Військова академія, Баку, Азербайджан);
БАРАННИК Володимир Вікторович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
БІЛЬЧУК Віктор Михайлович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
ВАРША Зігмунд Лех (PhD, Polish Metrological Society, Варшава, Польща);
ГОРОБЕЦЬ Микола Миколайович (д-р техн. наук проф., ХНУ, Харків);
ГОРОДНОВ В'ячеслав Петрович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ДРОБАХА Григорій Андрійович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ЄВДОКИМОВ Віктор Федорович (д-р техн. наук проф., член-кор. НАНУ, ІПМЕ НАНУ, Київ);
ЄРМОШИН Михайло Олександрович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ЗАХАРОВ Ігор Петрович (д-р техн. наук проф., ХНУРЕ, Харків);
ІВАНОВ Віктор Кузьмич (д-р фіз.-мат. наук с.н.с., ІРЕ НАНУ, Харків);
КОНОВАЛЕНКО Олександр Олександрович (д-р фіз.-мат. наук проф., академік НАНУ, РІ НАНУ, Харків);
КОНОНОВ Володимир Борисович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук проф., ПНТУ, Полтава);
КУПЧЕНКО Леонід Федорович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
КУЧУК Георгій Анатолійович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
ЛОСЄВ Юрій Іванович (д-р техн. наук проф., ХНУ, Харків);
ПАВЛЕНКО Максим Анатолійович (д-р техн. наук доц., ХУПС, Харків);
ПОРОШИН Сергій Михайлович (д-р техн. наук проф., НТУ «ХПІ», Харків);
РАДЄВ Христо Кирилов (д-р техн. наук проф., Технічний університет, Софія, Болгарія);
РУБАН Ігор Вікторович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
СЕРЕНКОВ Павло Степанович (д-р техн. наук проф., БДУ, Мінськ, Білорусь);
СМЕЛЯКОВ Кирило Сергійович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
СМЕЛЯКОВ Сергій В'ячеславович (д-р фіз.-мат. наук проф., ХУПС, Харків);
СМІРНОВ Євген Борисович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ТИМОЧКО Олександр Іванович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
ХАКІМОВ Ортаголи Шарипович (д-р техн. наук проф., ДУ ЦНЕ, Ташкент, Узбекистан);
ХАРЧЕНКО В'ячеслав Сергійович (д-р техн. наук проф., НАКУ «ХАІ», Харків);
ШМАКОВ Олександр Миколайович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ЯРОШ Сергій Петрович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків).

Відповідальний секретар: КОРОЛЮК Наталія Олександрівна (канд. техн. наук, ХУПС, Харків).

Адреса редакційної колегії: 61023, м. Харків, вул. Сумська, 77/79,
Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.
Телефон редакційної колегії: +38 (057) 704-96-53 (консультації, прийом статей).
E-mail редакційної колегії: info@hups.mil.gov.ua.

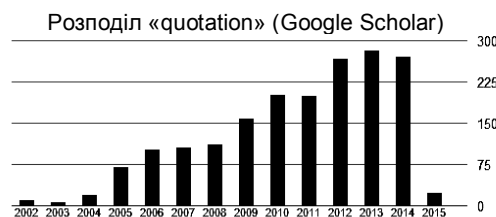
За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

Затверджений до друку Вченою Радою Харківського університету Повітряних Сил
(протокол від 27 жовтня 2015 року № 21).

Занесений до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук»,
(технічні та військові науки; затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 № 1528;
попередні постанови президії ВАК України: від 14.10.2009 р. № 1-05/4; від 9.02.2000 р. № 2-02/2)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9500 від 13.01.2005 р.

Інформаційний сайт збірника: www.hups.mil.gov.ua.
Реферативна інформація зберігається у загальнодержавній реферативній базі даних „Україніка наукова” та публікується у відповідних тематичних серіях УРЖ „Джерело”.
Видання індексується міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних: **Index Copernicus** (Польща, $ICV = 5,39$), **Google Scholar** (наукометричні показники – $quot. = 2021 / h = 12 / i10 = 26$).



З М І С Т

ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

Рубан І.В. Підхід до забезпечення кібернетичної безпеки (engl.)	6
Миронець І.В. Зменшення складності пристроїв криптографічного перетворення інформації на основі введення інформаційної надлишковості	9

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

Бодров С.В., Барабаш О.В., Мусієнко А.П. Методика визначення характеристичних чисел в системах інтелектуального відеоконтролю	12
Божко В.В. Методика визначення електромагнітних параметрів тягового синхронного двигуна, що збуджується від постійних магнітів	16
Гігоян А.К., Чуприна А.С. Дослідження методів побудови 3D моделей для розпізнавання стереозображень	19
Дахно Н.Б. Модифікований градієнтний метод для К-позитивно визначених К-симетричних операторів в системах підтримки прийняття рішень для управління безплотними літальними апаратами	23
Карлов Д.В. Алгоритм оптимального вимірювання дальності маловисотної цілі при її локації над морем	28
Ковтонюк І.Б. Влияние угла атаки на аэродинамические характеристики тонкого профиля с перехватчиком	31
Корытченко К.В., Серпухов А.В., Цебрюк И.В., Бизоньч Д.В., Санчит Аджмани Параметры искрового разряда в системе высокоэнергетического зажигания	34
Котов О.Б., Науменко М.В., Дмитрієв А.Г., Хижняк А.С. Результати аналізу ретроспективи розвитку авіаційних керованих ракет класу "повітря-повітря" малої дальності дії	39
Курцева Л.Б., Єрьоміна Н.С. Динамічні характеристики цифрової двомасової системи управління прокатної кліти за зміною періоду дискретності та з оптимальним DLQR – регулятором ...	45
Любарський Б.Г., Єріцян Б.Х., Якунін Д.І. Математична модель електромеханічної частини комбінованого пневматичного та електромеханічного приводу нахилу кузова транспортного засобу	50
Мигущенко Р.П., Реброва О.М., Опришкіна М.І. Використання кумулятивних статистик для тестової оптимізації коваріаційних перетворень вейвлет-зображень	55
Рзаев Хазаил Нураддин оглы Отечественный опыт развития конструктивных форм морских стационарных платформ	59
Саланда І.П. Аналіз псевдoreгулярних структур розподілених інформаційних систем за показником функціональної стійкості	63
Солонская С.В., Жирнов В.В. Технология обработки сигналов в интеллектуальной системе обнаружения и распознавания воздушных объектов	68
Токарев М.Н. Особенности топографических съемок современными тахеометрами	73

C O N T E N T

INFORMATION SECURITY

Ruban I.V. An approach to cyber security support	6
Mironets I.V. Reduction of the complexity of the cryptographic information transformation device through the introduction of information redundancy	9

INFORMATION PROCESSING IN COMPLEX ENGINEERING SYSTEMS

Bodrov S.V., Barabash O.V., Musienko A.P. Method of definitions characteristic numbers of the intellectual video monitoring	12
Bozhko V.V. Procedure of determining the electromagnetic parameters of the traction synchronous motor with permanent magnet excitation	16
Gigoian A.K., Chupryna A.S. Research of the 3D models building methods for stereo images recognition	19
Dakhno N.D. Modified gradient method for K-positive definiteness of K-symmetric operator in a decision support system for control unmanned aerial vehicles	23
Karlov D.V. Algorithm of optimal measuring of distance of is at location of low-altitude target above sea	28
Kovtonyuk I.B. Influence of angle of attack on the aerodynamic characteristics of a thin profile with interceptor	31
Korytchenko K.V., Serpukhov A.V., Cebryuk I.V., Bizonych D.V., Sanchit Ajmani Parameters of a spark digit are in system of high-energy lighting	34
Kotov O.B., Naumenko M.V., Dmitriev A.G., Khizhnyak A.S. The results of the retrospective analysis of development of aviation control rockets of a class "air-air" of small range	39
Kurtseva L.V., Eremina N.S. Dynamic characteristics of digital dual-mass control systems rolling mill for the period change discrete and optimal DLQR – regulator	45
Liubarskyi B.G., Yeritsyan B.Kh., Yakunin D.I. The mathematical model of the combined electro pneumatic and electromechanical drive tilting of the vehicle body	50
Mygushchenko R.P., Rebrova O.M., Opryshkina M.I. Use cumulative statistics for test optimization covariance wavelet transformation of images	55
Rzaev Khazail Domestic experience in the development of constructive forms of fixed offshore platforms	59
Salanda I.P. Analysis of the pseudoregular structure of distributed information systems as an index of functional stability	63
Solonskaya S.V., Zhyrnov V.V. Signal processing technology in the intelligent system of air objects recognition	68
Tokarev M.N. Topographical surveys features by modern tachymeters	73

<i>Хавина И.П., Лимаренко В.В.</i> Система поддержки принятия решений оптимизации технологических процессов механообработки	76	<i>Havina I.P., Lymarenko V.V.</i> Decision support system optimization machining processes	76
<i>Юр Т.В.</i> Метод визначення частотних характеристик сигналів за допомогою вейвлетів	79	<i>Yur T.V.</i> The method of determining the frequency characteristics of signals using wavelets	79
ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ		INFORMATION PROCESSING IN COMPLEX ORGANIZATIONAL SYSTEMS	
<i>Мазурова О.А., Ерохин М.А., Сподарец А.М.</i> Классификационная модель как основа для создания обучающих систем в рамках технологии групповых исследовательских проектов	87	<i>Mazurova O.A., Yerokhin M.A., Spodarets A.M.</i> Classification model as a foundation of learning in terms of technology of group research projects	87
<i>Осадчий В.В., Еремеев В.С., Конохов С.Л., Печерський П.І., Васильєв В.М.</i> Аналіз програмних засобів для створення інформаційної системи обліку та моніторингу міграції птахів	93	<i>Osadchyi V.V., Eremeev V.S., Konuhov S.L., Pecherskyi P.I., Vasilyev V.M.</i> Analysis software for creation of information system accounting and monitoring of bird migration	93
<i>Павленко М.А.</i> Принципы построения системы оценки рисков в авиационных организациях	97	<i>Pavlenko M.A.</i> Principles of the system of risk assessment in aviation organizations	97
<i>Преснякова Д.В.</i> Модель поверхневого сенсу природної мови із використанням семантичних функцій	101	<i>Presnyakova D.V.</i> Natural language superficial sense model with the use of semantic functions	101
<i>Сакало С.М., Ткачова Т.С.</i> Система хмарного сервісу для управління електронною документацією в університеті	105	<i>Sakalo S.M., Tkachova T.S.</i> Cloud management system for e-documentation in University	105
<i>Шаров С.В., Лубко Д.В., Осадчий В.В.</i> Вибір моделі представлення знань у системі ІСІКС	108	<i>Sharov S.V., Lubko D.V., Osadchyi V.V.</i> Select model presentation of knowledge in ISICS	108
<i>Шевченко І.І.</i> Впровадження результатів досліджень матеріалів міжнародних стандартів для відповідності науково-технічної продукції страхового фонду документації вимогам європейської системи технічного регулювання	112	<i>Shevchenko I.I.</i> Implementation of the results of research materials to meet international standards scientific and technical production insurance fund documentation requirements of the European system technical regulations	112
<i>Ярута В.О., Бондаренко В.М., Білова Т.Г., Побіженко І.О.</i> Оцінювання системи управління якістю продуктів функціонального призначення пробіотичного типу	116	<i>Yaruta V.O., Bondarenko V.M., Bilova T.G., Pobizhenko I.O.</i> An evaluation of quality management system of probiotic type functional food	116
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ		MATHEMATICAL MODELS AND METHODS	
<i>Дубницький В.Ю., Ходырев А.И.</i> Приложения дифференциального исчисления к геометрии элементарных катастроф. Каспидные катастрофы	119	<i>Dubnitskiy V.Yu., Khodyrev A.I.</i> Applications of differential calculus to geometry of elementary catastrophes. Caspoid catastrophes	119
ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ		INFOCOMMUNICATION SYSTEMS	
<i>Гавриленко С.Ю., Прохорова Т.М., Давидов В.В.</i> Дослідження методів побудови синтаксичних аналізаторів	125	<i>Gavrilenko S.Yu., Prokhorova T.M., Davydov V.V.</i> Research the methods of the construction parsers	125
<i>Дятлов Е.И.</i> Балансировка нагрузки в распределенных вычислительных системах	128	<i>Dyatlov E.I.</i> Load balancing in distributed computing systems	128
<i>Морозова А.Г., Белова Л.П., Погребняк В.А.</i> Спецификация ограниченной целостности для NoSQL баз данных	135	<i>Morozova A.G., Belova L.P., Pogrebniak V.O.</i> Consistency specification for NoSQL databases	135
<i>Поночовний Ю.Л., Боярчук А.В., Харченко В.С.</i> Многофрагментные марковские модели отказоустойчивых web-сервисов с устранением проектных дефектов	140	<i>Ponochovniy Y.L., Boyarchuk A.V., Kharchenko V.S.</i> Multifragmental Markov models of fault-tolerant web-services with the removal design faults	140
<i>Сакало Є.С., Литовченко А.О.</i> Навчальний додаток для e-university на базі хмарного сервісу	146	<i>Sakalo E.S., Lytovchenko A.A.</i> An educational application for e-university based on the cloud service	146
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ		INFORMATION TECHNOLOGIES IN MEDICINE	
<i>Высоцкая Е.В., Печерская А.И., Порван А.П., Николенько М.С., Поимонова А.А.</i> База данных информационной системы дифференциальной диагностики дерматологических заболеваний	149	<i>Vysotskaya E.V., Pecherskaya A.I., Porvan A.P., Nikolenko M.S., Poimenova A.A.</i> Database for information system of dermatological diseases differential	149

<i>Ерохин А.Л., Бабаев И.А.</i> Интеллектуальная система обеспечения комфортного сна человека (engl.)	153	<i>Yerokhin A.L., Babaiev I.A.</i> Intelligent system to provide a comfortable human sleep	153
<i>Ерохин А.Л., Нечипоренко А.С., Чмовж В.В., Гарюк О.Г., Линник Е.В.</i> Оценивание результатов расчета коэффициента гидродинамического сопротивления носовой полости	157	<i>Yerokhin A.L., Nechyporenko A.S., Chmovzh V.V., Garyuk O.G., Linnik O.V.</i> Assessment of calculation results of hydrodynamic resistance coefficient of a nasal cavity	157
<i>Перова И.Г., Бодянский Е.В.</i> Нечеткая классификация данных медико-биологических исследований в условиях дефицита информации	161	<i>Perova I.G., Bodyanskiy Ye.V.</i> Fuzzy classification of data for biomedical research in the scarce information	161
<i>Силин А.О.</i> Особенности пространственного распределения электромагнитных полей медицинских СВЧ-аппликаторов	163	<i>Silin A.O.</i> features of spatial distribution of electromagnetic fields of medical microwave applicators	163
<i>Статкус А.В., Сафонов А.С., Сергиенко А.С.</i> Моделирование и анализ динамики давления пульсирующего кровотока в стенозном сосуде	167	<i>Statkus A.V., Safonov A.S., Sergienko A.S.</i> Modeling and analysis of pulsatile blood flow pressure dynamics for stenosed vessel	167
МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ, ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ		MODELING IN ECONOMICS, INDUSTRIAL ENGINEERING AND PROJECT MANAGEMENT	
<i>Барабаш О.В., Шевченко Г.В.</i> Математична модель таргетингового розміщення реклами при неперервному рекламуванні	175	<i>Barabash O.V., Shevchenko G.V.</i> Mathematical model of targeting advertisement allocation under continuous advertising	175
<i>Віткін Л.М., Лапач С.М., Ролько О.Р.</i> Система оцінювання безпечності харчових продуктів з використанням віртуальної міри безпечності	181	<i>Vitkin L.M., Lapach S.N., Rolko O.R.</i> System of the food safety evaluation with using of virtual safety measure	181
<i>Федорович О.Е., Прончаків Ю.Л.</i> Повышение конкурентоспособности развивающегося предприятия на основе логистических требований	189	<i>Fedorovich O.Ye., Pronchakov Y.L.</i> Improving of growing enterprise competitiveness on the basis of logistic requirements	189
ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ		EMERGENCY PREVENTION AND LIQUIDATION	
<i>Дармофал Е.А., Адаменко М.І., Левченко Л.О.</i> Підвищення електромагнітної безпеки працюючих шляхом створення бази реорганізації заземлення систем електроживлення	192	<i>Darmofal E.A., Adamenko M.I., Levchenko L.O.</i> Increased electromagnetic safety of workers by creating a database reorganization ground power supply systems	192
<i>Єрмакович І.А., Самойленко Н.М., Смірнова С.О.</i> Зниження антропогенного впливу на водні об'єкти за рахунок проведення електрохімічної деструкції фармацевтичних речовин в стічних водах	196	<i>Ermakovich I.A., Samoilenko N.M., Smirnova S.O.</i> Reduction of anthropogenic impact on water bodies by the performing electrochemical destruction of pharmaceutical substances in wastewaters	196
<i>Кропотов П.П., Бегун В.В., Гречанинов В.Ф.</i> Створення сучасної системи моніторингу безпеки – актуальна державна та наукова задача	199	<i>Kropotov P.P., Begyun V.V., Grechaninov V.F.</i> Development of modern system for security monitoring is urgent state task	199
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАВЧАННЯ		TOPICAL TRAINING ISSUES	
<i>Бакуменко Н.С.</i> Оценка эффективности обучения студентов в высших учебных заведениях на основе метода регрессионного анализа	207	<i>Bakumenko N.S.</i> Assesment of students education efficiency in higher schools based regression analysis	207
<i>Дуденко С.В., Калачова В.В., Алексеев С.В., Колмиков М.М.</i> Структуризация видов тестування та аналіз їх особливостей при розробці комплексу програм автоматизованої системи конструювання розкладу занять	211	<i>Dudenko S.V., Kalachova V.V., Aleksyeyev S.V., Kolmykov M.M.</i> Structuring of testing types and their features analysis for development of the employments curriculum constructing of automated system programs complex	211
<i>Мироненко Д.С.</i> Автоматизированная система тестирования знаний студентов с многоуровневой архитектурой	215	<i>Mironenko D.S.</i> Automated system for testing knowledge of students with multitier architecture	215
<i>Чернишова Т.О.</i> Доцільність упровадження курсу риторики в підготовку майбутніх офіцерів	221	<i>Chernyshova T.O.</i> The expediency of introduction of rhetoric in the preparation of future officers	221
<i>Ярмолюк А.Т.</i> Проектування оптимальних адаптивних освітньо- виробничих траєкторій в освітньому середовищі	224	<i>Yarmoliuk A.T.</i> Designing optimal adaptive educational production trajectories in the educational environment	224
Наші автори	229	Authors	229
Алфавітний покажчик	232	Alphabetical index	232

Захист інформації

UDC 681.324

I.V. Ruban

Kharkiv National University of Radioelectronics, Kharkiv

AN APPROACH TO CYBER SECURITY SUPPORT

The article deals with the basic concepts of cyber security and cyber system and gives the basic classification of cyber system vulnerabilities. The mechanism of cyber attack is analyzed and the system model of cyber security is suggested in the article as well.

Keywords: *cyber system, cyber security, vulnerability, threat detecting, threat blocking.*

Introduction

The development of information technology has become the basis for a new area that is called “cyber security”. At present, in scientific literature the term “information security” is used, but it is interpreted differently in various sources, for example as a state, process, activity, ability, guarantee system, etc., but the conception of information remains the object of security anyway.

To understand the phenomenon of cyber security it is reasonable to consider the main concepts of cybernetics and a cyber system.

The term *cybernetics* is derived from the Greek word *Κυβερνητική* that means “the art of control” [1]. In terms of [2, 3] cybernetics was developed as the science about general laws of control processes and information transfer in machines, living organisms and society and is an interdisciplinary science that covers a great number of areas such as system theory, information theory, decision making, pattern recognition, system analysis, optimal control methods. Due to its interdisciplinary content, cybernetics considers all controlled systems as the objects of control, and automated systems take the main place among them. This fact defines the task of control as the most important one for researching and developing.

The article is intended to consider the fundamental concepts of cyber security and the approach to its evaluation.

1. Cyber system

Generally, a control process comprises the following stages:

- 1) data collecting and processing (systematization, analysis, etc.);
- 2) compiling the set of goals, selecting and implementing specific method of control;
- 3) checking and assessing the efficiency of control.

The realization of these three stages enables converting the controlled system from one state to another by means of control action to achieve the stated goal effectively in the process of system operation.

Up-to-date means of information security are aimed at ensuring privacy, integrity and availability of data. If, in general terms, the threat to information security is interpreted as a possible hazard to information resources that harms an owner or user, then for cyber systems the main task of security is to ensure the continuity and accuracy of control and operation process.

Grounding on the facts mentioned above, it is possible to state that cyber security as a separate science is aimed at researching problems of opposing unauthorized impact upon the process of system operation and control.

Such systems can be subdivided into three main groups – engineering, social and social and engineering. This subdivision in the terms of cyber security is conditional, and all controlled systems can be considered as social and engineering or cyber systems. It is true not only due to a human being who participates in the process of control, but also because a cyber attack is the realization of a threat by means of the system subject with the use of vulnerability of computer subsystem for updating control actions to violate the operation process.

Cyber security considers automated systems of engineering process control as the most important as these systems include systems of power generation control and transportation control. The attacks aimed at these systems can cause serious consequences up to anthropogenic disaster. The use of *Stuxnet* computer virus can be referred to as an example. This first known worm was developed to attack automated control systems of engineering process control; it intercepted and modified the control flow among *Simatic S7* programmable logic controllers and *Simatic-WinCC* work stations of *Siemens* SCADA-system [4].

2. Cyber attack mechanism

The mechanism of this virus action consists of the following stages:

- 1) infecting system through USB-flash-memory;
- 2) searching goal software and equipment produced by Siemens;
- 3) taking control;
- 4) disabling equipment.

The virus uniqueness lies in the fact that it was the first one that physically affected engineering control process and destroyed the infrastructure (Fig. 1).

Thus, the worm can be used as a subversive tool to destroy equipment in cyber system.

3. Cyber system vulnerability

To understand the tasks of cyber security support integrally, it is reasonable to consider general vulnerabilities of a cyber system (Fig. 2).

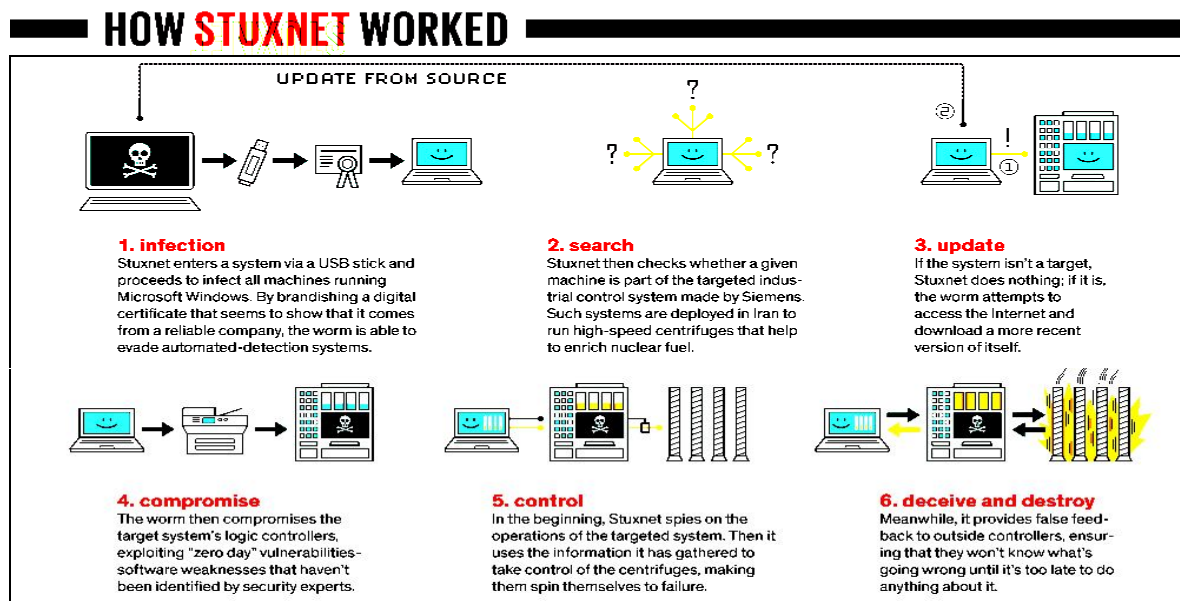


Fig 1. Stuxnet action mechanism [5]

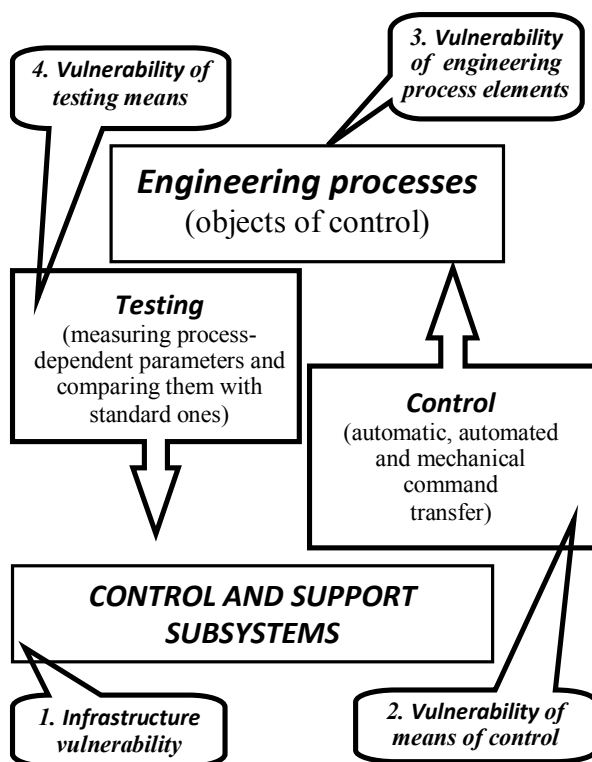


Fig. 2. Vulnerability of cyber system

Infrastructure vulnerability is caused due to the strong environmental impact (for example remote operation, availability of the Internet) or because of deep mutual integration of subsystems (the use of cross-platform developments) as well as due to the high level of confidence among the subsystems of the infrastructure.

Vulnerability of means of control, elements of engineering process and testing means are determined by the openness of technologies of cyber system firmware (means of programmed logic control, execution units, and protocols of engineering networks).

This conception does not enable structuring vulnerabilities and threats, and it is not possible to develop the general classification of vulnerabilities on the basis of heterogeneous, multitasking and structurally complex cyber systems.

4. The model of cyber security level control

One of the tools for developing the model of cyber security for complex system is the decomposition of complex systems on the basis of “process approach” [6]. This approach enables describing all main processes, excluding duplicating functions, unifying technology and developing the levels of cyber system monitoring, which include:

- the level of environmental interaction;
- the level of processes (the interaction of subsystems);
- the level of subsystem;
- the level of object.

As a result of such decomposition the model of cyber security level control is suggested (Fig. 3).

On the basis of this model the tasks of cyber security support on each level are determined.

Cyber security support of the environmental interaction level consist in detecting and blocking threats

directed to the change of input and output parameters and interfaces of interaction with the environment. Therefore, the state of cyber security on the environmental interaction level is determined by the ability to check and find the violations in data communications, remote access authorization, and input and output parameters of the system.

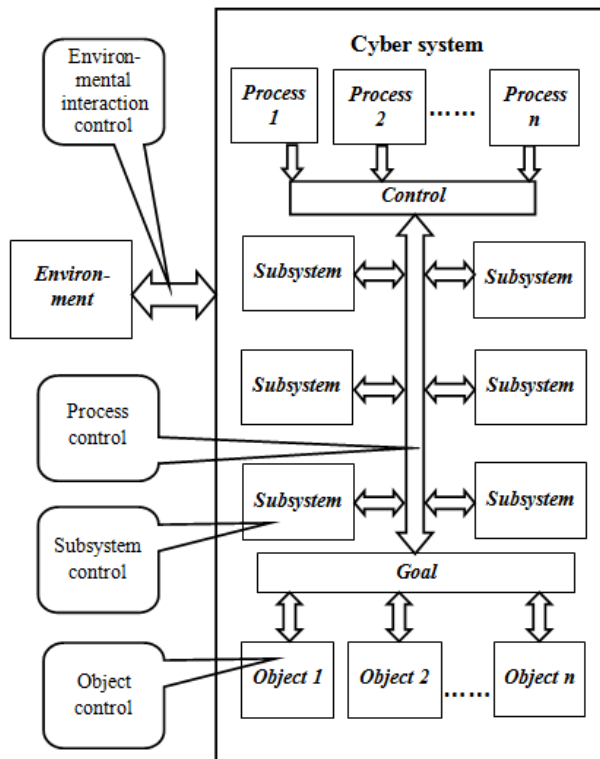


Fig. 3. The model of cyber security level control

Cyber security support on the engineering processes level consists in detecting and blocking threats directed to the change of time and engineering parameters of the operating process. Therefore, the state of cyber security is determined by the ability to control the set of operating features and the character of interrelations among the processes and subsystems at the moment, and to detect and block the anomaly as early as possible.

Cyber security support on the subsystem level consists in detecting and blocking threats directed to the change of time and engineering parameters of the process of subsystem operation. Therefore, the state of cyber

security on the subsystem level is determined by the ability to control the set of operating features, subsystem parameters, and to detect and block the anomaly as early as possible.

Cyber security support on the object level consists in detecting and blocking threats directed to the change of the state of a controlled object. Therefore, the state of cyber security on the object level is determined by the ability to control the set of controlled object states.

Developing the system of factors, criteria and methods based on the generalization enables creating the systems of cyber security which can oppose attacks within the whole control cycle.

Conclusion

In the terms of suggested decomposition, the general task of cyber security support consists in minimizing the possibilities of arising anomaly which disturbs the processes of operation and control on the basis of constant monitoring the states of four levels (environmental interaction, subsystem interaction, subsystem operation, and object operation) to find vulnerabilities and block threats.

List of references

1. Словарь по кибернетике / Под ред. В.С. Михалевича. – К.: УСЭ, 1989. – 751 с.
2. Энциклопедия кибернетики / Под ред. В.М. Глушкова. – К., 1974. – Т. 1. – 440 с.
3. Wiener N.. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* / N. Wiener. – Paris, The Technology Press, Cambridge, Mass, 1948).
4. Rootkit.win32.stuxnet.a [Electr. resource]. – Accessed to: <https://w.securelist.com/ru/descriptions/rootkit.win32.stuxnet.a>
5. The Real Story of Stuxnet [Electr. resource]. – Accessed to: <http://spectrum.ieee.org/telecom/security/the-real-story-of-stuxnet>.
6. Информационные технологии организационного управления сложными социотехническими системами / О.Е. Федорович, Н.В. Нечипорук, Е.А. Дружинин, А.В. Прохоров. – Х.: НАУ "ХАИ", 2004. – 295 с.

Надійшла до редколегії 19.05.2015

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. С.В. Смеляков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КІБЕРНЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ

І.В. Рубан

Розглянуто базові поняття кибернетичної безпеки, кибернетичної системи. Наведено базова класифікація вразливостей кибернетичної системи, проаналізовано механізм кибернетичної атаки і запропонована системна модель кибернетичної безпеки.

Ключові слова: кибернетична система, кибернетична безпека, вразливість, виявлення загроз, блокування загроз.

ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

И.В. Рубан

Рассмотрены базовые понятия кибернетической безопасности, кибернетической системы. Приведена базовая классификация уязвимостей кибернетической системы, проанализирован механизм кибернетической атаки и предложена системная модель кибернетической безопасности.

Ключевые слова: кибернетическая система, кибернетическая безопасность, уязвимость, выявление угроз, блокирование угроз.

ЗМЕНШЕННЯ СКЛАДНОСТІ ПРИСТРОЇВ КРИПТОГРАФІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ВВЕДЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ НАДЛИШКОВОСТІ

Дана стаття присвячена оцінці впливу введення надлишковості на складність пристроїв криптографічного перетворення інформації. Введена надлишковість забезпечує зменшення складності пристроїв криптографічного перетворення інформації, а також високий рівень виявлення помилок. Також в статті проведено оцінку впливу введення надлишковості на складність операцій криптографічного перетворення на основі елементарних логічних функцій. Дослідження було проведено при обмеженні дискретним представленням трьоххазрядних елементарних функцій та операцій криптографічного перетворення.

Ключові слова: криптографічне перетворення, інформаційна надлишковість, виявлення помилок.

Вступ

Постановка проблеми. Серед усього спектру методів захисту даних від несанкціонованого доступу особливе місце займають криптографічні методи. На відміну від інших методів, вони спираються лише на властивості самої інформації і не використовують властивості її матеріальних носіїв, особливої вузлів її обробки, передачі та зберігання.

Широке застосування комп'ютерних технологій та постійне збільшення обсягу інформаційних потоків викликає постійне зростання інтересу до криптографії. Останнім часом збільшується роль програмних засобів захисту інформації, просто модернізованих не потребують великих фінансових витрат в порівнянні з апаратними криптосистемами. Сучасні методи шифрування гарантують практично абсолютний захист даних, але завжди залишається проблема надійності їх реалізації. Свідченням ненадійності може бути інформація про помилки або «дірки» в тій чи іншій програмі (криптоалгоритмі), або про те, що вона була зламана. Це створює недовіру, як до конкретних програм, так і до можливості взагалі захистити що-небудь криптографічними методами не тільки від спецслужб, але і від простих «хакерів». Тому знання атак і «дірок» у криптосистемах, а також розуміння причин, за якими вони мали місце, є одним з необхідних умов розробки захищених систем і їх використання.

В даний час особливо актуальною стала оцінка вже використовуваних криптоалгоритмів. Завдання визначення ефективності та складності засобів захисту найчастіше більш трудомістка, ніж їх розробка, вимагає наявності спеціальних знань і, як правило, більш високої кваліфікації, ніж завдання розробки. Ці обставини призводять до того, що на ринку з'являється безліч засобів криптографічного захисту інформації, про ефективність та складність яких не можна сказати нічого певного. При цьому розробники тримають криптоалгоритм (як показує практи-

ка, часто нестійкий) в секреті. Проте завдання спрощення складності криптоалгоритму не може бути гарантовано складним хоча б тому, що він відомий розробникам [1]. Збільшення складності та важливості виконуваних завдань привело до вдосконалення основних показників цифрових пристроїв обчислювальної техніки, продуктивності, надійності, стійкості до збоїв і т.п. У процесі зберігання даних і передачі інформації в комп'ютерних системах та мережах неминує виникають помилки. Контроль цілісності даних і виправлення помилок - важливе завдання на багатьох рівнях роботи з інформацією.

Розвиток засобів обчислювальної техніки супроводжується зростанням продуктивності обчислювальних пристроїв, спрощенням їх конструкції і розширенням області застосування. Це обумовлює постійний інтерес до проблеми підвищення надійності роботи цифрових пристроїв. Рішення даного завдання припускає введення надлишковості, а серед різноманіття форм введення надлишковості все більшу увагу набувають методи завадостійкого кодування, що дозволяє контролювати помилки при передачі, зберіганні та обробці інформації [2].

Аналіз публікацій і досліджень. Збільшення складності вирішуваних задач і об'ємів інформації, що переробляється, особливо в реальному часі, поставило перед розробниками спеціалізованих обчислювальних систем і систем управління ряд нових задач.

Задача спрощення складності обчислювальних систем є однією із важливих та першочергових. Це пояснюється сферою використання спеціалізованих обчислювальних систем. Такі області, як ядерна енергетика, ракетні космічні системи, системи управління хімічним виробництвом, озброєння і військова техніка можуть мати катастрофічні наслідки при збоях і відмовах в досить складних системах управління. Крім того, розширюються області використання ЕОМ, в яких технічне обслуговування майже неможливе або зовсім виключене, і тому забезпечення гара-

нтованого правильного та спрощеного їх функціонування є головною і обов'язковою вимогою.

Одним з ефективних і перспективних шляхів досягнення спрощеного функціонування обчислювальних систем є їх побудова на базі використання вбудованих засобів контролю і діагностики. Дана задача найбільш ефективно розв'язується на рівні форм представлення інформації шляхом введення надлишковості. Інформаційна надлишковість, що вводиться, використовується, перш за все для зменшення складності пристроїв криптографічного перетворення і досягається за допомогою різних підходів [3].

Метою даної роботи є зменшення складності пристроїв криптографічного перетворення інформації на основі введення інформаційної надлишковості.

Виклад основного матеріалу

Інформаційна надлишковість в пристроях обробки інформації має як позитивні, так і негативні сторони. До негативних наслідків введення надлишковості відносять підвищення інтенсивності потоку і збільшення вірогідності виникнення помилок.

У зв'язку з цим найважливішим є створення спеціалізованих обчислювальних систем і систем управління, достовірність функціонування і надійність яких базується на активній надлишковості [4, 5]. Введена надлишковість повинна забезпечити зменшення складності пристроїв криптографічного перетворення інформації, а також високий рівень виявлення та виправлення помилок. При вирішенні поставленого завдання обмежимося використанням трьохрозрядних логічних функцій криптографічного перетворення. Оцінимо вплив введення надлишковості на складність елементарних логічних функцій на основі розгляду наступних прикладів.

Код функції		Опис функції
00111001	57	$f_{57} = \bar{x}_1 x_2 \vee x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3$

Якщо в повній множині трьохрозрядних комбінацій вхідних сигналів розглянути комбінації 010, 011 та 100 як помилкові, тобто надлишковими, то дана логічна функція матиме спрощений вигляд:

$$f_{57}^* = x_1 x_2 x_3. \quad (1)$$

Модель функції f_{57}^* отримано шляхом мінімізації табличного представлення елементарної функції. Модель функції контролю помилок буде мати вигляд:

$$f_{57k}^* = \bar{x}_1 x_2 \vee x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3. \quad (1^*)$$

Аналогічно одержимо:

Код функції		Опис функції
01000111	71	$f_{71} = x_1 x_2 \vee \bar{x}_2 x_3$

Якщо в повній множині трьохрозрядних комбінацій вхідних сигналів розглянути комбінації 101, 110 та 111 як надлишкові, то дана логічна функція матиме вигляд:

$$f_{71}^* = \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3. \quad (2)$$

Модель функції f_{71}^* отримано шляхом мінімізації табличного представлення елементарної функції. Модель функції контролю помилок буде мати вигляд:

$$f_{71k}^* = x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \quad (2^*)$$

Код функції		Опис функції
10001110	142	$f_{142} = x_1 \bar{x}_2 \vee x_1 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3$

Якщо в повній множині трьохрозрядних комбінацій вхідних сигналів розглянути комбінації 100, 101 та 110 як надлишкові, то дана логічна функція матиме вигляд:

$$f_{142}^* = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3. \quad (3)$$

Модель функції f_{142}^* отримано шляхом мінімізації табличного представлення елементарної функції. Модель функції контролю помилок буде мати вигляд:

$$f_{142k}^* = x_1 \bar{x}_2 \vee x_1 \bar{x}_3. \quad (3^*)$$

Код функції		Опис функції
00100111	39	$f_{39} = x_1 x_3 \vee x_2 \bar{x}_3$

Якщо в повній множині трьохрозрядних комбінацій вхідних сигналів розглянути комбінації 101, 110 та 111 як надлишкові, то дана логічна функція матиме вигляд:

$$f_{39}^* = \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3. \quad (4)$$

Модель функції f_{39}^* отримано шляхом мінімізації табличного представлення елементарної функції. Модель функції контролю помилок буде мати вигляд:

$$f_{39k}^* = x_1 x_2 \vee x_1 x_3. \quad (4^*)$$

Код функції		Опис функції
11101000	232	$f_{232} = \bar{x}_1 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \bar{x}_3$

Якщо в повній множині трьохрозрядних комбінацій вхідних сигналів розглянути комбінації 000, 001 та 010 як надлишкові, то дана логічна функція матиме вигляд:

$$f_{232}^* = x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3. \quad (5)$$

Модель функції f_{232}^* отримано шляхом мінімізації табличного представлення елементарної функції. Модель функції контролю помилок буде мати вигляд:

$$f_{232k}^* = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_3. \quad (5^*)$$

Розглянуті трьохрозрядні логічні функції називаються функціями розширеного матричного перетворення, тому що вони накладають додаткову умову на матричне перетворення операцій криптографічного перетворення [6]. За результатами обчислювального експерименту в роботі [6] на основі прямих трьохрозрядні елементарних функцій розширеного матричного перетворення були отримані операції криптографічного перетворення інформації. Проведемо оцінку впливу введення надлишковості на складність операцій криптографічного перетворення на основі елементарних логічних функцій. При проведенні дослідження обмежимося дискретним представленням трьохрозрядних елементарних функцій та

операцій криптографічного перетворення. Нехай операція криптографічного перетворення задана у вигляді:

$$F_{101,75,57}^k = \begin{bmatrix} x_1 x_3 \vee \bar{x}_2 x_3 \vee \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \\ x_1 \bar{x}_3 \vee x_1 x_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \\ \bar{x}_1 x_2 \vee x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Тоді при розгляді трьохрозрядних комбінацій вхідних сигналів 010, 011 та 100 як надлишкових, одержимо таку модель операції криптографічного перетворення:

$$F_{101,75,57}^{k*} = \begin{bmatrix} x_3 \\ x_2 \vee \bar{x}_1 x_3 \\ x_2 x_3 \end{bmatrix}, \quad (6^*)$$

а якщо операція криптографічного перетворення:

$$F_{120,86,99}^k = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 x_2 \vee \bar{x}_1 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \\ \bar{x}_1 x_3 \vee \bar{x}_2 x_3 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 \\ x_1 x_2 \vee x_2 \bar{x}_3 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

то при розгляді трьохрозрядних комбінацій вхідних сигналів 001, 010 та 011 як надлишкових, одержимо таку модель операції криптографічного:

$$F_{120,86,99}^{k*} = \begin{bmatrix} \bar{x}_3 \\ x_2 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \\ x_2 \end{bmatrix}. \quad (7^*)$$

Аналогічно, для операції у вигляді:

$$F_{89,30,108}^k = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 x_3 \vee x_2 x_3 \vee x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \\ x_1 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 x_3 \\ x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_2 x_3 \vee \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

при розгляді трьохрозрядних комбінацій вхідних сигналів 011, 100 та 101 як надлишкових, одержимо таку модель операції криптографічного перетворення:

$$F_{89,30,108}^{k*} = \begin{bmatrix} x_3 \\ x_1 x_2 \bar{x}_3 \\ \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \vee \bar{x}_1 x_2 \end{bmatrix}. \quad (8^*)$$

Отже, вплив введення надлишковості забезпечує зменшення складності пристроїв криптографічного перетворення інформації.

Висновки

За результатами дослідження було проведено оцінювання впливу введення надлишковості на складність пристроїв криптографічного перетворення інформації. Наведені дискретні моделі елементарних функцій та операцій криптографічного перетворення показують, що введення інформаційної надлишковості до 40% приводить до зменшення складності моделей до 50%. Крім того, введена надлишковість забезпечує виявлення та виправлення до 40% помилок. А сумарна складність моделей пристроїв та моделей виявлення помилок не перевищує складність безнадлишкового перетворення інформації.

Список літератури

1. *Защита информации в системах и средствах информатизации и связи. Учебн. пос. / В.М. Баранов и др. – СПб., 1996. – 111 с.*
2. *Дадаев Ю.Г. Теория арифметических кодов / Ю.Г. Дадаев. - М.: Радио и связь, 1981. – 244 с.*
3. *Рудницкий В.Н. Исследование методов синтеза структурных кодов / В.Н. Рудницкий, Н.Н. Пантелеева // Электроника и связь. – 2003. – № 18. – С. 62-64.*
4. *Рудницкий В.Н. Обобщенные результаты исследования структурных кодов с ограниченной серией символов / В.Н. Рудницкий, Н.Н. Пантелеева, О.В. Нечипоренко // Вісник КДПУ. – Кременчуг: КДПУ, 2003. – № 2 (19). – С. 38-40.*
5. *Рудницкий В.Н. Анализ форм представления информации / В.Н. Рудницкий, О.В. Нечипоренко // Электроника и связь. – К.: КПИ, 2003. – № 19. – С. 150-152.*
6. *Криптографическое кодирование: методы и средства реализации (ч. 2): моногр. / В.Н. Рудницкий и др. – Х.: ООО «Щедрая усадьба плюс», 2014. – 224 с.*

Надійшла до редколегії 1.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

УПРОЩЕНИЕ УСТРОЙСТВА КРИПТОГРАФИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ВВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ

І.В. Миронец

Данная статья посвящена оценке влияния введения избыточности на сложность устройства криптографического преобразования информации. Введенная избыточность обеспечивает уменьшение сложности устройства криптографического преобразования информации, а также высокий уровень обнаружения ошибок. Также в статье проведена оценка влияния введения избыточности на сложность операций криптографического преобразования на основе элементарных логических функций. Исследование было проведено при ограничении дискретным представлением трехразрядных элементарных функций и операций криптографического преобразования.

Ключевые слова: криптографическое преобразование, информационная избыточность, обнаружение ошибок.

REDUCTION OF THE COMPLEXITY OF THE CRYPTOGRAPHIC INFORMATION TRANSFORMATION DEVICE THROUGH THE INTRODUCTION OF INFORMATION REDUNDANCY

I.V. Mironets

This article is devoted to assessing the impact of the introduction of redundancy on the complexity of the cryptographic information transformation devices. Introduction of redundancy provides a reduction in the complexity of the cryptographic information transformation devices, as well as a high level of error detection. The article also assessed the impact of the introduction of redundancy on the complexity of the operations of cryptographic transformations through the elementary logic functions. The study was conducted by limiting the discrete representation of three-digit basic functions and operations of the cryptographic transformation.

Keywords: cryptographic transformation, information redundancy, error detection.

Обробка інформації в складних технічних системах

УДК 519.816

С.В. Бодров, О.В. Барабаш, А.П. Мусієнко

Державний університет телекомунікацій, Київ

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ЧИСЕЛ В СИСТЕМАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ВІДЕОКОНТРОЛЮ

Запропонована методика визначення характеристикних чисел для системи інтелектуального відеоконтролю, яка розташована на прикордонних пунктах пропуску. Дана методика полегшує оцінку достатності структури системи інтелектуального відеоконтролю. Крім того показано, що запропонована ознака достатності діагностичної інформації при її подальшому дешифруванні дозволяє обмежити накопичення результатів перевірок в системі.

Ключові слова: система інтелектуального відеоконтролю, характеристикні числа, дешифрування, діагностична інформація.

Вступ

На сьогоднішній день майже всі галузі людської життєдіяльності вимагають організацію відеоконтролю. Системи інтелектуального відеоконтролю можуть застосовуватись для запобігання загрози надзвичайних ситуацій та аварій, забезпечення безперервного функціонування підприємства, запобігання порушень роботи технічних засобів. Зокрема, актуальним є застосування систем інтелектуального відеоконтролю на прикордонних автомобільних пунктах пропуску.

Усі відкриття науково-технічного прогресу, пов'язані із контролем, моніторингом та спостереженням, були вперше розроблені й впроваджені для потреб військових, а потім використовувалися в нашому повсякденному житті, зокрема, і в інтересах здійснення відеоконтролю на прикордонних пунктах пропуску. Подібний захист здійснюється різними системами відеоконтролю, які відрізняються технологіями й складом обладнання та які відіграють найбільш істотну роль у структурі систем охорони, так як виводять систему охорони об'єкта на якісно вищий рівень. Найбільша цінність систем відеоконтролю полягає в тому, що вони дозволяють отримати візуальну картину стану об'єкту, що охороняється. Це забезпечує високу інформативність, яку не можуть дати інші технічні засоби охорони.

Постановка завдання в загальному вигляді. Всі прикордонні пункти пропуску на сьогоднішній день обладнані системами відеоконтролю. На деяких пунктах впроваджуються елементи інтелектуалізації систем відеоконтролю. Це дозволяє використовувати сукупність відеокамер і надавати операто-

ру узгоджене зображення з різних камер. В той же час актуальним є контроль технічного стану і вчасне відновлення працездатності окремих елементів системи відеоконтролю. Для високої достовірності діагнозу доцільно використовувати тестове діагностування модулів та ліній зв'язку системи відеоконтролю. В основу такого діагностування покладено такі процедури: накопичення діагностичної інформації; аналіз та дешифрування; видача діагнозу оператору чи особі, що приймає рішення.

Важливим питанням, що не досліджується в сучасних роботах, є визначення достатності діагностичної інформації для забезпечення заданого рівня достовірності технічного стану системи.

В статті запропоновано визначення ознак достатності діагностичної інформації через характеристикні числа структури системи інтелектуального відеоконтролю.

Аналіз основних публікацій. Проблеми достатності діагностичної інформації досліджувались у роботах багатьох авторів, основними з яких є монографії П.П. Пархоменка, В.А. Гуляєва, О.Г. Додонова, Ю.М. Коростиля, В.С. Харченка та інших вчених. Більшість підходів діагностування, базуються на дослідженнях визначених станів системи, що характеризуються відповідними ознаками. Разом з тим, класичні підходи для сучасних комп'ютеризованих систем управління, що засновані на використанні методів штучного інтелекту, часто не відповідають вимогам щодо адекватності та надійності оцінок достовірності діагностування таких систем.

Проблема забезпечення достовірності діагностування функціонування складних інтелектуальних систем досліджувалась в роботах О.А. Машкова [1],

В.А. Машкова [2], В.А. Гуляєва [3]. Ключові положення теорії тестового діагностування потім були розвинені в роботах О.В. Барабаша [4], Ю.В. Кравченка [5], В.А. Савченка [6] та інших. Разом з тим, очевидною є залежність моделей і методів теорії тестового діагностування від предметної області їх застосування.

Метою даної статті є побудова алгоритму визначення характеристичних чисел структури для системи інтелектуального відеоконтролю, яка розташована на прикордонних пунктах пропуску.

Основна частина

В роботі в ролі об'єкта дослідження обрано систему обміну даних мережі відеоконтролю прикордонного пункту пропуску, що відноситься до класу складних організаційних систем. Система обміну даних побудована на основі технології корпоративних обчислювальних мереж, у яких апаратні і програмні ресурси розподілені на території всієї держави. Вона складається з вузлів комутації і каналів (ліній) зв'язку між ними [7].

Означення. Мінімально-достатньою структурою $(МДС)_\beta$ є така структура діагностичних зв'язків, в якій підмножина, що складається з β вершин, безпосередньо пов'язана зі іншими рештою $N = \beta$ вершинами діагностичного графа [8,9].

Визначення характеристичних чисел C_k для структури діагностичних зв'язків виконується кожним модулем системи інтелектуального відеоконтролю (СІВ) відразу після отримання результатів останньої перевірки в системі.

Припустимо, що останньою перевіркою в системі була перевірка j -м модулем стану i -го. При цьому отриманий результат перевірки $r_{ij} = 0$. Відповідно до способу умовної передачі результатів перевірок i -й модуль, на додаток до наявної інформації, отримує від j -го модуля всю діагностичну інформацію, яка була їм накопичена в процесі виконання перевірок.

Таким чином, i -й модуль СІВ, накопичивши інформацію про структуру і результати перевірок, визначає характеристичні числа структури діагностичних зв'язків.

На першому етапі визначається значення $C_2(i, j)$, яке може приймати такі значення:

$$C_2(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } v_i \text{ і } v_j \text{ утворюють } (МДС)_2; \\ 0, & \text{якщо } v_i \text{ і } v_j \text{ не утворюють } (МДС)_2. \end{cases}$$

Характеристики структури C_k , розраховані i -м модулем (у припущенні його коректності і входження в $(МДС)_k$ -структури), позначимо через C_k^i . Для

визначення C_k^i структуру діагностичних зв'язків представляють у вигляді дерева, що закінчується в i -му вузлі. Обґрунтуванням такого уявлення є наступна лема.

Лема. Будь-яку структуру діагностичних зв'язків можна розкласти відносно i -ї вершини і представити у вигляді дерева, що закінчується у вершині i .

Для неорієнтованих графів дана лема доведена в роботі [10]. Для орієнтованих графів доведення є аналогічним, тому у даній роботі не наводиться. Для кожного ланцюжка дерева визначається число $C_{\omega k}^i$ де індекс ω означає номер ланцюжка дерева, а індекс k відповідає індексу характеристики структури C_k . Підсумовуючи значення $C_{\omega k}^i$ по всіх ланцюжках, остаточно визначається C_k^i :

$$C_k^i = \sum_{\omega=1}^n C_{\omega k}^i.$$

Початковою інформацією для визначення $C_{\omega k}^i$ є значення $C_2(x_s, x_t)$, де x_s і x_t входять до складу даного ланцюжка ω . Модуль СІВ і після отримання інформації від j -го модуля визначає $C_2(i, j_\omega)$. Якщо $C_2(i, j_\omega) = 1$, то тоді будь-який модуль системи спільно з i -м і j -м модулями утворюють $(МДС)_3$ -структуру.

Будь-яка пара модулів (окрім i -го і j_ω -го) утворює з i -м і j_ω -м модулями $(МДС)_4$ -структуру, і так далі.

Кількість $(МДС)_k$ -структур визначається числом можливих комбінацій щодо даної множини і вершин. У загальному випадку:

$$C_k = C_{N-\beta}^{k-\beta},$$

де β – кількість модулів, щодо яких утворена $(МДС)_\beta$ -структура: $C_\beta=1$.

Таким чином, якщо $C_2(i, j_\omega) = 1$, то для ω - ланцюжка визначаються всі $C_{\omega k}^i$ для $k=3,4,\dots,N$. Після цього набуті значення підсумовуються із значеннями C_{vk}^i , $v=1,2,\dots,N$, $v \neq \omega$ інших ланцюжків.

В результаті виходять:

$$C_3^i = \sum_{\omega=1}^n C_{\omega 3}^i; \\ C_4^i = \sum_{\omega=1}^n C_{\omega 4}^i; \dots; C_N^i = \sum_{\omega=1}^n C_{\omega N}^i.$$

Далі значення C_k^i використовуються для обчислення ознаки достатності структури, і, при його відповідності, виконується алгоритм діагностування. Інакше значення C_k^i запам'ятовуються i -м моду-

лем до отримання результатів чергової перевірки. Якщо $C_2(i, j_\omega) = 0$.

Це означає відсутність структури, що дозволяє перевірити всі модулі, в припущенні коректності і-го і j-го модулів. В даному випадку для визначення C_3^i вводяться в розгляд величини $C_3^i(i, j_\omega, x_m)$.

Вони приймають такі значення:

$$C_3^i(i, j_\omega, x_m) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } i, j_\omega, x_m \text{ утворюють (МДС)}_3 \\ 1, & \text{якщо } i, j_\omega, x_m \text{ не утворюють (МДС)}_3 \end{cases}$$

Початковою інформацією для визначення $C_3^i(i, j_\omega, x_m)$ є всі $C_2^{j_\omega}(j_\omega, x_m)$.

Якщо знайдеться яке-небудь $C_2^{j_\omega}(j_\omega, x_m) = 1$, то тоді і-й модуль разом з j_ω, x_m модулями утворюють (МДС)₃-структуру, тобто $C_3^i(i, j_\omega, x_m) = 1$. Тут індекс ω , як і раніше, означає номер ланцюжка, на якому розташовані модулі j_ω, x_m .

У тому випадку, коли всі числа $C_3^i(i, j_\omega, x_m)$, $m=1, 2, \dots, q$, $q=\alpha-j_\omega$ дорівнюють 1, то $C_3^i = \alpha-j_\omega$, а для $k>3$ характеристичні числа рівні:

$$C_{\omega k}^i = C_{N-3}^{k-3}$$

Інакше $C_{\omega 3}^i$ необхідно визначати таким чином:

$$C_{\omega k}^i = \sum_{m=1}^q C_3^i(i, j_\omega, x_m) + L_3,$$

де L_3 означає кількість (МДС)₃-структур, для яких $C_2^{j_\omega}(j_\omega, x_m) = 0$.

Для того, щоб визначити значення L_3 , необхідно перевірити виконання наступних умов

$$\begin{aligned} Y1: \sum_{i=1}^{N_\beta} \alpha_i^+ - M_\beta &\geq N - N_\beta & i \\ Y2: \sum_{i=1}^{N_\beta} \alpha_i^+ - M_\beta - \sum_{\alpha_i^+} Tr &\geq N - N_\beta \end{aligned}$$

для підмножин $\{N_\beta\}$, що містять по три модулі. Після визначення $C_{\omega 3}^i$ визначаються $C_{\omega k}^i$ для значень $k>3$. У тому випадку, коли $\forall C_{\omega 3}^i(i, j_\omega, x_m) = 0$, для $m=1, 2, \dots, q$, необхідно досліджувати всі $C_2^{x_m}(x_m, y_t)$ де x_m, i у_t належать ω -ланцюжку.

Тепер $C_{\omega 4}^i$ визначатиметься таким чином:

$$C_{\omega k}^i(i, j_\omega, x_m, y_t) = \sum_{t=1}^{\alpha_{x_m}} C_2(x_m, y_t) + L_4,$$

У цьому виразі L_4 (аналогічно з L_3) означає кількість (МДС)₄-структур, для яких

$$C_3^{j_\omega}(j_\omega, x_m, y_t) = 0.$$

Для визначення L_4 перевіряються умови Y1 і Y2 для підмножин $\{N_\beta\}$, що містять по 4 модулі.

Аналогічна процедура виконується і для визначення $C_{\omega k}^i$ для $k>4$. Проте, визначення $C_{\omega k}^i$, згідно приведеної процедури, повинно бути обмежене невеликим значенням k .

Для обмеження алгоритму обрано наступну стратегію. Якщо при визначенні чисел C_k яке-небудь характеристичне число C_k^i приймає максимальне значення, то всі числа C_l^i вищого порядку ($l>k$) можна автоматично встановити максимальними:

$$\exists C_k^i = \max \Rightarrow C_l^i = \max / l > k.$$

Теорема. Якщо характеристичне число C_k^i досягло максимального значення, то всі числа C_l^i , $l>k$ також приймають максимальні значення.

Доведення. Характеристичне число C_k^i приймає значення 1, якщо множиною модулів $\{N_\beta\}$, які утворюють (МДС)_k-структуру, є і-й модуль і ще $k-1$ модулів, які перевіряють решту $N-k$ модулів. Число C_k^i приймає максимальне значення в тому випадку, якщо всі комбінації $k-1$ модулів разом з і-м модулем перевіряють решту модулів.

Таким чином:

$$\max(C_k^i) = C_{N-1}^{k-1},$$

де C_{N-1}^{k-1} – кількість комбінацій з $N-1$ по $k-1$ елементів. Якщо множина модулів, в яку входять і-й модуль і інші $k-1$ модулі, перевіряє решта $N-k$ модулів, то додавши до цієї множини ще який-небудь модуль, можна відмітити, що нова множина потужністю $k+1$ також перевірятиме всі модулі, що залишилися. Більш того, будь-яка множина модулів, що складається з і-го модуля і будь-якої комбінації k модулів, також перевірятимуть $N-k-1$ модулів, що залишилися. Тобто вони утворюють (МДС)_{k+1}-структуру. Таким чином, якщо число C приймає максимальне значення, то число C_{k+1}^i також буде максимальним.

Аналогічно, якщо C_{k+1}^i – максимальне, то і C_{k+2}^i також максимальне. Провівши міркування за методом математичної індукції, можна зробити висновки, що, якщо $C_k^i = \max$, то для всіх $l > k$ $C_l^i = \max$. Тим самим теорема доведена.

Проте слід зазначити, що зворотна умова теореми в деяких випадках не виконується. Тому процедуру визначення характеристичних чисел C_k^i завжди необхідно починати для значення $k=1$ і з кожним кроком збільшувати значення на одиницю.

Методика розпізнавання характеристичних чисел C_k структури діагностичних зв'язків.

Крок 1. Сформувані модернізовану матрицю суміжності A_T

$$A_m = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Крок 2. Привласнити $k:=0$.

Крок 3. Обчислити $k:=k+1$; привласнити $C_k:=0$.

Крок 4. Привласнити $m:=0$.

Крок 3. Обчислити $m:=m+1$. Вибрати m -ту комбінацію k рядків матриці A_T : $\{a_{1,i}\}, \{a_{2,i}\}, \dots, \{a_{k,i}\}$.

Крок 6. Організувати цикл по $l:=1$ до n :

Якщо $(a_{j1,l}+a_{j2,l}+\dots+a_{jk,l})=0$, то перехід до кроку 5.

Кінець циклу по l .

Крок 7. Обчислити $C_k:=C_k+1$.

Крок 8. Якщо $m < (n! / k!(n-k)!)$, то перехід до кроку 5.

Крок 9. Виведення значення C_k .

Крок 10. Якщо $k < n$, то перехід до кроку 3, інакше – кінець алгоритму.

Висновок

При будь-якій поточній структурі одне з чисел C_k^i матиме максимальне значення, де $k = 1, 2, \dots, N$. Крім того в процесі виконання перевірок, модуль системи інтелектуального відеоконтролю, отримавши діагностичну інформацію про поточну структуру і синдром, визначає характеристичні числа структури C_k , $k=1,2,\dots,N$, на підставі яких обчислює ознаку достатності структури для діагностування.

Запропонована ознака достатності діагностичної інформації при її подальшому дешифруванні дозволяє обмежити накопичення результатів перевірок в системі.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ЧИСЕЛ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ВИДЕОКОНТРОЛЯ

С.В. Бодров, О.В. Барабаш, А.П. Мусиенко

Предложена методика определения характеристических чисел для системы интеллектуального видеоконтроля, которая расположена на пограничных пунктах пропуска. Данная методика облегчает оценку достаточности структуры системы интеллектуального видеоконтроля. Кроме того показано, что предложенный признак достаточности диагностической информации при ее дальнейшей дешифровке позволяет ограничить накопление результатов проверок в системе.

Ключевые слова: система интеллектуального видеоконтроля, характеристические числа, дешифрование, диагностическая информация.

METHOD OF DEFINITIONS CHARACTERISTIC NUMBERS OF THE INTELLECTUAL VIDEO MONITORING

S.V. Bodrov, O.V. Barabash, A.P. Musienko

This article introduces method of definitions characteristic numbers for intelligent video surveillance system, which is located on the border checkpoints. This technique facilitates the evaluation of the structure adequacy of intelligent video surveillance. In addition it is shown that the proposed indication of the diagnostic information adequacy in its further decryption allows to restrict the accumulation of check results in the system.

Keywords: intelligent video surveillance system, characteristic numbers, decryption, diagnostic information.

Список літератури

1. Машков О.А. Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам / О.А. Машков, Л.М. Артюшин. – К.: КВВАИУ, 1991. – 89 с.
2. Машков В.А. Контроль и диагностирование цифровых вычислительных устройств / В.А. Машков. – К.: КВВАИУ, 1991. – 84 с.
3. Гуляев В.А. Организация систем диагностирования вычислительных машин / В.А. Гуляев. – К.: Наукова думка, 1979. – 116 с.
4. Барабаш О.В. Функціональна стійкість – властивість складних технічних систем / О.В. Барабаш, Ю.В. Кравченко // Збірник наукових праць НАОУ. – Бюл. №40. – К.: НАОУ, 2002. – С. 225 – 229.
5. Кравченко Ю.В. Визначення проблематики теорії функціональної стійкості щодо застосування в комп'ютерних системах / Ю.В. Кравченко, С.В. Нікіфоров // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – К.: ДУТ, 2014. – № 1. – С. 12 – 18.
6. Савченко В.А. Обоснование показателя функциональной устойчивости пространственной структуры для многопозиционных радионавигационных систем / А.В. Савченко // Зб. наук. пр. ХВУ. – Х.: ХВУ, 2004. – № 5 (52). – С. 41–42.
7. Барабаш О.В. Аналіз побудови мережі відеоконтролю пунктів митного спостереження на основі функціонально стійкої системи / О.В. Барабаш, С.В. Бодров, А.П. Мусиенко // К.: Зв'язок. – № 2. – 2014. – С. 8-11.
8. Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
9. Барабаш О.В. Модель бази знань інтелектуальної системи управління високошвидкісного рухомого об'єкта на основі її верифікації / О.В. Барабаш, Д.М. Обідін, А.П. Мусиенко // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2014. – № 5 (121). – С. 3-6.
10. Барабаш О.В. Алгоритм самодіагностування технічного стану вузлів комутації інформаційних систем / О.В. Барабаш, Д.М. Обідін, А.П. Мусиенко // К.: Сучасний захист інформації. – № 2. – 2014. – С. 114 – 121.

Надійшла до редколегії 15.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

УДК 621.313

В.В. Божко

Державне підприємство «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту України «Укрзалізничпроект»

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВОГО СИНХРОННОГО ДВИГУНА, ЩО ЗБУДЖУЄТЬСЯ ВІД ПОСТІЙНИХ МАГНІТІВ

Наведено методику визначення залежностей поточкозчеплень та електромагнітного моменту тягового синхронного двигуна зі збудженням від постійних магнітів за результатами розрахунку магнітного поля методом кінцевих елементів. Представлено результати розрахунку магнітного поля з використанням вбудованих алгоритмів інтегрування комплексу FEMM та отримано значення поточкозчеплення фаз обмоток статора і електромагнітний момент.

Ключові слова: рейковий автобус, синхронний двигун зі збудженням від постійних магнітів.

Вступ

На сьогоднішній день на залізницях України існує проблема приміського транспортного сполучення. Для вирішення даної проблеми проводиться комплекс заходів щодо підвищення якості і збільшення обсягу приміських перевезень на залізничному транспорті. Напрямок даної роботи є створення вітчизняного пасажирського мотор-вагонного рухомого складу для малозавантажених ділянок - так званого рейкового автобуса при підвищенні енергозбереження та зниження витрат на його утримання.

Основною проблемою, що існує на даний момент є вибір типу тягового приводу для подібного рухомого складу, який би забезпечував необхідний рівень енергоефективності при мінімальних експлуатаційних витратах.

У роботах [1, 2] було проведено аналіз існуючих і перспективних типів електромеханічних перетворювачів енергії для рухомого складу. Одним з перспективних типів є перетворювач на базі синхронного двигуна зі збудженням від постійних магнітів. Проте, на даний час, для створення тягових приводів рухомого складу на базі синхронних двигунів зі збудженням від постійних магнітів, відсутні узагальнені моделі приводу в цілому, що дозволяють проводити моделювання перехідних і аварійних режимів роботи приводу. Для створення такої моделі необхідно розробити модель тягового синхронного двигуна, параметри якої відображали стан магнітної системи у різних режимах її роботи. Тому **метою роботи** є розробка методики визначення залежностей поточкозчеплень фаз обмоток статора та електромагнітного моменту за результатами розрахунку магнітного поля методом кінцевих елементів.

Результати досліджень

Для вирішення поставленої мети пропонується провести комплекс цифрових експериментів з ви-

значення електромагнітного моменту і поточкозчеплень обмоток статора тягового двигуна.

Цифровий експеримент проводився шляхом розрахунку магнітного поля тягового двигуна методом кінцевих елементів при заданому положенні ротора двигуна і двох заданих струмах фаз статора [3]. Пропонується проводити розрахунки в двомірному просторі при постановці задачі з використанням програмного комплексу Finite Element Method Magnetics (FEMM) [4] та макросу, що написаний на мові Lua [5]. Так як обмотки статора з'єднано зіркою, то згідно першого закону Кирхгофа струм фази С дорівнює:

$$i_C = -i_A - i_B,$$

де i_A , i_B – струми фаз А і В відповідно.

На рис. 1 і 2 представлена область щодо розрахунку магнітного поля методом кінцевих елементів для тягового двигуна електропоїзду потужність двигуна 250 кВт, номінальна частота обертання 1200 об/хв, зовнішній діаметр статора 650 мм, довжина активного статора 300 мм.

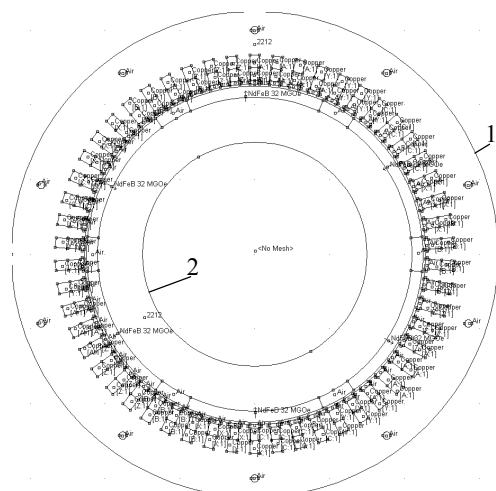


Рис. 1. Область для розрахунку магнітного поля методом кінцевих елементів (1 і 2 границі розрахункової області)

Встановлено граничну умову першого роду по межах 1 і 2.

Параметри матеріалів: сердечники статора і ротора виконані з електротехнічної сталі 2212, в якості постійного магніту обрано магніт з коерцитивної силою 883310 А/м і відносною магнітною проникністю 1,045. Обмотка статора двошарова хвильова з числом витків в секції, що дорівнює 1.

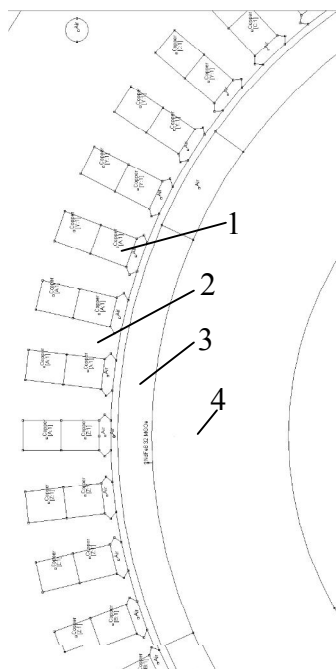


Рис. 2. Розрахункова область в зоні повітряного зазору.

1 – обмотка статора, 2 – сердечник статора, 3 – постійний магніт, 4 – сердечник ротора

На рис. 3, а приведено результат розрахунку магнітного поля при струмах в фазах А і В 600 А та куті повороту ротора 0° у розрахунковій області, а на рис 3, б в зубцевій зоні.

За результатами розрахунку магнітного поля з використанням вбудованих алгоритмів інтегрування комплексу FEMM отримано значення потокозчеплення фаз обмоток статора і електромагнітний момент.

Для варіанта, що розглядається потокозчеплення фази А становить -0,19 Вб, фази В – 0,62 Вб, фази С – -0,37 Вб, а електромагнітний момент –13111 Нм.

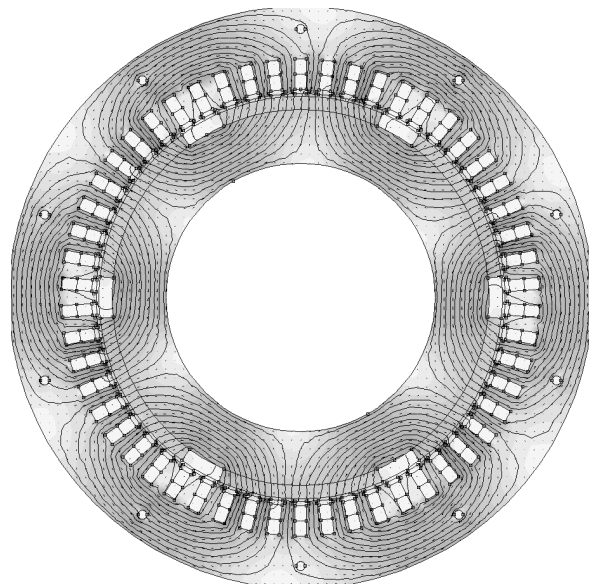
Використовуючи запропонований алгоритм визначення потокозчеплення пропонується провести повнофакторний цифровий експеримент. Струми фаз ротора варіюються в межах від -1000 А до 1000 А з кроком 200 А, а кутова координата від 0° до 120° з кроком в 1°.

Залежності потокозчеплень фаз А і В при різних величинах струмів в статорі наведено на рис 4 і 5.

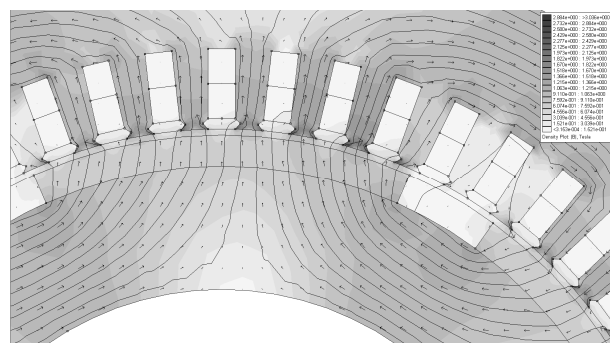
На рис 6 наведена залежність електромагнітного моменту при різних значеннях струмів в статорі.

Як видно з графіків рис. 4 і 5 потокозчеплення фаз статора мають гармонійний вигляд з явно вираженою постійною складовою і зрушені одне відносно одного приблизно на 120°.

Величина постійної складової потокозчеплення змінюється залежно від величин струмів у фазах статора.



а



б

Рис. 3. Результати розрахунку магнітного поля

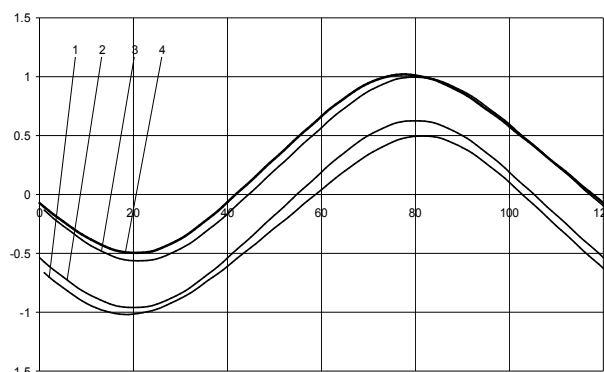


Рис. 4. Залежність потокозчеплення фази А від кута повороту ротора при струмах:

- 1 – $i_A = -1000$ А; $i_B = -1000$ А;
- 2 – $i_A = -600$ А; $i_B = 400$ А;
- 3 – $i_A = 800$ А; $i_B = 400$ А;
- 4 – $i_A = 1000$ А; $i_B = 1000$ А

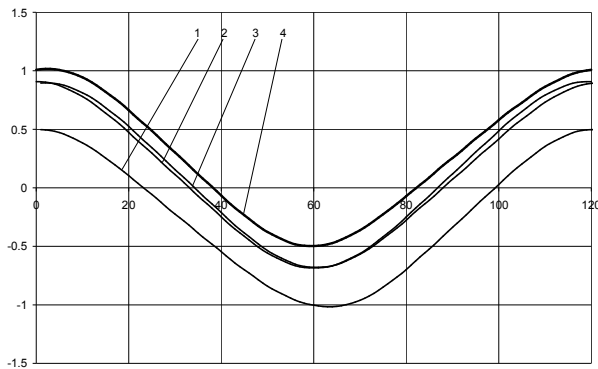


Рис. 5. Залежність потокозчеплення фази В від кута повороту ротора при струмах:

1. $i_A = -1000$ А, $i_B = -1000$ А;
2. $i_A = -600$ А, $i_B = 400$ А;
3. $i_A = 800$ А, $i_B = 400$ А;
4. $i_A = 1000$ А, $i_B = 1000$ А

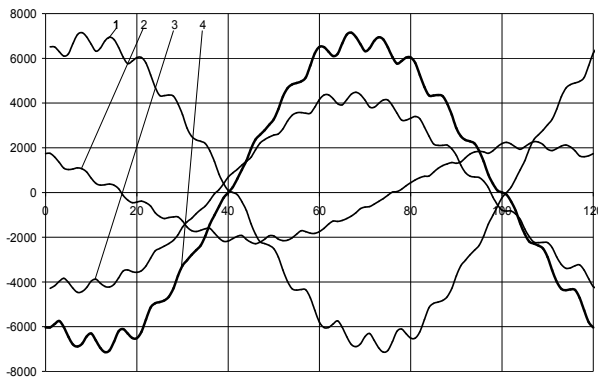


Рис. 6. Залежність електромагнітного моменту від кута повороту ротора при струмах:

1. $i_A = -1000$ А, $i_B = -1000$ А;
2. $i_A = -600$ А, $i_B = 400$ А;
3. $i_A = 800$ А, $i_B = 400$ А;
4. $i_A = 1000$ А, $i_B = 1000$ А

Електромагнітний момент двигуна рис. 6 має гармонійний характер, проте в його залежності жваво виражена 17 гармонійна складова моменту, яка становить близько 11..14 % від сумарного значення моменту.

Ця складова моменту виникає в результаті ступінчастої форми МРС статора, яка у свою чергу, викликана розподіленою конструкцією обмотки.

Висновки

Запропоновано методику визначення залежностей потокозчеплень фаз статора і електромагнітного моменту тягового синхронного двигуна зі збудженням від постійних магнітів за результатами розрахунку магнітного поля методом кінцевих елементів в середовищі FEMM.

Залежність електромагнітного моменту двигуна від кута повороту ротора має гармонійний характер, проте в його залежності яскраво виражена 17 гармоніка моменту, яка становить приблизно 11..14 % від сумарного значення моменту, що може викликати вібрації і додаткові навантаження в механічній частині приводу. При моделюванні електромагнітних процесів у двигуні цей факт необхідно враховувати.

Список літератури

1. Анализ и сравнение перспективных тяговых электродвигателей. [Текст] / В.И. Омеляненко, Б.Г. Любарский, Е.С. Рябов, А.В. Демидов, Т.В. Глебова // *Залізничний транспорт України*. – 2008. – № 2/1. – С. 26–31.
2. Электродвигатели для перспективного электродвижного состава [Текст] / В.И. Омеляненко, Б.Г. Любарский, Е.С. Рябов, А.В. Демидов, Т.В. Глебова // *Локомотив-информ*. – 2008. – № 1. – С. 16-19.
3. Сильвестер П. Метод конечных элементов для радиоинженеров и инженеров электриков / П. Сильвестер, Р. Феррари. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 318 с.
4. Meeker D. Finite Element Method Magnetics. Version 4.0. User's Manual [Електронний ресурс] / D. Meeker – January 26, 2004. – Режим доступу: <http://femm.berlios.de/>.
5. Сайт lua.org [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lua.org>.

Надійшла до редколегії 3.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.В. Хворост, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

В.В. Божко

Приведена методика определения зависимостей потокозчепления и электромагнитного момента тягового синхронного двигателя с возбуждением от постоянных магнитов по результатам расчета магнитного поля методом конечных элементов. Представлены результаты расчета магнитного поля с использованием встроенных алгоритмов интегрирования комплекса FEMM и получены значения потокозчепления фаз обмоток статора и электромагнитный момент.

Ключевые слова: рельсовый автобус, синхронный двигатель с возбуждением от постоянных магнитов.

PROCEDURE OF DETERMINING THE ELECTROMAGNETIC PARAMETERS OF THE TRACTION SYNCHRONOUS MOTOR WITH PERMANENT MAGNET EXCITATION

V.V. Bozhko

The procedure of determining the dependence of flux adhesion and electromagnetic torque of the traction synchronous motor with permanent magnet excitation by results of the calculation of the magnetic field by finite element method is resulted in. The results of the calculation of the magnetic field by using the integrated algorithms of FEMM complex are illustrated and values of flux adhesion of stator winding phases and electromagnetic torque are obtained.

Keywords: rail bus, synchronous motor with permanent-magnet.

УДК 681.3

А.К. Гігоян, А.С.Чуприна

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ 3D МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ СТЕРЕОЗОБРАЖЕНЬ

В статті розглядаються різні методи та алгоритми автоматичної побудови тривимірних моделей об'єктів за стереозображеннями. Проводиться аналіз та порівняльна характеристика щодо їх ефективності, точності та часу отримання результатів. Приведене обґрунтування актуальності дослідження даної теми та приклади практичного застосування описаних методів у різних сферах.

Ключові слова: модель, метод, побудова, стереозображення, алгоритм, ефективність, точність.

Вступ

У сучасному світі комп'ютерні технології розвиваються з кожним днем, та сфери їх застосування поширюються і займають значне місце у житті людини. У зв'язку з цим постійно з'являються проблеми реалізації нових ідей, які потребують вирішення.

Актуальність дослідження тематики 3D технологій та розпізнавання об'єктів зумовлена швидким розвитком сучасної обчислювальної і мультимедійної техніки, їх широким застосуванням в системах штучного інтелекту та технологіях комп'ютерного розпізнавання зорових образів. Методи відновлення просторової конфігурації тривимірних об'єктів за їх стереозображеннями використовуються в багатьох галузях науки і техніки. Побудова тривимірних моделей об'єктів може використовуватися як для автоматизованого отримання цих самих об'єктів у 3D форматах для подальшого їх використання у будь-яких сферах, так і для аналізу та розпізнавання об'єктів присутніх на стереозображеннях, що при якісній реалізації та задовольняючих результатах, може бути дуже корисним в багатьох існуючих системах розпізнавання. Маючи тривимірну поверхню, можна більш якісно та точно виконати процес розпізнавання об'єктів, що знаходяться на них, ніж виконуючи розпізнавання за одним двомірним зображенням. У системах розпізнавання на основі двомірних зображень є ряд істотних недоліків. Наприклад, системи 2D-розпізнавання вельми чутливі до умов освітленості. При нерівномірному освітленні об'єкта достовірність 2D-розпізнавання помітно падає. У той час як для систем 3D-розпізнавання зміни в освітленості впливають лише на текстуру об'єкта, а реконструйована поверхня зберігається незмінною. Для тривимірного розпізнавання об'єктів необхідно саме отримати представлення цих об'єктів у тривимірному просторі. Існує велика кількість методів досягнення цієї мети, але в основному вони потребують багато зусиль та часу з боку людини та нерідко використання дорогого програмного забезпечення.

Останнім часом з'являється все більше автоматизованих систем побудови тривимірних об'єктів, які майже не потребують участі людини у цьому

процесі. Але для отримання якісного результату застосовується складна та дорога техніка. Системи, які використовують тривимірні моделі для розпізнавання є більш точними та надійними. Отримати 3D моделі, що будуть аналізуватися системою, можна різними способами, але найбільш простим та недорогим є побудова тривимірних моделей на основі стереозображень (стереопар) об'єктів. Маючи зображення такого типу можна в подальшому побудувати тривимірну модель об'єкту з них, яка потім може бути розпізнана та класифікована.

Метод побудови 3D моделей за опорними точками

Даний метод являє собою відновлення тривимірної моделі сцени з використанням двох цифрових зображень (стереопари). Процес відновлення тривимірної моделі включає три кроки: **1)** на одному із зображень необхідно вибрати деякі опорні точки, що є елементом зображуваної сцени; **2)** на другому зображенні необхідно відшукати ту ж саму точку; **3)** обчислити тривимірні координати опорних точок.

Метод заснований на ототоженні країв. Яскравість змінюється швидше на краях, ніж на інших ділянках. Різкі зміни (розриви) яскравості, координат кольору або параметрів, характеризують текстуру, є важливими найпростішими ознаками, оскільки вони часто визначають обриси зображених об'єктів. Локальні розриви значень яскравості називаються яскравісними перепадами, або яскравісними контурами. Перепад існує, якщо його кут нахилу і висота більше деякого заданого порогу. Для знаходження перепадів застосовується наступний підхід: кожен піксель і порівнюється з $(i-1)$ -м, знаходиться різниця значення яскравості між ними. Потім різниця значень яскравості порівнюється з порогом і визначається положення елементів з яскраво вираженими перепадами:

$$|E(x_i) - E(x_{i-1})| / E(x_i) \geq A, \quad (1)$$

де $E(x_i)$ – значення яскравості в точці x_i ; $E(x_{i-1})$ – значення яскравості в точці x_{i-1} ; A - значення порога.

Вибір порога є одним з ключових питань виділення перепадів. При занадто високому рівні порога

не будуть виявлені структурні елементи з низьким контрастом. Навпаки, занадто низький рівень порога стане причиною того, що шум буде помилково прийнятий за перепад [1]. Пошук сполучених точок ефективніше виконувати кореляційним методом. Кореляційні методи - це знаходження піксельних відповідей шляхом порівняння профілів яскравості в околиці потенційно відповідних точок різних зображень об'єкта. Розглянемо конкретний приклад - стереопару і точку (x_i, y_i) . З вікном розміру $p = (2m + 1) \times (2n + 1)$ з центром на (x_i, y_i) , співвіднесемо вектор $w(x_i, y_i)$, який отримано шляхом порядкового сканування значень вікна (насправді, порядок сканування не має значення, достатньо лише, щоб він був фіксованим). Тепер для даної точки другого зображення $(x_i + d, y_i)$, потенційно відповідній точці (x_i, y_i) , можна побудувати другий вектор $w'(x_i + d, y_i)$ і визначити відповідну нормовану кореляційну функцію як

$$C(d) = \frac{1}{|w - \bar{w}|} \times \frac{1}{|w' - \bar{w}'|} \times (w - \bar{w}) \times (w' - \bar{w}'), \quad (2)$$

де через \bar{w} позначений вектор, всі координати якого рівні середньому від координат вектору w .

Нормована кореляційна функція C , очевидно, приймає значення з діапазону від -1 до +1. Максимум цієї функції відповідає ділянкам зображення, які відрізняються постійним зсувом і позитивним масштабним множником, а відповідні точки стереозображення можна знайти, визначивши максимум функції C в межах деякого зумовленого діапазону диспаратностей [2]. Розрахунок тривимірних координат опорних точок. Система пасивного стереозору, як правило, включає в себе дві камери. Припустимо, у нас є вирівняний і вимірний стереостенд (рис. 1): дві камери, у яких оптичні осі паралельні і стоять на відстані T одна від одної, а фокусні відстані рівні $f_l = f_r$. Пряма, що з'єднує центри об'єктів називається стереобазою. Базова лінія перпендикулярна оптичним осям і паралельна осі x .

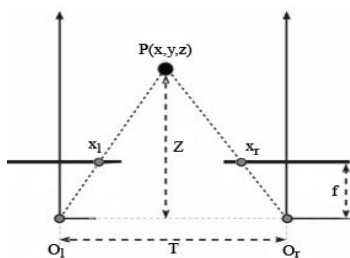


Рис. 1. Схема стереостенду

Координати точки $P(x, y, z)$ визначаються щодо системи координат, початок якої розташований посередині між центрами об'єктів [3]. Є точка $P(x, y, z)$ в реальному світі, яка на зображеннях представляється точками O_l і O_r (сполучена пара). Позначимо координати через (x_l, y_l) і (x_r, y_r) для

лівого і правого зображень відповідно. Тоді враховуючи подобу трикутників отримаємо

$$\frac{z}{f} = \frac{x}{x_l}, \frac{z}{f} = \frac{x - T}{x_r}, \frac{z}{f} = \frac{y}{y_l} = \frac{y}{y_r}. \quad (3)$$

Рівняння моделі описують взаємозв'язок точок у тривимірній системі координат камери з точками на двовимірній дійсній системі координат зображення. Після низки підстановок і перетворень з рівнянь (3) можна отримати невідомі координати x, y, z точки P . Необхідно враховувати перехід від пікселів до лінійних одиниць. Таким чином, підсумкові координати опорних точок в тривимірному просторі запишуться в такому вигляді

$$C = \left[\begin{array}{ccc} x_l T & y_l T & -f T \\ x_l - x_r & x_l - x_r & x_l - x_r \end{array} S + \frac{f T}{x_l - x_r} \right], \quad (4)$$

де S - коефіцієнт масштабування, зазвичай $S = 1$.

Відстань до об'єкту Z обернено пропорційно диспаратності, причому відстань до близьких об'єктів можна виміряти точніше, ніж до віддалених. Диспаратністю називається відносна відмінність положень об'єктів на стереозображеннях, яка викликається відмінностями в відстані до спостерігача. Зауважимо також, що диспаратність пропорційна відстані між центрами лінз T . Тому при фіксованій похибці вимірювання диспаратності точність визначення глибини буде зростати зі збільшенням бази. На жаль, чим далі рознесені камери, тим менше схожі зображення. Диспаратність пропорційна також ефективній фокусній відстані f , оскільки зображення збільшується зі збільшенням фокусної відстані. На практиці дві камери, за допомогою яких отримують стереопару, не можна точно виставити, як належало при спрощеному розгляді. Важко домогтися строгої паралельності оптичних осей і перпендикулярності до них бази. Якщо дві камери необхідно розташовувати так, щоб в їхньому полі зору потрапляли одні й ті ж об'єкти, можливо, їх слід розвернути так, щоб їх оптичні осі сходилися один до одного в області розташування цих об'єктів. Перш ніж використовувати фотографії, необхідно під час зйомки визначати взаємне положення і орієнтацію камер. Цей процес, званий відносною орієнтацією, визначає перетворення, зв'язує два різні положення фіксованою щодо камер системи координат.

Метод побудови 3D моделей з урахуванням епіпольярних обмежень

Основною перевагою цього метода є уникнення перетворень та корекції стереозображень до початку етапу пошуку відповідних точок. Ця модель передбачає можливість пошуку відповідних точок безпосередньо на вихідних стереозображеннях. Побудова такої моделі пов'язана з двома принципово важливими аспектами проблеми. Епіпольярні лінії на стереозображенні описуються рівняннями прямої, тому координати відповідних точок на них - дійсні числа. У той же час відповідні фрагменти на стереозображення характеризуються функціями розподілу яскравості на дискретній

множині відліків зображень і можуть бути визначені лише з точністю до величини міжпиксельної відстані. У зв'язку із зазначеною проблемою в рамках загальної моделі обліку епіполярних обмежень виникають такі завдання: **1)** розробка методу і чисельного алгоритму пошуку відповідних фрагментів з дискретними відліками яскравостей зображень на стереозображеннях з використанням безлічі заданих на епіполярних прямих точок, які мають дійсні координати; **2)** розробка і дослідження обчислювальної схеми пошуку відповідних фрагментів в деякій околиці епіполярної лінії шляхом урахування близькості цього фрагмента до неї. У першому випадку ми припускаємо реалізацію схеми, в якій спочатку задається деяка множина точок з дійсними координатами на епіполярних прямих, і для цих точок підбираються найбільш підходящі відповідні фрагменти зображень з використанням спеціально сформованих для цієї мети дескрипторів. У другому випадку найбільш «схожі» відповідні фрагменти підбираються в деякій околиці епіполярних ліній з урахуванням їх близькості до епіполярних ліній [4].

Використання даного методу реконструкції дозволяє уникнути застосування в явному вигляді ректифікації та пов'язаних з нею спотворень зображень. Разом з тим, епіполярні обмеження, що задають рішення в одній площині дозволяють отримати досить високу якість реконструкції сцени.

Метод побудови 3D моделей на основі карт диспаратності

Навідміну від методів, які використовують тільки ключові точки на зображеннях та визначаючи за ними спряжені точки, існують методи, які засновані на побудові карт диспаратності. Ці алгоритми використовують тоді, коли потрібно отримати модель з більш високою чіткістю. Вони дозволяють знайти відповідності для кожної точки зображення, або визначити, що такої точки немає. Вхідними даними для такого методу служать самі зображення. На початковому етапі роботи алгоритму виділяється множина точок на зображеннях, серед яких знаходяться ймовірні відповідності шляхом порівняння їх околиць. Окрім схожості околиць, знайдені пари точок повинні також задовольняти епіполярним обмеженням, для перевірки яких в ході алгоритму обчислюється та уточнюється фундаментальна матриця F . Фундаментальна матриця - це вироджена матриця 3×3 ($\text{rank} F = 2$), яка містить в собі всю інформацію про епіполярну геометрію між двома проєкціями. Зв'язані точки можуть задаватися вручну або відшукуватися автоматично за допомогою алгоритму автоматичного знаходження сполучених точок. Випрямлення зображень дозволяє отримати більш просту епіполярну геометрію:

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Перед подальшим використанням до пар застосовується алгоритм випрямлення, в результаті якого епіполярні лінії стають паралельні осі x . Це досягається завдяки перенесенню епіполуса на нескінченність і мінімізації наступної суми

$$\sum_i d(Hx_i, Hx'_i)^2 \quad (6)$$

В результаті отримаємо, що зв'язані точки на зображеннях матимуть, крім рівних u -координат, також і близькі значення x -координат. На підставі отриманих точок можна побудувати карти диспаратності. Можна взяти лише основні точки зображення і інтерполювати їх, тим самим отримавши безліч точок, придатних для побудови карт диспаратності, але такий підхід не застосовується в реальному світі зважаючи на неточності кінцевого результату. В даний час розроблено ряд алгоритмів, які дозволяють знайти пари сполучених точок для практично всіх точок стереопари. Методи побудови щільної карти диспаратності можна розділити на дві групи: локальні методи, які працюють з невеликими околицями точок для знаходження відповідностей (наприклад, блоковий метод), і глобальні, які працюють з рядками зображення (динамічне програмування) або із цілим зображенням (метод максимального потоку в графі). Локальні методи можуть бути достатньо ефективні, проте вони чутливі до локально-неоднозначних регіонів (наприклад, регіонів з однорідною текстурою). Глобальні методи менш чутливі до таких регіонів, проте вони більш ресурсомісткі.

Найпростіший локальний алгоритм - блочний алгоритм. Він визначає диспаратність, порівнюючи невеликий регіон (блок) навколо точки першого зображення з послідовностей таких же регіонів на другому зображенні в деякій області пошуку. В якості міри схожості блоків зображень часто використовуються сума квадратів різниць інтенсивностей

$$\sum_{u,v} (I_1(u,v) - I_2(u+d,v))^2, \quad (7)$$

та нормована крос-кореляція:

$$\sum_{u,v} |I_1(u,v) - I_2(u+d,v)|, \quad (8)$$

де $I_k(u,v)$ - інтенсивність пікселя (u,v) на k -му зображенні, d - оцінюване значення диспаратності; підсумовування ведеться по прямокутному вікну.

Алгоритм, що використовує динамічне програмування для побудови щільної карти диспаратності працює з парами відповідних рядків на зображенні, розглядаючи їх незалежно від інших рядків, в результаті чого на карті диспаратності можуть з'явитися характерні горизонтальні штрихи. Поняття зображення простору диспаратності (DSI) - явне уявлення простору, в якому ведеться пошук відповідностей. Позначимо через $I_R(x,i)$ і $I_L(x,i)$ інтенсивність точки з координатами (x,i) на правому і лівому зображеннях відповідно, d - диспаратність. Тоді в загальному вигляді DSI можна представити функцією

$$DSI_L^L(x,d) = |I_L(x,i) - I_R(x-d,i)|, \quad (9)$$

де $-d_{\max} \leq d \leq d_{\max}$, $0 \leq x + d < N$, N – ширина зображення. Цей алгоритм дозволяє враховувати опорні точки при пошуку: допустимими в цьому випадку є тільки прямі, що проходять через всі опорні точки. Один з підходів до побудови карти диспаратності полягає в зведенні задачі до знаходження максимального потоку в графі. У побудованому спеціальним чином графі знаходиться мінімальний розріз, який і визначає шукані значення диспаратності. Глобальні алгоритми, мають дуже високу ресурсоемність. Обробка зображень великого дозволу вимагає значних тимчасових витрат. Звідси виникає необхідність пошуку способів оптимізації і прискорення виконання алгоритмів. Одним з підходів, що дають значні результати в збільшенні швидкості виконання алгоритмів, є розпаралелювання. Для паралельної реалізації необхідно зробити виділення незалежних блоків алгоритму, які можуть виконуватися на різних обчислювальних вузлах. Приміром для блочного способу при розпаралелюванні будуть виділятися частини вихідного зображення, і потім оброблятися на різних обчислювальних вузлах.

Порівняльний аналіз методів побудови 3D моделей

Для побудови тривимірних моделей за стереозображеннями існує велика кількість різноманітних способів, але не всі з них завжди доречні. В залежності від умов конкретної задачі, необхідно обирати відповідний алгоритм. Метод побудови за опорними точками добре застосовувати у випадках, коли об'єкти, які підлягають реконструкції, прості або ж припустима велика похибка при побудові. Це обумовлено тим, що відмінністю цього способу є обмеженість кількості точок, за якими будується модель, то ж деякі деталі можуть бути втрачені. Проте цей спосіб є швидким та не ресурсоемним. Метод заснований на побудові карт диспаратності дозволяє обійти обмеження кількості точок, але потребує великих затрат ресурсів та часу, особливо це стосується глобальних алгоритмів побудови карти диспаратності. Для використання цих способів в реальному світі доводиться застосовувати розпаралелення навантаження, проте результат виходить більш точним. Також до обох

зазначених вище способів можна застосувати епіпольярні обмеження. При цьому відсутня необхідність попередньої обробки вихідних зображень. Це дозволяє використовувати більш обширний спектр вхідних даних навіть не завжди дуже якісних, та все одно отримати достатньо точний результат.

Висновки

Достатньо часто на сьогоднішній день, в час, коли все стає комп'ютеризованим та уся інформація зберігається в цифровому вигляді, в різних сферах інформаційних технологій виникає необхідність швидкого та автоматичного розпізнавання та аналізу зображень. Тривимірне розпізнавання є набагато більш ефективним за двовимірне, тому що мається більше вхідної інформації для аналізу. Існує велика кількість методів побудови тривимірних моделей об'єктів використовуючи інформацію з їх стереозображень. Маючи такі вхідні дані можна отримати достатньо точну та деталізовану модель об'єкту, яка в подальшому може бути використана у найрізноманітніших сферах.

Проаналізувавши різні методи побудови можна зробити висновок, що не існує єдиного універсального способу. Необхідно обирати підходящий метод в залежності від вхідних даних та необхідного результату. Від вибору алгоритму залежить кількість часу, необхідного для побудови моделі, та рівень деталізації та точності. Також існує можливість комбінувати різні способи для отримання ще кращого результату.

Список літератури

1. Prett U. *Digital processing of images: The lane with English*. U. Prett. – M: World, 1982. – Bookof 2. – 480 p.
2. Forsyte D., Pons. *Computer sight. Modern approach. The lane with English / Forsyte D., Pons.* – M: Williams publishing house, 2004. – 928 p.
3. Horn B.K.P. *Zreniye of robots: The lane with English / B.K.P. Horn.* – M: World, 1989. – 487 p.
4. Гошин С.В. *Модель реконструкції 3D-сцен з урахуванням епіпольярних обмежень [Текст] / С.В. Гошин // Молодий вчений.* – 2014. – № 12. – С. 71-73.

Надійшла до редколегії 21.07.2015

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. С.В. Смеляков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

А.К. Гигоян, А.С. Чуприна

В статье рассматриваются различные методы и алгоритмы автоматического построения трехмерных моделей объектов по стереоизображениям. Проводится анализ и сравнительная характеристика их эффективности, точности и времени получения результатов. Приведено обоснование актуальности исследования данной темы и примеры практического применения описанных методов в различных сферах.

Ключевые слова: модель, метод, построение, стереоизображение, алгоритм, эффективность, точность

RESEARCH OF THE 3D MODELS BUILDING METHODS FOR STEREOIMAGES RECOGNITION

A.K. Gigoian, A.S. Chupryna

The article discusses different methods and algorithms of automatic construction of three-dimensional models of objects from stereo images. The article also provides the analysis and comparisons of their efficiency, accuracy and time of receiving the results, giving the substantiation of the relevance of the researched topic and examples of practical application of these methods in various fields.

Keywords: models, methods, construction, stereo algorithm, efficiency, accuracy

УДК 517.977.1

Н.Б. Дахно

Державний університет телекомунікацій, Київ

МОДИФІКОВАНИЙ ГРАДІЄНТНИЙ МЕТОД ДЛЯ К-ПОЗИТИВНО ВИЗНАЧЕНИХ К-СИМЕТРИЧНИХ ОПЕРАТОРІВ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ

Розглянуто застосування модифікованого градієнтного методу до математичних моделей в системах підтримки прийняття рішень, що описуються інтегро-диференціальними рівняннями з малою нелінійністю і К-позитивно визначеними К-симетричними операторами. На основі доведеної теореми зроблено висновки про достатню ефективність застосування модифікованого градієнтного методу у складі програмного забезпечення систем підтримки прийняття рішень для керування безпілотними літальними апаратами. Приведена методика для зручної практичної реалізації вказаного метода.

Ключові слова: динамічні моделі, система підтримки прийняття рішень, польотне завдання, безпілотний літальний апарат, траєкторія польоту, варіаційно-градієнтний метод.

Вступ

Інтенсивний розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) за останній час привів до значного поширення переліку завдань, як у військовій, так і в цивільній сферах. Безпілотні літаки можуть бути застосовані для вирішення завдань, виконання яких недоцільно пілотованими літальними апаратами в силу різних причин. В залежності від специфіки цих завдань, вимоги до них значно відрізняються від інших.

Головна особливість БПЛА – це їх економічність при експлуатації і відсутність ризику для життя екіпажу, можливість вести спостереження і моніторинг з багатьох точок протягом короткого періоду часу. У зв'язку з тим, що запас енергії на борту легкого безпілотного літака є обмеженим, то обмежене також час автономного польоту та можливості використання ряду характерних завдань.

Постановка завдання. Для мінімізації витрат на виконання завдань необхідно впровадження відповідної системи підтримки прийняття рішень (СППР), яка дозволяє в реальному масштабі часу розробляти оптимальну програму польоту БПЛА [1].

Основою СППР є формалізований опис – математична модель ситуації прийняття рішення. В даний час є значні успіхи в розробці і широкому практичному застосуванні математичних моделей різних класів для керування БПЛА [2,3]. Велике розмаїття ситуацій, що виникають при управлінні, необхідність оперативного прийняття рішень, що задовольняють різномірним якісним вимогам, викликають необхідність комплексного використання багатого арсеналу математичних моделей і методів.

Математична модель БПЛА [4] описується рухом матеріальної точки і задається системою зви-

чайних інтегро-диференціальних рівнянь першого порядку або інтегро-диференціальними рівняннями більш високого порядку. Тому для підвищення точності і швидкості обчислень в системах підтримки прийняття рішень для задач керування БПЛА для виконання польоту згідно із заданою програмою є ефективним застосування градієнтних методів.

На сьогоднішній день дослідження нелінійних моделей БПЛА розвинене дуже слабо. Тому поширення градієнтного метода на клас рівнянь з малою нелінійністю і К-позитивно визначеним К-симетричним оператором є актуальним та важливим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдання планування траєкторії в контексті управління складними технічними об'єктами вивчається з 50-х років ХХ століття. Одним з перших проектів в цій області був відомий проект Стенфордського університету США по створенню робота SHAKY в 1966-1972 рр. Саме він поклав початок багаторічним дослідженням методів і підходів до вирішення завдань планування траєкторії та управління безпілотними літальними апаратами, яким приділяється багато уваги [5, 6]. Останнім часом значна увага приділяється застосуванню систем підтримки прийняття рішень для задач управління БПЛА [1 – 3]. На жаль, майже всі існуючі методи планування траєкторії, що використовуються в системах управління сучасними безпілотними літальними апаратами, є достатньо ресурсномісткими і слабо розвинені для нелінійних моделей.

Метою даної статті є дослідження математичної моделі системи підтримки прийняття рішень для управління БПЛА, що описується інтегро-диференціальним рівнянням з малою нелінійністю із К-позитивно визначеним К-симетричним оператором за допомогою модифікованого градієнтного метода.

Основний матеріал

Основою систем моніторингу земної поверхні із БПЛА є система підтримки прийняття рішення. В таких системах досліджуються та розробляються алгоритми, які узгоджують динамічні характеристики об'єкта спостереження з параметрами польоту БПЛА. Це дозволяє в реальному масштабі часу розробляти або коригувати оптимальну програму польоту БПЛА для вирішення задач спостереження та пошуку заданих об'єктів. Крім того, СППР повинна вирішувати ряд основних задач, серед яких: визначення оптимальних режимів польоту в залежності від польотного завдання; визначення оптимальної траєкторії польоту для виконання польотного завдання; побудова оптимальних планів (програм) польотів тощо [1]. З метою вирішення цих завдань в останній час широко застосовуються оберненні задачі механіки [4]. Ці задачі присвячені визначенню прикладених до механічної системи активних сил і моментів, а також обчисленню параметрів даної системи і накладених на неї зв'язків, при яких стає можливим один із рухів із заданими властивостями. Це дає можливість побудови траєкторій, що наближені до оптимальних з урахуванням прийнятих обмежень.

СППР в контурі системи управління БПЛА функціонує таким чином. Керівник розрахунку використання БПЛА – особа, що приймає рішення (ОПР), отримує завдання на проведення пошуку заданого об'єкта у визначеному районі, уточнює та доводить його до оператора керування БПЛА. Оператор формалізує задачу та на її основі, з урахуванням картографічної інформації, оцінки ситуації, аналізу даних, розробляє основні вимоги до виконання польотного завдання для БПЛА. Далі він вводить в СППР відповідні необхідні дані. На основі аналізу вхідної інформації щодо виконання задачі пошуку і розрахунків параметрів польоту БПЛА, СППР за допомогою модулів побудови варіантів плану (програми) польоту формує варіанти цього плану. В модулі прийняття рішення СППР на основі отриманих варіантів здійснюється вибір оптимального плану польоту. При необхідності ОПР контролює і корегує процес вибору плану польоту та, при необхідності, вносить зміни в нього. Характеристики отриманої програми польоту від СППР передаються в підсистему керування БПЛА, яка забезпечує виконання цієї програми.

Система підтримки прийняття рішення включає в себе ряд математичних моделей. Основну частку складають моделі на основі інтегро-диференціальних рівнянь. Прискорення рішення таких математичних моделей дозволить покращити точність керування БПЛА та підвищити достовірність прийнятих рішень.

Введемо до розгляду інтегро-диференціальні оператори

$$(Au)(t) = u^{(n)}(t) + a_1(t)u^{(n-1)}(t) + \dots + a_{n-1}(t)u(t) + \sum_{i=1}^n \int_a^b A_i(x, \xi)u^{(i)}(\xi)d\xi, \quad (1)$$

$$(Fu)(t) = \sum_{i=1}^n \int_a^b C_i(t, \xi)F(\xi, u(\xi))d\xi, \quad (2)$$

визначені на щільній в $L_2([a, b])$ множині

$$D(A) = \{u : u^{(n)} \in L_2([a, b]), U_1 = 0, 1 = \overline{1, n-1}\},$$

де $a_i \in C([a, b])$, $i = \overline{1, n-1}$

$$U_1(u) = \sum_{i=1}^{n-1} (\alpha_{1i}u^{(i)}(a) + \beta_{1i}u^{(i)}(b)), 1 = \overline{0, n-1}, \quad (3)$$

де α_{1i} , β_{1i} сталі числа.

Динамічна модель системи підтримки прийняття рішень для керування БПЛА описується крайовою задачею, що породжена інтегро-диференціальним виразом з параметром λ :

$$(Au)(t) + \lambda(Fu)(t) = f(t), \quad f \in L_2([a, b]); \quad (4)$$

$$U_1(u) = 0, \quad 1 = \overline{0, n-1}. \quad (5)$$

Вважаємо, що оператор $A \in K$ -позитивно визначеним K -симетричним, тобто існує оператор $K : D(K) \rightarrow L_2([a, b])$ вигляду:

$$(Ku)(t) = u^{(m)}(t) + k_1(t)u^{(m-1)}(t) + \dots + k_{m-1}u(t) + \sum_{i=1}^{m-1} \int_a^b K_i(t, \xi)u^{(i)}(\xi)d\xi, \quad (6)$$

$$U_1(u) = 0, \quad t \in [a, b], \quad m \leq n, \quad 1 = \overline{0, m-1},$$

такий, що виконуються умови

$$\exists \mu, \nu > 0 \quad \forall u, v \in D(A)$$

$$\int_a^b (Au)(t)(Ku)(t)dt \geq \mu \int_a^b u^2(t)dt, \quad (7)$$

$$\int_a^b (Ku)^2(t)dt \leq \nu \int_a^b (Au)(t)(Ku)(t)dt, \quad (8)$$

$$\int_a^b (Au)(t)(Kv)(t)dt = \int_a^b (Av)(t)(Ku)(t)dt. \quad (9)$$

Нехай існує лінійний оператор

$$B : D(B) \rightarrow L_2([a, b]) \quad \text{і} \quad D(B) = D(A), \quad \text{що}$$

$$(Bu)(t) = u^{(n)}(t) + b_1(t)u^{(n-1)}(t) + \dots + b_{n-1}u(t) + \sum_{i=1}^{n-1} \int_a^b B_i(t, \xi)u^{(i)}(\xi)d\xi, \quad (10)$$

де b_i – сталі числа.

Оператор $B \in K$ -позитивно визначеним і K -симетричним.

Вважаємо, що справедлива нерівність:

$$\begin{aligned} \exists \gamma, \delta > 0 : \gamma < \delta < \infty \quad \forall u \in D(A) \\ (\gamma - 1) \int_a^b (Bu)(t)(Ku)(t) dt \leq \int_a^b (Au)(t)(Ku)(t) dt \leq (11) \\ \leq (\delta - 1) \int_a^b (Bu)(t)(Ku)(t) dt. \end{aligned}$$

Оператор F – нелінійний і задовольняє умові:

$$\begin{aligned} \exists \alpha, \beta > 0 \quad \forall u, v \in D(F) \\ \int_a^b ((Fu)(t) - (Fv)(t))K(u(t) - v(t)) dt \geq (12) \\ \geq \alpha \int_a^b (B(u(t) - v(t))K(u(t) - v(t))) dt, \\ \int_a^b ((Fu)(t) - (Fv)(t))K(u(t) - v(t)) dt \leq (13) \\ \leq \beta \int_a^b (B(u(t) - v(t))K(u(t) - v(t))) dt. \end{aligned}$$

Розглядаючи задачу (4) – (5) вважаємо, що виконані умови (7) – (13) і $|\lambda| < \frac{2\gamma^{5/2}}{\beta\sqrt{\delta}(\delta + \gamma)}$. Застосуємо до задачі (4) – (5) модифікований градієнтний метод. Візьмемо $u_0 \in D(A)$ довільне початкове наближення, і припустимо, що $(k - 1)$ -ше наближення знайдено.

Тоді k -те шукаємо за формулою:

$$\begin{aligned} (Bu_k)(t) = (Bu_{k-1})(t) + \tau_k r_k(t), \\ t \in [a, b], \quad k \geq 1, \end{aligned} (14)$$

де $r_k(t) = f(t) - (Au_{k-1})(t) - \lambda(Fu_{k-1})(t)$ - нев'язка, а τ_k деякий параметр, який визначається з умови мінімуму функціоналу:

$$\begin{aligned} \Phi(u_k) = \int_a^b (Au_k)(t)(Ku_k)(t) dt - \\ - 2 \int_a^b f(t)(Ku_k)(t) dt + \\ + 2\lambda \int_a^b (Fu_{k-1})(t)(Ku_k)(t) dt. \end{aligned} (15)$$

Оскільки оператор B має обернений, існує функція Гріна для задачі:

$$\begin{aligned} (BR_k)(t) = r_k(t), \quad t \in [a, b] \\ U_1(R_k) = 0, \quad k \geq 1. \end{aligned} (16)$$

Тобто

$$R_k(t) = \int_a^b G(t, \xi) r_k(\xi) d\xi (17)$$

і вираз (14) можна переписати у вигляді

$$u_k(t) = u_{k-1}(t) + \tau_k R_k(t), \quad t \in [a, b]. (18)$$

З умови мінімуму функціоналу (15) після перетворень з урахуванням (17) – (18) маємо співвідношення для визначення параметра τ_k :

$$\tau_k = \frac{\int_a^b R_k(t)(KR_k)(t) dt}{\int_a^b (AR_k)(t)(KR_k)(t) dt}. (19)$$

Обґрунтування методу. На множині $D(B)$ задамо новий скалярний добуток

$$[u, v] = (Bu, Kv) = \int_a^b (Bu)(t)(Kv)(t) dt. (20)$$

Тоді для (20) будуть виконуватись всі аксіоми скалярного добутку, і лінійну множину $D(B)$ можна розглядати, як дійсний гільбертів простір. Будемо називати замикання множини $D(B)$ в сенсі метрики (20) енергетичним простором H_B . Норму елемента u в H_B будемо позначати через $|u|_B$, так що

$$|u|_B^2 = [u, u], \quad u \in D(B).$$

Теорема: Якщо в рівнянні (4) оператори A і F задовольняють умові (6) – (13), параметр

$$|\lambda| < \frac{2\gamma^{5/2}}{\beta\sqrt{\delta}(\gamma + \delta)},$$

то модифікований градієнтний метод (14) – (19) збігається і швидкість збіжності характеризується оцінкою:

$$|u^* - u_k|_B \leq \eta^k |u^* - u_0|_B, \quad k \geq 1, (21)$$

$$\eta = \frac{\delta + \lambda\beta}{\gamma + \lambda\alpha}, \quad \rho = \frac{\delta - \gamma}{\delta + \gamma}, \quad \rho = \frac{\beta\sqrt{\delta}}{\gamma^{3/2}}. (22)$$

Доведення: Нехай K_0 - розширення оператора K на весь простір H_B . Тоді оператори A і B можуть бути розширені до замкнених K_0 - позитивно визначених операторів A_0 і B_0 , таких, що $A_0 \subset A$, $B_0 \subset B$. A_0 і B_0 мають неперервні оберненні і H_B містить всі елементи, які реалізують мінімум функціоналу $\Phi(u_k)$.

Введемо заміни:

$$G = B^{-1}A, \quad C = B^{-1}F, \quad g = B^{-1}f. (23)$$

Оператори G і C можуть бути розширені на весь H_B [7].

Розглянемо рівняння

$$Gu + \lambda Cu = g, \quad g \in H_B. \quad (24)$$

Оператори G і C діють в просторі H_B . Оператор G є лінійним позитивно визначеним обмеженим і симетричним в H_B . Дійсно, з (9), (20) враховуючи (23), маємо

$$\forall u, v \in H_B \quad [Gu, v] = [B^{-1}Au, v] = (Au, Kv) = (Av, Ku) = [Gv, u]. \quad (25)$$

А умова (11) набуде вигляд:

$$\gamma |u|_B^2 \leq [Gu, u] \leq \delta |u|_B^2, \quad \forall u \in H_B. \quad (26)$$

Для нелінійного оператора C умови (12), (13) приймуть вигляд

$$[Cu - Cv, u - v] \geq \alpha |u - v|_B^2, \quad \forall u, v \in H_B, \quad (27)$$

$$[Cu - Cv, u - v] \leq \beta |u - v|_B^2, \quad \forall u, v \in H_B, \quad (28)$$

В силу нерівностей (27), (28) нелінійний оператор C є Ліпшиць-неперервним і монотонним. Тобто рівняння (24) має єдиний розв'язок [7].

Після заміни (23) метод (14) – (19) набуде вигляд:

$$u_k = u_{k-1} + \tau_k \varepsilon_k, \quad (29)$$

де $\varepsilon_k = g - Gu_{k-1} - \lambda Cu_{k-1}$, а невідомий параметр τ_k знаходимо з умови мінімуму функціоналу:

$$\tilde{\Phi}(u_k) = [Gu_k, u_k] - 2[g, u_k] + 2\lambda [Cu_{k-1}, u_k]. \quad (30)$$

Після перетворень отримаємо вираз для визначення τ_k

$$\tau_k = \frac{[\varepsilon_k, \varepsilon_k]}{[G\varepsilon_k, \varepsilon_k]}. \quad (31)$$

Отже розв'язання задачі (4)– (5) методом (14) – (19) рівносильне розв'язанню рівняння (24) методом (29) – (31). Згідно теореми [8] про збіжність градієнтного методу, застосованого до рівнянь з малою нелінійністю, метод (29) – (31) збігається. Тобто збігається і метод (14)–(19), при цьому швидкість збіжності характеризується оцінкою (21)–(22).

Методика застосування модифікованого градієнтного методу. Розглянемо обчислювальну схему яку доцільно використовувати при практичній реалізації модифікованого градієнтного методу для динамічних моделей з малою нелінійністю і K -позитивно визначеним K -симетричним оператором (рис. 1).

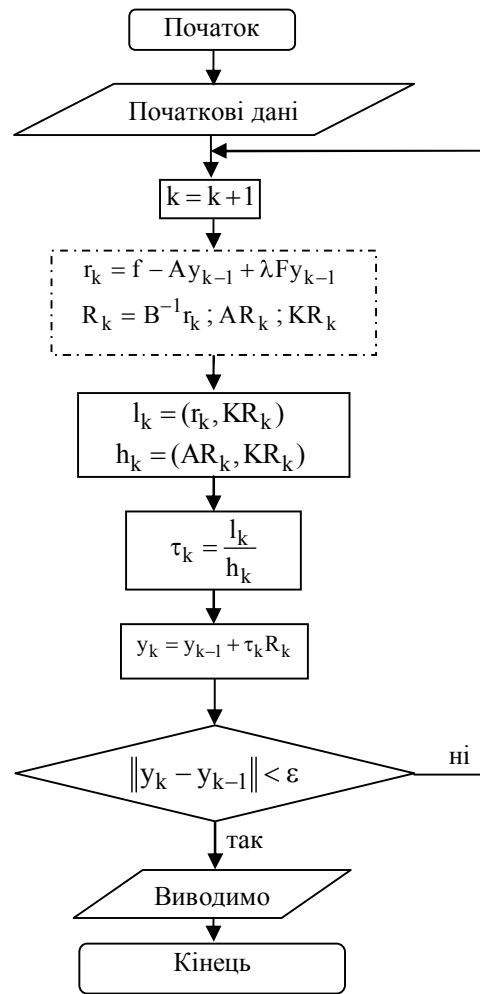


Рис. 1. Блок-схема алгоритму модифікованого градієнтного методу

1. Задамо початкові дані x_0 , ε , $k = 1$.
2. Обчислимо нев'язку:

$$r_k(t) = u(t) - x_{k-1}^{(m)}(t) + a_1(t)x_{k-1}^{(m-1)}(t) + \dots + a_{m-1}(t)x_{k-1}(t) + \sum_{i=1}^m \int_a^b A_i(x, \xi)x_k^{(i)}(\xi)d\xi - \lambda \sum_{i=1}^m \int_a^b C_i(t, \xi)F(\xi, x_{k-1}(\xi))d\xi.$$

3. Знайдемо функцію Гріна для задачі

$$(BR_k)(t) = r_k(t), \quad t \in [a, b],$$

$$U_1(R_k) = 0, \quad 1 = \overline{0, m-1}, \quad k \geq 1.$$

Тобто $R_k(t) = \int_a^b G(t, \xi)r_k(\xi)d\xi$ при $t \in [a, b]$.

4. Обчислимо вирази

$$(AR_k)(t) = R_k^{(m)}(t) + a_1(t)R_k^{(m-1)}(t) + \dots + a_{m-1}(t)R_k(t) + \sum_{i=1}^m \int_a^b A_i(x, \xi)R_k^{(i)}(\xi)d\xi;$$

$$(KR_k)(t) = R_k^{(s)}(t) + k_1(t)R_k^{(s-1)}(t) + \dots + k_{s-1}R_k(t) + \sum_{i=1}^{s-1} \int_a^b K_i(t, \xi) R_k^{(i)}(\xi) d\xi.$$

5. Обчислимо скалярні добутки

$$l_k = \int_a^b r_k(t) KR_k(t) dt; \quad h_k = \int_a^b AR_k(t) KR_k(t) dt.$$

6. Обчислимо параметр τ_k : $\tau_k = \frac{l_k}{h_k}$.

7. Запишемо наближення $x_k = x_{k-1} + \tau_k R_k$

8. Якщо $\int_a^b (x_k(t) - x_{k-1}(t))^2 dt \geq \varepsilon^2$, то $k = k + 1$

і повторити кроки 2–7.

Цей алгоритм дає можливість оптимально реалізувати модифікований градієнтний метод в процесі автоматизації керування безпілотним літальним апаратом.

Висновки

Застосування варіаційно-градієнтних методів в СППР дозволить досягти нової якості функціонування автоматизованих систем управління, істотно підвищити оперативність обробки інформації в процесах прийняття рішень і, тим самим, підвищити якість і ефективність управління БПЛА.

Це дозволить підвищити ефективність застосування безпілотних комплексів розвідки та спостереження за рахунок автоматизації підготовки польотного завдання, оптимізації маршруту польоту з прив'язкою до електронної карти місцевості та визначення оптимальних параметрів польоту з можливістю корегування параметрів польотного завдання в реальному масштабі часу.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ГРАДИЕНТНЫЙ МЕТОД ДЛЯ K-ПОЛОЖИТЕЛЬНО ОПРЕДЕЛЕННЫХ K-СИММЕТРИЧНЫХ ОПЕРАТОРОВ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Н.Б. Дахно

Рассмотрено применение модифицированного градиентного метода к математическим моделям в системах поддержки принятия решений, которые описываются интегро-дифференциальными уравнениями с малой нелинейностью и K-положительно определенными K-симметричными операторами. На основе доказанной теоремы сделаны выводы о достаточной эффективности применения модифицированного градиентного метода в составе программного обеспечения систем поддержки принятия решений, для управления беспилотными летательными аппаратами. Приведена методика для удобной практической реализации указанного метода.

Ключевые слова: динамические модели, система поддержки принятия решения, полетное задание, беспилотный летательный аппарат, траектория полета, вариационно-градиентный метод.

MODIFIED GRADIENT METHOD FOR K-POSITIVE DEFINITENESS OF K-SYMMETRIC OPERATOR IN A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR CONTROL UNMANNED AERIAL VEHICLES

N.B. Dakhno

The application of the modified gradient method to mathematical models in decision support systems, which are described by integro-differential equations with small nonlinearity and the K-positive definite K-symmetric operators, is reviewed. Conclusions about the sufficient effectiveness of the modified gradient method in the software of decision support systems for the control of unmanned aerial vehicles are based on the proved theorem. The technique for easy practical implementation of this method is provided.

Keywords: dynamic models, decision support system, flight mission, unmanned aerial vehicles, trajectory, variation-gradient method.

Список літератури

1. Самков О.В. Підтримка прийняття рішень в системі управління літального апарата / О.В. Самков, В.І. Сілков, О.П. Гожий, О.Є. Мавренков // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. – К.: ДНДІА, 2012. – Вип.(8)15. – С. 104 – 109.
2. Барабаи О.В. Нечіткі моделі опису ситуацій в системах автоматичного управління літальним апаратом / О.В. Барабаи, Д.М. Обідін, Р.В. Храцевський // Збірник наукових праць Військового інституту КНУ імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2012. – № 38. – С. 6 – 13.
3. Барабаи О.В. Модель баз знань інтелектуальної системи управління високошвидкісного рухомого об'єкта на основі її верифікації / О.В. Барабаи, Д.М. Обідін, А.П. Мусієнко // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: ХУПС, 2004. – № 5 (121). – С. 3 – 6.
4. Кондратьєва Л.А. Обратные краевые задачи на многообразиях / Л.А. Кондратьєва // Вестник Российского университета дружбы народов, Серия Математика. Информатика. Физика. – М., 2010. – №1. – С. 34 – 38.
5. Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / В.М. Илюшко, М.М. Митрахович, А.В. Самков, В.И. Силков и др.; под общ. ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2012. – 302 с.
6. Мосов С.П. Аналіз застосування авіації в післявоєнний період / С.П. Мосов, Р.В. Храцевський // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2009. – № 1 (17). – С. 67 – 71.
7. Гаевский Х. Нелинейные операторные уравнения и операторные дифференциальные уравнения / Х. Гаевский, К. Греггер, К. Захаряс. – М.: Мир, 1978. – 336 с.
8. Дахно Н.Б. Застосування модифікованого градієнтного методу до операторних рівнянь з малою нелінійністю для аналізу захищеності інформаційних структур / Н.Б. Дахно // Вісник ДУІКТ. – К.: ДУІКТ, 2009. – Т. 7(4). – С. 323 – 327.

Надійшла до редколегії 29.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Кравченко, Київський національний університет ім. Т. Шевченка, Київ.

УДК 621.396

Д.В. Карлов

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОГО ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ МАЛОВИСОТНОЇ ЦІЛІ ПРИ ЇЇ ЛОКАЦІЇ НАД МОРЕМ

В статті запропоновано алгоритм оптимального оцінювання часу затримки сигналу при локації маловисотних цілей за межами дальності прямої видимості. Алгоритм враховує наявність фазових флуктуацій відбитих від маловисотних цілей сигналів, які обумовлені середовищем поширення радіохвиль. При цьому кореляційна функція фазових флуктуацій описується експоненціальною функцією. Розрахунки, які наведені в статті свідчать про те, що використання запропонованого алгоритму вимірювання дальності дозволяє підвищити точність оцінювання дальності від 2 до 2,5 разів.

Ключові слова: фазові флуктуації, кореляційна функція, дисперсія.

Вступ

Постановка проблеми. При вирішенні задачі автоматизації процесу наведення винищувальної авіації на ціль, особливо в приморських районах, виникає ряд проблемних питань у вирішенні яких у ряді випадків не вдається здійснити традиційними методами.

До таких питань відноситься випадок, коли наведення винищувальної авіації необхідно здійснювати на маловисотну ціль. В умовах рівнинного узбережжя проблемним є забезпечення необхідною для прийняття рішення дальності. Однак, як показано в [1], у випадку коли якщо визначеним чином забезпечити дислокацію радіотехнічних систем на узбережжі, то за рахунок використання умов розповсюдження радіохвиль над морською поверхнею, що забезпечують виникнення областей простору з аномально малим коефіцієнтом згасання радіохвиль, можливо значно збільшити дальність дії радіотехнічних систем.

Однак, як свідчать результати експериментальних досліджень [2], в цьому випадку при використанні традиційних алгоритмів вимірювання дальності до цілі істотно зростають помилки вимірювання координат цілі, що не дозволяє вирішити задачу наведення винищувача на ціль.

Аналіз останніх публікацій показав, що при локації за межами дальності прямої видимості при використанні фазометричного методу вимірювання дальності збільшуються помилки вимірювання дальності такої цілі.

Як показано в [2], це обумовлено появою разом з некорельованими і корельованими складовими фазових флуктуацій сигналів, відбитих від маловисотних цілей, які лоцюються за межами дальності прямої видимості.

Ряд робіт [2, 3] стали теоретичним підґрунтям для оптимізації процесу вимірювання часу запіз-

нення сигналу. В цих роботах процес оптимізації вимірювання дальності до цілі, яка лицюється над морем, розглядається в припущенні, що флуктуації сигналів відбитих від маловисотних цілей розподілені за нормальним законом, а кореляційна функція цих флуктуацій має довільний вигляд.

В даній статті запропоновано алгоритм оптимального оцінювання для випадку, коли кореляційна функція фазових флуктуацій описується експоненціальною функцією.

Метою статті є синтез оптимального алгоритму вимірювання дальності цілі, яка лицюється над морем, при умові, що флуктуації фази відбитих сигналів розподілені за нормальним законом, а кореляційна функція фазових флуктуацій описується експоненціальною функцією.

Основна частина

Оскільки, як показано в [2, 3], флуктуації фази частотних компонент сигналу, відбитого від цілі, яка лицюється над морем, розподілені за нормальним законом, то це дозволяє оптимізувати процес вимірювання дальності за критерієм максимуму логарифма відношення правдоподібності.

За цим критерієм в роботі [4] отримані співвідношення для вимірювання часу запізнення та дисперсії оцінки групового запізнення при використанні кореляційної функції фазових флуктуацій, яка задана у загальному вигляді.

Як показано в [4], оптимальна оцінка часу запізнення має наступний вигляд:

$$\hat{t}_3 = \int_{-\infty}^{\infty} y(\Omega) R(\Omega) d\Omega \times \left[\int_{-\infty}^{\infty} \Omega \operatorname{rect}\left(\frac{\Omega}{\Delta\Omega}\right) R(\Omega) d\Omega \right]^{-1}, \quad (1)$$

де $y(\Omega) = x(\Omega) + n(\omega_0 + \Omega)$ – вхідний сигнал, що

має вигляд суми сигналу, який очікується, $x(\Omega)$ та фазочастотного шуму $n(\omega_0 + \Omega)$;

$\Delta\Omega$ – ширина спектру зонduючого сигналу;

ω_0 – несуча частота;

$R(\Omega)$ – вагова функція.

Згідно з [4] співвідношення для дисперсії оцінки групового часу запізнення записується наступним чином:

$$\sigma_t^2 = \frac{144}{\Delta\Omega^6} \times \int_{-0,5\Delta\Omega}^{0,5\Delta\Omega} \int_{-0,5\Delta\Omega}^{0,5\Delta\Omega} \Omega\Omega_1 \Phi(\Omega, \Omega_1) d\Omega d\Omega_1, \quad (2)$$

де $\Phi(\Omega, \Omega_1)$ – кореляційна функція фазових флуктуацій частотних компонент сигналу.

Оскільки, при поширенні сигналу до цілі і назад дія середовища здійснюється на його частотні компоненти, обмежені шириною спектру $\Delta\Omega$, рівняння з ваговою функцією, в даному випадку, матиме вигляд:

$$\int_{-0,5\Delta\Omega}^{0,5\Delta\Omega} \Phi(\Omega, \Omega_1) \text{rect}\left(\frac{\Omega}{\Delta\Omega}\right) R(\Omega_1, t_3) dt_3 = x(\Omega). \quad (3)$$

У випадку, якщо фазові флуктуації частотних складових сигналу описуються експоненціальною кореляційною функцією:

$$\Phi(\Omega, \Omega_1) = \sigma_\phi^2 \exp\left\{-\frac{1}{\rho}|\Omega - \Omega_1|\right\}, \quad (4)$$

то інтегральне рівняння для знаходження вагової функції матиме вигляд:

$$\sigma_\phi^2 \text{rect}\left(\frac{\Omega}{\Delta\Omega}\right) \times \int_{-0,5\Delta\Omega}^{0,5\Delta\Omega} \exp\left\{-\frac{1}{\rho}|\Omega - \Omega_1|\right\} R(\Omega_1, t_3) dt_3 = \Omega t_3 \text{rect}\left(\frac{\Omega}{\Delta\Omega}\right). \quad (5)$$

Для його вирішення двічі продиференціюємо ліву і праву частини, приведемо подібні і, враховуючи, що

$$R(\Omega, t_3) = t_3 R(\Omega),$$

отримаємо:

$$R(\Omega) = \frac{\rho}{2\sigma_\phi^2} \times \left\{ \frac{\Omega}{\rho^2} \text{rect}\left(\frac{\Omega}{\Delta\Omega}\right) - \left(\frac{\Delta\Omega}{2\rho} + 1\right) \times \left[\delta\left(\Omega + \frac{\Delta\Omega}{2}\right) - \delta\left(\Omega - \frac{\Delta\Omega}{2}\right) \right] \right\}, \quad (6)$$

де $\delta\left(\Omega \pm \frac{\Delta\Omega}{2}\right)$ – дельта-функція.

Визначимо дисперсію оцінки оптимального вимірювання групового запізнення в даному випадку. Підставляючи (5) в (2), отримаємо:

$$\sigma_{t_{\text{опт}}}^2 = \frac{\sigma_\phi^2}{\Delta\Omega^2} \cdot \frac{12c}{1 + 3c + 3c^2}. \quad (7)$$

Отримаємо вираз для алгоритму оптимального вимірювання групового запізнення (дальності до цілі).

Скориставшись співвідношенням (5), відповідно отримаємо кінцеве співвідношення:

$$\hat{t}_3 = K_1 \int_{-0,5\Delta\Omega}^{0,5\Delta\Omega} \Omega y(\Omega) d\Omega + K_2 \left[y\left(\frac{\Delta\Omega}{2}\right) - y\left(-\frac{\Delta\Omega}{2}\right) \right], \quad (8)$$

де K_1 та K_2 – вагові коефіцієнти.

Вагові коефіцієнти знаходяться за наступними виразами:

$$K_1 = 12 \left[\Delta\Omega^3 (1 + 3c + 3c^2) \right]^{-1}, \quad (9)$$

$$K_2 = (3c + 3c^2) \left[\Delta\Omega (1 + 3c + 3c^2) \right]^{-1}, \quad (10)$$

Порівняємо дисперсію помилки оптимального вимірювання групового запізнення алгоритму (8) з дисперсією помилки вимірювання t_3 по алгоритму, що не враховує кореляцію фазових флуктуацій.

Відповідно до (2), для дисперсії помилки вимірювання t_3 по алгоритму, оптимальному до некорельованих фазових флуктуацій, отримаємо співвідношення:

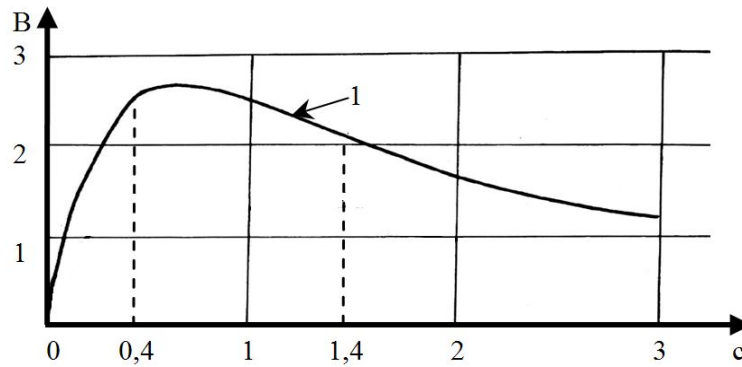
$$\sigma_t^2 = \frac{12\sigma_\phi^2}{\Delta\Omega^2} \times \left\{ c - \frac{3}{2}c^2(1+c) \left[e^{-\frac{2}{c}} + 1 + c \left(e^{-\frac{2}{c}} - 1 \right) \right] \right\}. \quad (11)$$

Використовуючи співвідношення (11), оцінимо виграш (В) в точності вимірювання t_3 , який забезпечується використанням запропонованого оптимального алгоритму, за допомогою виразу:

$$B = \frac{\sigma_t^2}{\sigma_{t_{\text{опт}}}^2}. \quad (12)$$

Результати розрахунку значення В приведені на рис. 1.

З даних, приведених на рис. 1, зрозуміло, що в інтервалі значень $c = 0,4 - 1,4$ виграш в точності складає від 2 до 2,5 разів.

Рис. 1. Оцінка виграшу в точності вимірювання t_3

Висновок

Отже особливістю вимірювання дальності до цілі, лоцуюмої над морем в межах тропосферного хвилеводу на відстані, більшій дальності прямої видимості, є врахування разом з некорельованих і корельованих частотних складових фазових флуктуацій відбитого від цілі сигналу в частотній області. При цьому оцінка часу запізнення відбитого сигналу при припущенні про нормальний закон розподілу фазових флуктуацій в частотній області буде незміщеною.

Запропонований алгоритм оптимальної оцінки дальності може бути використаний при побудові перспективних РЛС приморського базування. Використання синтезованого алгоритму може забезпечити підвищення точності вимірювання дальності цілі від 2 до 2,5 разів.

Список літератури

1. Особенности дислокации радиотехнических систем приморского базирования при локации маловысотных целей / Н.Н. Петрушенко, В.Д. Карлов, Е.О. Меленти, К.П. Квиткин // 11 науково-технічна конференції „Створення та модернізація озброєння і військової техніки

в сучасних умовах”, 8-9 вересня 2011 року: тези доповідей. – Феодосія: ДНВЦ МО України, 2011. – С. 140.

2. Результаты экспериментальных исследований параметров эхо-сигналов в радиотехнических системах приморского базування. / М.М. Петрушенко, В.Д. Карлов, Д.В. Карлов, В.Л. Мисайлов // Тези доповідей 10 науково-технічної конференції „Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах”. – Феодосія, 2-3 вересня 2010. – С. 288.

3. Статистичні характеристики радіолокаційних сигналів, відбитих від місцевих предметів в умовах аномальної рефракції / В.Д. Карлов, Г.В. Певцов, Н.Н. Петрушенко, В.Л. Мисайлов // Науково-технічний журнал. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил – 2011. – Вип. 1(5). – С.69-72.

4. Деякі аспекти локації маловисотних цілей за межами дальності прямої видимості над морем / В.Д. Карлов, Є.О. Меленти, О.К. Шейгас, В.М. Петрушенко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 1 (108). – С.66-69.

Надійшла до редколегії 21.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ МАЛОВЫСОТНОЙ ЦЕЛИ ПРИ ЕЕ ЛОКАЦИИ НАД МОРЕМ

Д.В. Карлов

В статье предложен алгоритм оптимального оценивания времени запаздывания сигнала при радиолокации маловысотных целей за пределами дальности прямой видимости. Алгоритм учитывает наличие фазовых флуктуаций отраженных от маловысотных целей сигналов, которые обусловлены средой распространения радиоволн. При этом корреляционная функция фазовых флуктуаций описывается экспоненциальной функцией. Расчеты, представленные в статье свидетельствуют о том, что использование предложенного алгоритма измерения дальности позволяет повысить точность оценивания дальности от 2 до 2,5 раз.

Ключевые слова: фазовые флуктуации, корреляционная функция, дисперсия.

ALGORITHM OF OPTIMAL MEASURING OF DISTANCE OF IS AT LOCATION OF LOW-ALTITUDE TARGET ABOVE SEA

D.V. Karlov

In the article the algorithm of optimal evaluation of time of delay of signal is offered at location of low-altitude target outside distance of line-of-sight. An algorithm takes into account the presence of phase fluctuations of the signals removed from of low-altitude target, what distributions of radio waves conditioned by an environment. Thus the cross-correlation function of phase fluctuations is described by an exponential function. Calculations which over are brought in the article testify that the use of the offered algorithm of measuring of distance allows to promote exactness of evaluation of distance from 2 to 2,5 times.

Keywords: phase fluctuations, cross-correlation function, dispersion.

УДК 629.73.017.2

И.Б. Ковтонюк

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

ВЛИЯНИЕ УГЛА АТАКИ НА АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОГО ПРОФИЛЯ С ИНТЕРЦЕПТОРОМ

Приведены аэродинамические характеристики тонкого профиля с интерцептором, расположенным на нижней поверхности профиля. Рассмотрено влияние угла атаки и угла отклонения интерцептора на его аэродинамическую эффективность.

Ключевые слова: профиль крыла, аэродинамические характеристики, интерцептор, коэффициент давления.

Введение

Летно-технические характеристики самолета-истребителя в значительной степени определяются высокой маневренностью на дозвуковых скоростях полета. Маневренность летательного аппарата (ЛА) зависит от возможности достижения больших нормальных и продольных перегрузок, что, в свою очередь, ведет к необходимости реализации больших значений коэффициентов подъемной силы и выхода на большие углы атаки.

Для большинства современных истребителей величина допустимого угла атаки ограничена возможностью управления по крену. Элероны, флапероны и интерцепторы при углах атаки α более $20...25^\circ$ теряют свою эффективность, что выдвигает проблему обеспечения поперечного управления на больших углах атаки [1, 2]. Решение данной проблемы может быть осуществлено энергетическими либо аэродинамическими методами. Из энергетических способов создания управляющего поперечного момента известны: струйные рули, дифференциальное отклонение вектора тяги силовой установки [3]. Недостатком этих технических решений, ограничивающим их использование, является ухудшение характеристик двигателя, вызванное отбором воздуха от компрессора или поворотом реактивной струи.

Наибольшее распространение в настоящее время получили аэродинамические пути обеспечения эффективности поперечного управления на больших углах атаки: совершенствование формы крыла, отклонение органов механизации, использование новых, нетрадиционных рулей [4]. Данная работа посвящена последнему направлению исследований. Полет на больших углах атаки характерен образованием отрывных зон на крыле, при попадании в которые органы поперечного управления становятся неэффективными. Это обстоятельство обуславливает выбор положения рулей вне возможных зон отрыва: вблизи передней кромки крыла или на его нижней поверхности [4].

Принцип работы некоторых предложенных органов поперечного управления основан на использовании эффектов, связанных с “полезным” отрывом потока: генерированием вихревой пелены и воздействием на режим отрывного обтекания крыла.

Работа в направлении поиска рулей, обеспечивающих создание кренящего момента на больших, включая закритические, углах атаки, привела автора к идее использования для этих целей интерцептора, установленного на нижней поверхности крыла, управляющий эффект которого образуется за счет разрежения в отрывной зоне за интерцептором [5].

Целью данной статьи является исследование аэродинамических характеристик тонкого профиля с предлагаемым интерцептором.

Основной материал

При проведении исследований использовался метод дискретных вихрей в нелинейной нестационарной постановке. Основные положения данного метода и система обозначений изложена в [6].

В результате вычислительного эксперимента определялись осредненные по времени величины коэффициентов давления и аэродинамических коэффициентов на интервале изменения безразмерного времени τ [5]:

$$0 \leq \tau \leq 7,5.$$

Эффективность интерцептора во всех случаях оценивалась по относительному приращению осредненного коэффициента нормальной силы профиля с интерцептором по сравнению с профилем без интерцептора $\Delta \bar{C}_y$ ($\Delta \bar{C}_y = \Delta C_y / C_y$, где ΔC_y - изменение коэффициента нормальной силы при отклонении интерцептора, C_y - значение коэффициента нормальной силы при неотклоненном интерцепторе).

Величина $\Delta \bar{C}_y$ зависит от угла отклонения интерцептора. С ростом угла атаки α угол отклонения интерцептора δ_u , при котором достигается макси-

мальный управляющий эффект, уменьшается. На $\alpha = 30^\circ$ при $\bar{x}_{и-} = 0,225$ и $\bar{b}_{и} = 0,275$ максимальное $\Delta\bar{C}_y$ обеспечивается при $\delta_u = 75^\circ$, на угле атаки $\alpha = 50^\circ$ при $\delta_u = 60^\circ$, а на $\alpha = 70^\circ$ при $\delta_u = 30^\circ$ (рис. 1) ($\bar{b}_{и} = b_{и} / b$, где $b_{и}$ – хорда интерцептора, b – хорда профиля, $\bar{x}_{и} = x_{и} / b$, где $x_{и}$ – координата оси поворота интерцептора, знак “-” означает размещение интерцептора на нижней поверхности профиля). Отклонение интерцептора на угол $\delta_u = 90^\circ$ и больше не приносит ощутимого эффекта из-за уменьшения интенсивности отрыва. На рис. 1 штрихпунктирной линией показаны максимальные значения $\Delta\bar{C}_y$, которые удалось получить.

Интерцептор, расположенный на нижней поверхности профиля на расстоянии $\bar{x}_{и-} = 0,225$ от передней кромки профиля, сохраняет свою эффективность до угла атаки $\alpha \approx 75^\circ$ (рис. 1).

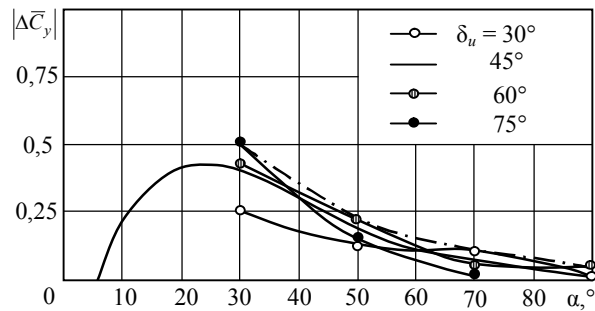


Рис. 1. Абсолютные значения относительного приращения осредненного коэффициента нормальной силы профиля при различных углах отклонения интерцептора

На рис. 2 показана картина распределения осредненного коэффициента давления C_p для профиля с интерцептором при $\bar{x}_{и-} = 0,225$, $\bar{b}_{и} = 0,275$, $\delta_u = 45^\circ$ и $\alpha = 30^\circ$. Обтекание безотрывное. Анализ данных, приведенных на рис. 2, показывает, что управляющий эффект, вызванный разрежением за интерцептором [6], создается и при безотрывном обтекании.

Также, как и в случае отрывного обтекания [4], нагрузка на интерцептор уменьшает управляющий эффект (рис. 2).

Торможение потока перед интерцептором практически отсутствует (рис. 2).

Исследование влияния угла атаки на аэродинамические характеристики профиля с интерцептором на нижней поверхности. Для наиболее эффективного интерцептора при $\bar{x}_{и-} = 0,225$ и $\bar{b}_{и} = 0,275$ рассчитывались аэродинамические характеристики в закритическом диапазоне углов атаки α . Коэффици-

ент момента тангажа m_z , определявшийся относительно носка профиля, для профиля с выпущенным интерцептором при $\alpha < 40^\circ$ имеет меньшую абсолютную величину при всех значениях угла отклонения δ_u по сравнению с профилем без механизации, что обусловлено уменьшением аэродинамической нагрузки при выпуске интерцептора (рис. 3). При увеличении $\alpha > 50^\circ$ разница в величинах m_z значительно уменьшается и для $\alpha > 80^\circ$ становится почти равной нулю (рис. 3).

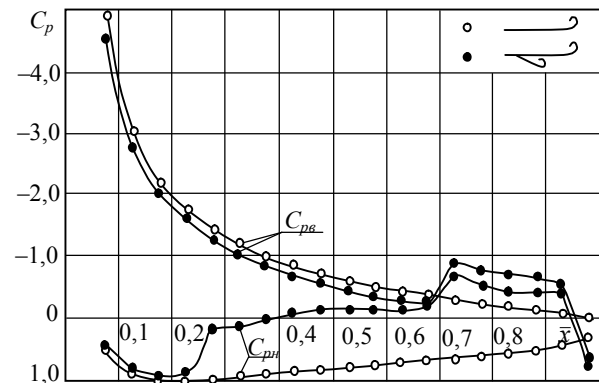


Рис. 2. Картина распределения осредненного коэффициента давления C_p для профиля с интерцептором при $\bar{x}_{и-} = 0,225$, $\bar{b}_{и} = 0,275$, $\delta_u = 45^\circ$, $\alpha = 30^\circ$

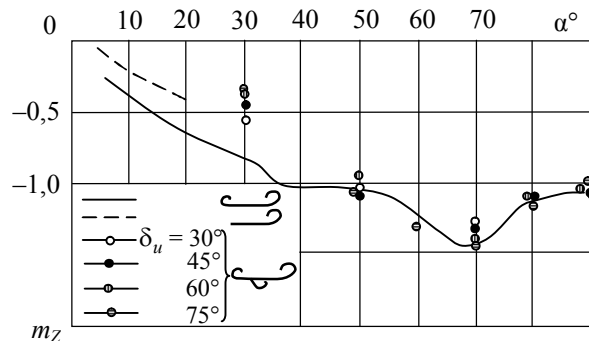


Рис. 3. Зависимость коэффициента момента тангажа от угла атаки для профиля с интерцептором при $\bar{x}_{и-} = 0,225$ и $\bar{b}_{и} = 0,275$ для различных узлов отклонения интерцептора

Коэффициент продольной силы C_x существенно зависит от угла отклонения интерцептора (рис. 4). С ростом величины δ_u значение C_x также возрастает, что вызвано увеличением нагрузки на интерцептор. При увеличении δ_u от 30 до 75° для $\alpha = 30^\circ$ коэффициент C_x увеличивается более, чем в 3 раза (рис. 4). С ростом угла атаки α C_x уменьшается и при $\alpha \approx 80 \dots 90^\circ$ становится практически равным нулю (рис. 4).

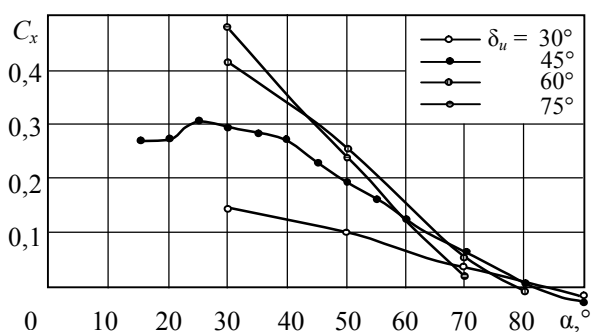


Рис. 4. Зависимость коэффициента продольной силы C_x профиля с интерцептором от угла отклонения интерцептора при $\bar{x}_{и-} = 0,225$, $\bar{b}_{и} = 0,275$ для различных узлов отклонения интерцептора

Такое изменение коэффициента C_x по углу атаки объясняется уменьшением нагружения интерцептора, а, значит, и соответствующей проекции аэродинамической нагрузки на ось продольную ОХ с ростом α .

Относительная координата центра давления \bar{X}_d при $\alpha < 40^\circ$ несколько уменьшается при выпуске интерцептора на профиле (рис. 5). Это вызвано более сильным уменьшением коэффициента момента тангажа m_z по сравнению с уменьшением коэффициента нормальной силы C_y .

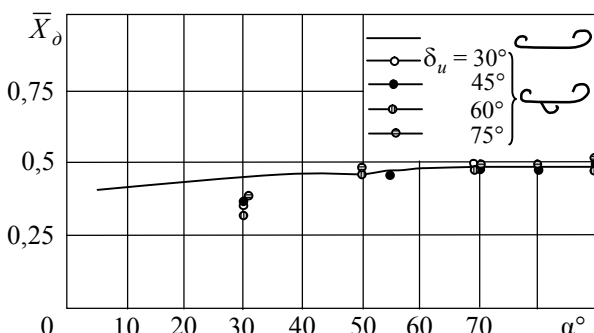


Рис. 5. Зависимость относительной координаты центра давления от угла атаки для профиля с интерцептором при $\bar{x}_{и-} = 0,225$ и $\bar{b}_{и} = 0,275$ для различных углов отклонения интерцептора

При увеличении угла атаки α изменение \bar{X}_d при выпуске интерцептора уменьшается, что обусловлено уменьшением разницы в соответствующих изменениях C_y и m_z (рис. 5).

Выводы

1. Размещение интерцептора на нижней поверхности профиля позволяет сохранить управляющее воздействие интерцептора на больших, в том числе закритических углах атаки.

2. При отрывном обтекании профиля с интерцептором с увеличением угла атаки угол отклонения интерцептора, при котором достигается максимальный управляющий эффект, уменьшается.

3. Отклонение интерцептора на угол $\delta_0 = 90^\circ$ и больше неэффективно из-за уменьшения интенсивности отрыва потока.

4. При безотрывном обтекании профиля с интерцептором на нижней поверхности создается управляющий эффект, вызванный разрежением за интерцептором.

Список литературы

1. *Летно-технические характеристики самолета Су-27* / [М.С.Архипов и др.]; под ред. А.И. Нелюбова. – М. : ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1988. – 139 с.
2. *Летно-технические характеристики самолета Миг-29* / [Ф. И. Ганиев и др.]; под общ. ред. А.М. Тарасенкова. – М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1985. – 85 с.
3. Чжен П. *Управление отрывом потока* / П. Чжен – М.: Мир, 1979. – 552 с.
4. Бушуев В.И. *К теории вихревой механизации* [Текст] / В.И. Бушуев, А.Н. Желанников // Труды ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. – 1986. – Вып. 1313. – С. 176-182.
5. Ковтонюк И.Б. *Аэродинамическая эффективность механизации тонкого профиля в широком диапазоне углов атаки при обтекании потоком идеальной несжимаемой жидкости* / И.Б. Ковтонюк // Системы управління, навігації та зв'язку. – 2015. – Вип. 1(33). – С. 73-76.
6. Белоцерковский С.М. *Отрывное и безотрывное обтекание тонких крыльев идеальной жидкостью* / С.М. Белоцерковский, М.И. Ништ. – М. : Наука, 1978. – 351 с.

Поступила в редколлегию 23.09.2015

Рецензент: канд. техн. наук, проф. Ю.И. Миргород, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ВПЛИВ КУТА АТАКИ НА АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОНКОГО ПРОФІЛЮ З ІНТЕРЦЕПТОРОМ

І.Б. Ковтонюк

Наведено аеродинамічні характеристики тонкого профілю з інтерцептором, який розташований на нижній стороні профілю. Розглянуто вплив кута атаки і кута відхилення інтерцептора на його аеродинамічну ефективність.

Ключові слова: профіль крила, аеродинамічні характеристики, інтерцептор, коефіцієнт тиску.

INFLUENCE OF ANGLE OF ATTACK ON THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF A THIN PROFILE WITH INTERCEPTOR

I.B. Kovtonyuk

Shows thin aerodynamic profile with a spoiler placed on the lower side of the profile. The influence of the angle of attack and the deflection angle of the spoiler to its aerodynamic efficiency is considered.

Keywords: wing profile, aerodynamic characteristics, spoiler, coefficient of pressure.

УДК 614.843

К.В. Корытченко¹, А.В. Серпухов¹, И.В. Цебрюк², Д.В. Бизоньч¹, Санчит Аджмани³¹ Національний технічний університет «ХПІ», Харків³ Національна академія Національної гвардії України, Харків³ Компанія Сомнио Глобал, Детройт, США

ПАРАМЕТРЫ ИСКРОВОГО РАЗРЯДА В СИСТЕМЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЗАЖИГАНИЯ

Представлены результаты исследования параметров искрового разряда в системе высокоэнергетического зажигания. Исследовано коэффициент выделения запасенной электрической энергии в искровом промежутке, количество энергии, выделяемой в искровом промежутке за один импульс, сопротивление искрового промежутка и длительность выделения энергии в искровом промежутке за один импульс зажигания.

Ключевые слова: дизельный двигатель, искровой разряд.

Введение

В области дизельного двигателестроения сложилась устойчивая тенденция увеличения удельной мощности двигателей. При этом, форсирование мощных двигателей турбокомпрессором, обеспечивающим предварительное повышение давления воздуха во впускном коллекторе, приводит к необходимости снижения степени сжатия двигателя, что вызвано наличием ограничений в допустимых термомеханических нагрузках в цилиндропоршневой группе. На пусковых оборотах степень повышения давления компрессора незначительно превышает единицу, а на пусковой частоте вращения коленчатого вала увеличиваются потери тепла через стенки камеры сгорания из-за увеличения времени теплообмена. Так как снижение степени сжатия приводит к уменьшению температуры топливоздушного заряда, достигаемой в цилиндре двигателя, то в условиях низких температур в сжатом заряде могут не достигаться условия для надежного воспламенения и быстрого сгорания топлива. В результате возникает проблема пуска мощных турбированных дизельных двигателей в условиях низких температур [1].

Тенденция снижения степени сжатия, как правило, имеет место при увеличении мощности двигателей. Например, в линейке двигателей John Deere имеем: 4024HF285 (2,4L) – степень сжатия равняется 18,2; 4045HFC09 (4,5L) – 17,8-17,0; 6068HFC93 (6,8L) – 16,5; 6090AFM75 (9L) – 16,0; 6135HF485 (13,5L) – 16,0. Поэтому проблема пуска дизельных двигателей особенно характерна для мощных дизельных двигателей. Также, проблема пуска возрастает в процессе износа двигателя из-за повышенной утечки воздушного заряда.

Наличие множества публикаций [1 – 6] по проблеме холодного пуска мощных дизельных двигателей отражает отсутствие приемлемого технического решения, обеспечивающего решение задачи быстро-

го и эффективного пуска. Это свидетельствует об актуальности задачи разработки системы, обеспечивающей надежное зажигание и быстрое сгорание дизельного топлива в процессе быстрого холодного пуска дизельного двигателя.

Решение проблемы пуска мощных дизельных двигателей может быть обеспечено за счет принудительного высокоэнергетического зажигания искровым разрядом.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования параметров искрового разряда, получаемых в новой разработанной системе высокоэнергетического зажигания.

Экспериментальная техника исследования параметров системы высокоэнергетического зажигания

В основе системы высокоэнергетического зажигания использована электрическая схема, предложенная в работе [7]. Использование данной схемы (рис. 1) позволяет обеспечить высокий коэффициент выделения запасенной электрической энергии в искровом промежутке.

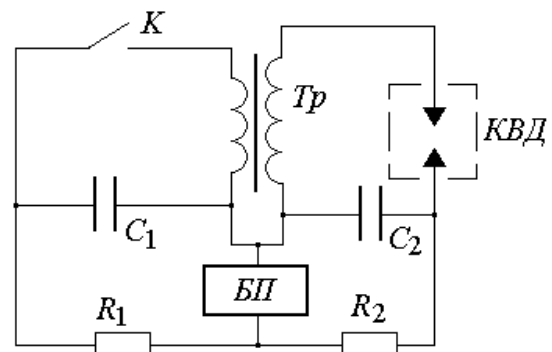


Рис. 1. Электрическая схема системы высокоэнергетического зажигания:
БП – источник постоянного напряжения;
КВД – камера высокого давления

Искровое зажигание в такой системе условно можно разделить на две стадии: стадия пробоя искрового промежутка и стадия выделения основной части энергии разряда на искровом промежутке в процессе развития импульсной дуги (разряда конденсатора C_2).

Используя современную электронную базу и учитывая особенности протекания переходных процессов в электрической цепи с нелинейной нагрузкой в виде искрового промежутка, система высокоэнергетического зажигания была исполнена таким образом, что обеспечила стабильное зажигание искровых разрядов с частотой 200 Гц и более при энергии разряда около 1 Дж.

Исследования параметров системы высокоэнергетического зажигания проводились следующим образом. Для приближения условий исследования искрового разряда к условиям зажигания, возникающим в камере сгорания двигателя, была изготовлена камера (рис. 2) высокого давления 1, имеющая посадочные отверстия под свечи зажигания 2. Камера оборудовалась прозрачным окном 3 из стекла для визуального наблюдения за наличием (отсутствием) зажигания искрового разряда. Безопасное удаленное наблюдение за искровыми разрядами проводилось при помощи зеркала 4. Для создания высокого давления к камере использовался баллон со сжатым воздухом. Напуск воздуха проводился через редуктор высокого давления 5. После напуска сжатого воздуха в камеру его подача прекращалась. Текущее давление в камере измерялось с помощью манометра 6. Распределение искровых разрядов по свечам зажигания, для физического моделирования процесса зажигания в двигателе, осуществлялось при помощи распределителя 7 зажигания, оборудованного датчиком Холла. Сигналы с этого датчика использовались для запуска импульсов зажигания. Вращение вала распределителя осуществлялось двигателем 8 постоянного тока. Регулирование частоты вращения вала распределителя в диапазоне $0-3000 \text{ мин}^{-1}$ проводилось за счет изменения напряжения питания с помощью регулируемого источника 9 напряжения. Мощность источника постоянного напряжения и постоянные времени R_1C_1 и R_2C_2 задавались таким образом, что с ростом частоты высоковольтных импульсов до 3000 мин^{-1} напряжение на конденсаторах снижалось не более, чем на 10 % от напряжения холостого хода.

Искровой разряд осуществлялся на свечу зажигания без встроенного сопротивления. Длина искрового промежутка составляла 1 мм.

Исследование электрических параметров системы зажигания осуществлялось с помощью высоковольтного компенсированного делителя напряжения ТЕКТРОНИХ Р6015А (1:1000), датчика тока компенсационного типа с токовым выходом

HONEYWELL CSNE151, работающего на эффекте Холла, RLC-метра типа E7-22, осциллографом RIGOL DS1052E. Импульсные трансформаторы изготавливались на тороидальных магнитопроводах размером 40/64-30 мм (табл. 1).



Рис. 2. Камера высокого давления

Таблица 1

Параметры трансформатора, используемого в системе высокоэнергетического зажигания

№	Параметр	Значение
1.	Коэффициент трансформации	61
2.	Активное сопротивление первичной обмотки	1,53 мОм
3.	Индуктивность намагничивания первичной обмотки	3,3 мкГн
4.	Индуктивность рассеяния первичной обмотки	0,3 мкГн
5.	Активное сопротивление вторичной обмотки	74,8 мОм
6.	Индуктивность намагничивания вторичной обмотки	11,29 мГн
7.	Индуктивность рассеяния вторичной обмотки	2,23 мГн
8.	Емкость между первичной и вторичной обмоткой	93 пФ

Длина разрядного промежутка составляла около 1 мм. Свеча вставлялась в камеру, в которой изменялось давление воздуха. Емкость нагрузки (до пробоя искрового промежутка) не превышала 30 пФ. На представленных ниже результатах осциллографического исследования (рис. 3), напряжение заряда конденсатора C_1 равнялось 575 В.

Линейное нарастание напряжения на искровом промежутке отражает отсутствие насыщения сердечника трансформатора в процессе генерирования высоковольтного импульса, что свидетельствует о корректном расчете параметров импульсного трансформатора. Различие во времени начала развития разряда при изменении давления в КВД связано с изменением напряжения пробоя. Это вызвано тем, что наличие

паразитной емкости искрового промежутка ограничивает скорость нарастания напряжения на промежутке из-за увеличения времени заряда данной емкости до более высокого напряжения. Следует отметить, время задержки между началом подачи высокого напряжения с импульсного трансформатора и пробоем искрового промежутка составляло не более 1–2 мкс. Это позволяет с достаточно высокой точностью обеспечивать зажигание горючей смеси. Высокочастотные осцилляции разрядного тока после пробоя искрового промежутка приводят к появлению электромагнитных наводок, что требует включения в схему (рис. 1) демпфирующей цепочки для ограничения интенсивности электромагнитных помех.

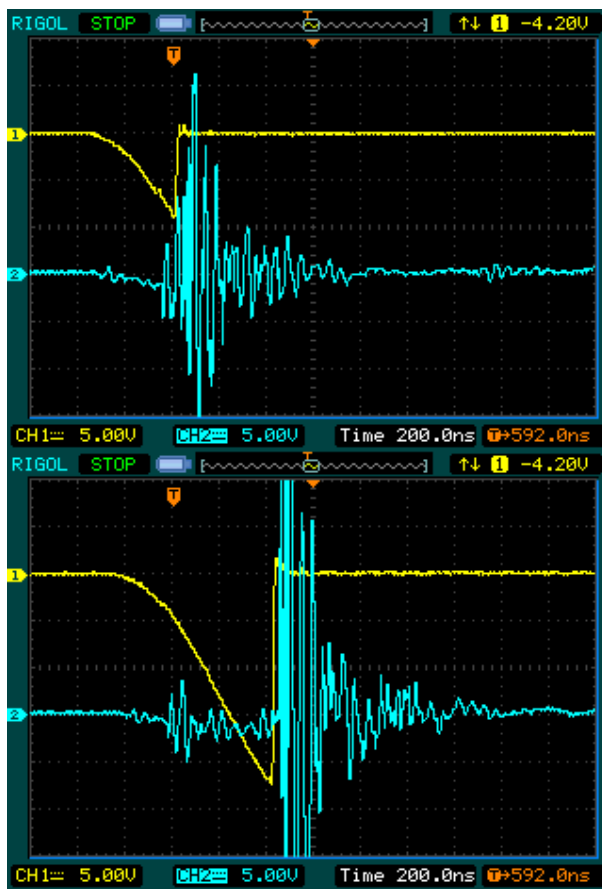


Рис. 3. Осциллограммы напряжения (1-й канал) на свече зажигания и тока (2-й канал), протекающего через свечу зажигания при давлении в КВД 200 кПа (слева) и 800 кПа (справа). Шкала: 1-й канал - 5 кВ/дел, 2-й канал - 500 А/дел

При давлении в камере, превышающем 2 МПа, искровой пробой промежутка длиной 1 мм не происходил. При этом, осциллограммы тока и напряжения имели вид (рис. 4). Амплитудное значение напряжения на свечах зажигания превышало 27 кВ, что соответствует уровню напряжения современных автомобильных систем зажигания.

В разработанной системе зажигания основное выделение энергии разряда в искровом промежутке

происходит при разряде конденсатора C_2 . Выделение данной энергии происходит порциями с нарастающей задержкой между импульсами тока (рис. 5).

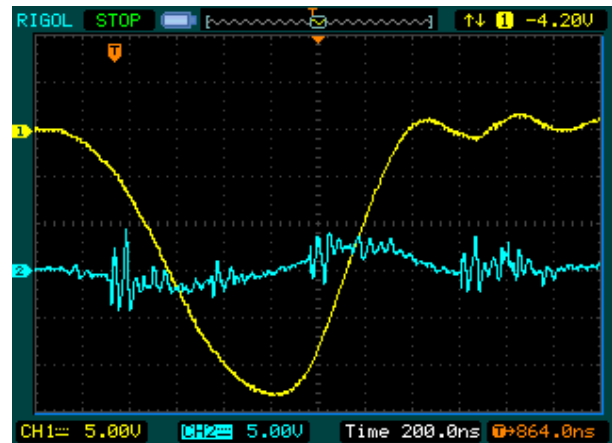


Рис. 4. Осциллограммы напряжения (1-й канал) на свече зажигания и тока (2-й канал), протекающего через свечу зажигания при давлении в КВД 2 МПа. Шкала: 1-й канал - 5 кВ/дел, 2-й канал - 500 А/дел



Рис. 5. Осциллограммы тока, протекающего через свечу зажигания, при использовании конденсатора C_2 ёмкостью 2,2 мкФ (слева) и 0,5 мкФ (справа). Шкала по току: слева - 500 А/дел, справа - 200 А/дел

Приведенные результаты получены при давлении в КВД, равном 2 МПа. Напряжение заряда кон-

денсатора C_2 равнялось 1,2 кВ. Возрастание задержки между импульсами связано с процессом перематничивания и насыщения сердечника импульсного трансформатора. Разряд носит затухающий характер. С увеличением ёмкости конденсатора C_2 происходит возрастание количества импульсов тока.

Время задержки между началом пробоя искрового промежутка и резким нарастанием тока разряда конденсатора C_2 зависит от полярности высоковольтного импульса и полярности заряда конденсатора C_2 . В случае, если ток разряда конденсатора C_2 обеспечивает доведение сердечника трансформатора в насыщение после генерирования высоковольтного импульса, то данное время задержки сокращается. В представленных результатах (рис. 6), при изменении полярности заряда конденсатора C_2 ёмкостью 2,2 мкФ, заряжаемого до напряжения 1,2 кВ, происходило изменение данной задержки с 16 мкс до 24 мкс.

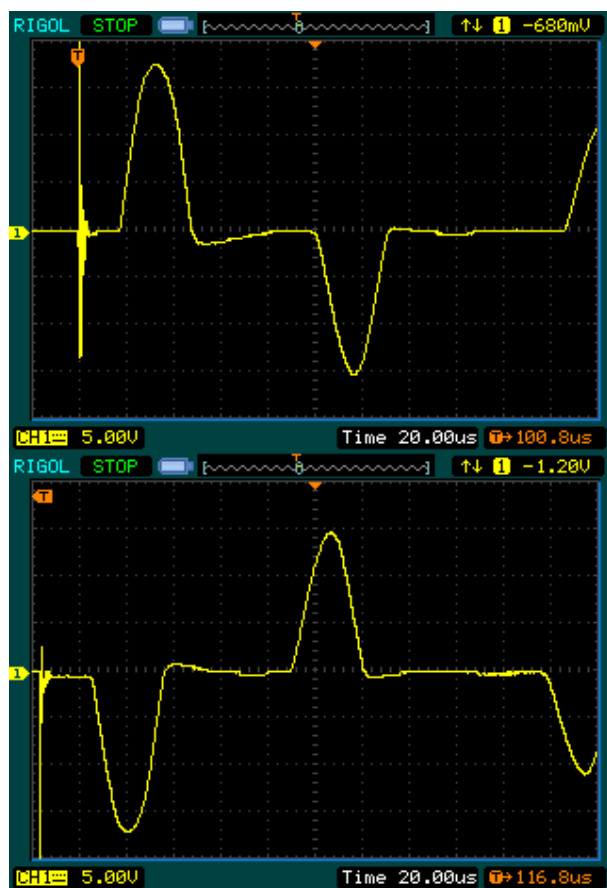


Рис. 6. Осциллограммы тока, протекающего через свечу зажигания, при изменении полярности заряда конденсатора C_2 . Шкала по току – 500 А/дел

Также возможно получение аperiodического разряда при разряде конденсатора C_2 (рис. 7). Использовался конденсатор ёмкостью 2,2 мкФ, заряжаемый до напряжения 600 В.

Измерено количество энергии разряда, выделяемой в искровом промежутке, путем обработки результатов измерения тока и падения напряжения на

промежутке (рис. 8). Данные осциллограмма получены при $C_2 = 2,7$ мкФ и напряжении заряда 600 В.

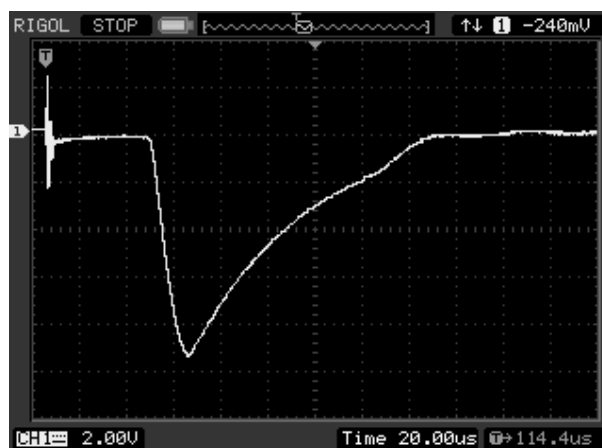


Рис. 7. Осциллограмма тока, протекающего через свечу зажигания, при аperiodическом разряде конденсатора C_2 . Шкала по току – 200 А/дел

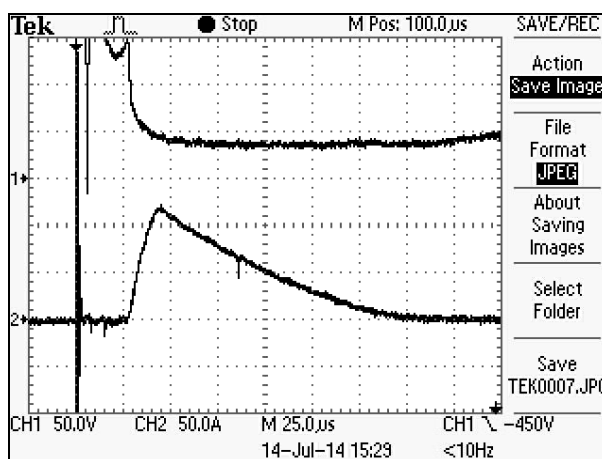


Рис. 8. Осциллограмма напряжения (1-й канал) и тока (2-й канал) в искровом промежутке

Получено, что в искровом промежутке выделяется около 290 мДж энергии при полной энергии разряда около 486 мДж. В тестируемой системе зажигания коэффициент выделения запасенной электрической энергии в искровом промежутке составил около 60 %. Установлено изменение сопротивления искрового промежутка (рис. 9) в процессе развития разряда конденсатора C_2 . Минимальное значение данного сопротивления составило около 0,3–0,4 Ом.

Высокий коэффициент выделения запасенной электрической энергии в искровом промежутке достигнут за счет того, что активное сопротивление вторичной обмотки значительно меньше минимального сопротивления искрового промежутка. По количеству энергии, выделяемой в искровом промежутке за один импульс, разработанная система зажигания превосходит известные аналоги. Для сравнения, энергия разряда современных систем зажигания составляет около 50 мДж.

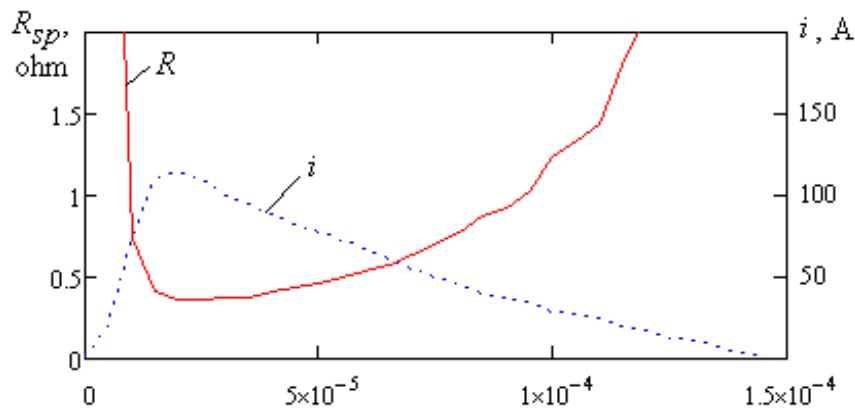


Рис. 9. Изменение сопротивления искрового промежутка в процессе разряда конденсатора C_2

Полное время горения разряда составило 0,1–0,15 мс, что удовлетворяет требованиям обеспечения надежного зажигания для высокооборотистых двигателей внутреннего сгорания [8].

Вывод

В результате исследования параметров искрового разряда в системе высокоэнергетического зажигания установлено, что разработанная система обеспечивает высокий коэффициент выделения запасенной электрической энергии в искровом промежутке.

Количество энергии, выделяемой в искровом промежутке за один импульс, достигает 290 мДж, что позволяет обеспечить надежное зажигание смесей паров дизельного топлива с воздухом [9].

Полученные результаты дают основание считать, что система высокоэнергетического зажигания может быть использована для решения проблемы пуска мощных дизельных двигателей за счет принудительного зажигания.

Список литературы

1. Thesis of the degree of Doctor of Philosophy. David James MacMillan Influences on the Cold Start Behaviour of a Diesel Engine at Reduced Compression Ratio / University of Nottingham, May 2009. – 243 p.

2. Weib M. Forced ignition: Minimum ignition energy, Flame propagation and the influence of the Markstein number on flame phenomena / M. Weib, N. Zarzalis. – Safekinex workshop, Saint Denis La Plaine, November, 2006.

3. A High-Energy Continuous Discharge Ignition System for Dilute Engine Applications / T. Alger, J. Gingrich, C. Roberts, B. Mangold, M. Sellnau. – SAE international, 2013-01-1628, 04/08/2013.

4. Keim C. Брукс Революционная технология от компании Altronic LLC / Keim C. Брукс // Турбины и дизели. – 2010. – № 5. – С. 8–12.

5. Influence of modern diesel cold start systems on the cold start, warm-up and emissions of diesel engines / B. Last, H. Houben, M. Rottner, I. Stotz. – BERU AG, Mörkestrasse 155, 71636 Ludwigsburg, Germany. – 2008. – 24 p.

6. All about glow plugs [Electronic resource] / Technical Information. – No. 04. – Available to: www.beru.com.

7. Балагуров В.А. Аппараты зажигания / В.А. Балагуров. – М.: Машиностроение, 1968. – 352 с.

8. Randeberg Erlend. Electric spark ignition of sensitive dust clouds in the sub 1 mJ range / Thesis of the degree of Doctor of Scientiarum // Department of physics and technology, University of Bergen, Norway. – March, 2006. – 46 p.

9. Дзюбенко А.А. Управление параметрами искрового разряда системы зажигания ДВС / А.А. Дзюбенко // Вісті автомобільно-дорожнього інституту. – 2009. – № 1(8). – С. 69 – 73.

Поступила в редколлегию 11.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Стаховский, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

ПАРАМЕТРИ ІСКРОВОГО РОЗРЯДУ В СИСТЕМІ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАПАЛЕННЯ

К.В. Коритченко, А.В. Серпухов, І.В. Цебрюк, Д.В. Бізонич, Санчит Аджмані (Sanchit Ajmani)

Представлені результати дослідження параметрів іскрового розряду в системі високоенергетичного запалення. Досліджено коефіцієнт виділення запасеної електричної енергії в іскровому проміжку, кількість енергії, що виділяється в іскровому проміжку за один імпульс, опір іскрового проміжку і тривалість виділення енергії в іскровому проміжку за один імпульс запалення.

Ключові слова: дизельний двигун, іскровий розряд.

PARAMETERS OF A SPARK DIGIT ARE IN SYSTEM OF HIGH-ENERGY LIGHTING

K.V. Korytchenko, A.V. Serpukhov, I.V. Cebryuk, D.V. Bizonych, Sanchit Ajmani

The results of research of parameters of a spark digit are presented in the system of the high-energy lighting. The coefficient of selection the stocked electric energy is investigational in a spark interval, amount of energy, selected in a spark interval for one impulse, resistance of a spark interval and duration of selection energy in a spark interval for one impulse of lighting.

Keywords: diesel engine, spark digit.

УДК 621.39

О.Б. Котов, М.В. Науменко, А.Г. Дмитрієв, А.С. Хижняк

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ РЕТРОСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВІАЦІЙНИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ КЛАСУ "ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ" МАЛОЇ ДАЛЬНОСТІ ДІЇ

На основі аналізу розвитку авіаційних керованих ракет класу "повітря-повітря" малої дальності встановлені залежності у зміні значень основних тактико-технічних характеристик таких ракет від часу початку їх серійного виробництва та постачання у війська. Побудована сукупність прогностичних моделей, що дозволяють здійснювати оцінювання досяжних значень тактико-технічних характеристик перспективних зразків авіаційних керованих ракет у довгостроковій перспективі при умові їх еволюційного розвитку.

Ключові слова: тактико-технічні характеристики, авіаційні керовані ракети, науково-технічне прогнозування.

Вступ

Постановка задачі та аналіз літератури. Сучасний стан наявного арсеналу авіаційних керованих ракет обумовлює існування гострої прикладної проблеми його оновлення [1]. Вирішення названої проблеми можливе за рахунок реалізації декількох шляхів: розробки та серійного виробництва перспективних АКР силами вітчизняної промисловості або в кооперації; ліцензійного виробництва нових АКР; модернізації наявних АКР з подовженням їх призначених показників термінів служби; закупівлі нових сучасних АКР на світовому ринку озброєнь. При цьому, при кожному з названих шляхів виникає важлива прикладна задача визначення перспективного обрису зразка АКР – набору значень його найважливіших тактико-технічних характеристик (ТТХ), отримання якого на озброєння у визначеній кількості серійних зразків задовольнить потреби авіації Збройних Сил держави на довгострокову перспективу [2]. В свою чергу, розв'язування даної задачі передбачає здійснення науково-технічного прогнозування значень основних ТТХ, яких можливо досягти в найближчій перспективі на сучасному рівні технологій створення перспективних АКР [2, 4].

Огляд наявних джерел науково-технічної інформації не дозволив виявити прогностичних моделей розвитку основних ТТХ АКР класу "повітря - повітря" малої дії, побудованих на основі аналізу такого роду зразків авіаційного озброєння, створених після 2000 року. В наслідок цього, відомі моделі не придатні для вирішення сучасних практичних задач прогнозування на довгостроковій перспективі розвитку АКР класу "повітря - повітря" малої дії та потребують удосконалення.

Мета статті: – аналіз ретроспективи розвитку АКР класу "повітря - повітря" малої дії та побудова удосконалених прогностичних моделей для визначення досяжних значень основних ТТХ перспективних зразків на глибині до 2020 року

Основний матеріал

Для побудови удосконалених прогностичних моделей на основі останніх за часом публікації джерел науково-технічної інформації [5-15], було здійснено накопичення даних про ТТХ АКР класу "повітря - повітря" малої дії, створених у світовій практиці в період з 1955 по 2010 роки. В якості основних ТТХ були обрані ті показники, які традиційно використовуються для описання властивостей АКР даного типу. Побудова прогностичних моделей здійснювалася шляхом встановлення залежності кожної з основних ТТХ АКР від часу початку серійного виробництва та постачання у війська серійних зразків на основі обробки накопиченого статистичного матеріалу методом найменших квадратів. В якості критеріїв оцінювання якості описання апроксимуючою залежністю наявного статистичного матеріалу використовувалися середнє квадратичне відхилення (похибка) на інтервалі інтерполяції та відносне відхилення наприкінці інтервалу інтерполяції.

В якості альтернативних видів прогностичної моделі використовувалися два види залежності – лінійна та поліном другого ступеню. Залежність значення кутової швидкості координатора головки самонаведення (ГСН) АКР ω від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рис. 1. Видно, що кутова швидкість координатора ГСН АКР з плином часу збільшується. Це пов'язано з тим, що швидкість польоту і швидкість "протікання" маневру у сучасних цілей постійно зростає, як наслідок ГСН АКР повинна з достатньою імовірністю забезпечувати захоплення та супроводження інтенсивно-маневруючої цілі. При лінійній апроксимації прогностична модель кутової швидкості координатора ГСН :

$$\omega = 1,175T - 2300,79, \quad (1)$$

середньоквадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{\omega} = 9,334$ (град/с), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу $\delta_{\omega} = 28,9\%$.

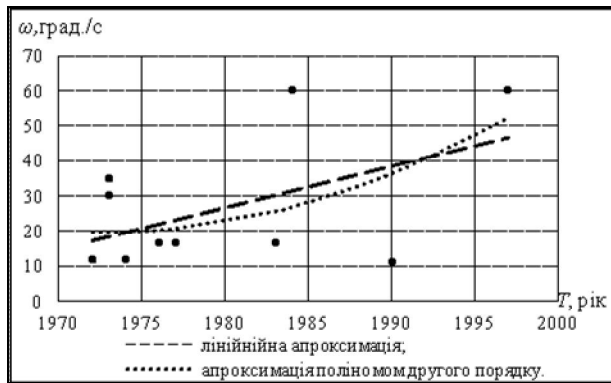


Рис. 1. Залежність значення кугової швидкості координатора ГСН АКР від часу

При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель кугової швидкості координатора ГСН має наступний вигляд:

$$\omega = 0,054T^2 - 211,555T + 208648,08 \quad (2)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_\omega = 9,798$ (град/с), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу - $\delta_\omega = 14,24\%$. Хоча на інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється кращим значенням середньоквадратичного відхилення ніж поліном другого порядку, але останній надає кращу оцінку значення кугової швидкості координатора ГСН для сучасніших АКР. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (2).

Залежність значення максимальної швидкості АКР число M_{max} від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рис. 2. Бачимо, що максимальна швидкість АКР з плином часу збільшується. Це пов'язано з тим, що швидкості цілей з плином часу зростають і для забезпечення необхідної (заданої) імовірності ураження цілі ракета повинна мати швидкість польоту відповідно значно більшу ніж швидкість польоту цілі, як наслідок невеликий час від моменту пуску (стрільби) АКР до моменту зустрічі АКР з ціллю. Значна різниця в швидкостях польоту ракети і цілі зменшить час на прийняття рішення "ціллю" щодо застосування у відповідь "особистих" авіаційних засобів ураження (АЗУ) або здійснення протиракетного маневру. Отже збільшення різниці швидкостей польоту ракети і цілі позитивно впливає на імовірність ураження цілі і збереження "особистого" ЛА-носія.

При лінійній апроксимації прогностична модель максимальної швидкості АКР дорівнює

$$M_{max} = 0,027T - 50,878 \quad (3)$$

Середньоквадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{M_{max}} = 0,32$ (од.), а відносна похибка наприкінці інтервалу - $\delta_{M_{max}} = 24,5\%$.

При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель максимальної швидкості АКР

$$M_{max} = 0,002T^2 - 7,166T + 7098,218 \quad (4)$$

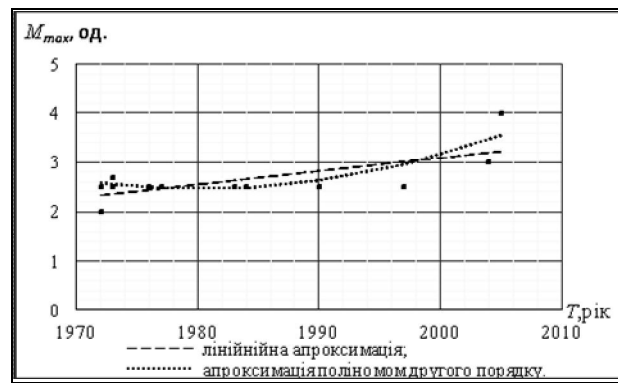


Рис. 2. Залежність значення максимальної швидкості АКР від часу

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{M_{max}} = 0,37$ (од.), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу - $\delta_{M_{max}} = 12,44\%$. Хоча на інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється кращим значенням середньоквадратичного відхилення ніж поліном другого порядку, але останній надає кращу оцінку значення максимальної швидкості АКР для сучасніших ракет. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (4).

Залежність значення максимальної дальності пуску АКР D_{max} від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рисунку 3. Бачимо, що максимальна дальність пуску АКР з плином часу збільшується. Це пов'язано з розвитком науково технічного прогресу тобто з плином часу є можливість розташувати в АКР елементи тих же масогабаритних характеристик, що і попередньо розташовані, але з кращими технічними характеристиками. З огляду на вище вказане в нашому випадку з плином часу збільшується максимальна дальність пуску АКР малої дальності дії, що розширює діапазон їх застосування за дальністю до АКР середньої дальності дії. Даний факт позитивно впливає на імовірність ураження цілі ЛА-носієм так як, для прикладу, при наблизенні до цілі, як одиночної так і групової, у ЛА-носія буде час для застосування двох і більше АКР.

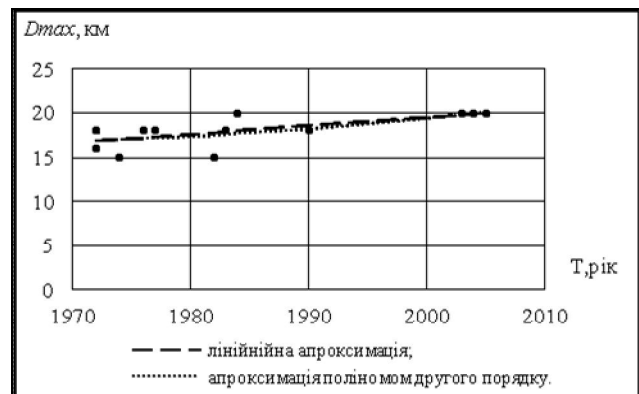


Рис. 3. Залежність значення максимальної дальності пуску АКР від часу

При лінійній апроксимації прогностична модель максимальної дальності пуску АКР дорівнює

$$D_{\max} = 0,095x - 171,198. \quad (5)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{D_{\max}} = 1,149$ (км), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу складає $\delta_{D_{\max}} = 0,061\%$.

При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель максимальної дальності пуску АКР має наступний вигляд:

$$D_{\max} = 0,001T^2 - 5,201T + 5\,094,418. \quad (6)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{D_{\max}} = 1,157$ (км), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу - $\delta_{D_{\max}} = -0,72\%$. На інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється кращим значенням середньоквадратичного відхилення і надає кращу оцінку значення максимальної дальності пуску АКР для сучасніших ракет ніж поліном другого порядку. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (5).

Залежність значення мінімальної дальності пуску АКР D_{\min} від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рис. 4. Видно, що мінімальна дальність пуску АКР з плином часу зменшується але на кінцевому етапі зрівнялася на позначці 300 метрів. Мінімальна дальність пуску АКР визначається з огляду на декілька "факторів" основним з яких є безпека свого ЛА-носія.

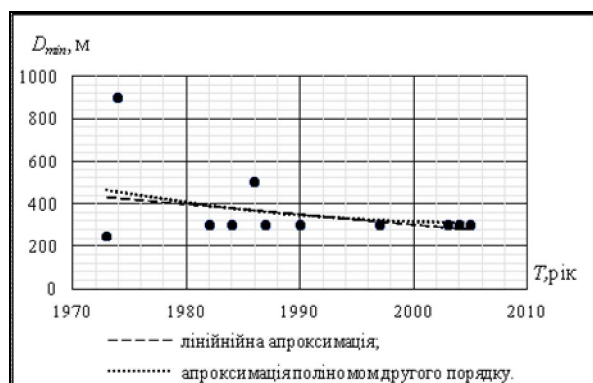


Рис. 4. Залежність значення мінімальної дальності пуску АКР від часу

При лінійній апроксимації прогностична модель мінімальної дальності пуску АКР дорівнює

$$D_{\min} = -4,761T + 9824,781. \quad (7)$$

Середньоквадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{D_{\min}} = 54,24$ (м), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу складає $\delta_{D_{\min}} = 7,84\%$.

При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель мінімальної дальності пуску АКР має наступний вигляд:

$$D_{\min} = 0,14141T^2 - 567,27095T - 569218,738. \quad (8)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{D_{\min}} = 56,16$ (м), а відносна похибка наприкінці інтервалу - $\delta_{D_{\min}} = -3,91\%$. Хоча на інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється кращим значенням середньоквадратичного відхилення ніж поліном другого порядку, але останній надає кращу оцінку значення мінімальної дальності пуску АКР для сучасніших ракет. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (8).

Залежність значення стартової маси АКР $m_{\text{АКР}}$ від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рис. 5. Бачимо, що стартова маса АКР з плином часу зменшується та за стабілізувалася на позначці біля 100 кг. Даний факт пояснюється компромісом між можливостями ЛА-носія по бойовому навантаженню та масо-габаритними характеристиками АКР при одночасному підтриманні на необхідному рівні та нарощуванні їх бойових можливостей. Маса АКР на рівні 100 кг на теперішній час дозволяє ефективно проводити модернізацію та створювати нові зразки АКР в напрямку підвищення їх бойових та льотно-технічних характеристик.

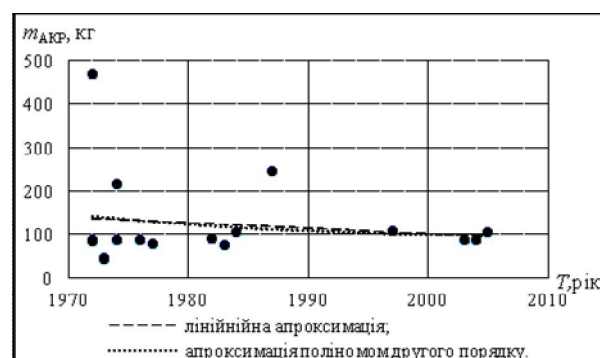


Рис. 5. Залежність значення стартової маси АКР від часу

При лінійній апроксимації прогностична модель стартової маси АКР має наступний вигляд:

$$m_{\text{АКР}} = -1,305T + 2710,793. \quad (9)$$

Середньоквадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{m_{\text{АКР}}} = 15,33$ (кг), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу складає $\delta_{m_{\text{АКР}}} = 9,95\%$. При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель стартової маси АКР має наступний вигляд:

$$m_{\text{АКР}} = 0,0406T^2 - 162,706T + 163130,402. \quad (10)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{m_{\text{АКР}}} = 15,82$ (кг), а відносна похибка наприкінці інтервалу - $\delta_{m_{\text{АКР}}} = 4,1\%$.

Хоча на інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється кращим значенням середньоквадратич-

ного відхилення ніж поліном другого порядку, але останній надає кращу оцінку значення стартової маси АКР для сучасніших ракет. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (10).

Залежність значення маси бойової частини (БЧ) АКР $m_{БЧ}$ від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рис. 6. Маса бойової частини на протязі усього часу спостереження (дослідження) мала деяке стабільне значення біля 11 кг з незначним відхиленням в бік зниження. Це говорить про те, що цієї маси більш ніж достатньо для забезпечення необхідної імовірності ураження цілі.

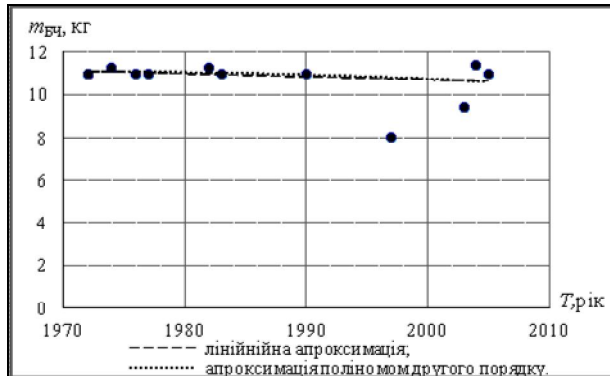


Рис. 6. Залежність значення маси бойової частини АКР від часу

При лінійній апроксимації прогностична модель маси бойової частини АКР дорівнює

$$m_{БЧ} = -0,015T + 39,9697. \quad (11)$$

Середньоквадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{m_{БЧ}} = 0,182$ (кг), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу складає $\delta_{m_{БЧ}} = 3,21\%$.

При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель маси бойової частини АКР має наступний вигляд:

$$m_{БЧ} = -0,0004T^2 + 1,7314T - 1696,221. \quad (12)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{m_{БЧ}} = 0,183$ (кг), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу - $\delta_{m_{БЧ}} = 3,59\%$. На інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється кращим значенням середньоквадратичного відхилення та надає кращу оцінку значення маси бойової частини АКР для сучасніших ракет ніж поліном другого порядку. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (11).

Залежність значення максимальної висоти ураження цілі H_{max} від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рис. 7. Максимальна висота ураження цілі з плином часу поступово збільшується. Це пов'язано з тим, що висоти застосування можливих цілей зростають і для забезпечення

необхідної імовірності ураження цілі ракета повинна мати висоту ураження цілі не меншу ніж висота польоту цієї цілі.

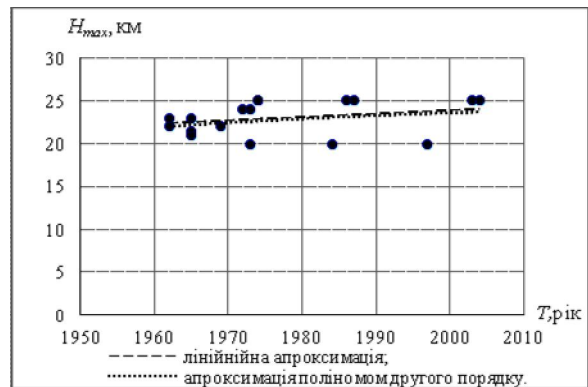


Рис. 7. Залежність значення максимальної висоти ураження цілі від часу

При лінійній апроксимації прогностична модель максимальної висоти ураження цілі має наступний вигляд:

$$H_{max} = 0,039T - 54,195. \quad (13)$$

Середньоквадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{H_{max}} = 0,523$ (км), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу складає $\delta_{H_{max}} = 4,12\%$.

При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель максимальної висоти ураження цілі має наступний вигляд:

$$H_{max} = -0,0004T^2 + 1,5178T - 1519,926. \quad (14)$$

Середньоквадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{H_{max}} = 0,524$ (км), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу - $\delta_{H_{max}} = 5,31\%$. На інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється кращим значенням середньоквадратичного відхилення та надає кращу оцінку значення максимальної висоти ураження цілі для сучасніших АКР ніж поліном другого порядку. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (13).

Залежність значення мінімальної висоти ураження цілі H_{min} від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рис. 8. Бачимо, що мінімальна висота ураження цілі з плином часу наближалася до нульової позначки і в подальшому змінюватися не буде. Це говорить про те що в теперішній час АКР малої та середньої дальності дії можуть застосовуватися по тепло-контрастних наземних цілях (літак з працюючим двигуном то що).

При лінійній апроксимації прогностична модель мінімальної висоти ураження цілі має наступний вигляд:

$$H_{min} = -10,553T + 21105,489. \quad (15)$$

Середньоквадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{H_{min}} = 134,34$ (м).

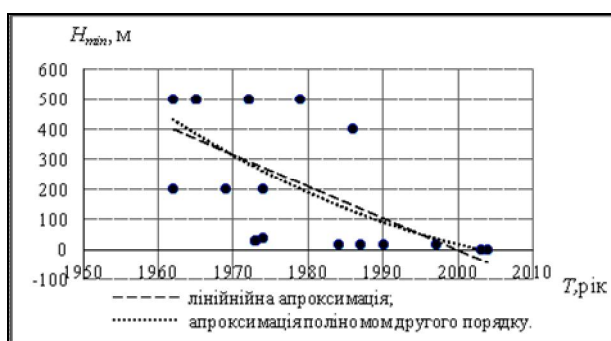


Рис. 8. Залежність значення мінімальної висоти ураження цілі від часу

При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель мінімальної висоти ураження цілі має наступний вигляд:

$$H_{\min} = 0,128T^2 - 517,2697T + 523302,797. \quad (16)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{H_{\min}} = 135,78$ (м).

На інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється кращим значенням середньоквадратичного відхилення ніж поліномом другого порядку. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (15).

Залежність значення максимального перевантаження АКР $n_{\text{АКР}}$ під час її автономного польоту від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рис. 9. Видно, що максимальне перевантаження АКР під час самостійного польоту з плином часу поступово збільшується.

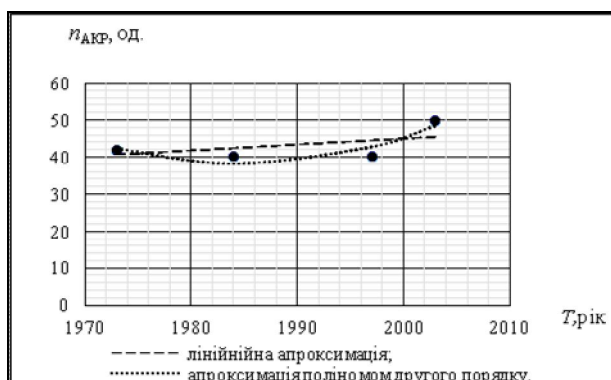


Рис. 9. Залежність значення максимального перевантаження АКР під час її автономного польоту від часу

При лінійній апроксимації прогностична модель максимального перевантаження АКР під час її автономного польоту має наступний вигляд:

$$n_{\text{АКР}} = 0,1569T - 268,833. \quad (17)$$

Середньоквадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{n_{\text{АКР}}} = 3,71$ (од.), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу складає $\delta_{n_{\text{АКР}}} = 9,96\%$.

При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель максимального перевантажен-

ня АКР під час її автономного польоту дорівнює

$$n_{\text{АКР}} = 0,031T^2 - 123,373T + 122467,7097. \quad (18)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{n_{\text{АКР}}} = 3,31$ (од.), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу - $\delta_{n_{\text{АКР}}} = 3,28\%$. На інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється гіршим значенням середньоквадратичного відхилення та надає гіршу оцінку значення максимального перевантаження АКР під час її автономного польоту для сучасніших АКР ніж поліномом другого порядку. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (18).

Залежність значення максимального перевантаження ЛА-носія при застосуванні АКР $n_{\text{ЛА-н}}$ від часу T при різних формах залежності графічно представлена на рис. 10. Видно, що максимальне перевантаження ЛА-носія АКР під час пуску з плином часу поступово збільшується. Це пов'язано з необхідністю зняття обмежень з ЛА-носія по маневруванню при застосуванні АКР особливо в ближніх маневрених боях.

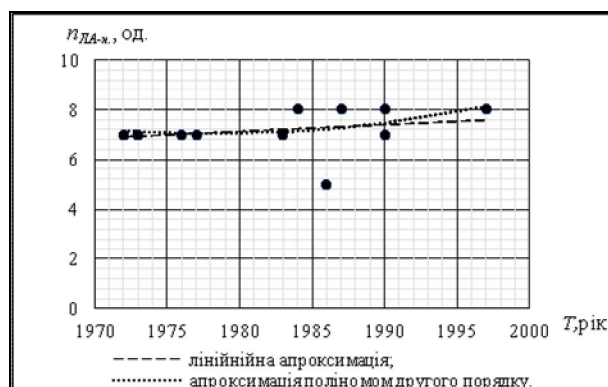


Рис.10. Залежність значення максимального перевантаження ЛА-носія при застосуванні АКР від часу

При лінійній апроксимації прогностична модель максимального перевантаження ЛА-носія при застосуванні АКР має наступний вигляд:

$$n_{\text{ЛА-н}} = 0,028T - 48,292. \quad (19)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{n_{\text{ЛА-н}}} = 0,22$ (од.), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу складає $\delta_{n_{\text{ЛА-н}}} = 5,45\%$.

При апроксимації поліномом другого порядку, прогностична модель максимального перевантаження ЛА-носія при застосуванні АКР дорівнює

$$n_{\text{ЛА-н}} = 0,003T^2 - 12,189T + 12062,968. \quad (20)$$

Середньо квадратичне відхилення на інтервалі інтерполяції дорівнює $\sigma_{n_{\text{ЛА-н}}} = 0,28$ (од.), а відносна похибка наприкінці цього інтервалу - $\delta_{n_{\text{ЛА-н}}} = -1,35\%$. Хоча на інтервалі інтерполяції лінійна залежність оцінюється кращим значенням

середньоквадратичного відхилення ніж поліном другого порядку, але останній надає кращу оцінку значення максимального перевантаження ЛА-носія при застосуванні АКР для сучасніших АКР. Тому, в якості прогностичної моделі для даного показника доцільно рекомендувати вираз виду (20).

Висновки

Шляхом дослідження ретроспективи розвитку авіаційних керованих ракет класу "повітря - повітря" малої дії побудовані прогностичні моделі, які на глибині прогнозу не менш ніж 10 років дозволяють визначати значення основних тактико-технічних характеристик таких ракет, яких можна досягти при еволюційному шляху розвитку такого роду зброї. Проведено перевірку точності описання побудованими залежностями наявного статистичного матеріалу за обраною системою критеріїв. Результати даної перевірки свідчать про можливість використання побудованих залежностей для розв'язування сучасних практичних завдань науково-технічного прогнозування.

Список літератури

1. Стратегічний оборонний бюлетень України на період до 2025 року. – К.: Авант-прим, 2012. – 57с.
2. Демидов, Б.А. Системная методология планирования развития, предпроектных исследований и внешнего проектирования вооружения и военной техники: монография / Б.А. Демидов, М.И. Луханин, А.Ф. Величко, М.В. Науменко; под ред. Б.А. Демидова. – К.: Стилюс, 2011. – 464 с.
3. Семон, Б.И. Сучасний метод бойових потенціалів в прикладних задачах планування розвитку та застосування тактичної авіації / Б.И. Семон, О.Б. Леонтьев, О.Б.Котов, А.А. Адаменко, Р.В. Храцевський. – К.: Національна академія оборони України. – 2009. – 336 с.
4. Михайлов В.П. Корреляционная модель развития вида техники / В.П. Михайлов, В.Д. Оноприенко // Исследования по истории и теории развития авиационной и ракетно-космической науки и техники. – М.: Наука, 1981. – С. 179-190.
5. *Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра* / Под ред. Е.А. Федосова. Монография. – 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2004. – 816 с.
6. *Основы проектирования ракет класса "воздух-воздух" и авиационных катапультирующих установок для них: Учебник* / В.А.Нестеров, Э.Е.Пейсах, А.Л.Рейдель и др.; Под общей редакцией В.А.Нестерова. – М.: Изд-во МАИ, 1999. – 792 с.
7. Марковский В. Советские авиационные ракеты "воздух-воздух" / В.Марковский, К. Перов. – М.: Экспресс, 2005. – 47 с.
8. Чечик Д.Л. Вооружение летательных аппаратов: Учебное пос. / Д.Л. Чечик. – М.: МАИ, 2002. – 164 с.
9. *Энциклопедия современной военной авиации. 1945-2002* 836 стор библиотека военной истории. Ч. 2 Вертолеты / [Морозов В.П., Обухович В.А., Сидоренко С.И. и др.]. – М., 2002.
10. *Оружие и технологии России. Энциклопедия. XXI век. Научно-техническое издание. Том X Авиационное вооружение и авионика.* – М.: Издательский дом "Оружие и технологии". – 783 с
11. *Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра, Отечественные управляемые ракеты класса «воздух-воздух». Ч. 2. Ракеты средней и большой дальности.* – М.: "Полиграфкс РПК", 2006. – 44 с.
12. *Техника и вооружение вчера, сегодня, завтра. Отечественные управляемые ракеты класса «воздух-воздух». Ч. 1. Ракеты малой дальности.* – М.: "Полиграфкс РПК", 2005. – 40 с.
13. Сайт pentagonus.ru [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pentagonus.ru/publ/materialy_posvjashheny/2000_nastojashhij_moment/razrabotka_v_ssha_rakety_aim_9x_klassa_quot_vozdukh_vozdukh_quot_maloy_dalnosti/122-1-0-1458.
14. Сайт narod.ru [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://aviationz.narod.ru/vo/2/p-73.html>.
15. Сайт [rbase](http://rbase.new-factoria.ru) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rbase.new-factoria.ru/missile/wobb/aim9x/aim9x.shtml>.

Надійшла до редколегії 21.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Б. Леонтьев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА РЕТРОСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ КЛАССА "ВОЗДУХ-ВОЗДУХ" МАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ

А.Б. Котов, М.В. Науменко, А.Г. Дмитриев, А.С. Хижняк

На основании анализа развития авиационных управляемых ракет класса "воздух-воздух" малой дальности действия установлены зависимости в изменении значений основных тактико-технических характеристик таких ракет от времени начала их серийного производства и поставки в войска. Путем обработки имеющегося статистического материала построена совокупность прогностических моделей, которые позволяют сделать оценивание достигаемых значений тактико-технических характеристик перспективных образцов авиационных управляемых ракет класса "воздух-воздух" малой дальности действия в долгосрочной перспективе при условии эволюционного развития данного вида авиационного оружия.

Ключевые слова: тактико-технические характеристики, авиационные управляемые ракеты, научно-техническое прогнозирование.

THE RESULTS OF THE RETROSPECTIVE ANALYSIS OF DEVELOPMENT OF AVIATION CONTROL ROCKETS OF A CLASS "AIR-AIR" OF SMALL RANGE

O.B. Kotov, M.V. Naumenko, A.G. Dmitriev, A.S. Khizhnyak

Based on the analysis of the development of the aviation guided missile of class "air-air" of small range of action of the dependences in changing the values of the basic tactical and technical characteristics of these missiles from time of the beginning of their serial production and delivery to the troops. By processing available statistical material built a set of predictive models that allow us to make estimation of achievable values of the evolutionary development of advanced models of aircraft guided missile of class "air-air" short-range action in the long term, provided the evolutionary development of aviation weapons.

Keywords: performance characteristics, aircraft guided missile, scientific and technical forecasting.

УДК 378.14

Л.Б. Курцева, Н.С. Єршоміна

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВОЇ ДВОМАСОВОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОКАТНОЇ КЛІТИ ЗА ЗМІНОЮ ПЕРІОДУ ДИСКРЕТНОСТІ ТА З ОПТИМАЛЬНИМ DLQR – РЕГУЛЯТОРОМ

Проведені дослідження динамічних характеристик цифрової двомасової системи управління за зміною періоду дискретності електроприводом прокатної кліти стана холодної прокатки, які отримані по повному вектору стану за задаючою і збурюючою діях. Побудовані динамічні характеристики за всіма змінними стану: швидкості робочих валків, моменту пружності, швидкості двигуна, моменту двигуна, ривка двигуна, напруги на вході системи, напруги у зворотному зв'язку і напруги на виході інтегруючої частини ПІ – регулятора за збурюючою та задаючою діях.

Ключові слова: прокатний стан, двомасова система управління, математична модель, задаюча дія, збурююча дія, період дискретності, перехідний процес, динамічні характеристики.

Вступ

Постановка проблеми. Обробка металу прокаткою займає важливе місце в металургійному виробництві. Прокатний стан - це пристрій, що складається з великої кількості механізмів, об'єднаних єдиним технологічним процесом. У прокатному стані є головні механізми - робочі валки прокатної кліти і допоміжні механізми, що забезпечують безперервність технологічного процесу. Головні механізми, призначені для обробки металу, забезпечують обтискання металу і надають йому необхідну перетин і форму готової продукції. Цифрові системи управління знаходять широке застосування в промисловості. Вони грають важливу роль в управлінні виробничими процесами, в яких спільна робота комп'ютера і виконавчого пристрою забезпечує виконання ряду відповідальних операцій.

Основні переваги цифрових методів обробки полягають у принциповій можливості виключення апаратної похибки при обчисленнях, оперативності зміни алгоритму обробки та низькій вартості цифрових вузлів. Вони значною мірою залежать від рівня техніки аналого-цифрового та цифро-аналогового перетворення, тобто від аналого-цифрових (АЦП) та цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП). Для адекватного відображення миттєвих значень неперервного сигналу та цифрової інформації відповідно у цифрову та аналогову форму необхідні лінійні від аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворення. Тому АЦП і ЦАП є основними функціональними вузлами цифрової техніки, які визначають точність, швидкодію та конструктивні параметри цифрових систем управління і є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Аналіз останніх публікацій по синтезу систем управління з використанням оптимальних регуляторів показує, що

даний напрям є актуальним. Як показали численні дослідження застосування метода оптимального управління дозволяє достатньо ефективно демпфувати власні коливання двомасової системи управління [1 – 3], обумовлені наявністю пружних елементів в трансмісіях машин. Основне питання і основна трудність застосування таких методів полягає в правильному обґрунтуванні і виборі критерію якості функціонування системи. Функції в системах управління протікають різним чином залежно від конкретної дії на них з боку системи управління. При цьому природне прагнення вибирати в деякому розумінні оптимальну управляючу дію, що дозволяє найкращим чином в порівнянні зі всіма іншими можливими способами здійснити управління швидкістю обертання електроприводом прокатної кліти за зміною періоду дискретності. Теорія оптимізації особливої практичну важливість отримала останнім часом у зв'язку з широким застосуванням в техніці обчислювальних машин і технічної можливості реалізації оптимальних законів управління. Аналіз останніх публікацій по синтезу цифрових систем управління з використанням оптимальних регуляторів показує, що даний напрям є актуальним.

Метою статті є розробка математичної моделі цифрової двохмасової системи управління швидкістю обертання електроприводу прокатної кліти за зміною періоду дискретності з використанням оптимального регулятора і побудова на ПЕОМ її динамічних характеристик.

Виклад матеріалу дослідження, отриманих наукових результатів

Цифрові значення перетвореного аналогового сигналу видаються АЦП не як аналогові, а лише в дискретні моменти часу, в інтервалах, між якими виконуються операції по перетворенню аналогового сигналу в двійковий код.

У системі управління із зворотним зв'язком функції регулятора або корегуючого пристрою може виконувати цифровий комп'ютер. Оскільки введення інформації в комп'ютер здійснюється через певні інтервали часу, то необхідно розробити спеціальний метод математичного опису і аналізу якості цифрових систем управління.

Цифрова система оперує з даними, що одержуються з аналогового сигналу шляхом вибірки його значень в рівновіддалені моменти часу. В результаті виходить часова послідовність даних, що називається дискретним сигналом. Цю послідовність можна перетворити в область змінної s і, кінець кінцем, в область змінної z за допомогою співвідношення $z = e^{sT}$. Область комплексної змінної z володіє властивостями, дуже схожими на властивості області змінної s перетворення Лапласа.

Для аналізу стійкості і якості цифрової системи можна використовувати z -перетворення передавальної функції. Таким чином досить просто можна визначити характеристики замкненої системи управління, в якій комп'ютер виконує функції корегуючого пристрою (або регулятора). До цифровій системі підлеглого регулювання скористуємося методом екстраполятора нульового порядку. Рівняння передаточних функцій цифрової системи підлеглого регулювання приймуть наступний вигляд

$$\Phi_{\omega_d U_{зш}}(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s} \frac{1}{K_{\Gamma}} \times \frac{4T_{\mu ш} s + 1}{8T_{\mu ш}^3 s^3 + 8T_{\mu ш}^2 s^2 + 4T_{\mu ш} s + 1}; \quad (1)$$

$$\Phi_{I_d U_{зш}}(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s} \frac{T_M}{K_{\Gamma} R_{\Sigma}} \times \frac{s(4T_{\mu ш} s + 1)}{8T_{\mu ш}^3 s^3 + 8T_{\mu ш}^2 s^2 + 4T_{\mu ш} s + 1}; \quad (2)$$

$$\Phi_{\omega_d I_c}(s) = -\frac{1 - e^{-sT}}{s} \frac{R_{\Sigma} \cdot K_d \cdot 8T_{\mu ш}^2}{T_m} \times \frac{s(4T_{\mu ш} s + 1)}{8T_{\mu ш}^3 s^3 + 8T_{\mu ш}^2 s^2 + 4T_{\mu ш} s + 1}; \quad (3)$$

$$\Phi_{I_d I_c}(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s} \times \frac{4T_{\mu ш} s + 1}{8T_{\mu ш}^3 s^3 + 8T_{\mu ш}^2 s^2 + 4T_{\mu ш} s + 1}. \quad (4)$$

Проведено моделювання системи підлеглого регулювання на ПЕОМ, на рис. 1 отримані графіки динамічних характеристик цифрової системи підлеглого управління за задаючою і збурюючою діями за допомогою пакету прикладних програм MatLab.

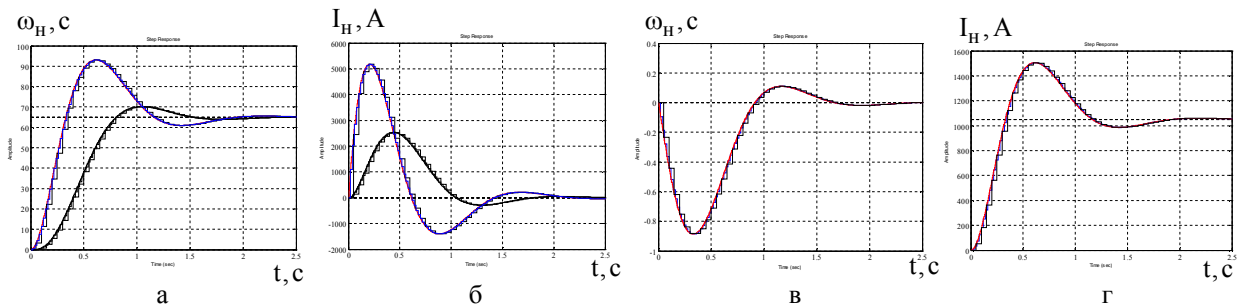


Рис. 1. Графіки динамічних характеристик швидкості (а, в) та струму (б, г) двигуна за задаючою (а, б) та збурюючою (в, г) діями за зміною періоду дискретності при $\Delta_1 = 0,02$; $\Delta_2 = 0,05$; $\Delta_3 = 0,005$

Для побудови динамічних характеристик цифрової двомасової системи управління з урахуванням пружних елементів введемо вектор управління

$$\vec{U}(k) = \{U_{вх}(k), M_{пр}(k)\}^T. \quad (5)$$

Також введемо вектор стану цифрової двомасової системи управління з урахуванням пружних елементів, компонентами якого є:

$$\vec{X}(k) = \left\{ \omega_M(k), M_{п}(k), \omega_d(k), M_d(k), \rho(k), U_{фзш}(k), U_{зш}(k), U_{ш}(k) \right\}^T \quad (6)$$

Оскільки регулювання аналоговою системою здійснюється в дискретні моменти часу t_k , відстаючи один від одного на період дискретності Δ , то аналоговій системі управління поставлена у відповід-

ність цифрова система управління. Розглянемо цифрову двомасову систему управління, що описується різницеvim рівнянням стану

$$\vec{X}(k+1) = A_d \cdot \vec{X}(k) + B_d \cdot \vec{U}(k), \quad (7)$$

де $\vec{X}(k)$, $(k = k_0, k_0 + 1, \dots, k_1 - 1)$ – вектор стану цифрової системи управління з керованою змінною

$$\vec{Y}(k) = C_d \cdot \vec{X}(k) + D_d \cdot \vec{U}(k), \quad (8)$$

де $\vec{X}(k)$ – вектор стану цифрової системи, розмірності $n \times 1$; $\vec{U}(k)$ – вектор управління цифрової системи, розмірності $m \times 1$; $\vec{Y}(k)$ – вектор виходу цифрової системи, розмірності $r \times 1$.

Матриці стану A , управління B , C і D – виходу цифрової двомасової системи управління у чисель-

ному вигляді. Виконано моделювання оптимальної цифрової двомасової системи управління за задаючою дією за допомогою програми Матлаб по векторно-матричній моделі, рис. 2.

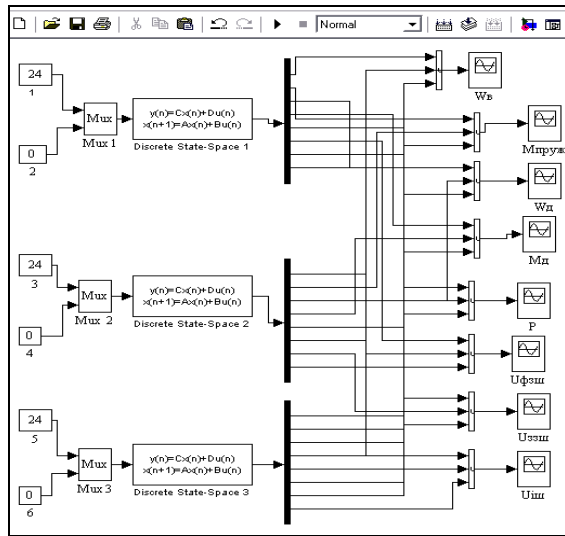


Рис. 2. Відображення вікна цифрової векторно-матричної моделі при зміні періоду дискретності у пакеті прикладних програм MatLab середовища Simulink

На рис. 3, 4 представлені графіки динамічних характеристик цифрової двомасової системи управління за задаючою та збурюючою діях і за зміною періоду дискретності. Досліджуємо завдання перекладу цифрової двомасової системи управління з довільного початкового $\bar{X}(k_0) = \bar{X}_0$ в нульовий кінцевий стан $\bar{X}(k_1) = 0$ так, щоб мінімізувати квадратичний критерій якості

$$\sum_{k=k_0}^{k=k_1} \left[\bar{z}^T(k+1) \cdot R_3 \cdot \bar{z}(k+1) + \bar{U}^T(k) \cdot R_2 \cdot \bar{U}(k) \right], \quad (9)$$

де $R_3 > 0$, $R_2 > 0$ – симетричні вагові матриці.

Виконавши мінімізацію по \bar{U} , знайдемо оптимальне регулювання товщини в замкнутій формі

$$\bar{U}(k-1) = -F_d \cdot \bar{X}(k-1), \quad (k = k_0 + 1, \dots, k_1), \quad (10)$$

де $F(k-1)$ – матриця коефіцієнтів підсилення, визначається із співвідношення

$$F_d = \left\{ R_2 + B_d^T \cdot [R_1(k) + P(k) \cdot B_d]^{-1} \times \right. \quad (11)$$

$$\left. \times B_d^T \cdot [R_1 + P(k)] \cdot A_d \right.$$

Таким чином, оптимальне регулювання лінійною цифровою системою по квадратичному критерію є лінійним по повному вектору стану

$$\bar{U}(k) = -F_d \cdot \bar{X}(k), \quad (k = k_0, k_0 + 1, \dots, k_1 - 1), \quad (12)$$

де F_d – матриця коефіцієнтів підсилення оптимального регулятора, визначається різницевим рівнянням

$$F_d = \left\{ R_2 + B_d^T \cdot [R_1 + P(k+1)] \cdot B_d \right\}^{-1} \times \quad (13)$$

$$\times B_d^T \cdot [R_1 + P(k+1)] \cdot A_d,$$

а послідовність матриць $P(k)$, $(k = k_0, \dots, k_1 - 1)$ задовольняє матричному різницевому рівнянню

$$P(k) = A_d^T \cdot [R_1 + P(k+1)] \cdot [A_d - B_d \cdot F_d], \quad (14)$$

$$(k = k_0, k_0 + 1, \dots, k_1 - 1),$$

з нульовою кінцевою умовою. Рівняння (14) еквівалентне рівнянню Ріккати для аналогової системи, і його зручно вирішувати в зворотному цифровому часі.

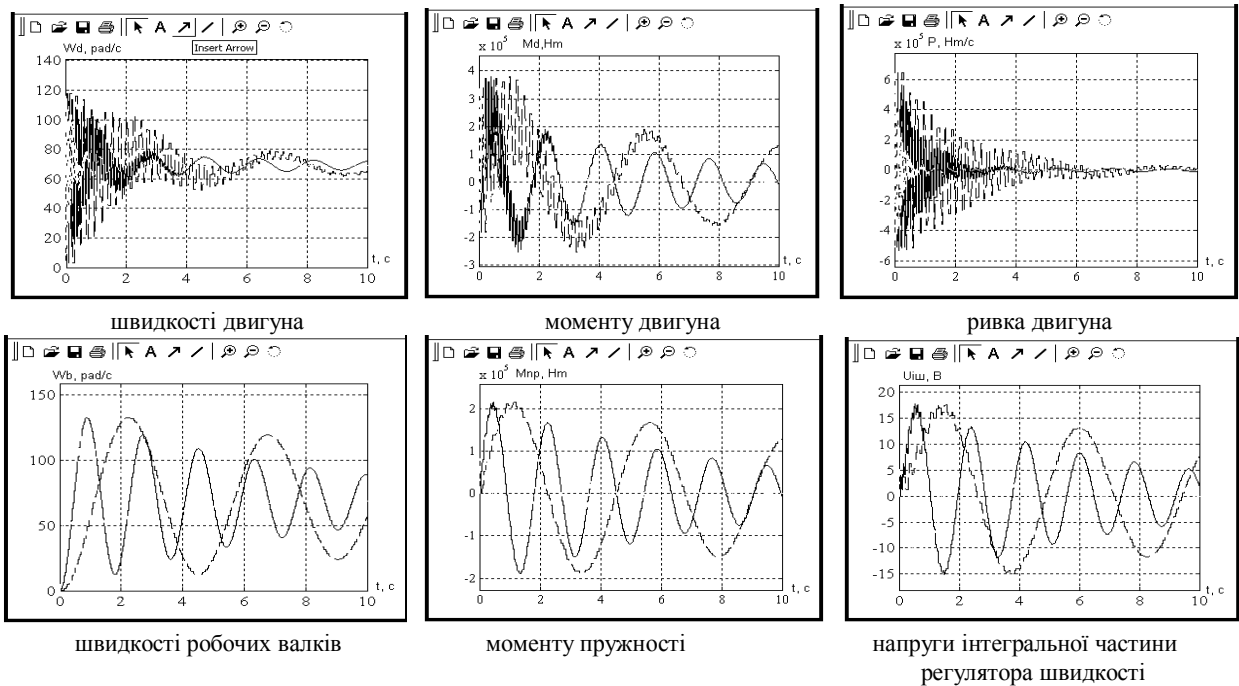


Рис. 3. Графіки динамічних характеристик цифрової двомасової системи управління за задаючою дією і за зміною періоду при різних Δ

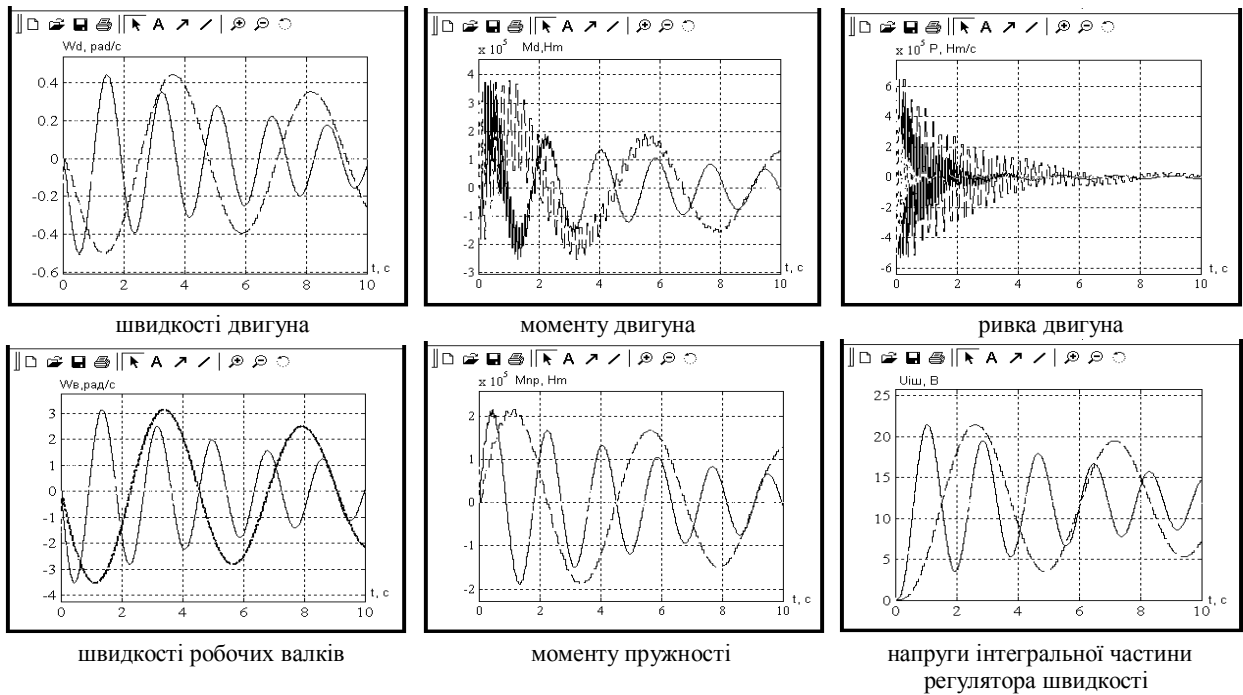


Рис. 4. Графіки динамічних характеристик цифрової двомасової системи управління за задаючою дією і за зміною періоду при різних Δ

Графіки динамічних характеристик оптимальної цифрової двомасової системи управління за задаючою та збурюючою дією (синя лінія – аналогова система, зелена - цифрова) показані на рис. 5, 6.

З графіка швидкості робочих валків (рис. 6) визначаємо показники якості перехідного процесу: перерегулювання складає $\sigma = 23\%$, час регулювання $t_p = 6$ с, тобто зменшився відповідно з некоригованою двомасовою системою у 7 разів.

Висновки

Розраховані динамічні характеристики цифрової двомасової системи управління за зміною періоду дискретності електроприводом прокатної кліти стана холодної прокатки, які отримані по повному вектору стану за задаючою і збурюючою діях.

Побудовані динамічні характеристики за всіма змінними стану: швидкості робочих валків, моменту пружності, швидкості двигуна, моменту двигуна,

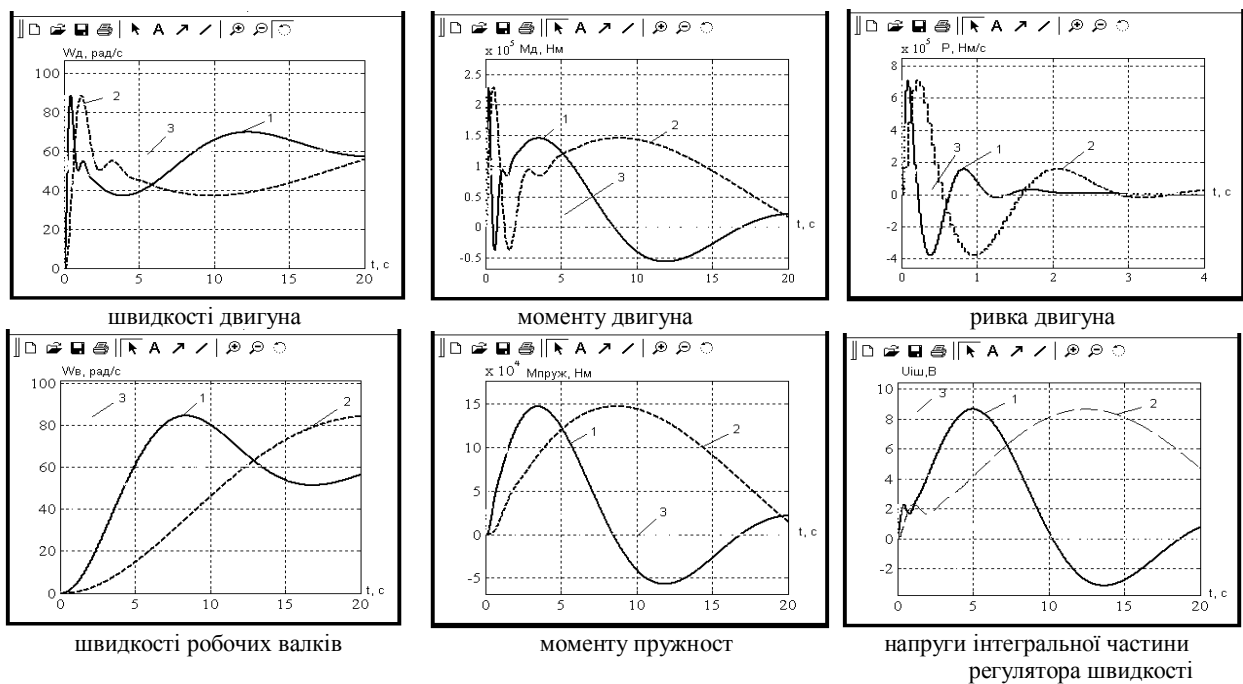


Рис. 5. Графіки динамічних характеристик оптимальної цифрової двомасової системи управління за задаючою дією і за зміною періоду дискретності при різних Δ

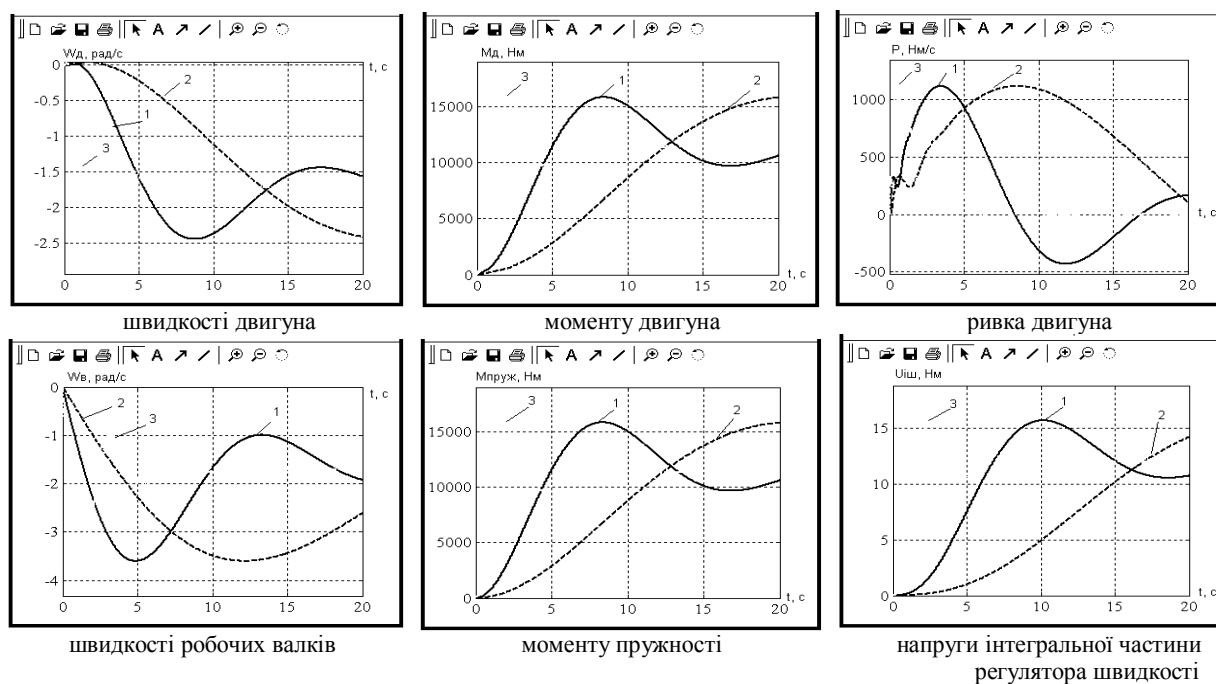


Рис. 6. Графіки динамічних характеристик оптимальної цифрової двомасової системи управління за збурюючою дією і за зміною періоду дискретності при різних Δ

ривка двигуна, напруги на вході системи, напруги у зворотному зв'язку і напруги на виході інтегруючої частини ПІ – регулятора за збурюючою та задаючою діях. Проведений аналіз цифрової двомасової системи управління за зміною періоду дискретності, тобто чим менше період дискретності, тим швидше перехідний процес. Ясно, що при $\Delta \rightarrow 0$ (при майже високій частоті квантування) вихідний сигнал $s(t)$ буде приближатися до вхідному $r(t)$.

Список літератури

1. Пат. UA №78140. МПК H02P 5/46. № 10374 (2006.01), 2012. Цифрова система регулювання багатодвигу-

новим електроприводом / Кузнецов Б.І., Курцева Л.Б., Калюжна О.В.; заявл. 03.09.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. №5.

2. Трьохмасова система управління швидкістю обертання і натягом багатодвигуновим електроприводом папірообмотувальної машини / Б.І. Кузнецов, Л.Б. Курцева, О.М. Пономаренко, М.В. Лучанінова // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 9 (116). – С. 41-45.

3. Курцева Л.Б. Синтез та дослідження аналогової і цифрової системи управління прокатного стану / Л.Б. Курцева, А.О. Власов // Системи управління навігації та зв'язку. – Полтава: ПНТУ, 2014. – Вип. 2(30). – С. 53-57.

Надійшла до редколегії 21.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВОЙ ДВУХМАСОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОКАТНОЙ КЛЕТИ С ИЗМЕНЕНИЕМ ПЕРИОДА ДИСКРЕТНОСТИ И С ОПТИМАЛЬНЫМ DLQR - РЕГУЛЯТОРОМ

Л.Б. Курцева, Н.С. Еремина

Выполнен расчет динамических характеристик цифровой двухмассовой системы управления за изменением периода дискретности электроприводом прокатной клетки стана холодной прокатки, полученные по полному вектору состояния по задающему и возмущающему действиям. Построены динамические характеристики по всем переменным состояния: скорости рабочих валков, момента упругости, скорости двигателя, момента двигателя, рывка двигателя, напряжения на входе системы, напряжения в обратной связи и напряжения на выходе интегрирующей части ПИ - регулятора по задающему и возмущающему действиям. Проведен анализ цифровой двухмассовой системы управления за изменением периода дискретности.

Ключевые слова: прокатный стан, двухмассовая система управления, математическая модель, задающее действие, возмущающее действие, период дискретности, переходный процесс, динамические характеристики.

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF DIGITAL DUAL-MASS CONTROL SYSTEMS ROLLING MILL FOR THE PERIOD CHANGE DISCRETE AND OPTIMAL DLQR - REGULATOR

L.B. Kurtseva, N.S. Eremina

The calculation of dynamic descriptions of digital two mass control the system after a change period of discreteness is executed by the electro mechanic of rental cage of figure of the cold rolling, states got on a complete vector on a questioner and revolting actions. Dynamic descriptions are built on all of state variables: speed of workings rollers, moment of resiliency, speed of engine, moment of engine, jerk of engine, tension on the entrance of the system, tension in a feed-back and tension on the output of integrating part of PI - regulator on revolting and questioner actions. The analysis of digital two mass control the system after a change period of discreteness is conducted.

Keywords: flatting mill, two mass control the system, mathematical model, questioner an action, revolting an action, period of discreteness, transient, dynamic descriptions.

УДК 629.429.3:621.313

Б.Г. Любарський, Б.Х. Єрціян, Д.І. Якунін

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ КОМБІНОВАНОГО ПНЕВМАТИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ НАХИЛУ КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

В науковій статті розглядається актуальна проблема створення транспортного засобу з комбінованим пневматичним та електромеханічним приводом нахилу кузова, що дозволяє істотно підвищити швидкість руху на кривих ділянках. У роботі створена математична модель у вигляді сукупності диференціальних рівнянь, що описують усі вузли і ланки передачі потужності від джерела електричної енергії до виконавчого механізму - балки, що нахиляється, а також роботу керованого пневматичного підвішування. Вона встановлює зв'язки геометричних, силових і електрофізичних параметрів з величинами, що характеризують якість і ефективність роботи як окремих механізмів, так і облаштування приводу нахилу кузова в цілому.

Ключові слова: комбінований привод, нахил кузова, лінійний двигун, математична модель.

Вступ

Постановка проблеми. Підвищення швидкості руху можна здійснити двома основними шляхами. По-перше, можна відмовитися від використання кривих порівняно малого радіуса, оскільки в пологих кривих вплив відцентрової сили на пасажирів невелике і може бути скомпенсована за рахунок конструктивних особливостей шляху. Так вчинили у Франції, запустивши в експлуатацію з 1981 року високошвидкісні потяги TGV [1 – 5]. Такий підхід не потребує кардинальної зміни конструкції транспортного засобу. Тим не менше, створення принципово нової інфраструктури транспортних колій вимагає досить значних капіталовкладень. По-друге, можна залишити в експлуатації існуючу мережу транспорту, вживши заходів по зміні її конструкції, що дозволяють підвищити швидкість проходження кривих за рахунок впровадження систем нахилу кузовів. Такий шлях представляється менш витратним, оскільки вводити нові транспортні засоби можна поступово, витісняючи існуючий у міру його фізичного та морального зносу.

Транспортні засоби з наклоняємими кузовами являються найменше затратною технологією для створення скоростного движенья на існуючих ділянках транспортних магістралей, що містять велику кількість кривих (залізниця, аеродроми та інше). В даний час такі приводи застосовуються на електропоїздах, експлуатуються в багатьох країнах світу, включаючи Австралію, Німеччину, Іспанію, Італію, Канаду, Китай, Норвегію, Португалію, Словенію, США, Фінляндію, Францію, Швейцарію, Швецію та Японію [1 – 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В якості приводу систем нахилу кузовів цих поїздів використовуються гідравлічні, пневматичні і електромеханічні системи. Гідравлічна система залежить від погодних умов, екологічно недосконала через

можливість витоків, її конструкція, експлуатація та ремонт відносно складні; пневматична система не забезпечує належного швидкодії; електромеханічна система, будучи найбільш перспективною, не забезпечує належного рівня безпеки руху через відсутність самоповороту механізму нахилу, у разі відмови застосовуваних ротативних електромеханічних перетворювачів спільно з редуктором. На кафедрі електричного транспорту та тепловозобудування НТУ «ХП» розроблена система нахилу кузова на основі лінійного двигуна, встановленого в систему колискового підвішування вагона [1]. Така система дозволяє підвищити ККД приводу, оскільки не має у своєму складі редукторів і володіє можливістю самоповороту, успадкованої від колискового підвішування. Основним недоліком такої системи є значні масогабаритні показники лінійного двигуна. Для усунення цього недоліку нами пропонується сумарний кут нахилу реалізовувати за рахунок спільного нахилу кузова лінійним приводом і пневматичним ресорним підвішуванням другого ступені, вже наявної на електропоїздах такого типу. Застосування керованого ресорного пневмопідвішування апробовано у світовій практиці. При цьому значних змін в конструкції ресорного підвішування не потрібно, однак кут нахилу, реалізований таким приводом, не перевищує $2,5^\circ$, а швидкодія значно нижче електромеханічного приводу. З іншого боку, як показали проведені нами дослідження, зниження максимального кута нахилу кузова з 7° до 5° дозволяє зменшити масу активних матеріалів і габарити приводу на 32..35%. Таким чином, нами пропонується для нахилу кузова застосовувати комбіновану систему, що складається з лінійного двигуна і регульованого пневмопідвішування другого ступеня. Нахил кузова на кут до 5° вона забезпечує за рахунок електромеханічного приводу, що має більшу швидкодію, при великих кутах нахилу проводиться за рахунок спільної дії електромеханічного і пневмати-

чного приводів (рис. 1) [6]. Для визначення робочих властивостей запропонованої системи необхідно розробити математичну модель такої системи нахилу кузова. Вона складається з трьох основних блоків, що описують механічну частину системи нахилу кузова, систему електромеханічного перетворення енергії, а також пневматичне підвішування, що працює в режимі нахилу кузова

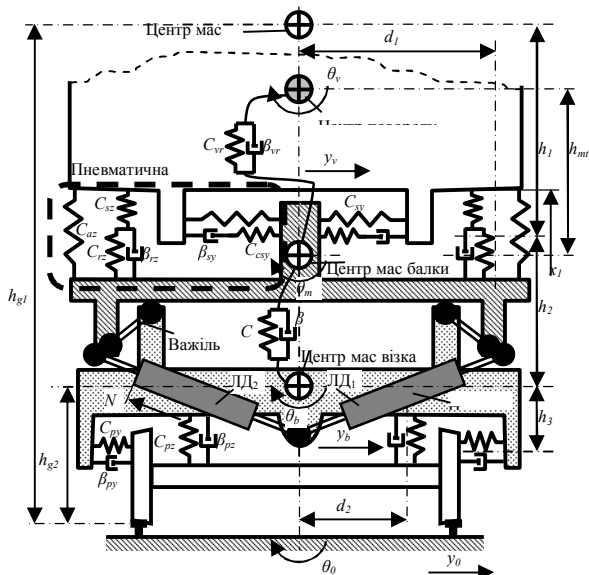


Рис. 1. Схема механічної частини системи нахилу кузова

Метою даної статті є розробка математичної моделі електромеханічної частини комбінованої пневматичної та електромеханічної системи нахилу кузова транспортного засобу.

Виклад основного матеріалу досліджень

Моделювання першого блоку розглянуто [1], а особливості третього блоку наведені у [7 – 10].

Другий блок відноситься до системи електромеханічного перетворення енергії. Вона, як уже згадувалося, підрозділяється на два блоки: лінійний двигун і напівпровідниковий перетворювач [1, 2].

Принципова схема системи електромеханічного перетворення енергії (СЕМПЕ) приведена на рис. 2, де U_{uc} – напруга джерела живлення; U_{VT} – напруга на ключах; U – напруга на електромагнітному двигуні; i_{uc} – струм джерела живлення; i_{uc} – струм інвертора; i_{VD} – струм діодів; i_{VT} – струм ключів; i_{di} – струм лінійного двигуна; R_d – обмежувач опір демпфуючого ланцюга; R – опір обмотки електромагнітного двигуна, який визначається кількістю її витків w ; C_d – ємність демпфуючого ланцюга; i_d – струм демпфуючого ланцюга; L – індуктивність електромагнітного двигуна.

Ескіз поперечного перерізу лінійного двигуна електромагнітного типу приведений на рис. 3.

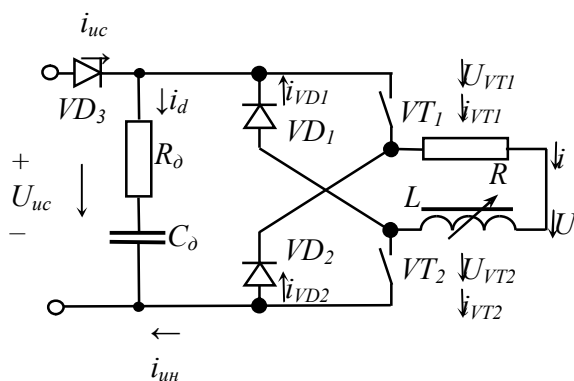


Рис. 2. Принципова схема СЕМПЕ

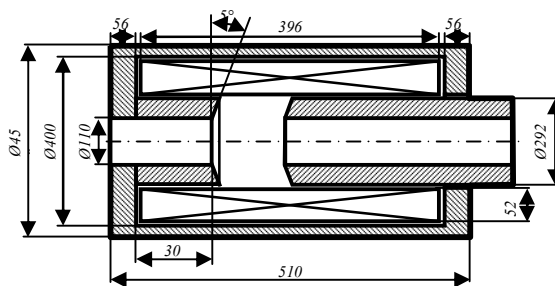


Рис. 3. Ескіз поперечного перерізу коаксіального лінійного двигуна постійного струму електромагнітного типу

Процеси електромеханічного перетворення енергії, що відбуваються в системі, описуються так:

$$\begin{cases} U = -e + iR; \\ -e = \frac{d\Psi}{dt} = \frac{\partial\Psi}{\partial i / N = \text{const}} \cdot \frac{di}{dt} + \\ \quad + \frac{\partial\Psi}{\partial N / i = \text{const}} \cdot \frac{dN}{dt}; \\ L = \frac{\partial\Psi}{\partial i / N = \text{const}}; \\ K_3 = \frac{\partial\Psi}{\partial N / i = \text{const}}. \end{cases} \quad (1)$$

В даному випадку коефіцієнт K_3 це протиположний ЕРС, обумовлена зміною координати N при постійності струму, - тобто ЕРС руху.

$$U = L \frac{di}{dt} + K_3 V_T + iR, \quad (2)$$

де $V_T = \frac{dN}{dt}$ – швидкість переміщення якоря.

Після приведення рівнянь (1) до форми завдання Коши, загальна система диференціальних рівнянь лінійного двигуна електромагнітного типу прийме вигляд

$$\begin{cases} \frac{di}{dt} = \frac{U - iR - K_3 V_T}{L}; \\ \frac{dN}{dt} = V_T, \end{cases} \quad (3)$$

де $L = f(i, N)$; $K_3 = f(i, N)$.

Схема для розрахунку перетворювача приведена на рис. 4. Вона заснована на схемі [1]. Однак недоліком цієї схеми є те, що у режимі, при якому якор двигуна не рухається, тобто $V_T = 0$, двигун являє собою індуктивність, яка споживає значний реактивний струм від джерела живлення. Тому струм джерела у цій схемі має змінний характер, що може привести до негативних наслідків у допоміжних системах електропоїзду. Тому для усунення цього недоліку встановлено діод VD3. В такій схемі у час, коли від електродвигуна протікає зворотній струм (що спрямований зворотно напрузі на двигуні), він буде замикатися через ланцюг конденсатора С, що забезпечить його заряд. При протіканні прямого струму конденсатор розряджається через обмотку двигуна. Сумарний струм i , що протікає через обмотку двигуна, складається зі струму джерела живлення i_{uc} та конденсатору i_d . Тому у цьому режимі струм джерела зменшується.

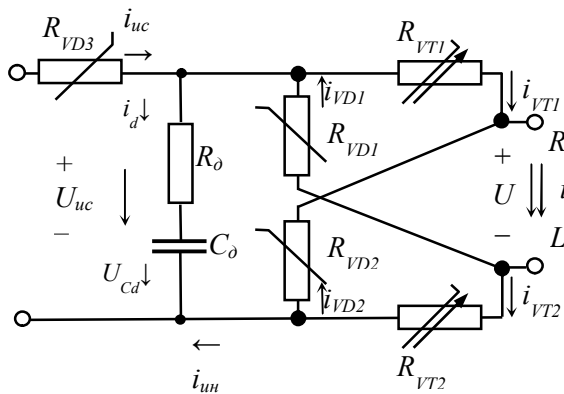


Рис. 4. Розрахункова схема перетворювача:
 R_{VD} – опори керованих резисторів - еквівалентів діодів, R_{VT} – опори керованих резисторів - еквівалентів ключів

Струми в гілках, відповідно до 1 закону Кірхгофа знаходяться так:

$$\begin{cases} i_{uc} + i_{VD1} - i_{VT1} - i_d = 0; \\ -i_{uc} + i_{VD2} + i_{VT2} + i_d = 0; \\ i_{VT1} + i_{VD2} - i = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Напруги в контурах по 2 закону Кірхгофа знаходяться з таких співвідношень:

$$\begin{cases} -U_{uc} + i_d R_d + U_{Cd} = 0; \\ -U_{uc} + i_{VT1} R_{VT1} + U + i_{VT2} R_{VT2} = 0; \\ i_d R_d + U_{Cd} + i_{VD2} R_{VD2} + U + i_{VD1} R_{VD1} = 0; \\ i_{VT1} R_{VT1} + U + i_{VD1} R_{VD1} = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Напругу на конденсаторі можна визначити з наступного співвідношення

$$\frac{dU_{Cd}}{dt} = \frac{i_d}{C_d}. \quad (6)$$

У виразах (4, 5)

$$R_{VT1} = f(V_T); R_{VT2} = f(N, \theta_m); R_{VD1} = f(i_{VD1}); \\ R_{VD2} = f(i_{VD2}); C_d, R_d, U_{uc} = \text{const.}$$

Показниками, що характеризують роботу СЕМПЕ, є сила, що розвивається електромагнітним приводом і швидкість руху якоря двигуна електромагнітного типу, а також максимальна напруга на ключах. Параметри, зміна яких зробить істотний вплив на вказані показники:

1. Характеристики коаксialного лінійного двигуна постійного струму електромагнітного типу: діаметр якоря; довжина опори якоря; кут нахилу її торцевої частини; діаметр та довжина твірної статора; довжина і товщина обмотки; число її витків.

2. Характеристики електричного ланцюга СЕМПЕ: опір демпфуючого ланцюга; ємність демпфуючого ланцюга.

Для ідентифікації параметрів математичної моделі згідно з [1,2] проведемо комплекс цифрових експериментів по визначенню потокозчеплення обмотки якоря. Обрана оптимальна за розрахунками розділу 2 конструкція двигуна для куту нахилу 5° .

Лінійний двигун вибраної конструкції був змодельований і досліджений в середовищі femm [11]. При побудові моделі прийняті наступні основні допущення: магнітна система є аксіально-симетричною; матеріал корпусу і якоря лінійного двигуна - сталь Ст 3, обмотки - електротехнічна мідь; вихрові струми і гістерезис в магнітопроводі не враховуються; джерело живлення має властивості ідеального джерела електрорушійної сили, ключі перетворювача мають ідеальну вольт-амперну характеристику.

Для отримання сімейства тягових характеристик двигуна електромагнітного типу, на мові lua була написана програма - скрипт, що автоматично варіює проміжок N в моделі лінійного двигуна від 0,1 до 96,1 мм з кроком 5 мм при зміні МДС в обмотці від 0 до 60000 А з кроком в 1000. Живляча напруга складала 600 В. Кількість витків – 175, що забезпечує встановлену щільність стуму згідно розділу 2, 10А/мм².

На кожному кроці розрахунку робився автоматичний розрахунок електромагнітного поля ЛЕМПЭ (рис. 5), вчислена величина тягової сили і потокозчеплення для поточних значень струму і проміжку поміщалася у файл end.xls для подальшої обробки. Величина сили вимірювалася шляхом інтеграції по контуру якоря електромагнітного двигуна, а значення потокозчеплення - по контуру його обмотки.

Найбільший інтерес становить тягова характеристика, що найточніше відповідає кривій навантаження (рис. 6).

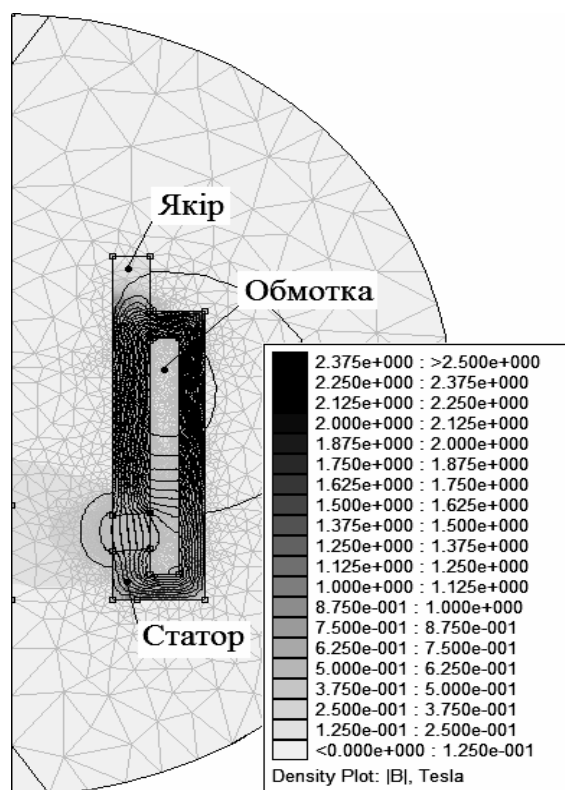
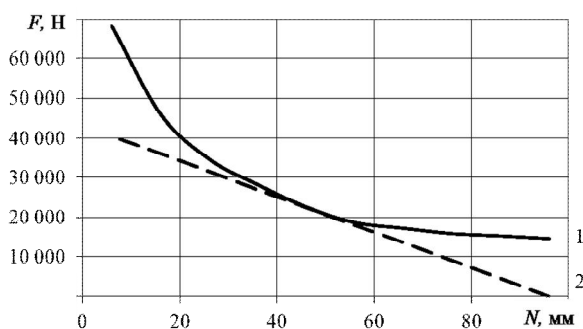


Рис. 5. FEMM-модель коаксіального лінійного двигуна постійного струму електромагнітного типу і результати розрахунку магнітного поля



1 – тягова при МДС 51000 А;
2 – навантажувальна

Рис. 6. Тягова та навантажувальна характеристики

Тягова характеристика, отримана для МДС обмотки в 51000 А торкається кривої навантаження, тобто забезпечує функціонування механізму на усій довжині ходу якоря.

Слід зазначити, що отримані в результаті числового експерименту природні тягові характеристики лінійного електромагнітного двигуна не можуть бути використані в імітаційній моделі безпосередньо, оскільки є дискретними даними для ряду значень проміжку N і струму в обмотці електромагнітного двигуна.

Для визначення безперервних функцій у будь-якій точці інтервалу варіювання струму і

проміжку пропонується апроксимувати функції потокозчеплення і електромагнітної сили поліномами Чебишева на множині рівновіддалених точок, використовуючи результати обчислювальних експериментів як початкові дані [12].

При цьому апроксимація потокозчеплення фази має вигляд

$$\Psi = \sum_{j=0}^J \sum_{k=0}^K \left(A_{jk} (MJ \cdot i + ZJ)^j \times \right. \\ \left. \times (MK \cdot N + ZK)^k \right), \quad (7)$$

де A_{jk} – коефіцієнт регресії полінома, апроксимуючого потокозчеплення;

MJ, MK – масштабні коефіцієнти по току і проміжку відповідно;

ZJ, ZK – зсуви по току і зазору відповідно;

J, K – степені апроксимуючого полінома по струму і проміжку відповідно.

Зробивши аналітичне диференціювання по струму (7), отримаємо коефіцієнт при протиЕРС, представлений в імітаційній моделі блоком ApproxProtivoEDS:

$$K = \sum_{j=0}^J \sum_{k=1}^K \left(A_{jk} k (MJ \cdot i + ZJ)^{j-1} \times \right. \\ \left. \times (MK \cdot N + ZK)^{k-1} \right).$$

Зробивши аналітичне диференціювання по проміжку (7), отримаємо диференціальну індуктивність, представлену в імітаційній моделі блоком ApproxInduct:

$$K = \sum_{j=0}^J \sum_{k=1}^K \left(A_{jk} k (MJ \cdot i + ZJ)^{j-1} \times \right. \\ \left. \times (MK \cdot N + ZK)^{k-1} \right).$$

Електромагнітна сила апроксимована поліномом, що має аналогічний із (7) вигляд, він представлений в імітаційній моделі блоком ApproxSily:

$$F = \sum_{j=0}^{JF} \sum_{k=0}^{KF} \left(AF_{jk} (MJF \cdot i + ZJF)^j \times \right. \\ \left. \times (MKF \cdot N + ZKF)^k \right), \quad (8)$$

де AF_{jk} – коефіцієнт регресії полінома, що апроксимує силу;

MJF, MKF – масштабні коефіцієнти по струму і проміжку відповідно;

ZJF, ZKF – зсуви по току і зазору відповідно;

JF, KF – степені апроксимуючого полінома по струму і проміжку відповідно.

Згідно [1] вибрані наступні параметри апроксимуючого полінома.

$$J = 4 \text{ і } K = 9,$$

а функції сили:

$$JF = 7 \text{ і } KF = 9.$$

Висновки

1. Запропоновано математичну модель, яка складається з трьох основних блоків, що описують механічну частину системи нахилу кузова, систему електромеханічного перетворення енергії, а також пневматичне підвішування, що працює в режимі нахилу кузова.

2. Узагальнена математична модель у вигляді сукупності диференціальних рівнянь, що описують усі вузли і ланки передачі потужності від джерела електричної енергії до виконавчого механізму - балки, що нахилється, а також роботу керованого пневматичного підвішування. Вона встановлює зв'язки геометричних, силових і електрофізичних параметрів з величинами, що характеризують якість і ефективність роботи як окремих механізмів, так і облаштування приводу нахилу кузова в цілому.

3. Особливістю цієї моделі є застосування методу кінцевих елементів для ідентифікації параметрів лінійного двигуна з подальшою апроксимацією поточкозчеплень на їх похідних поліномами Чебишева на безлічі рівновіддалених точок.

Список літератури

1. Якунин Д.И. *Электромеханическая система привода с линейным двигателем для наклона кузовов скоростного подвижного состава* : дисс. ... канд. техн. наук / Д.И. Якунин. – Харьков, 2010. – 202 с.
2. Любарський Б.Г. *Теоретичні основи для вибору та оцінки перспективних систем електромеханічного перетворення енергії електрорухомого складу* : дисс. ... д-ра техн. наук : 05.22.09 – електротранспорт / Любарський Борис Григорович. – Харків : Національний технічний університет «ХПІ», 2014. – 368 с.
3. Корниенко В.В. *Высокоскоростной электрический транспорт. Мировой опыт* / В.В. Корниенко, В.И. Омеляненко. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. – 159 с.

4. *Поезда с наклоняемыми кузовами для скоростного пассажирского движения* / В.И. Омеляненко, Г.В. Кривякин, Д.И. Якунин, Е.С. Редченко // *Локомотив-информ.* – Харьков: Техностандарт, 2008. – №5. – С. 12-17.

5. *Развитие технологии наклона кузовов вагонов* [Электронный ресурс] // *Железные дороги мира*, 2001. – № 11. – Режим доступа до журн.: <http://css-rzd.ru/zdm/11-2001/01185-1.htm>.

6. Якунин Д.И. *Влияние наклона кузова вагона при движении по кривым участкам пути на взаимодействие колес с рельсами* / Д.И. Якунин, Ю.В. Макаренко // *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна.* – Дніпропетр.: ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна, 2009. – С. 248–251.

7. Єриця Б.Х. *Лінійний двигун для комбінованої електропневматичної системи нахилу кузова швидкісного електрорухомого складу* / Б.Х. Єриця, Д.І.Якунін // *Microcad* : Тези конф. – Х., 2014.

8. Макаренко Ю.В. *Усовершенствование пневматического рессорного подвешивания электропоезда путем применения регулятора положения кузова на основе мехатроники* : дисс. ... канд. техн. наук / Ю.В. Макаренко. – Х., 2014. – 170 с.

9. Berg M: *Modelling of springs and dampers for dynamic analysis of railvehicles - a pilot study* / M: Berg. – KTH, Stockholm 1994, ISBN KTH/FKT/FR- 94/51-SE.

10. Єриця Б.Х. *Развитие имитационного моделирования механизма наклона кузова с линейным электро-механическим преобразователем* / Б.Х. Єриця, Д.И. Якунин // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – Х.: НТУ «ХПІ», 2010. – С. 92-97.

11. *Сайт femm.info* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.femm.info/wiki/HomePage>.

12. *Математическая модель автоматизированного электропривода на базе линейного шагового двигателя* / Джафари Хенджани Сейед Моджтаба, Б.Г. Любарский, Е.С. Рябов, В.П. Северин, В.Ф. Чернай, Д.И. Якунин // *Электроинформ.* – Львов: ЕКОинформ, 2009. – С. 88–91.

Надійшла до редколегії 11.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Т. Доманський, Національний технічний університет ХПІ, Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КОМБИНИРОВАННОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА НАКЛОНА КУЗОВА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Б.Г. Любарский, Б.Х., Єриця, Д.И. Якунин

В научной статье рассматривается актуальная проблема создания транспортного средства с комбинированным пневматическим и электромеханическим приводом наклона кузова, что позволяет существенно повысить скорость движения на кривых участках. В работе создана математическая модель в виде совокупности дифференциальных уравнений, описывающих все узлы и звенья передачи мощности от источника электрической энергии к исполнительному механизму – наклоняемой балки, а также работы управляемого пневматического подвешивания. Она устанавливает связи геометрических, силовых и электрофизических параметров с величинами, характеризующими качество и эффективность работы как отдельных механизмов, так и устройства привода наклона кузова в целом.

Ключевые слова: комбинированный привод, наклон кузова, линейный двигатель, математическая модель.

THE MATHEMATICAL MODEL OF THE COMBINED ELECTRO PNEUMATIC AND ELECTROMECHANICAL DRIVE TILTING OF THE VEHICLE BODY

B.G. Liubarskyi, B.Kh. Yeritsyan, D.I. Yakunin

In the scientific article the actual problem of creating a vehicle with a combined pneumatic and electromechanical drive tilting that can significantly increase the speed of movement in curves. In this paper a mathematical model as a set of differential equations describing all the nodes and links in power transmission from the power supply to the actuator - tilting beam, and the work managed air suspension. It establishes a connection geometry, power and electrical parameters with the values that characterize the quality and efficiency of individual mechanisms and tilting drive arrangement as a whole.

Keywords: combination drive, the inclination of the body, linear motor, the mathematical model.

УДК 519.254

Р.П. Мигущенко, О.М. Реброва, М.І. Опришкіна

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

ВИКОРИСТАННЯ КУМУЛЯТИВНИХ СТАТИСТИК ДЛЯ ТЕСТОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ КОВАРІАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ВЕЙВЛЕТ-ЗОБРАЖЕНЬ

У статті розглянута задача визначення оптимальної кількості апроксимуючих регресій дисперсійного та коваріаційного аналізів результатів вейвлет-перетворення спектрально-нестационарних вібраційних сигналів при діагностиці стану промислових вібраційних об'єктів шляхом застосування кумулятивних статистик. В статті показано, що інформативними параметрами при аналізі вібрації вузлів промислового об'єкту для проведення контролю та діагностування обрані критеріальні F -статистики, які отримані при обробці вейвлет-зображення при застосуванні зрізів за масштабом та зсувом. Вибір кількості апроксимуючих прямих для досягнення мінімуму ймовірності похибки діагностики супроводжується визначенням мінімуму числа порушень однорідності вейвлет-коефіцієнтів на обраному числі регресій. В статті доведена ефективність підходів, пов'язаних із застосуванням кумулятивних T -статистик.

Ключові слова: вібродіагностика, вейвлет-аналіз, регресії, F -статистики, T -статистики.

Вступ

Постановка проблеми. Для діагностики стану паливної системи дизельних двигунів доцільно використовувати алгоритми, які ґрунтуються на неперервному вейвлет-перетворенні вібросигналів, отриманих з трубки паливного насоса високого тиску [1]. В [2] запропонована заміна тримірних вейвлет-зображень двомірними, що спростило алгоритм діагностування і дало можливість запровадити нові статистичні методи для проведення контролю та діагностики. В якості інформативних параметрів використовувались двомірні статистики Фішера, при цьому важливо знати оптимальну кількість регресій для отримання цих статистик.

Аналіз останніх досягнень і літератури. Використовуючи вимірювальні вібросигнали, які отримані від первинних перетворювачів, встановлених на промислових об'єктах, можна ідентифікувати стан цих об'єктів. Функціональна діагностика при цьому ґрунтується на застосуванні відповідного статистичного апарату обробки вібросигналів. До такого, в першу чергу, відноситься спектральний аналіз. У [3] для функціональної діагностики об'єктів розглянуто використання порівняно нового кратномасштабного аналізу, ґрунтованого на вейвлет-перетворенні, який є додатком спектрального аналізу.

В [1] наведені приклади оцінки стану об'єктів промисловості і медицини при застосуванні вейвлет-аналізу. Ці приклади свідчать про високу ефективність використовуваних методів при контролі і діагностиці стану різноманітних об'єктів.

У даній статті запропонований метод оцінки і підвищення вірогідності результатів вібродіагностики за рахунок доповнення результатів вейвлет-аналізу методами дисперсійного і коваріаційного

аналізів, що може бути подальшим розвитком теорії функціональної діагностики.

Мета статті. Визначення можливостей використання кумулятивних статистик при визначенні оптимальної кількості регресій вибірки для теорії оптимальних статистичних рішень у задачі пошуку глобального мінімуму середнього ризику при діагностиці складних промислових вібраційних об'єктів.

Визначення інформативних параметрів при функціональній вібродіагностиці промислових об'єктів

Відповідно до [2, 4] будь яку тривимірну інформаційну модель можна замінити скінченною множиною двовимірних моделей:

$$\{V_{jl} = F_a[a_j | b_l = \text{const}] + \delta_{jl}\}_{l=1}^L; \quad (1)$$

$$\{V_{jl} = F_b[b_l | a_j = \text{const}] + \varepsilon_{jl}\}_{j=1}^J. \quad (2)$$

Функції F_a і F_b – це не випадкові функції (тренди), а δ_{jl} і ε_{jl} – випадкові величини (випадкові залишки). Функції F_a і F_b можна оцінити, представивши їх послідовностями лінійних регресій з випадковими коефіцієнтами.

Коваріаційний аналіз таких послідовних випадкових регресій (груп двовимірних спостережень) дозволяє виявити статистично значущі адитивні і мультиплікативні зміни трендів на фоні непереборних шумів (випадкових залишків). На практиці це надає можливість ідентифікувати справність промислового обладнання при порівнянні множин коефіцієнтів F -статистик, які отримані з об'єктів з дефектами та без них [2].

Алгоритм формування множин F-статистик має такий вигляд [5]:

$$F_0 = \frac{Q_0}{Q_\Delta}(N - 2s) \quad F_1 = \frac{Q_1}{Q_\Delta}(N - 2s); \quad (3)$$

$$F_2 = \frac{Q_2}{Q_\Delta} \left(\frac{N - 2s}{s - 2} \right) \quad F_3 = \frac{Q_3}{Q_\Delta} \left(\frac{N - 2s}{s - 1} \right), \quad (4)$$

де F_0, F_1, F_2, F_3 – критеріальні F-статистики; $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3, Q_\Delta$ – дисперсійне розкладання загальної суми квадратів відхилень; N – кількість дискретних відліків (кількість вейвлет-коефіцієнтів); s – кількість груп регресій.

За локальні внутрішньо групові геометричні особливості зображення відповідають суми Q_1, Q_2 (частинні адитивні зміщення) і Q_3 (мультиплікативні зміни). Сума Q_0 характеризує загальну лінійну зміну середніх значень v_{si} при монотонних змінах j (модель (1)) і l (модель (2)). Q_Δ – залишкова сума, яка відповідає за неусувний випадковий шум тривимірного вейвлет-зображення.

Алгоритм оптимізації

При зменшенні розмірності (стисненні) тривимірних вейвлет-зображень з наступним розрахунком F-статистик (3), (4), як інформативних параметрів діагностичної моделі, була застосована стандартна процедура коваріаційного аналізу для послідовностей вейвлет-коефіцієнтів. Така процедура передбачає розрахунок сум $Q_0 \div Q_3, Q_\Delta$ дисперсійного розкладання для s послідовних лінійних частинних регресій, які апроксимують зміни вейвлет-коефіцієнтів. При цьому, однією з обов'язкових умов коваріаційного аналізу є умова однорідності залишкових дисперсій для s частинних регресій [6].

Ця умова відповідає вимогам рівності всіх частинних залишкових дисперсій (за всіма s частинними лінійними регресіями), що утворюють середній квадрат залишкової суми:

$$\bar{Q}_\Delta = Q_\Delta (N - 2s)^{-1}, \quad (5)$$

де N – загальна кількість вейвлет-коефіцієнтів, що підпадає під коваріаційне перетворення при фіксованому (наприклад, або за масштабом, або за зсувом) вейвлет-перетворенні.

Оскільки T-статистика [7] в однопараметровому варіанті може використовуватись як критерій для перевірки величини єдиної дисперсії, то є сенс використовувати T-статистику для тестування на відсутність неоднорідності умовних (за станами S_0 і S_1) середніх залишкових сум [8]:

$$\begin{cases} \bar{Q}_\Delta^{(0)} - \text{для стану } S_0; \\ \bar{Q}_\Delta^{(1)} - \text{для стану } S_1. \end{cases} \quad (6)$$

При такому тестуванні суми $\bar{Q}_\Delta^{(0)}$ і $\bar{Q}_\Delta^{(1)}$ (6) вираховуються за виразом (5), з врахуванням умовності (по класам S_0 і S_1) абсолютної суми Q_Δ .

Якщо основна гіпотеза при тестуванні на однорідність середніх сум

$$H_0 : \bar{Q}_\Delta^{(1)} = \bar{Q}_\Delta^{(0)}, \quad (7)$$

а еталонною дисперсією σ_0^2 в рівнянні (7) вважати суму $\bar{Q}_\Delta^{(0)}$, то вираз для T-статистики прийме вигляд:

$$T = \sqrt{\frac{N - 2s}{2}} \left[\frac{Q_\Delta^{(1)}}{Q_\Delta^{(0)}} - 1 \right]. \quad (8)$$

У виразі (8) замість середніх квадратів $\bar{Q}_\Delta^{(0)}$ і $\bar{Q}_\Delta^{(1)}$ використані абсолютні значення умовної суми Q_Δ (для станів S_0 і S_1), оскільки для будь-якого з станів незмінними лишаються N і s ($N = \text{const}$ і $s = \text{const}$).

Так як одномодельна статистика (8) при справедливості основної гіпотези (7) задовольняє умову нормування, то критична область $\bar{\omega}$ визначається $\alpha/2$ -процентною точкою ($U_{\alpha/2}$) стандартного нормального розподілення:

$$\bar{\omega} \in \begin{cases} [-\infty, -U_{\alpha/2}], \text{ при } T < 0; \\ [U_{\alpha/2}, \infty], \text{ при } T \geq 0. \end{cases} \quad (9)$$

Рішення γ_0 (не відкинути гіпотезу H_0) приймають якщо розраховане значення T^* кумулятивної статистики (8) не попадає в критичну область $\bar{\omega}$ (6), тобто

$$T^* \notin \bar{\omega}. \quad (10)$$

Умова (10) еквівалентна умові

$$T^* \in (-U_{\alpha/2}, U_{\alpha/2}). \quad (11)$$

Якщо умова (11) (або (10)) не виконується, то приймають альтернативне рішення γ_1 (відкинути нульову гіпотезу H_0).

Реалізація алгоритму оптимізації

Для вибору оптимального (по мінімуму неоднорідності залишкових дисперсій ($\bar{Q}_\Delta^{(0)}$ і $\bar{Q}_\Delta^{(1)}$) кількості $s_{\text{опт}}$ частинних лінійних регресій було проведено багато (по кількості масштабів a і кількості регресій s) тестувань залишкових сум $\bar{Q}_\Delta^{(0)}$ і $\bar{Q}_\Delta^{(1)}$ при коваріаційному перетворенні тривимірних вейвлет-зображень, які відповідають станам S_0 і S_1 . Рішення γ_0 і γ_1 при такому тестуванні кодувалось, відповідно, цифрами 0 і 1.

В табл. 1 представлені результати підрахунку, сумарного по всім масштабам, кількості одиниць (рішення γ_1) для різних (від 3 до 10) значень s . Кількість масштабів $a = 10$.

В цій же табл. 1 надані результати оцінювання середнього значення m_T кумулятивної статистики (8) для варіантів виконання умови однорідності (прийняття рішень γ_0). Рівень значущості при тестуванні – $\alpha = 0.05$, значення $U_{\alpha/2} = 1.96$.

З табл. 1 видно [9], що мінімум кількості v порушень однорідності вейвлет-коефіцієнтів відпові-

дає двом значенням s кількості регресій в їх коваріаційному перетворенні $s = 3$ і $s = 10$.

Проте мінімум абсолютного значення $|m_T| = 0.05836$ кумулятивної статистики (8) відповідає тільки одному значенню – $s = 3$.

З табл. 1 слідє також, що найгірший варіант (для $s = 6$) відповідає максимуму абсолютного значення для m_T ($|m_T| = 1.4359$). Наочність отриманих висновків графічно проілюстрована на рис. 1 та 2, де відображені кількісні результати залежностей $v = F(s)$ і $|m_T| = F(s)$ з табл. 1.

Таблиця 1

Результати тестування вейвлет-коефіцієнтів на відсутність статистичної неоднорідності

Результати тестування	s					
	3	4	5	6	8	10
Кількість порушень однорідності v	5	7	7	7	6	5
Оцінка математичного сподівання m_T T-статистики (при справедливості гіпотези H_0)	0.05836	-0.4105	-1.0909	-1.4359	-1.3703	-0.3768

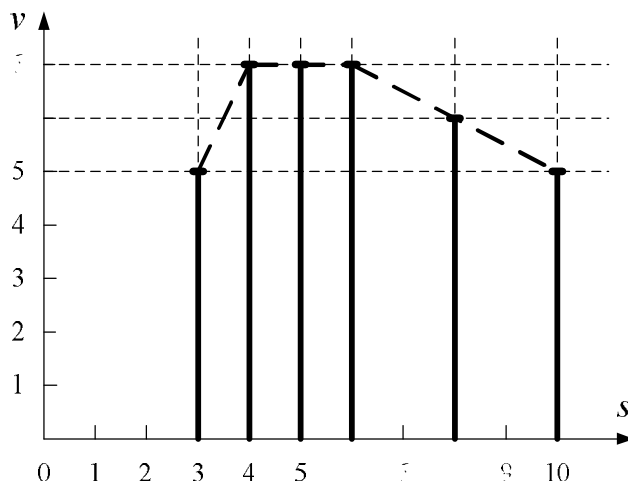


Рис. 1. Визначення кількості регресій s на характеристики залишкової неоднорідності

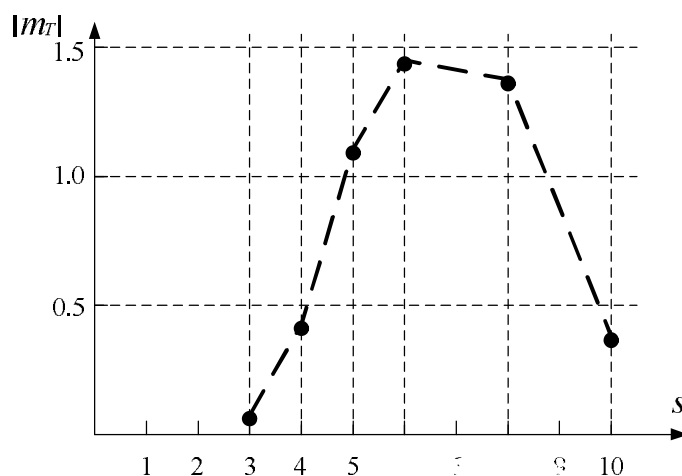


Рис. 2. Графічна ілюстрація впливу кількості регресій s на характеристики абсолютного значення кумулятивної статистики

Оскільки, тільки для $s = 3$ має місце перетин подій $v_{\min} = 5$ і $|m_T| = 0.05836$, то це значення s і може вважатись оптимальним ($s_{\text{опт}} = 3$).

Результати проміжних обчислень сум $\bar{Q}_\Delta^{(0)}$ і $\bar{Q}_\Delta^{(1)}$ та знаходження рішень γ_0 і γ_1 наведені в матеріалах НТК [10].

Висновки

У даній статті показано, що використання кумулятивних статистик дозволяє здійснити оптимальний вибір кількості регресій при застосуванні коваріаційного аналізу при обробці послідовностей, отриманих процесом зрізів за масштабом чи зсувом вейвлет-зображень вібраційних сигналів, у задачі пошуку глобального мінімуму середнього ризику при діагностиці складних промислових вібраційних об'єктів.

Список літератури

1. Кветний Р.Н. Метод виділення контурів на основі вейвлет-перетворення з використанням двовимірних фільтрів / Р.Н. Кветний // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2010. – №3. – С. 26-34.
2. Щапов П.Ф. Синтез двумерных диагностических параметров при ковариационном анализе трехмерных вейвлет-преобразований вибросигналов / П.Ф. Щапов, Р.П. Мигуценко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2013. – № 3. – С. 69-75.
3. Jianjia Pan. Edge Detection Combining Wavelet Transform and Canny Operator Based on Fusion Rules / Pan Jianjia // International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Baoding. – 2009. – P. 324-328.

4. Мигуценко Р.П. Експериментальна перевірка моделі оптимізації простору діагностичних параметрів при вейвлет-перетвореннях вибросигналів дизельних агрегатів / Р. П. Мигуценко // Вісник Національного транспортного університету. – К., 2013. – №28. – С. 343-350.

5. Мигуценко Р.П. Оптимизация пространства диагностических параметров при вейвлет-преобразованиях вибросигналов / Р.П. Мигуценко // Вестник БГТУ им. Шухова. – Белгород, 2014. – №3. – С. 153-157.

6. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер. с англ. под ред. Э.К. Лецкого. – М.: Мир, 1981. – 520 с.

7. Мигуценко Р.П. Контроль состояния динамических объектов с помощью однопараметровых тестовых статистик / Р.П. Мигуценко, О.Ю. Кропачек // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. Тыншпаева. – Алматы, 2014. – № 2 (87). – С. 23-28.

8. Никифоров И.В. Применение кумулятивных сумм для обнаружения изменения характеристик случайного процесса / И.В. Никифоров // Автоматика и телемеханика. – 1979. – № 2. – С. 48-58.

9. Мигуценко Р.П. Елементи контролю та діагностики стану вібраційних об'єктів: монографія / Р.П. Мигуценко. – Х.: Вид-во «Підручник НТУ «ХП»», 2014. – 224 с.

10. Щапов П.Ф. Використання кумулятивних статистик в задачі тестової оптимізації коваріаційних перетворень вейвлет-зображень / П.Ф. Щапов, Р.П. Мигуценко, Т.О. Трохименко // Матеріали науково-технічної конференції «Актуальні проблеми автоматизації та будівництва». – Харків, 2014. – С. 164-165.

Надійшла до редколегії 19.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. П.Ф. Щапов, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУМУЛЯТИВНЫХ СТАТИСТИК ДЛЯ ТЕСТОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ КОВАРИАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ВЕЙВЛЕТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Р.П. Мигуценко, Е.М. Реброва, М.И. Опришкина

В статье рассмотрена задача определения оптимального количества аппроксимирующих регрессий дисперсионного и ковариационного анализов результатов вейвлет-преобразований нестационарных вибрационных сигналов при диагностике состояния промышленных вибрационных объектов путем применения кумулятивных статистик. В статье показано, что информативными параметрами при анализе вибрации узлов промышленного объекта для проведения контроля и диагностирования избраны критерияльные F-статистики, которые получены при обработке вейвлет-зображения с применением срезов по масштабу и сдвигу. Выбор количества аппроксимирующих прямых для достижения минимума вероятности ошибки диагностики сопровождается определением минимума числа нарушений однородности вейвлет-коэффициентов на избранном числе регрессий. В статье доказана эффективность подходов, связанных с применением кумулятивных статистик.

Ключевые слова: вибродиагностика, вейвлет-анализ, регрессии, F-статистики, T-статистики.

USE CUMULATIVE STATISTICS FOR TEST OPTIMIZATION COVARIANCE WAVELET TRANSFORMATION OF IMAGES

R.P. Mygushchenko, O.M. Rebrova, M.I. Opryshkina

The article considers the problem of determining the optimum amount of approximating the regression analysis of variance and covariance of the results of wavelet transforms transient vibration signals in the diagnosis of the state of vibration of industrial facilities through the use of cumulative statistics. The article shows that informative parameters in the analysis of vibration nodes of industrial facility for monitoring and diagnosing elected criterial F- statistics, obtained in the processing of the wavelet. The images with slice of scale and offset. Select the number of approximating line to achieve the minimum probability of error diagnostics is accompanied by the definition of a minimum number of violations of homogeneity of the wavelet coefficients in the regressions including favorites. The article proved the effectiveness of approaches involving the use of cumulative statistics.

Keywords: vibrodiagnostics, wavelet-analysis, variance, F-statistics, error diagnostics.

УДК 622.276

Рзаев Хазаил Нураддин оглы

Азербайджанская государственная нефтяная академия, Баку

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ФОРМ МОРСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАТФОРМ

С конца 70-х годов прошлого столетия бурными темпами развивается мощнейший научно-промышленный комплекс по освоению углеводородных топливных месторождений на шельфе морей и океанов. Важнейшей проблемой являлось обеспечение добычи нефти и газа с больших глубин в различных климатических условиях. Результаты решения этой проблемы, прежде всего, зависели от решения главной задачи – обеспечения в необходимых объемах строительства морских стационарных платформ (МСП) для бурения и добычи на глубинах моря в 200÷300 м.

Ключевые слова: бурение, вышка, нефть, глубина, платформа, основание, опора месторождение, шельф, Каспийское море.

Введение

В области проектирования, конструирования и строительства морских нефтепромысловых сооружений на акваториях морей Советского государства в 60÷80 годы прошлого столетия определились два основных направления.

Первое, как основополагающее, сформировалось при решении задач обустройства месторождений на шельфе Каспийского моря. Научные, конструкторские и проектные разработки возглавил НИПИ-Гипроморнефтегаз г. Баку. Свыше 1500 платформ были изготовлены, смонтированы в море и запущены в производство по проектам института [1].

Второе направление сформировалось при освоении шельфов Черного и Азовского морей. Главным институтом по этому региону стал ВНИПИ-шельф в г. Симферополе.

На примере обустройства шельфовых месторождений углеводородного топлива Каспия можно проследить процесс совершенствования конструктивной формы МСП [1].

Определение основных факторов, влияющих на качество очистки ствола в процессе проведения буровых работ

В 1934 году впервые в мире в районе о. Артема начинается сооружение металлических стационарных платформ эстакадного типа на буро-заливных сваях конструкции Н.С. Тимофеева [2; 3].

Конструктивно общая схема эстакады решалась в виде чередующихся самостоятельных участков длиной до 112 м, отделенных один от другого температурными швами. Основными конструктивными элементами эстакад являются пролетные строения и опоры. Опоры монтировались из металлических балок и ферм. Использовался профильный и трубный прокат. При глубинах более 10 м при и

большой удаленности от берега использовались основания островного типа. Основание состояло из пяти крупных опорных блоков, четыре из которых использовались как производственные площадки, а один под жилье. Эти сооружения эксплуатировались на глубинах до 40 м [4]. При освоении глубин до 80÷100 м были разработаны крупноблочные основания пирамидальной формы. Эти платформы состояли из двух опорных блоков.

Новая конструктивная форма МСП-3 проектировалась для глубин моря 110÷120 м. Принципиальное отличие от предыдущих платформ достигалось применением более разреженной решетки за счет применения труб больших диаметров до 1420 мм и использования бесфасонного узлового соединения стержней с полной заводской готовностью блоков. Блоки буксировались к точке установки на плаву. Общая масса блока составляла 2600 т. Габариты блока: высота – 144 м; размер по верху – 49×16 м; размер по низу – 74,4×40,4 м. Каждый блок имел 10 стоек. Крепление блока осуществлялось двумя типами свай: забивными и буро-забивными [1; 5].

Последующие этапы характеризовались увеличением осваиваемых глубин. МСПТ-8, например, была запроектирована уже для глубин 180 м. В качестве примера приведем технические характеристики опорного блока МСП №16, которая проектировалась для эксплуатации с глубиной моря более 200 м.

Эти данные были использованы в качестве иллюстрации теоретических исследований поведения опорного блока при волновом силовом воздействии.

Опорный блок представляет собой пространственную конструкцию переменного сечения прямоугольную в плане. Опорные колонны платформы выполнены из 16-ти труб распределенных на прямоугольном плане 110×99 м в нижнем сечении и 60×49 м в верхнем сечении платформы. Несущие колонны выполнены из труб диаметром 200 см с кусочно-переменной толщиной $\delta = 4\div 2,6$ см.

Несущие элементы платформы соединены вертикальной и горизонтальной решеткой в десяти ярусах. Общая высота опорного блока МСП – 250 м. Высота одного яруса – 25 м.

Первые платформы на шельфах Азовского и Черного морей строились на глубинах 24÷30 м по разработкам НИПИГидроморнефтегаза.

Особенностями освоения шельфа было то, что в регионах месторождений на Азовском море в суровые зимние периоды температура снижалась до (-36)°С. Средняя толщина льда в море достигала 50 см. Максимальное число дней со льдом в Азовском море доходило до 140÷150. Северо-западная часть Черного моря (глубины 30÷40 м) в зимнее время также подвергалась замерзанию. Ледовый режим характеризовался образованием собственного и наличием нагонного льда [3]. Вследствие этого платформы для Азовского моря и замерзающей части Черного моря должны были проектироваться с учетом действия льда, если предполагалась круглогодичная эксплуатация, либо быть съёмными на зимний период.

Первые платформы и были таковыми демонтируемыми. Очевидно, что для разведочного бурения можно было монтировать съёмные блоки, а вот для стадии эксплуатации такой подход производителям не устраивал. Для решения этой проблемы ВНИПИшельф предложил несколько вариантов ледостойких платформ [7; 8]: Платформы имели независимые опорные ледостойкие колонны, изготовленные из стального листового и продольного проката. В зоне действия льда толщина листового проката достигала 25 см. Оголовки несущих опорных колонн на уровне верхнего строения связывались системой перекрестных балок. Эти варианты компоновки ледостойких МСП характеризовались повышенным расходом стали и значительной трудоёмкостью.

Более технологичный и ресурсосберегающий вариант был реализован при строительстве ледостойкой МСП «Каркинитская-19» [7]. Это морское гидротехническое сооружение состояло из двух опорных блоков (производственного и жилого), соединённых переходным мостиком длиной 50 м. Глубина моря в месте установки – 28 м. Опорный производственный блок имел размеры в плане 31×20 м с шестью опорными колоннами из труб 1420×15,7 мм, через которые были забиты сваи диаметрами 1020×11 и 812×22 мм в дно на глубину 30 м.

Однако несущей способности этих свай не хватало для восприятия давлений от навала ледовых полей. Для ликвидации этого дефицита в МСП при работе на сдвиг устроили дополнительное свайное поле. Все опорные колонны были заполнены бетоном, что собственно и создало эффект ледостойкости. Аналогов подобного решения конструкции ледостойкой платформы в мировой практике не было.

Ранее рассматривались очень жесткие конструктивные элементы с соотношением высоты элемента к диаметру, равным 1 [9]. Опорные колонны

МСП «Каркинитская-19» имели отношение длины к диаметру равным 19. Исследования показали, что деформирование опорных колонн такой гибкости происходит с развитием пластических деформаций и явлениями продольно-поперечного изгиба.

Как справедливо отмечалось, «... предложенные конструктивные формы были внедрены при строительстве и эксплуатации первых отечественных ледостойких платформ на Азово-Черноморском шельфе, что позволило создать новое нетрадиционное направление в области освоения замерзающих акваторий для малых и средних глубин, являющееся существенным научно-техническим потенциалом для перехода к строительству платформ на Арктическом шельфе...» [7].

Конструктивные положительные особенности сталебетонных конструкций проявляются и в сравнении с традиционными железобетонными [10; 11]:

- большая несущая способность при наличии растягивающих напряжений, особенно при изгибе;
- сохранение водонепроницаемости; высокая деформативность;
- нергопоглощение под нагрузками;
- технологичность.

Использование таких конструкций определило новое прогрессивное направление в научных конструкторских и проектных разработках института [5]. Эта конструктивная форма становится перспективной при освоении шельфов северных морей, например, Штокмановского газоконденсатного месторождения, расположенного в северо-восточной части Баренцева моря на глубинах 320÷359 м.

Максимальная высота волн в этом месте достигает 24 м. В холодный период возможно появление дрейфующих льдов и айсбергов. Толщина льда может достичь 1,8 м. Варианты конструкторских работ МСП, предназначенных для освоения шельфов северных морей, были представлены отечественными фирмами: ВНИПморнефтегаз, ЦПКБ МТ «Рубин», ЦКБ «Лазурит» [12]. ВНИПморнефтегаз и ЦПКБ МТ «Рубин» предложили пять типов стационарных ледостойких платформ [12]. ЦКБ «Лазурит» предложил использовать при освоении Штокмановского месторождения всплывающий терминал, который представляет собой вертикально расположенную емкость, окруженную наружным корпусом, заканчивающимся сверху ферменной конструкцией, на конце которой размещены груз и балластная цистерна. Терминал может погружаться по команде блока управления.

Интерес к композитным конструкциям (сочетание трубы и бетона) возрос и на Западе [13], но, как правило, при использовании этого конструкционного материала в опорных блоках МСП стремятся избегать продольно-поперечного изгиба при силовых воздействиях [5].

Одним из важных и ответственных вопросов обеспечения прочности и устойчивости морских

гидротехнических сооружений является крепление их к морскому дну. В качестве несущих опор морских оснований применяются трубоцементные анкерные сваи [14].

Первые бурозаливные сваи с трубчатой арматурой были применены для крепления островных сооружений на морском месторождении около острова Артема в 1935 году.

Забивная свая используется при всех грунтовых условиях (кроме скального грунта) при вертикальной критической нагрузке не более 1000 кг при необходимости усиления сечения сваи, через забитую сваю разбуривается грунтовая пробка и опускается дополнительная анкерная труба и заливается цементным раствором.

Бурозаливная свая применяется в случаях, когда грунты, слагающие дно моря, плотные и устойчивые от осыпания. В этом случае через внутреннюю стенку пояса блока пробуривается шурф на дне моря до проектной отметки и в шурф опускается анкер. Затем вся полость шурфа и внутренняя стенка заливается цементным раствором.

Комбинированная свая применяется, когда в верхний слой грунта пробуривается шурф до проектной отметки. Затем в шурф вставляется дополнительный анкерный сердечник и производится заполнение всей полости цементным раствором.

В качестве примера можно привести варианты конструктивного решения крепления опор блоков МСП, когда стойка опорного блока заполнена не на всю длину и когда все полости труб, свай и опор блока заполняются цементным раствором. Таким образом, иногда получается сложный комплекс, включающий в себя несколько слоев стальных труб и цементный сердечник [14].

Конструктивный элемент, состоящий из труб, заполненных цементным камнем является одним из представителей целого класса комплексных конструкций, основным из которых являются трубобетонные-сталебетонные стержневые элементы [15].

Область применения трубобетонных конструкций обширна. Наиболее они выгодны там, где действуют значительные сжимающие нагрузки. При использовании их в гидротехнических сооружениях проявляются все положительные свойства таких композитов [16]. При строительстве МСП трубобетонные конструктивные элементы используются как для свай так и для несущих опор блоков. Так отмечается, что композиционный материал сталь-бетон-сталь способно выдерживать большие гидростатические нагрузки наряду с горизонтальным действием льда [5]. Преимуществами сталебетонных конструкций по сравнению с традиционными железобетонными являются:

- большая несущая способность при наличии растягивающих напряжений, особенно при изгибе, с сохранением водонепроницаемости;
- высокая деформативность и энергопоглощение под нагрузкой, высокая технологичность.

Эксплуатация решетчатых опорных блоков МСП, изготовленных из стального трубного проката, показала, что при навале швартуемого судна возможно появление местных вмятин на опорных стойках, снижающих предельные значения продольных усилий.

Заполнение внутренних полостей труб опорных колонн и сжатых раскосных элементов позволяет выполнить простое и эффективное усиление. Следует подчеркнуть, что полые трубы МСП требуют специальных мероприятий по борьбе с электрохимической коррозией внутренних и внешних полостей и поверхностей элементов решетки. Уменьшение поперечного сечения труб за счет этого явления ощутимо снижает несущую способность МСП. Тампонирующее заполнение внутренних полостей бетоном или цементным раствором снижает скорость коррозии [7].

Широкое и разнообразное использование комплексных конструкций в строительстве стало возможным благодаря научным исследованиям в области прочности и устойчивости композитных элементов отечественных ученых: Б.М. Броуде, А.А. Гвоздева, А.Т. Дободугло, А.А. Долженко, А.И. Кикина, Г.П. Передерия, В.А. Росновского, Р.С. Санжаровского, Л.И. Стороженко, В.А. Трулля и др., в области гидротехнического строительства – Р.М. Гаджиева, А.М. Джафарова, А.С. Салимова, И.Г. Захарова и др.

Однако, следует отметить, что при всей многочисленности исследований самых разнообразных аспектов поведения трубобетонных опорных элементов платформ, неисследованной областью осталась работа конструктивных элементов платформ при одновременном действии продольной и поперечной нагрузок. Такой характер нагружения для опорных блоков МСП является обычным в процессе их эксплуатации на месторождениях.

Практически все конструктивные элементы блоков подвергаются мощному воздействию внешних сил статического и динамического характера.

Особенно невыгодной, с точки зрения несущей способности, является работа сжатых конструктивных элементов, предельное состояние которых может наступить по потере общей устойчивости.

Математическое моделирование поведения сжатого трубобетонного элемента платформы при сложном нагружении продольными и поперечными силами вызывает значительные трудности. Поэтому исследователи ограничились при определении максимальной несущей способности применением упрощенной расчетной схемой внецентренно-сжатого стержня, заменяя действие поперечной нагрузки действием эквивалентных концевых моментов. В случае трубобетонных элементов это вряд ли допустимо, поскольку уже с начальных уровней нагружения на результатах деформирования начинают сказываться нелинейные эффекты и результаты расчетов по упрощенной схеме МСП получаются не адекватными действительному уровню предельного состояния, возникаю-

щого под действием внешних воздействий различной направленности. Неудовлетворение от использования схемы внецентренно сжатого стержня возрастает при расчете несущей способности трубобетона с учетом воздействия морских волн. В связи с этим возрастает важность проведения дополнительных теоретических и экспериментальных исследований процесса деформирования при одновременном действии нескольких внешних факторов.

Выводы

Анализ развития конструктивных форм МСП, представленных в кратком обзоре и исходя из отечественного опыта, позволяет сделать выводы:

- гидротехнические сооружения, классифицируемые по степени податливости, имеют практически одинаковые отношения ширины платформы к ее высоте. Так, например, при проектировании гравитационных платформ, рекомендуется придерживаться средних значений параметров высоты и ширины платформы;
- глубины месторождений в 300÷400 м становятся предельными глубинами для платформ 1-й и 2-й группы;
- жесткость этих платформ не обеспечивала снижение общей податливости сооружения, даже для сооружений первой группы;
- наиболее перспективной конструктивной формой опорных блоков МСП следует признать композицию из стальной оболочки с заполнением внутренних полостей бетоном. Эта форма наиболее технологична и наиболее приспособлена к восприятию волновых и ледовых нагрузок.

Список литературы

1. Ибрагимов А.М. Нефтегазопромысловые гидротехнические сооружения / А.М. Ибрагимов. – М.: Недра, 1996. – 96 с.
2. Ибрагимов А.М. Нефтегазопромысловые гидротехнические сооружения для освоения шельфа / А.М. Ибрагимов. – М.: Недра, 1992. – 17 с.
3. Асан-Нури А.Д. Морское бурение / А.Д. Асан-Нури. – М.: БСЭ, 1950, изд. II, т. 28.

4. Оруджев С.А. Трубопроводное крупноблочное основание морских буровых / С.А. Оруджев. – М.: Госпоттехиздат, 1967.

5. Шеховцов В.А. Несущая способность морских стационарных платформ / В.А. Шеховцов, И.Г. Гусейнов. – С-Пб., 2003.

6. Особенности создания морских стационарных платформ в условиях Азов-Черноморского региона // Газовая промышленность. Серия: Бурение морских нефтегазовых скважин. – М., 1986, № 2.

7. Берникер Я.С. Направление совершенствования конструктивно-компоновочной формы стационарных платформ в аспекте их монтажеспособности // В кн.: Морские сооружения континентального шельфа. – Севастополь, 1989.

8. Рыжаков Н.Н. Основные требования, предъявляемые к конструкциям морских ледостойких платформ // В кн.: Морские сооружения континентального шельфа. – Севастополь, 1989.

9. Shioga T. Development of Composite Members for Artic Offshore Structures / T. Shioga, O. Matsumoto, T. Okada // VTT Symp, 1986, № 71.

10. Знаменский А.В. К расчету конических ледостойких платформ на ледовые и сейсмические воздействия / А.В. Знаменский, М.М. Ефремов // Морские сооружения контин. шельфа (мат. конф.). – Севастополь, 1989.

11. Волков Ю.С. Сооружения из бетона на континентальном шельфе / Ю.С. Волков, И.И. Рыбаков. – М.: Стройиздат, 1985.

12. Васильев А.В. Добывающие комплексы для освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения на Баренцевом море / А.В. Васильев, А.Г. Лецев, О.К. Эделев // В кн.: Технические средства освоения шельфа. – Вып. 2. – Н. Новгород, 1995.

13. Shioga T. Development of Composite Members for Artic Offshore Structures / T. Shioga, O. Matsumoto, T. Okada // VTT Symp, 1986. – № 71.

14. Салимов С.В. Несущая способность конструкций анкерных свай морских гидротехнических сооружений. – Дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 1993.

15. Chioya T. Development of Composite Members for Artic Offshore Structures / T. Chioya, O. Matsumoto, T. Ota // VTT Symp, 1986. – № 71.

16. Архипов А.М. Турбинные водоводы со стальной оболочкой / А.М. Архипов. – Л.: ВНИИГ, 1973.

Поступила в редколлегию 5.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.Ш. Курбанов, Азербайджанская государственная нефтяная академия, Баку.

ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД РОЗВИТКУ КОНСТРУКТИВНИХ ФОРМ МОРСЬКИХ СТАЦІОНАРНИХ ПЛАТФОРМ

Рзаев Хазайл Нураддин огли

З кінця 70-х років минулого сторіччя бурхливими темпами розвивається найпотужніший науково-промисловий комплекс з освоєння вуглеводневих паливних родовищ на шельфі морів і океанів. Найважливішою проблемою було забезпечення видобутку нафти і газу з великих глибин в різних кліматических умовах. Результати вирішення цієї проблеми, насамперед, залежали від вирішення головного завдання - забезпечення в необхідних обсягах будівництва морських стаціонарних платформ (МСП) для буріння та видобутку на глибинах моря в 200 ÷ 300 м

Ключові слова: буріння, вишка, нафта, глибина, платформа, підстава, опора родовище, шельф, Каспійське море.

DOMESTIC EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF CONSTRUCTIVE FORMS OF FIXED OFFSHORE PLATFORMS

Rzaev Khazail Nuraddin ogly

Since the late 70-ies of the last century the rapid growth of the most powerful scientific-industrial complex for the development of hydrocarbon fuel deposits on the shelf of the seas and oceans. The most important issue was to ensure oil and gas from great depths in a variety of climatic conditions. The results of solving this problem, first of all, depended on the solution of the main task - to ensure the required amounts of construction of fixed offshore platforms (FOP) for drilling and mining at depths of 200 ÷ 300 m.

Keywords:drilling rig, oil, depth, platform, base, bearing field, offshore, Caspian sea.

УДК 681.324

І.П. Саланда

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк

АНАЛІЗ ПСЕВДОРЕГУЛЯРНИХ СТРУКТУР РОЗПОДІЛЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ЗА ПОКАЗНИКОМ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ

Розглядаються структури розподілених інформаційних систем. Як показник функціональної стійкості використовується ймовірність зв'язності графа, що описує структуру інформаційної системи. Проаналізовано точні методи визначення зв'язності і виведені залежності для наближених оцінок псевдорегулярних структур.

Ключові слова: інформаційна система, псевдорегулярна структура, функціональна стійкість.

Вступ

Сучасні розгалужені інформаційні системи являють собою технічну основу для інформаційних та телекомунікаційних мереж. Вони складаються з вузлів комутації та ліній зв'язку. В сучасних умовах на розгалужені інформаційні системи впливають внутрішні (відмови, збої, помилки) і зовнішні (активний або пасивний вплив зовнішнього середовища) фактори. Тому, актуальною є задача побудови функціонально стійкої інформаційної системи, яка може продовжувати функціонування, нехай із зменшенням якості, під час впливу на мережу потоку зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих чинників. Іншими словами, мережа повинна автоматично, без втручання обслуговуючого персоналу, чинити опір зовнішнім та внутрішнім дестабілізуючим факторам.

Дослідження стану сучасних систем дозволяють зробити висновок та прийняти відповідні обмеження про високу надійність, захищеність та живучість вузлів комутації. Це досягнуто рядом технічних, інженерних та програмних засобів. Разом з тим, різноманітні лінії зв'язку, дротові, повітряні, оптоволоконні тощо, набагато слабкіше захищені від природних та техногенних надзвичайних ситуацій, від несанкціонованого доступу, підключення, втручання до системи, від зловмисних порушень функціонування або навмисних виведень з ладу ліній зв'язку. Наряду з цим, на лінії зв'язку впливає потік експлуатаційних відмов та збоїв, який характеризується певною інтенсивністю. Всі ці фактори приводять до порушення функціонування інформаційної системи.

Тому в процесі забезпечення функціональної стійкості розгалужених інформаційних систем прийнято обмеження про безвідмовність вузлів комутації та вразливість ліній зв'язку.

Аналіз основних публікацій. Вирішенню проблеми забезпечення функціональної стійкості складних технічних систем присвячено низку наукових

праць О.А. Машкова [1], О.В. Барабаша [2, 3], Ю.В. Кравченка [4], С.М. Неділька [5], Д.М. Обідіна [6] та інших вчених. Однак широке їх використання в практичних задачах оцінки функціональної стійкості різних варіантів побудови інформаційних мереж ускладнене за багатьох причин, однією з яких є складність та громіздкість обчислень. Тому, становить інтерес знайти найпростіший спосіб використання надмірності мережі для впровадження процесу автоматичної деградації структури мережі для відновлення її працездатності.

Постановка завдання в загальному вигляді.

Точні методи обчислення ймовірності зв'язності ϵ , в загальному випадку, NP-важкими і вирішуються в основному переборними алгоритмами [7]. Наближені методи Езарі-Прошана, Литвака-Ушакова [8] не виключають пошуку в графі повних множин простих ланцюгів і простих розрізів. Крім того, майже всі методи спрямовані на визначення ймовірності зв'язності в двополюсному графі (ймовірності існування хоча б одного справного шляху між v_i і v_j), що не завжди прийнятно для досліджень структур в цілому.

Тому в даній роботі поставлена задача розробки простих залежностей ймовірності зв'язності для стандартних структур: мостової схеми, кільцевих, повнозв'язних, регулярних і псевдорегулярних графів.

Метою даної статті є дослідження псевдорегулярних структур і розробка методики визначення ймовірності зв'язності в залежності від рівня надмірності ліній зв'язку в інформаційних структурах.

Основна частина

В якості математичної моделі прийнятий неорієнтований випадковий граф $G(V, E)$ без петель і кратних ребер.

V – множина вершин ($|V| = n$), якій відповідає множина вузлів комутації,

E – множина ребер ($|E| = m$), якій відповідає множина ліній зв'язку [9].

Будемо вважати, що вершини безвідмовні, а ребра ненадійні. Якщо це не так, то можна, користуючись відомими методами перетворити структуру з ненадійними вершинами до структури з надійними вершинами і додатковими ненадійними ребрами [5]. Прийmemo, ймовірність безвідмовної роботи ліній зв'язку (ребер) $p_i(t)=p=\text{const}$, ($i=1,2, \dots,m$) однаковою для всіх ліній зв'язку та постійної на деякому інтервалі часу.

Будемо вважати, що події відмов ребер незалежні і з'являються з ймовірністю $q = 1-p$.

Під ймовірністю зв'язності графа P_M розуміється ймовірність того, що всі вершини зв'язні – між будь-якою парою вершин (v_i, v_j) знайдеться шлях, що складається з одного або декількох справних ребер.

Методика визначення ймовірності зв'язності на прикладі мостової схеми. В якості демонстрації методу розрахунку розглянемо приклад мостової схеми (рис. 1).

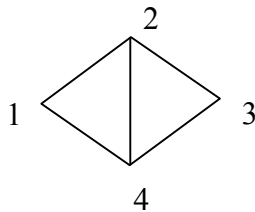


Рис. 1. Мостова структура інформаційної системи

Вихідними передумовами для виведення залежностей є наступні.

На підставі біноміального закону ймовірність перебування графа в стані, коли і будь-яких ребер графа відмовили

$$C_m^i \cdot p^{m-i} \cdot q^i,$$

де $C_m^i = m! / (i! \cdot (m-i)!)$ – біноміальний коефіцієнт; m – число ребер графа.

Ймовірність зв'язності $P_{1,3}$ між вершинами v_1 і v_3 залежить від сукупності незалежних подій: справного стану всіх ребер – ймовірність цієї події дорівнює p^5 ; пошкодження будь-якого одного ребра – ймовірність

$$C_5^1 \cdot p^4 \cdot q = 5p^4q;$$

одночасного ушкодження будь-яких двох ребер графа, за винятком двох випадків, коли обидва ребра інцидентні вершині 1 або вершині 3 – ймовірність

$$(C_5^2 - 2)p^3q^2 = 8p^3q^2;$$

одночасного ушкодження трьох ребер мережі, інцидентних вершині 2 або 4 – ймовірність $2p^2q^3$.

Підсумовуючи всі ймовірності незалежних подій, отримуємо вираз:

$$P_{1,3} = 2p^5 - 5p^4q + 2p^3q^2 + 2p^2q^3, \quad (1)$$

що повністю збігається з отриманими результатами в [8].

Аналогічно для інших пар вершин отримаємо:

$$P_{1,2} = P_{1,4} = P_{2,3} = P_{3,4} = p^5 + 5p^4q + 9p^3q^2 + 5p^2q^3 + pq^4; \quad (2)$$

$$P_{2,4} = p^5 + 5p^4q + 10p^3q^2 + 8p^2q^3 + pq^4. \quad (3)$$

З аналізу виразів (1) – (3) зрозуміло, що

$$P_{1,3} < P_{1,2} = P_{1,4} = P_{2,3} = P_{3,4} < P_{2,4}. \quad (4)$$

Можливість зв'язності всього графа на підставі наведених нижче міркувань можна визначити (рис. 1):

$$P_M = p^5 + 5p^4q + 8p^3q^2, \quad (5)$$

так як ця структура допускає всі одиночні пошкодження ребер і вісім подвійних ушкоджень ребер. Аналіз виразів (1) – (2) показує, що ймовірність зв'язності P_M не більша ймовірності зв'язності між будь-якою парою вершин графа, в даному випадку

$$P_M < P_{1,3}.$$

Аналіз повнозв'язних структур. Аналогічно можна знайти вирази для ймовірності зв'язності повнозв'язних графів K_n . Повнозв'язним називається граф, в якому будь-які дві вершини суміжні. Для графа з трьома вершинами ($n = 3$) K_3 :

$$P_M = p^3 + 3p^2q; \quad (7)$$

для ($n=4$) K_4 :

$$P_M = p^6 + 6p^5q + 15p^4q^2 + (C_6^3 - 4)p^3q^3; \quad (8)$$

для ($n=5$) K_5 :

$$P_M = p^{10} + C_{10}^1 p^9 q + C_{10}^2 p^8 q^2 + C_{10}^3 p^7 q^3 + (C_{10}^4 - 5)p^6 q^4 + (C_{10}^5 - (n-1)nC_6^1)p^5 q^5 + (C_{10}^6 - nC_6^2 - 2n)p^4 q^6; \quad (9)$$

для ($n=6$) K_6 :

$$P_M = p^{15} + C_{15}^1 p^{14} q + C_{15}^2 p^{13} q^2 + C_{15}^3 p^{12} q^3 + C_{15}^4 p^{11} q^4 + (C_{15}^5 - n)p^{10} q^5 + (C_{15}^6 - nC_{10}^1)p^9 q^6 + (C_{15}^7 - nC_{10}^2)p^8 q^7 + (C_{15}^8 - nC_{10}^3 - nC_5^1)p^7 q^8 + (C_{15}^9 - nC_{10}^4 - nC_6^2 - C_7^3)p^6 q^9 + (C_{15}^{10} - nC_{10}^5 - nC_7^2 - \frac{n}{2}C_6^1)p^5 q^{10}. \quad (10)$$

Вирази для ймовірності зв'язності P_M при $n = 7 \dots 10$ не наводяться через їх громіздкість.

На рис. 2 представлені графіки залежностей для ймовірності зв'язності повнозв'язних графів K_4, K_5, K_6 .

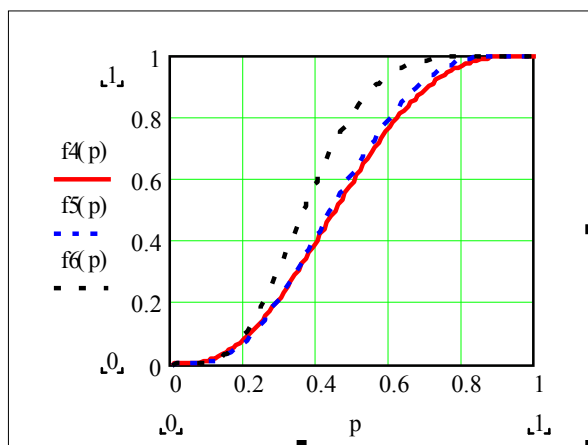


Рис. 2. Залежності ймовірності зв'язності P_M від p_i для повнозв'язних структур: $f_4(p)$ – для K_4 ; $f_5(p)$ – для K_5 ; $f_6(p)$ – для K_6

Аналіз виразів і графіків для повнозв'язних структур інформаційної системи дозволяє зробити наступні висновки:

1. Повнозв'язні структури володіють найбільшою надмірністю, а, отже, і функціональною стійкістю.

2. Не можна скласти універсального виразу для $P_M(K_n)$ для будь-якого числа n , що істотно спростило б визначення найбільшого досяжного значення показника функціональної стійкості.

3. Повнозв'язні структури дозволяють синтезувати систему з практично будь-яким заданим показником P_M при ймовірності справного стану ребер $p_i > 0,5$.

Однак, повнозв'язні структури на практиці рідко зустрічаються, тому доцільно досліджувати кільцеві, регулярні та псевдoreгулярні структури інформаційних структур.

Можливість зв'язності для кільцевих графів, тобто графів, у яких локальна степінь кожної вершини дорівнює 2 ($\text{deg}(v_i) = 2, i = 1, 2, \dots, n$), можна визначити за допомогою виразу:

$$P_M = p^n + np^{n-1}q. \quad (11)$$

З його аналізу видно, що ймовірність зв'язності кільцевих структур падає із збільшенням числа вузлів інформаційної системи при одних і тих же значеннях p_i . Це обумовлено тим, що кільцеві структури володіють ступенем реберної зв'язності $\lambda(G)=2$ – тобто відмова двох ребер призводить до незв'язності структури.

В цілому кільцеві структури мають низький показник функціональної стійкості P_M , оскільки допускають відмову не більше одного ребра.

Аналіз псевдoreгулярних структур інформаційної системи. Найбільш поширеним видом структур, які використовуються на практиці, є слабкозв'язні структури з малими значеннями локальних ступенів вершин α .

Існує велике сімейство графів, так званих рівноносильних, в яких степінь вершини α , кількість вершин n і число ребер m пов'язані співвідношенням:

$$\alpha = 2m/n \quad (\text{при } n > 2).$$

Наприклад, для графа з $n = 6$ вершин без кратних ребер можна побудувати чотири різних графа з $\alpha = 2, 3, 4, 5$.

Для таких графів виведені наступні вирази для визначення ймовірності зв'язності.

Для $\alpha=2, 3, 4$ (рис. 3):

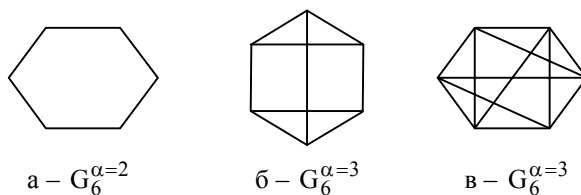


Рис. 3. Псевдoreгулярні структури інформаційної системи з $n = 6$

$$P_M^{\alpha=2} = p^6 + 6p^5q; \quad (12)$$

$$P_M^{\alpha=3} = p^9 + C_9^1 p^8 q + C_9^2 p^7 q^2 + [C_9^3 - (n+1)] p^6 q^3 + [C_9^4 - (n-1)C_6^1] p^5 q^4; \quad (13)$$

$$P_M^{\alpha=4} = p^{12} + C_{12}^1 p^{11} q + C_{12}^2 p^{10} q^2 + C_{12}^3 p^9 q^3 + (C_{12}^4 - n) p^8 q^4 + (C_{12}^5 - nC_8^1) p^7 q^5 + [C_{12}^6 - nC_8^2 - (n+2)] p^6 q^6 + [C_{12}^7 - nC_8^3 - (n+2)C_6^1] p^5 q^7; \quad (14)$$

Для графів, представлених на рис. 4 з $n = 8$ вершинами можна побудувати шість різних графів з $\alpha = 2 \dots 7$.

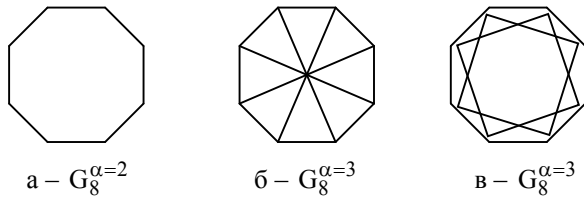


Рис. 4. Псевдoreгулярні структури інформаційної системи з n=8

Можливість зв'язності P_M цих графів визначається такими виразами $\alpha = 2, 3, 4$ (рис. 5):

$$P_M^{\alpha=2} = p^8 + 8p^7q; \tag{15}$$

$$P_M^{\alpha=3} = p^{12} + C_{12}^1 p^{11}q + C_{12}^2 p^{10}q^2 + (C_{12}^3 - n)p^9q^3 + (C_{12}^4 - nC_9^1 - n)p^8q^4 + (C_{12}^5 - nC_9^2 - nC_8^1 - n)p^7q^5; \tag{16}$$

$$P_M^{\alpha=4} = p^{16} + C_{16}^1 p^{15}q + C_{16}^2 p^{14}q^2 + C_{16}^3 p^{13}q^3 + (C_{16}^4 - n)p^{12}q^4 + (C_{16}^5 - nC_{12}^1)p^{11}q^5 + \left[C_{16}^6 - nC_{12}^2 - \left(2n + \frac{n}{2}\right) \right] p^{10}q^6 + \left[C_{16}^7 - nC_{12}^3 - \left(2n + \frac{n}{2}\right) C_{10}^1 \right] p^9q^7 + \left[C_{16}^8 - nC_{12}^4 - \left(2n + \frac{n}{2}\right) C_{10}^2 \right] p^8q^8 + \left[C_{16}^9 - nC_{12}^5 - \left(2n + \frac{n}{2}\right) C_{10}^3 \right] p^7q^8. \tag{17}$$

Розрахункові формули для P_M при $\alpha = 5$ і $\alpha = 6$ через громіздкість не наводяться. При $\alpha = 7$ граф перетворюється на повнозв'язний K_8 .

На рис. 5 представлені залежності показника функціональної стійкості P_M від p_i для псевдoreгулярних графів (рис. 3, 4), розраховані за виразами (13) – (17).

Аналіз цих виразів і графіків дозволяє зробити наступні висновки:

1. Як і передбачалося, псевдoreгулярні графи з $\alpha > 2$ мають ймовірність зв'язності вище, ніж у кільцевих і, відповідно, вищий запас функціональної стійкості. Це пояснюється вищим ступенем надмірності ліній зв'язку.

2. Збільшення числа вершин у псевдoreгулярних графах практично не позначається на функціональній стійкості структури відповідної інформаційної системи.

3. При зростанні локального степеня вершин, значно зростає показник функціональної стійкості.

4. Формули (13) – (17) досить складно виводяться і отримати універсальну аналітичну залежність P_M для будь-яких значень n і α поки не вдається.

5. Представлені графіки підтверджують правильність виведення виразів (13) – (17).

Наближені оцінки ймовірності зв'язності для псевдoreгулярних структур. Так як досить важко отримати аналітичний вираз для ймовірності зв'язності розглянутого сімейства графів при різних значеннях α і n , то доцільно розробити наближені методи її оцінки.

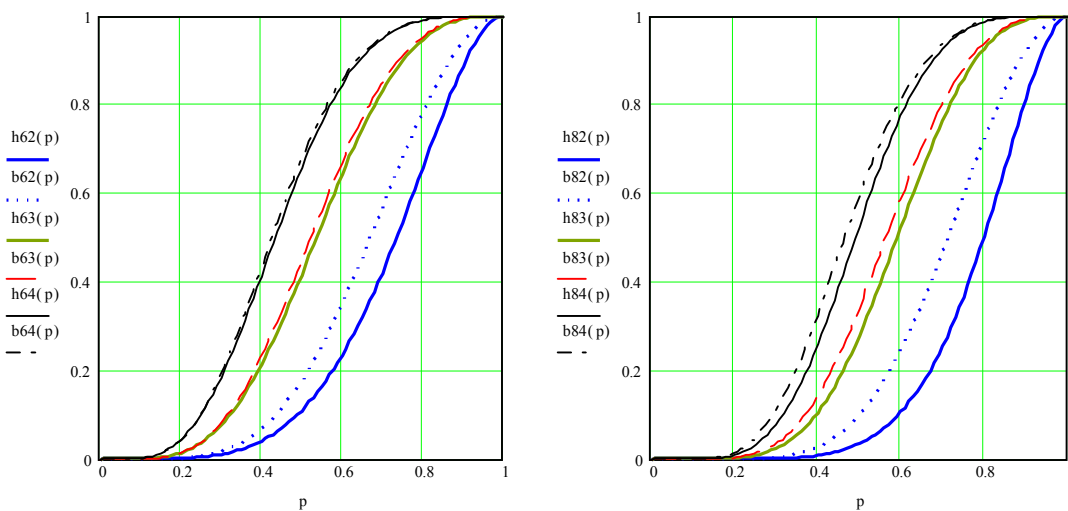


Рис. 5. Залежності P_M від p_i для псевдо регулярних графів:
 $h_{n\alpha}(p)$ – точні значення; $b_{n\alpha}(p)$ – верхні оцінки;
 n – число вершин у графі, α – локальні степені вершин

Нехай A_i – подія, коли не існує непошкоджених ребер, інцидентних вершині v_i ;
 $p(A_i)$ – ймовірність цієї події;

$(1 - p(A_i))$ – ймовірність додаткової події, коли існує хоча б одне справне ребро, інцидентне вершині v_i .

Тому ймовірність того, що у всіх вершин існує, принаймні, одне справне ребро, тобто граф зв'язний, обмежена нерівністю:

$$P_M \leq P_M^B = \prod_{i=1}^n [1 - p(A_i)] = \prod_{i=1}^n (1 - q^\alpha) = (1 - q^\alpha)^n, \quad (18)$$

де P_M^B – верхня оцінка ймовірності зв'язності.

На рис. 5 представлені залежності (18) для $n = 6, 8$, і $\alpha = 2, 3, 4$ (штрихові лінії). Порівняння кривих показує, що верхня оцінка ймовірності зв'язності P_M^B структури інформаційної системи наближається до точного значення P_M , особливо при великих α .

На жаль, настільки просте вираження для нижньої оцінки поки отримати не вдається.

Таким чином, запропонована верхня оцінка ймовірності зв'язності рівносильних структур дає хороше наближення до точного значення ймовірності зв'язності при значеннях $\alpha > 2$, що дозволяє використовувати її при синтезі псевдорегулярних структур функціонально стійких інформаційних систем.

Висновок

Запропоновані вирази для ймовірності зв'язності стандартних структур дозволяють проводити аналіз функціональної стійкості структур, порівнювати структури з різними параметрами.

Отримані верхні оцінки ймовірності зв'язності для псевдорегулярних структур можуть використовуватися на практиці для визначення ступеня структурної надмірності інформаційних систем. Однак застосовувати запропоновану методику можна лише в тому випадку, коли методична похибка не перевищує похибка вихідних даних.

Список літератури

1. Машков О.А. Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам / Л.М. Артюшин, О.А. Машков // – К.: КВВАИУ, 1991. – 89 с.
2. Кравченко Ю.В. Функціональна стійкість – властивість складних технічних систем / Ю.В. Кравченко, О.В. Барабаш // Збірник наукових праць НАОУ. – Бюл. №40. – К.: НАОУ, 2002. – С. 225 – 229.
3. Барабаш О.В. Аналіз побудови мережі відеоконтролю пунктів митного спостереження на основі функціонально стійкої системи / О.В. Барабаш, С.В. Бодров, А.П. Мусієнко // Науково-практичний журнал «Зв'язок». – К.: ДУТ, 2014. – № 2. – С. 8-11.
4. Кравченко Ю.В. Визначення проблематики теорії функціональної стійкості щодо застосування в комп'ютерних системах / Ю.В. Кравченко, С.В. Нікіфоров // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – К.: ДУТ, 2014. – №1. – С. 12 – 18.
5. Неділько С.М. Технологічні основи забезпечення функціональної стійкості автоматизованої системи управління повітряним рухом / С.М. Неділько, Г.Л. Баранов // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: ХАИ, 2011. – № 9 (86). – С. 202 – 206.
6. Барабаш О.В. Алгоритм самодіагностування технічного стану вузлів комутації інформаційних систем / О.В. Барабаш, Д.М. Обідін, А.П. Мусієнко // Сучасний захист інформації. – К.: ДУТ, 2014. – № 2. – С. 114 – 121.
7. Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
8. Барабаш О.В. Модель бази знань інтелектуальної системи управління високошвидкісного рухомого об'єкта на основі її верифікації / О.В. Барабаш, Д.М. Обідін, А.П. Мусієнко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 5 (121). – С. 3 – 6.
9. Барабаш О.В. Методика накопичення діагностичної інформації в системах інтелектуального відеоконтролю / О.В. Барабаш, С.В. Бодров, А.П. Мусієнко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДУТ, 2015. – Вип. 1 (33). – С. 118 – 121.

Надійшла до редколегії 28.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Державний університет телекомунікацій, Київ.

АНАЛИЗ ПСЕВДОРЕГУЛЯРНЫХ СТРУКТУР РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

И.П. Саланда

Рассматриваются структуры распределенных информационных систем. В качестве показателя функциональной устойчивости используется вероятность связности графа, описывающего структуру информационной системы. Проанализированы точные методы определения связности и выведены зависимости для приближенных оценок псевдорегулярных структур

Ключевые слова: информационная система, псевдорегулярная структура, функциональная устойчивость.

ANALYSIS OF THE PSEUDOREGULAR STRUCTURE OF DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS AS AN INDEX OF FUNCTIONAL STABILITY

I.P. Salanda

We consider the structure of distributed information systems. As an indicator of the likelihood of using functional stability of the graph describing the structure of the information system. We analyzed the precise methods for determining the connectivity and withdrawn according to approximate estimates of pseudo-structures

Keywords: information system, pseudo-structure, functional stability.

УДК 004.89: 621.396

С.В. Солонская¹, В.В. Жирнов²¹ Харьковский национальный автомобильный университет, Харьков² Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ

В работе рассматривается задача обработки радиолокационных сигналов в интеллектуальной системе обнаружения и распознавания воздушных объектов. Данная статья посвящена разработке технологии обработки сигналов на основе математического аппарата алгебры предикатов. Предложен метод, который позволяет наблюдать динамику изменения изображения в течение нескольких обзоров радиолокационной станции. Представлена модель в виде дискретных выборок – элементов обработки по дальности и азимуту, введена система предикатных признаков, чтобы описать ситуацию вокруг анализируемого элемента обработки. Из анализа динамики поведения предикатных признаков в элементе обработки и в соседних элементах принимается решение о распознавании отметки воздушного объекта.

Ключевые слова: обработка сигналов, интеллектуальная система, воздушный объект, мешающее отражение, радиолокационная станция, человек-оператор.

Введение

В известных системах обработки радиолокационных сигналов [1 – 3] существуют операции, основанные на анализе информации текущего и нескольких предыдущих циклов обзора пространства радиолокационной станцией. В этих системах, как правило, недостаточно используются алгоритмы, в основе которых лежит модель человека–оператора, и связанные с возможностью параллельного восприятия информации с последующим принятием решения по анализу квалификационных признаков.

Анализ публикаций показывает, что в понятие «интеллектуальные системы» [4, 5] вкладывают различный смысл, в частности, интеллектуальными считают системы, которые могут решать весь комплекс задач, выполняемых человеком–оператором, или осуществляют поддержку принятия решений.

В системах мониторинга воздушного пространства используют методы обнаружения и распознавания сигналов [6-8]. К основным понятиям этих методов относятся: обучающее множество (набор известных прецедентов); экзаменующее множество (набор объектов или явлений, которые сравниваются с уже известными прецедентами); признаки (качественные и количественные характеристики обучающего множества); решающее правило (алгоритм, позволяющий отнести экзаменуемый объект к одному из классов); обучение (процедура, приводящая к формулировке решающего правила). Существуют методы логического распознавания [6], в которых обработка информации выполняется согласно четко определенному алгоритму с целью выделения ценной информации. Основная сложность в методах логического распознавания образов состоит в низ-

кой автоматизации процессов обработки данных, в том числе, в системах обнаружения и распознавания сигналов объектов. Основным преимуществом алгоритмов, в основе которых лежит модель человека-оператора, является вариативный комплексный анализ пространственно-временной картины, отображаемой на экране индикатора [14].

Цель и задачи исследования. Обнаружение и распознавание геометрических образов трасс воздушных объектов – это преобразование информации, содержащейся в изображениях, с целью выделения важнейших отличительных признаков с точки зрения той или иной конкретной задачи. Сигнал – это совокупность первичных признаков, т.е. результатов непосредственных измерений или наблюдений. В системах обнаружения и распознавания радиолокационных отметок сигналом является совокупность выходов (отраженных импульсов) приемных элементов или отметок (пачек импульсов) как результата сканирования антенной системой. Сигнал или зависящие от него вторичные признаки служат исходными данными для принятия одного из возможных решений об объекте, например, о его принадлежности к одному из заданных классов.

В данном случае необходимо приблизить процедуру обработки сигналов к логике человека-оператора. Характерная особенность этой логики заключается в последовательном вовлечении в анализ ситуации всевозможных различительных признаков между отражениями от объектов и мешающими отражателями.

Задача обнаружения отметок сигналов подвижных объектов в данном случае трансформируется в задачу признаковой классификации (расознавания).

1. Материалы и оборудование, которые использовались в модельных экспериментах

Для исследования были использованы различные виды радиолокационного отраженного сигнала, полученные на обзорной радиолокационной станции (РЛС) сантиметрового диапазона (длительность импульса 1 мкс, частота зондирования 365 Гц, период обзора 10 с). Пространство радиолокационных отметок, сформированное в динамической памяти с искусственным послесвечением при предлагаемом способе обработки, обладает определенным распределением их расположения и амплитуд $q_{ij}(r, \beta, t, T_o, \Delta)$. Это распределение зависит от координат (r, β) расстояния и азимута до объекта локации, времени t , периода обзора РЛС T_o и параметра Δ искусственного послесвечения (рис. 1). Такое распределение отметок полностью характеризует данное пространство как источник информации.

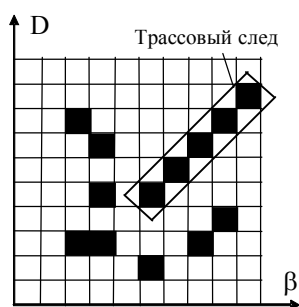


Рис.1. Модель трассового следа отметок подвижного объекта и мешающего фона

Изображение удаленных объектов на экране индикатора РЛС или на его эквиваленте в матричной памяти формируется в пределах одного обзора РЛС в виде отметок, а в пределах нескольких обзоров в зависимости от скорости перемещения лоцируемых объектов может сформироваться трассовый след. Размер отметки определяется импульсным объемом, то есть по дальности – длительностью импульса, а по азимуту – шириной диаграммы направленности (ДН) антенны. При этом существуют две отличительные особенности поведения отметок в пространстве и времени. Первая – существенные пространственные перемещения для создания трассового следа, в большей степени характерные для отметок от подвижных объектов и в меньшей степени от дискретных мешающих отражений (ДМО) «ангел-эхо». Вторая – флуктуации амплитуды, в большей степени присущие отметкам ДМО и в меньшей степени – отметкам подвижных объектов.

Рассмотрим возможные пространственные модели из совокупности отметок подвижного полезного объекта и дискретного мешающего отражателя. Как было отмечено ранее, пространство радиолока-

ционных отметок будем формировать в динамической памяти с искусственным послесвечением с возможностью создания трассового следа из отметок подвижного объекта.

Полагаем, что формируемый в памяти массив данных представляет собой прямоугольную матрицу амплитуд радиолокационного сигнала $\|A\|$ размером $M \times N$. Каждый элемент матрицы a_{ij} жестко связан с соответствующим участком лоцируемой зоны соответственно, где i, j – номера элементов матрицы по дальности (D) и азимуту (β).

Режим искусственного послесвечения в массиве амплитуд $\|A\|$ осуществляется уменьшением величины амплитуды q_{ij}^{k-1} предыдущего $(k-1)$ -го обзора на определенную величину Δ в случае отсутствия сигнала в текущем k -м обзоре.

$$q_{ij}^k = q_{ij}^{k-1} - \Delta, \text{ при } q_{ij}^k = 0 \cap q_{ij}^{k-1} > 0 \quad (1)$$

Для таких условий модель трассового следа отметок подвижного объекта будет определяться как совокупность отметок вдоль направления движения с дискретностью, определяемой скоростью объекта V_o и временем обзора РЛС T_o (рис. 1).

Выделение отметок подвижных объектов на фоне ДМО предполагает выполнение операций накопления, как энергии полезного сигнала, так и информации о его трассовом следе в виде предикатных признаков и функций, сформированных за ряд обзоров РЛС. Для выполнения этих операций выделяется подвижная подматрица $\|B\|$ размером $k \times l$, где k и l намного меньше m и n . Центр подматрицы или скользящего окна совпадает с текущими координатами локации. Размер скользящего окна выбирается, исходя из необходимого для анализа количества затухающих отметок в трассовом следе. Эффективности выделения отметок целей на фоне ДМО в основном определяется отношением сигнал/помеха, определяемом как :

$$g = [Q_s(t - (k - 1) \cdot T_s) - (k - 1) \cdot \Delta]^2 / Q_{ng}^2, \quad (2)$$

где Q_{ng}^2 – дисперсия отметок мешающих отражений «ангел-эхо».

Анализ (2) показывает, что отношение сигнал/помеха g может достигать сколь угодно больших значений при уменьшении параметра затухания Δ . Однако при этом повышается вероятность ложной тревоги за счет долго затухающих отметок ДМО, появившихся в предыдущих обзорах РЛС. По предварительным оценкам накопленной энергии сигнала и информации о формировании трассового следа за ряд обзоров РЛС видно, что при размерах скользящего окна порядка 9×9 эффективность выделения отметок воздушных объектов при средних скоростях их движения на фоне ДМО наилучшая.

2. Технология обработки радиолокационных сигналов

В разработанную технологию входят операции формализации и анализа геометрического образа трасс воздушных объектов на основе математического аппарата алгебры предикатов [9 – 11].

Пусть $M = \{q_{11}, q_{12}, \dots, q_{ij}, \dots, q_{mn}\}$ – фиксированное множество, представляющее собой прямоугольную матрицу $\|A\|$ размерностью $M \times N$, состоящее из $k = m \times n$ элементов – значений амплитуд сигналов в элементах обработки зоны обзора РЛС, B – некоторое из его подмножеств $B \subseteq M$, амплитуды сигналов q_{ij} которого превышают некие пороговые значения V_{ij} . Составляем набор логических элементов t_{ij} по следующему принципу: если $q_{ij} \in B$, то $t_{ij} = 1$; если $q_{ij} \notin B$, то $t_{ij} = 0$, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$. Предикат $A(x)$ на множестве M , соответствующий множеству B элементов обработки, превысивших порог, с характеристикой $(t_{11}, t_{12}, \dots, t_{ij}, \dots, t_{mn})$, запишется формулой:

$$A(x) = t_{11}x^{q_{11}} \vee \dots \vee t_{mn}x^{q_{mn}} = \bigvee_{i=1, j=1}^{mn} t_{ij}x^{q_{ij}} \quad (3)$$

Здесь выражение $x^{q_{ij}}$ – форма узнавания события. При $x = q_{ij}$ $x^{q_{ij}} = 1$.

Чтобы описать ситуацию вокруг анализируемого в данный момент элемента зоны обзора РЛС, вводится система предикатных признаков, позволяющая формализовать происходящие изменения в $A(x)$ в течение нескольких обзоров РЛС:

– предикатный признак Z_{nij}^k повтора сигналов в a_{ij} элементе обработки (i, j – номера элементов (дискрет) по дальности и азимуту; k – номер обзора, начиная с текущего обзора). Определяется как повтор сигналов в текущем и предыдущем обзорах;

– предикатный признак Z_{yij} ухода отметки в элементах обработки, прилегающих к рассматриваемому элементу;

При таких исходных условиях предикатные признаки формируются по следующему правилу:

$$Z_{nij} = 1, \text{ при } A_{ij}^k > 0 \wedge A_{ij}^{k-1} > 0; \quad (4)$$

$Z_{yij} = 1, \text{ при } A_{i,j}^{k-1} > 0 \wedge A_{i,j}^k = 0 \wedge Z_{n,i,j} = 0$, (5) где $A(x)$ – предикат события наличия-отсутствия сигнала в соответствующем элементе обработки.

Поскольку для формирования предикатного признака трассового следа используется признак Z_{yij} , то осуществляется операция обновления (экстраполяции) данного признака с учетом его предыдущих

теории перезаписыванием в ту же ячейку памяти, в которой он был записан. Основой для сохранения значения признака является либо его повторное формирование при выполнении соответствующих условий (4), либо наличие ненулевого уровня амплитуды сигнала в рассматриваемой ячейке, либо выполнение двух этих условий одновременно.

$$Z_{yij} = 1 \text{ при } Z_{yij}^k = 1 \vee (Z_{yij}^{k-1} = 1 \wedge \wedge A_{ij}^{k-1} > 0 \wedge A_{ij}^k = 0). \quad (6)$$

С учетом сформированного признака Z_{yij} приступим к формированию предикатного признака трассового следа Z_{ryij} , позволяющего получить дополнительную отличительную информацию о поведении отметок радиолокационных объектов по сравнению с отметками ДМО на основе анализа трассового следа, образующегося как совокупность предикатных признаков ухода отметок Z_{ryij} .

На первом шаге составляем предикатное уравнение и с помощью его находим номера $k = k_1$ и $l = l_1$ рядом расположенного элемента обработки с предикатным признаком Z_{yij} ухода отметки из элемента обработки. Для этого сравниваем признак наличия сигнала A_{ij} в центральном элементе подматрицы или скользящего окна анализа с соседними 8-ю элементами попарно на возможное наличие в них предикатного признака Z_{yij} .

$$\begin{aligned} & (Z_{yi+1,j} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi-1,j} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi,j+1} \wedge A_{yij}) \vee \\ & \vee (Z_{yi,j-1} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi+1,j+1} \wedge A_{yij}) \vee \\ & \vee (Z_{yi+1,j-1} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi-1,j+1} \wedge A_{yij}) \vee \quad (7) \\ & \vee (Z_{yi-1,j-1} \wedge A_{yij}) = \bigvee_{k=-1, l=-1}^{k=+1, l=+1} (Z_{yi+k, j+l} \wedge A_{yij}) = 1. \end{aligned}$$

На следующем шаге, при составлении второго предикатного уравнения для нахождения следующего номера $k = k_2$ и $l = l_2$ элемента обработки с подобным предикатным признаком Z_{yij} учитываем обозначившееся на первом шаге направление $(a_{ij}, a_{i+k_1, j+l_1})$ трассового следа (направление движения воздушного объекта). Направление определяется с помощью анализа изменения номеров k_1, l_1 . При изменении номера по одной из координат (k_1 или l_1) направление поиска трассового следа совпадает с направлением вдоль осей координат i или j (вверх, вниз или вправо, влево). При изменении номера элемента по обеим координатам направление поиска трассового следа совпадает с направлением диагоналей матрицы. С учетом определенного направления проверяется наличие предикатного признака Z_{yij} ухода отметки в трех соседних элементах. При перемещении отметки в вертикальном ($k_1 = \mp 1, l_1 = 0$) или горизонтальном ($k_1 = 0, l_1 = \pm 1$) направлениях выбираем элементы обработки для проверки того же направления ($i + k_1 \pm 1$ или

$j + l_1 \pm 1$). По второй координате номера элементов последовательно меняются от 0 до ± 1 . При этом дополнения в виде ± 1 формируются с учетом знаков k_1, l_1 .

При перемещении радиолокационной отметки в диагональных направлениях, когда $(k_1 = \mp 1, l_1 = \mp 1)$, проверяются элементы обработки, где номера формируются с учетом знаков k_1, l_1 и равны $(i + k_1 + (0 \mp 1), j + l_1 + (0 \mp 1))$.

Таким образом, на втором шаге для определения значений координат (номера) $k = k_2$ и $l = l_2$ элемента обработки с предикатным признаком Z_{yij} составляем следующие предикатные уравнения:

При $(k_1 = +1, l_1 = +1)$

$$\begin{aligned} & (Z_{yi+k_1, j+l_1} \wedge Z_{yi+k_1+l_1, j+l_1+1}) \vee \\ & \vee (Z_{yi+k_1, j+l_1} \wedge Z_{yi+k_1+l_1, j+l_1}) \vee \\ & \vee (Z_{yi+k_1, j+l_1} \wedge Z_{yi+k_1, j+l_1+1}) = 1. \end{aligned} \quad (8)$$

При $(k_1 = -1, l_1 = 0)$

$$\begin{aligned} & (Z_{yi+k_1, j} \wedge Z_{yi+k_1-1, j}) \vee (Z_{yi+k_1, j} \wedge Z_{yi+k_1-1, j+1}) \vee \\ & \vee (Z_{yi+k_1, j} \wedge Z_{yi+k_1-1, j-1}) = 1 \end{aligned}$$

и т. д.

Решая уравнения (8), находим значения k_2, l_2 .

Для выполнения последующих операций определения номеров элементов уточняем направление трассового следа вычислением градиентов номеров по осям i, j , т.е. $\Delta k_2 = k_2 - k_1, \Delta l_2 = l_2 - l_1$.

При $\Delta k_2 = +1, \Delta l_2 = +1$ предикатное уравнение имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} & (Z_{yi+k_2, j+l_2} \wedge Z_{yi+k_2+l_2, j+l_2+1}) \vee \\ & \vee (Z_{yi+k_2, j+l_2} \wedge Z_{yi+k_2+l_2, j+l_2}) \vee \\ & \vee (Z_{yi+k_2, j+l_2} \wedge Z_{yi+k_2, j+l_2+1}) = 1. \end{aligned} \quad (9)$$

На n -м шаге определяем

$$\Delta k_n = k_n - k_{n-1}, \Delta l_n = l_n - l_{n-1}.$$

Для этого шага при $\Delta k_n = +1, \Delta l_n = +1$ предикатное уравнение имеет вид:

$$\begin{aligned} & (Z_{yi+k_n, j+l_n} \wedge Z_{yi+k_n+l_n, j+l_n+1}) \vee \\ & \vee (Z_{yi+k_n, j+l_n} \wedge Z_{yi+k_n+l_n, j+l_n}) \vee \\ & \vee (Z_{yi+k_n, j+l_n} \wedge Z_{yi+k_n, j+l_n+1}) = 1. \end{aligned} \quad (10)$$

В результате решения системы n предикатных уравнений (7)...(10) находим все значения $k_1, l_1 \dots k_n, l_n$ и запишем форму (вид) трассового следа в виде предикатного уравнения:

$$\begin{aligned} Z_{tyij} = & \bigwedge_{k_1, l_1}^{k_n, l_n} Z_{yi+k_n, j+l_n} = Z_{yi+k_1, j+l_1} \wedge Z_{yi+k_2, j+l_2} \wedge \dots \\ & \dots \wedge Z_{yi+(k_{n-1}), j+(l_{n-1})} \wedge Z_{yi+k_n, j+l_n} = 1. \end{aligned} \quad (11)$$

3. Результаты исследования

Операции формирования предикатного признака геометрического образа трасс воздушных объектов Z_{tyij} и распознавание с его помощью воздушных объектов на фоне ДМО составляют основу технологии обработки сигналов в интеллектуальной системе обнаружения и распознавания.

Размер скользящего окна выбирается, исходя из необходимого для анализа количества затухающих отметок в трассовом следе.

Анализ модельных экспериментов по оценке эффективности выделения отметок воздушных объектов на фоне ДМО по признакам накопленной энергии сигнала и информации о формировании трассового следа за ряд обзоров РЛС показывает, что при размерах окна 9×9 вероятность правильного обнаружения малозаметных объектов при одинаковых исходных данных повышается с 0.2 до 0.8.

При анализе трассового следа введено понятие пространственного спектра [13, 14] как распределение амплитуд отметок трассового следа в направлении, определяемом вектором (k_n, l_n) согласно предикатному уравнению (11). Вид распределения амплитуд отметок трассового следа формируется согласно (1) путем постепенного уменьшения (затухания) поступившего сигнала при условии отсутствия его обновления в последующих обзорах, поэтому заранее известно, каким должно быть распределение амплитуд (пространственный спектр) отметок трассового следа.

Используя данные о форме и пространственном спектре трассового следа, можно определить его направление (вектор скорости воздушного объекта) и суммарную амплитуду в виде:

$$W_{ij} = \sum_{k_1, l_1}^{k_n, l_n} q_{i+k_n, j+l_n} \quad (12)$$

Полученная сумма амплитуд отметок, попавших в пределы пространственного спектра вектора трассового следа, сравнивается с порогом. Порог выбирается из известной величины σ , среднеквадратического отклонения шума. Сигнал, прошедший пороговую обработку, используется в качестве признака.

По виду предикатного признака (функции) трассового следа, найденного из системы предикатных уравнений (7) ... (10), и по признаку накопленной амплитуды отметок трассового следа (12) осуществляется процедура распознавания отметок воздушных объектов за ряд обзоров РЛС.

Заключение

Разработанная технология обработки сигналов была реализована в системе обнаружения и распознавания радиолокационного изображения воздушных

ных объектов на фоне дискретных мешающих отражений «ангел-эхо» [13].

Эффективность этой системы проверена на основе записей реальных сигналов РЛС сантиметрового диапазона. Во время эксперимента обнаружены и распознаны отметки воздушных объектов на фоне ДМО «ангел-эхо», когда их спектры перекрывались, что выгодно отличает систему обнаружения и распознавания от систем подавления путем компенсации, бланкирования мешающих отражений подобного типа.

Таким образом, использование предлагаемой технологии обработки сигналов позволяет повысить эффективность обнаружения и распознавания отметок воздушных объектов.

Список литературы

1. *Справочник по радиолокации в 2 кн. под ред. М.И. Скольника. Пер. с англ. под общ. ред. В.С. Вербы.* – М.: Техносфера, 2014. – 672 с.
2. *Бакулев П.А. Методы и устройства селекции движущихся целей [Текст] / П.И. Бакулев.* – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
3. *Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки РЛИ [Текст] / С.З. Кузьмин.* – М.: Радио и связь, 1986. – 323 с.
4. *Russel S. Artificial intelligence. A modern approach, Second Edition / S. Russel, P. Norvig.* – Williams, 2006. – 1410 p.
5. *George F.L. Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem-Solving. 4 ed. / F.L. George.* – Williams, 2005. – 864 p.
6. *Горелик А.Л. Методы распознавания [Текст] / А.Л. Горелик, В.А. Скрипкин.* – М.: Высш. шк., 2004. – 261 с.
7. *Мазуров, Вл.Д. Математические методы распознавания образов [Текст]: учебное пособие / Вл.Д. Мазуров.* – СПб.: Питер, 2010. – 101 с.
8. *Журавлев Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации [Текст] / Ю.И. Журавлев // Проблемы кибернетики.* – 2005. – Вып. 33. – С. 5–68.
9. *Бондаренко, М.Ф. Теория интеллекта [Текст] : учебник / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко.* – Х.: СМИТ, 2007. – 576 с.
10. *Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Компараторная идентификация лингвистических объектов: Монография [Текст] / Ю.П. Шабанов-Кушнаренко, Н.В. Шаронова.* – К.: ИСИО, 1993. – 116 с.
11. *Бондаренко М.Ф. Линейные предикаты и их применение для моделирования цветового зрения человека [Текст] / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко, С.Ю. Шабанов-Кушнаренко // Бионика интеллекта. Науч.-техн. журнал — 2011. – Вып. 2. – С. 33-51.*
12. *Жирнов В.В. Картинные методы извлечения и анализа радиолокационной информации в обзорных РЛС [Текст] / В.В. Жирнов, А.И. Дохов // Прикладная радиоэлектроника. Том 3. – 2004. – Вып. 1. – С. 29-34.*
13. *Жирнов В.В. Интеллектуальная система радиолокационного обнаружения малозаметных воздушных объектов [Текст] / В.В. Жирнов, С.В. Солонская // Радиоэлектроника и информатика: Научно-технический журнал. – 2005. – Вып. 3. – С. 134-138.*
14. *Жирнов В.В. Интеллектуальная система обзорной обработки радиолокационной информации [Текст] / В.В. Жирнов, С.В. Солонская // Радиоэлектроника и информатика: Научно-технический журнал. – 2007. – Вып. 3. – С. 6-12.*

Поступила в редколлегию 12.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.П. Пуятин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ВІЯВЛЕННЯ І РОЗПІЗНАВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

С.В. Солонська, В.В. Жирнов

В роботі розглядається задача обробки радіолокаційних сигналів в інтелектуальній системі виявлення і розпізнавання повітряних об'єктів. Дана стаття присвячена розробці технології обробки сигналів на основі математичного апарату алгебри предикатів. Запропоновано метод, який дозволяє спостерігати динаміку зміни зображення протягом декількох оглядів радіолокаційної станції. Представлена модель у вигляді дискретних вибірок – елементів обробки за дальністю та азимутом, введена система предикатних ознак, щоб описати ситуацію навколо аналізованого елемента обробки. З аналізу динаміки поведінки предикатних ознак в елементі обробки приймається рішення про виявлення відмітки повітряного об'єкта.

Ключові слова: обробка сигналів, алгебра предикатів, інтелектуальна система, повітряний об'єкт, заважаюче відбиття, радіолокаційна станція, людина-оператор.

SIGNAL PROCESSING TECHNOLOGY IN THE INTELLIGENT SYSTEM OF AIR OBJECTS RECOGNITION

S.V. Solonskaya, V.V. Zhyrnov

The problem of radar signal processing in the intelligent system of air objects recognition is considered in the given paper. This work is devoted to the development of signal processing technology based on the mathematical tools of predicate algebra. A method which allows to observe the dynamics of changes in image over several reviews radar is proposed. A model in the form of discrete samples – elements of processing in range and azimuth is presented. System of predicate features is introduced to describe the situation of the analyzed processing element. The decision on air object recognition is made from the analysis of the dynamics behavior of predicate features in the processing element.

Keywords: signal processing, predicate algebra, intelligent system, air objects recognition, radio-location station, clutter, human-operator.

УДК 528.42

М.Н. Токарев

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ СЪЕМОК СОВРЕМЕННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

Рассмотрены вопросы производства топографических съемок при помощи роботизированного тахеометра.

Ключевые слова: тахеометр, обоснование, привязка снимков, дистанционное управление тахеометром.

Введение

Тахеометр – это прибор, в первую очередь предназначенный для топографических съемок, он практически для них и разрабатывался [1]. Однако, после его внедрения оказалось, что данный прибор является универсальным геодезическим прибором для всех наземных геодезических работ. Тахеометр позволил отстранить оператора от нудной и трудоемкой работы снятия и записи отсчетов с прибора. И это сразу же сказалось на производительности труда.

Цель работы – разработать эффективный способ производства топографических съемок при помощи роботизированного тахеометра.

Основной материал

При использовании оптических теодолитов средняя производительность геодезистов в смену составляла порядка 300 пикетов, электронные тахеометры обеспечивают производительность в пределах 3000 пикетов при минимальной эмоциональной нагрузке исполнителей. Использование электронного теодолита и светодальномера в тахеометре повысило нижний уровень точности данных работ [2].

Если при использовании оптических теодолитов и нитяного дальномера погрешность положения точки на расстоянии 50 м от прибора составляет:

$$m = \sqrt{m_D^2 + \left(\frac{m_B S}{\rho}\right)^2}, \quad (1)$$

где m_D – погрешность линейных измерений;

m_B – погрешность угловых измерений;

ρ – число угловых единиц в одном радиане.

Для оптических теодолитов имеем:

при $m_D = (1/300 \times 50000 \text{ мм}) = 167 \text{ мм}$; $m_B = 1'$ получим $m = 167 \text{ мм}$.

Для тахеометров –

$m_D = (1/10000 \times 50000 \text{ мм}) = 5 \text{ мм}$; $m_B = 10''$ получим $m = 5.6 \text{ мм}$.

Таким образом, тахеометр оказывается в 30 раз точнее, чем оптический теодолит. Если принять критерий точности съемки равный 15 см, то для тахеометра значение предельного расстояния до твердых контуров можно получить, решив выражение (1) относительно расстояния S .

При $m = 5.6 \text{ мм}$, $m_D = (1/10000 \times 50000 \text{ мм}) = 5 \text{ мм}$; $m_B = 10''$ получим $S \approx 200 \text{ м}$.

Следующий момент, определяющий точность съемки. При использовании старых технологий составление плана осуществляется графическим способом, углы откладываются тахеографом ($m_B = 0.3^\circ$), расстояния – масштабной линейкой ($m_D = 0.3 \text{ мм}$). Подставив эти данные в формулу (1) получим $m = 0.5 \text{ мм}$. С учетом погрешностей съемки, погрешностей графических построений, погрешностей обоснования и деформации бумаги можно с уверенностью констатировать, что погрешность положения точки при тахеометрической съемке старыми методами составляет порядка 1 мм, что с учетом масштаба плана, например, 1/500 будет равно 0.5 м. При использовании электронных тахеометров погрешность положения точки по материалам съемки составляет $m = 5.6 \text{ мм}$, такую же погрешность дадим и для обоснования. Погрешность графических построений отсутствует, так как тахеометр выдает информацию в цифровом виде, а графические материалы составляются только по координатам в векторном виде.

Сделаем промежуточный вывод. Применение тахеометров при выполнении топографических съемок является одним из этапов технологической революции в геодезии. Производительность повышается в 10 раз, точность съемки повышается в 50 раз, эмоциональная нагрузка геодезистов приблизительно уменьшается в три раза. Ориентировочно представим, что процесс съемки состоит из комплекса следующих компонентов: составление абриса и выбор мест установки съемочных точек, снятие отсчетов с приборов, запись отсчетов на носитель и все это составляет 100%. По старой технологии полно-

стью используются все три процесса, то есть 100%. Если съемка выполняется тахеометром, снятие отсчетов, запись и передача информации осуществляется автоматически, следовательно, остается только один процесс составление абриса и выбор мест установки съемочных точек – 30%. Следовательно, наше утверждение, что эмоциональная нагрузка геодезиста уменьшена в 3 раза, имеет место.

Рассмотрим современную методику съемки роботизированным тахеометром.

Закрепляются точки обоснования и тахеометр устанавливается над первой точкой, рис. 1. Последовательно наводится тахеометр на точки 4 и 2 осуществляется их захват. Вводятся параметры измерения и включается автоматический режим. Тахеометр автоматически измеряет горизонтальный угол 1, вертикальные углы на точки 4 и 2 и расстояния S_{1-2} , S_{1-4} .

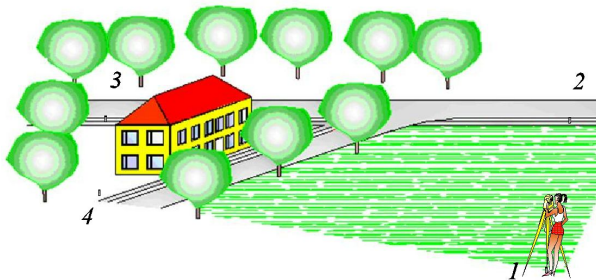


Рис. 1. Создание обоснования

Одновременно тахеометром делается снимок участка тахеометрической станции и на нем намечаются опорные точки, 01, 02, 03 для координатной привязки снимка, рис. 2.



Рис. 2. Привязка снимков

Координирование опорных точек осуществляется совместно с измерениями теодолитного хода. По полученным координатам осуществляется трансформация снимка, то есть выполняется его координатная привязка.

Теперь нажав стилусом на какую-либо точку снимка, автоматически в эту точку местности тахеометр развернет свою трубу.

На снимке намечаются съемочные пикеты, рис. 3, и выбирается система обозначения.

Например:

DN – дом N – угол;

BN – бордюр N – точка;

RN – рельеф N – точка;

DerN – дерево N – дерево.

Роботизированные тахеометры позволяют работать даже без речника. Геодезист переключает управление тахеометром на планшетный компьютер, выводит трансформированное и закоординированное изображение участка съемки на дисплей компьютера, включает режим автопоиска.

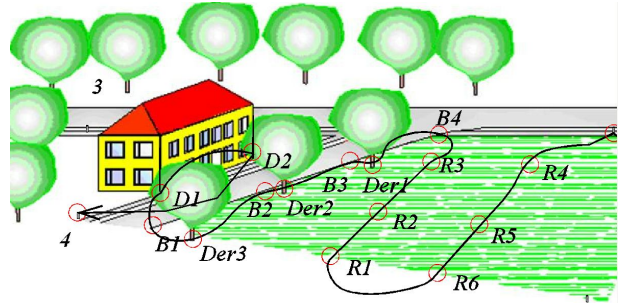


Рис. 3. Расстановка пикетов

Дистанционно управля тахеометром, он непосредственно на планшете вычерчивает план, рис. 4. В этом случае тахеометрическая съемка приобретает положительные свойства мензульной съемки, а именно, становится возможным составление плана непосредственно в поле.



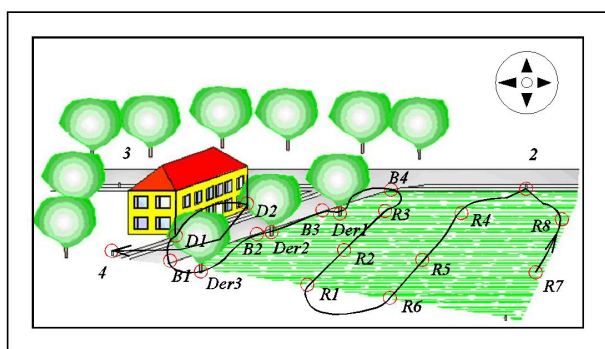
Рис. 4. Дистанционное управление тахеометром

Экран планшета формируется в зависимости от выполняемых задач.

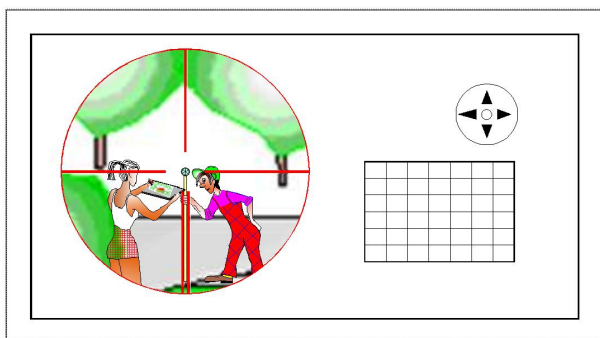
Например, при выполнении топографических съемок наиболее распространены экраны с координатной привязкой снимка участка съемки, рис. 5, а, поле зрения трубы, рис. 5, б и рабочей зоны программы составления плана, рис. 5, в.

Речник обходит все пикетные точки, в режиме автонаведения тахеометр отслеживает перемещение рейки и по команде геодезиста производит фиксацию точки. При этом геодезист может непосредственно показывать речнику пикетные точки. Используя программное обеспечение для составления плана, рис. 5, б, геодезист имеет возможность непосредственно в поле вычерчивать план, рис. 5, б.

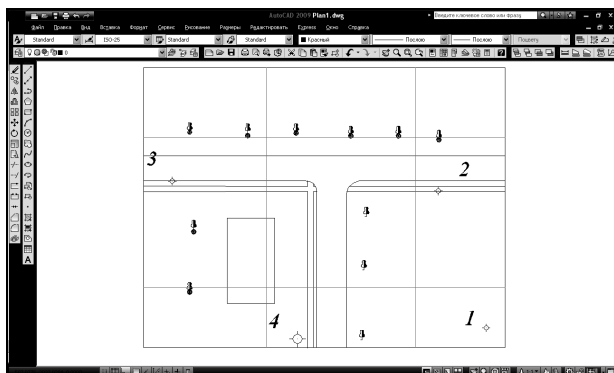
Выходным документом является специализированный файл в специальном формате, свойственном модели тахеометра. Большинство современных тахеометров кроме специального формата имеют открытый текстовый формат, табл. 1.



а



б



в

Рис. 5. Виды рабочих экранов для топографической съемки

Таблица 1

Текстовый формат
выходной информации тахеометра

№ пикета	X	Y	Z	Код условного знака	Примечания
E\$MN	X _{ESN}	Y _{ESN}	Z _{ESN}	M _{усл зн}	\$\$

Здесь E\$ – условное наименование объекта ситуации, например – дом, бордюр;

M – условный номер объекта ситуации, например – дом2;

N – номер пикета на объекте ситуации;

X_{ESN}, Y_{ESN}, Z_{ESN} – координаты заданной пикетной точки;

M_{усл зн} – код условного знака по справочнику;

\$\$ – дополнительный комментарий.

Такой формат выходной полевой информации позволяет максимально автоматизировать процесс составления топографических материалов. Алгоритм обработки в этом случае будет следующий. Съемка выполняется в произвольном порядке с соблюдением правил формирования выходного файла. После завершения съемки и преобразования текстового файла в табличную форму он сортируется по объектам и номерам пикетов, формируется пакетный файл и программа полигиниями прорисовывает линейные, площадные объекты и наносит по условным знакам точечные объекты.

Таким образом, полностью автоматизируется весь процесс съемки. Исполнителю остается только выбрать места установки пикетных точек.

Выводы

Геодезист получает возможность управлять тахеометром через планшетный компьютер, что полностью автоматизирует весь процесс съемки.

Список литературы

1. Роботизированный электронный тахеометр Topcon IS-201 [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://gskgeo.ru/catalog/elektronnyye_tacheometry/robotizirovannyy_elektronnyy_tacheometr_topcon_is_201/.

2. Отчет о научно-исследовательской работе «Анализ современных геодезических технологий в строительстве относительно действующих нормативных геодезических документов. Исследование современных геодезических технологий». – Х.: ХНУСА, 2015.

Поступила в редколлегию 19.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Г. Вандоловский, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ТОПОГРАФІЧНИХ ЗЙОМОК СУЧАСНИМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

М.М. Токарев

Розглянуті питання виробництва топографічних зйомок за допомогою роботизованого тахеометра.

Ключові слова: тахеометр, обґрунтування, прив'язка знімків, дистанційне керування тахеометром.

TOPOGRAPHICAL SURVEYS FEATURES BY MODERN TACHYMETERS

M.N. Tokarev

The questions of production of topographical surveys are considered through robotized tachymeter.

Keywords: tachymeter, ground, attachment of pictures, remote control of tachymeter.

УДК 651.326

И.П. Хавина, В.В. Лимаренко

Национальный технический университет "ХПИ", Харьков

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

В статье показана разработанная структура системы поддержки принятия решений для автоматизации оптимизации технологических процессов механообработки авиаоборудования. Рассмотрены основные функциональные блоки СППР и их назначение. Приведено обоснование применяемых математических моделей и методов.

Ключевые слова: оптимизация, механообработка, технологический процесс.

Введение

Сегодня при изготовлении авиационного оборудования и комплектующих для авиационных двигателей общепринятой практикой является применение современного дорогостоящего оборудования и инструментальных комплексов. При этом производство авиационных комплектующих и двигателей имеет ряд особенностей: средние по величине габаритные размеры выпускаемых изделий; высокая точность деталей и изделий в целом; сложность конфигурации деталей; широкое применение труднообрабатываемых и дорогих материалов; большое разнообразие используемых процессов механообработки; жесткий контроль качества; сравнительно частая смена объектов производства; наличие мелкосерийного производства и использование одного и того же оборудования для производства целого ряда изделий, имеющих совершенно разные конфигурации и размеры партий [1]. С учетом этих особенностей значительное внимание уделяется проблеме повышения производительности технологического процесса (ТП).

Уменьшение затрат времени и средств на изготовление единицы изделия, гарантированное получение изделий с необходимым уровнем качества и заданными свойствами, являются обязательными условиями ТП механообработки [2].

Задачи синтеза ТП решаются в два этапа:

- первый – синтез структуры ТП;
- второй – параметрическая оптимизация.

Синтез структуры технологического процесса направлен на создание оптимальной структуры в виде последовательности операций технологического процесса, а целью параметрической оптимизации является поиск оптимальных режимов выполнения операции, с учетом всех ограничивающих факторов.

Из теории оптимизации известно, что параметрическую оптимизацию можно осуществлять только после оптимизации структуры объекта, в том числе технологической системы, в которую входят техно-

логический процесс обработки, оборудование и инструмент [3, 4].

Задача структурного синтеза ТП механообработки является сложной задачей, т.к. ТП механообработки характеризуется низкой формализацией при многовариантности решений, многомерностью, наличием эмпирической информации и скрытых объективных законов.

Автоматизировать процесс поиска оптимальной структуры и параметров ТП можно с применением системы поддержки принятия решений (СППР) и методов искусственного интеллекта.

Целью оптимизации ТП механообработки может быть, как уменьшение энергозатрат, повышение производительности, уменьшение себестоимости, так и различные комбинации данных целей. В связи с этим задача оптимизации структуры ТП механообработки превращается в многокритериальную оптимизационную задачу (МОЗ) [5 – 7].

Традиционные инженерные методы решения МОЗ строятся на принципах сведения МОЗ к некоторой однокритериальной задаче [8, 9]. Для этого применяются различные методы: метод последовательных уступок, метод главного критерия, метод линейной свертки, метод относительного минимакса и т.п. При использовании данных методов инженеры вынуждены идти на определенные уступки и приближения, которые, в свою очередь, в большей или меньшей степени искажают полученный результат, внося в него определенные ошибки и погрешности, размер которых зависит от конкретного метода и размера принятых условностей.

В общем случае МОЗ не имеет решения в классическом смысле данного понятия, но существуют методы, которые позволяют минимизировать возможные ошибки, характерные для метода свертки МОЗ. Таким методом является метод построения Парето-оптимального решения [8, 9].

Суть Парето-оптимального решения состоит в том, что между критериями существует область компромисса, содержащая так называемые эффек-

тивные решения, для которых невозможно одновременное улучшение всех критериев. Эффективность решения означает, что оно не может быть улучшено по какому-либо критерию без ухудшения по остальным. Но, при этом, все остальные критерии находятся в области достаточно близкой к оптимальной [8].

Недостаток данного метода в большом объеме вычислений, которые необходимо провести, и в зависимости полученного результата от полноты использованных в расчетах критериев и параметров, которые, в свою очередь, так же должны быть рассчитаны.

Эффективность как структурной, так и параметрической оптимизации процесса резания определяется полнотой используемых входных данных. Входными данными для СППР являются, как параметры, характеризующие физические явления в процессе резания, так и технические факторы, влияющие на сам процесс резания. В [10] были приведены основные физические явления и факторы, влияющие на параметры процесса резания, которые должны быть использованы в качестве входных.

Одним из возможных методов определения оптимальной структуры ТП изготовления изделий с помощью механообработки, то есть нахождения оптимальной альтернативы из множества возможных альтернатив, является применение производственных правил, реализованных с помощью языка Visual Prolog.

Рассмотрим структуру разработанной системы поддержки принятия решений для оптимизации технологических процессов механообработки авиаоборудования.

Общая структурная схема системы показана на рис. 1.

Для функционирования системы бала разработана и создана база знаний, которая включает в себя данные по станкам, операциям, приспособлениям, инструментам и т.п. данные, необходимые как для проведения расчетов, так и для операций синтеза.

Структура разработанной базы знаний показана на рис 2.

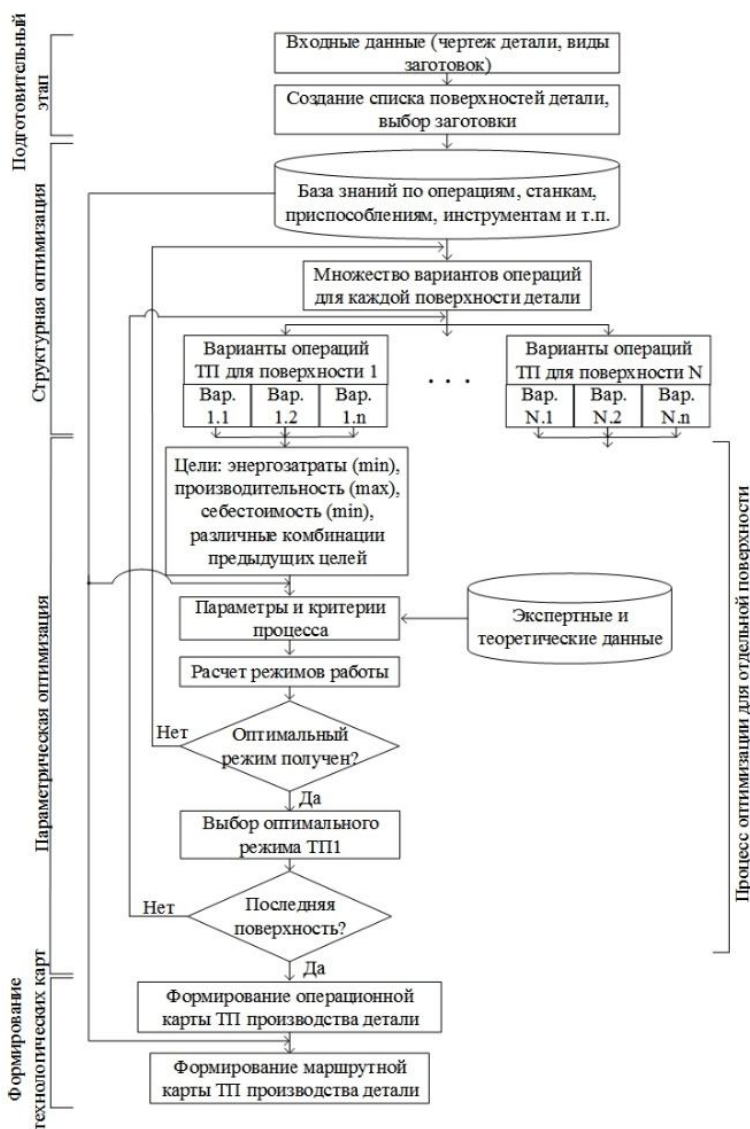


Рис. 1. Структурная схема системы

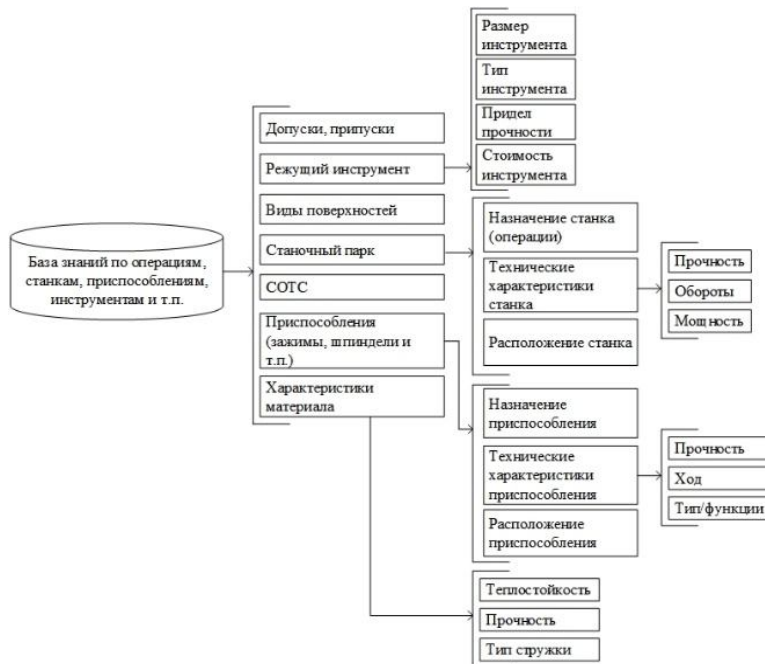


Рис. 2. Структурная схема базы знаний

Работу системы можно разбить на четыре этапа:

– подготовительный этап. Его задача – создание списка поверхностей детали и выбор заготовки. На основе чертежа детали, создается список поверхностей деталей, их размеры, типы материалов из которых будет создана деталь (марка стали) и определяется базовая поверхность для начала обработки детали;

– структурная оптимизация. Задача данного этапа – на основе данных, полученных на предыдущем этапе, и данных из базы знаний СППР (рис. 2) создать множество возможных вариантов операций для обработки каждой поверхности, с целью выбора наиболее оптимального варианта для каждой из них. В дальнейшем из этих вариантов и будет синтезирован общий ТП механообработки. Работа данного блока базируется на использовании возможностей языка Visual Prolog;

– параметрическая оптимизация. Задача данного этапа – определить параметры, при которых будет выполняться каждая операция ТП при конкретных технических условиях. Если же оптимальное решение, которое найдено в результате работы данного этапа, невозможно практически осуществить на имеющемся оборудовании, то работа системы вернется к этапу генерации нового множества возможных вариантов ТП;

– формирование технологических карт. Это завершающий этап работы системы. Задача данного этапа – формирование карты ТП из операций, которые были выбраны на предыдущих этапах и расчет оптимального ТП для гибкого производственного модуля (ГПМ).

Вывод

В результате работы данной системы планируется получить оптимальный технологический процесс в виде технологических карт с учетом необходимых на данном этапе существования предприятия целей оптимизации ТП.

Использование данной системы позволит автоматизировать расчет ТП механообработки изделий, в значительной мере сократить необходимый объем

инженерного времени на разработку ТП. Также данная система позволит смоделировать ТП механообработки при различных критериях оптимизации и выбрать наиболее стратегически выгодный для экономики предприятия.

Список литературы

1. Богуслаев А.В. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: Монография / А.В. Богуслаев, Ал.А. Олейник, Ан.А. Олейник, Д.В. Павленко, С.А. Субботин. – Запорожье: ОАО Мотор Сич, 2009. – 468 с.
2. Вейц В.Л. Динамика и моделирование процессов резания при механической обработке / В.Л. Вейц, В.В. Максаров, П.А. Лонцих. – Иркутск: РИО ИГИУВа, 2000. – 189 с.
3. Davim I. Machining: fundamental and recent advanced / I. Davim, J. Paulo. – London: Springer, 2008. – 364 p.
4. Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования / Д.И. Батищев. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
5. Рыжов Э.В. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – К.: Наукова думка, 1989. – 344 с.
6. Яцерицын П.И. Теория резания. / П.И. Яцерицын, Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – 3-е изд., испр. и доп. – Мн.: Новое знание, 2008. – 512 с.
7. Системный анализ, структурная и параметрическая оптимизация технологических процессов / Н.В. Верзуб, Е.В. Островерх, А.А. Симонова. – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – 170 с.
8. Рыжов Э.В. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – К.: Наукова думка, 1989. – 192 с.
9. Феофанов А.Н. О методах многокритериальной оптимизации в связи с их применением к задаче построения гибких автоматических линий (ГАЛ) / А.Н. Феофанов, И.В. Иевлев // Стружка. “Роспечать”. – 2006. – № 3 (14). – С. 20-23 (www.struzhka.ru).
10. Хавина И.П. Применение нейронных сетей в технологических процессах механообработки / И.П. Хавина, В.В. Лимаренко // Автоматизированные технологии и производства: Сборник научных трудов. – Магнитогорск: издательство Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2013. – 326 с.

Поступила в редколлегию 1.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.И. Обод, Харьковский национальный университет “ХПИ”, Харьков.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНООБРОБКИ

І.П. Хавіна, В.В. Лимаренко

У статті показана розробка структури системи підтримки прийняття рішень для оптимізації технологічних процесів механообробки авіаустаткування. Розглянуто основні функціональні блоки СППР і їх призначення. Наведено обґрунтування застосовуваних математичних моделей і методів.

Ключові слова: оптимізація, механообробка, технологічний процес.

SYSTEM OF SUPPORT OF MAKING A DECISION OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MACHINING

I.P. Khavina, V.V. Limarenko

The article describes the structure of the developed decision support system for automating the optimization of technological processes of machining aviation equipment. The main functional blocks of DSS and their purpose. The substantiation of applied mathematical models and methods.

Keywords: optimization, machining, technological process.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЙВЛЕТІВ

В роботі досліджено можливість безперервного вейвлет-перетворення щодо визначення частотних характеристик нестационарних сигналів. Вейвлет-перетворення сигналу розглянуто з точки зору фільтрації. Досліджено викривлення, що вносяться вейвлет-перетворенням в результати аналізу при дослідженні коротких сигналів. Наведено метод зменшення граничних ефектів при виконанні вейвлет-перетворення сигналів. Обґрунтовано вибір типів вейвлетів для аналізу технічних сигналів. Розроблено метод спектрального аналізу нестационарних сигналів з використанням безперервного вейвлет-перетворення. Ефективність методу досліджено при вирішенні практичної задачі вібраційної діагностики вальниць кочення.

Ключові слова: безперервне вейвлет-перетворення, спектральний аналіз, фільтрація, нестационарний сигнал, діагностування.

Вступ

Найбільше широко використовуваним методом обробки цифрових сигналів наразі є перетворення Фур'є. Однак воно має ряд недоліків, які привели до появи й розробки нових удосконалених методів цифрового аналізу нестационарних сигналів. Найбільшим недоліком перетворення Фур'є можна назвати усереднення характерних рис по всій тривалості сигналу, що робить неможливим застосування даного методу при необхідності аналізу змін сигналу в часі.

Для аналізу швидкоплинних нестационарних сигналів доцільно використовувати сучасний математичний засіб вейвлет-перетворення [1 – 3]. Вейвлет-перетворення на сьогодні широко застосовується для аналізу графічних зображень, аудіо та відео даних, різноманітних технічних сигналів тощо. Цей інструмент дозволяє отримати частотно-часове подання сигналу, що аналізується.

В задачах технічної діагностики для визначення стану технічного об'єкту використовується спектральний аналіз складних нестационарних сигналів. Для вирішення задачі технічної діагностики в умовах реального часу постає задача слідкування за частотними характеристиками об'єкту шляхом аналізу коротких послідовностей сигналів.

У разі виконання спектрального аналізу сигналів за допомогою вейвлетів необхідним є дослідження частотних характеристик материнського вейвлету, що використовується для аналізу. Параметри обраного вейвлету та його налаштування можуть суттєво впливати на результати перетворення й можливість їх правильної інтерпретації.

Постановка задачі та мета дослідження. Для успішного застосування вейвлет-перетворення в задачах технічної діагностики складних сигналів необхідно проаналізувати можливості безперервного вейвлет-перетворення для визначення частотних

характеристик нестационарних сигналів, обґрунтувати вибір материнського вейвлету та розробити метод спектрального аналізу сигналів за допомогою вейвлет-перетворення.

Вейвлет-перетворення сигналу з точки зору фільтрації

Безперервне вейвлет-перетворення – це розклад сигналу, що аналізується, в базисі деякої материнської вейвлетної функції [1-3].

Базис вейвлет-перетворення (ВП) будується шляхом масштабних перетворень та переносів материнського вейвлету $\psi(t)$ с неперервними значеннями базисних параметрів – масштабного коефіцієнту a та параметра зсуву b :

$$\Psi_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (1)$$

де $\Psi_{a,b}(t)$ – дочірній вейвлет базису, t – параметр часу, $a, b \in \mathbb{R}$.

В інтегральній формі ВП безперервного сигналу $s(t)$ може бути подано як:

$$W(a,b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \Psi_{a,b}^*(t) dt, \quad (2)$$

де $*$ – оператор комплексного спряження.

Використовуючи рівняння Парсеваля, що описує зв'язок між функціями та їхніми образами Фур'є, вираз (2) може бути записаний в альтернативній формі [3]:

$$W(a,b) = \sqrt{a} F^{-1} \left\{ S(f) \Psi^*(af) \right\}, \quad (3)$$

де F^{-1} – оператор зворотного перетворення Фур'є; $\Psi(af)$ – образ Фур'є дочірнього вейвлету; $S(f)$ – образ Фур'є сигналу; f – частота.

Таке подання дозволяє прискорити час виконання вейвлет-коефіцієнтів за рахунок використання швидкого перетворення Фур'є.

Вираз (3) показує, що вейвлет-перетворення може бути розглянуте як спеціальна операція фільтрації з вейвлетом в якості ядра фільтру [3].

Розглянемо особливості вейвлетних фільтрів, використовуючи їхні частотно-часові характеристики [4]. Нехай вейвлет $\psi(t)$ та його образ Фур'є $\Psi(f)$ є функціями-вікнами з центрами t_0 та f_0 , радіусами δ_t та δ_f відповідно. Розмір частотно-часового вікна, що характеризує, роздільну здатність вейвлет-аналізу, дорівнює $4*\delta_t\delta_f$.

При масштабуванні материнського вейвлету радіус вікна дочірнього вейвлету в часовій області збільшується прямо пропорційно масштабу ($a*\delta_t$), а в частотній – радіус вікна зменшується (δ_f/a). Таким чином, ВП надає змінну роздільну здатність в частотно-часовій площині, що дає значну перевагу при аналізі нестационарних сигналів.

Завдяки властивостям зсуву та масштабування материнського вейвлету, кожний дочірній вейвлет в частотній області на масштабі a буде мати ширину вікна, що дорівнює $2*\delta_f/a$, та центральну частоту, що дорівнює f_0/a . Їхнє відношення не залежить від масштабу перетворення і є постійною величиною $2*\delta_f/f_0$, значення якої залежить від параметрів материнського вейвлету.

Таким чином, ВП можна розглядати як операцію смугової фільтрації з постійною добротністю, коли відношення ширини смуги пропускання до центральної частоти фільтру є постійною величиною.

Вибір материнського вейвлету для аналізу технічних сигналів

Серед існуючих вейвлет-функцій, що використовуються в безперервному вейвлет-аналізу, вейвлет сімейства Гауса, а саме вейвлет Морлета вейвлет Мексиканська шляпа (рис. 1), більш за все подібні за формою імпульсним складовим нестационарних сигналів. Цей факт робить Гаусове сімейство вейвлетів найбільш відповідним засобом аналізу таких сигналів [5, 6].

Всі вейвлети сімейства Гауса будуються на основі похідних функції Гауса. Наприклад, принципова різниця між вейвлетом Морле і Мексиканською шляпою в тому, що вейвлет Морле має кращі вибіркові властивості в частотній області, а вейвлет Мексиканська шляпа – в часовій [3]. В силу принципу невизначеності Гейзенберга неможливо отримати ідеальну локалізацію одночасно в частотній та часовій областях.

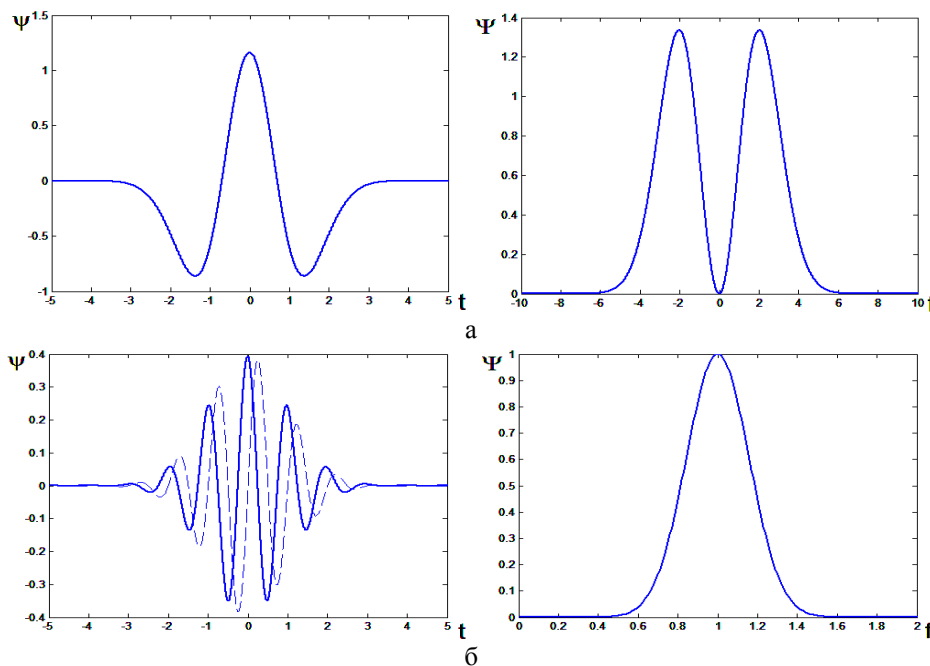


Рис. 1. Вейвлети Морле (а) та Мексиканська шляпа (б)

При виборі вейвлету для аналізу таких нестационарних сигналів як вібраційні сигнали, що використовуються для діагностування технічного стану обладнання з метою виділення із сигналу частотних характеристик дефектів його елементів, перевагу було надано вейлету Морле. Проведене дослідження показало, що присутність домінуючої частоти дозволяє варіювати вибірковість вейвлету Морле в частотній області.

Результати проведеного дослідження та метод аналізу, що приводиться, можуть бути застосовані до будь-якого вейвлету з сімейства Гауса.

В часовій області комплексний вейвлет Морле представляє собою комплексну експоненту, що модулюється функцією Гауса:

$$\psi(t) = \frac{\sigma}{\sqrt{\pi}} e^{-\sigma^2 t^2} e^{i2\pi f_0 t} \quad (4)$$

де t – час, σ і f_0 – параметри, що задають форму вейвлета; їхній зміст стає зрозумілим в частотному поданні вейвлета.

В частотній області вейлет Морлема є форму Гаусова вікна з центральною частотою f_0 і шириною σ :

$$\Psi(f) = \Psi^*(f) = e^{-(\pi^2/\sigma^2)(f-f_0)^2} \quad (5)$$

де $\Psi(f)$ – перетворення Фур'є вейвлета Морле, f_0 – центральна частота вейвлета, σ – ширина смуги частот, що аналізується, * – означає комплексне спряження.

Перетворення Фур'є вейвлета Морле дорівнює нулю для відмінних частот, що дозволяє розділити фазові та амплітудні компоненти сигналу при виконанні вейлет-перетворення.

Таким чином, частотна смуга, що покривається вікном вейвлета Морле, обмежена інтервалом $[f_0 - \sigma/2, f_0 + \sigma/2]$.

На рис. 1, б наведено приклад подання вейвлета Морле в часовій та частотній областях при заданих параметрах $\sigma=0,7$ та $f_0=1$.

Вейлет Морле не має компактного носія, однак найбільша частина його енергії зосереджена на інтервалі, ширина якого визначається його смугою пропускання. На практиці при $f_0 \gg 0$ вейлет Морле може бути використаний з мінімальною погрешністю [3].

Граничні ефекти при виконанні вейлет-перетворення

Область граничних ефектів при виконанні ВП сигналу – це область, у якій значення вейлет-коефіцієнтів спотворюються розривною природою границь сигналу [6]. Амплітуди вейлет-коефіцієнтів в цій області порівняні з амплітудами коефіцієнтів, що визначають особливі характеристичні точки сигналу. Найбільш актуальною проблемою зменшення впливу граничних ефектів на результати вейлет-аналізу стає при обробці коротких високочастотних сигналів в реальному часі. Прикладом такої задачі може слугувати вібраційна діагностика технічного обладнання.

Спотворення значень вейлет-коефіцієнтів при виконанні перетворення кінцевої часової реалізації довжини N у частотній області зумовлені природою перетворення Фур'є, яке припускає, що аналізований сигнал періодичний і має період довжиною N .

Для зменшення похибки при аналізі вібраційних сигналів пропонується використовувати доповнення часового ряду нулями. Такий підхід дозволяє зменшити амплітуди вейлет-коефіцієнтів біля границь початкового часового ряду і зсунути неоднорідність, що виникає внаслідок розривів на границях, до області більш високих масштабів, тобто до області низьких частот [3].

Використання для аналізу ряду, в якому довжина послідовності нулів дорівнює довжині початкового сигналу, було обрано оптимальним для аналізу вібраційних сигналів з точки зору балансу швидкості розрахунків і точності вейлет-коефіцієнтів поблизу границь початкового ряду.

Для зменшення впливу граничних ефектів для безперервного ВП пропонується метод розрахунку області достовірності результатів аналізу, що полягає в наступному.

Використовуючи кут впливу вейлет-коефіцієнтів [6] можна визначити, що для розрахунку коефіцієнтів розташованих на відстані меншій за $a * \delta_t$ (радіус вікна вейвлета) від границі сигналу необхідні значення сигналу, що виходять за межі ряду. Таким чином, кількість коефіцієнтів з країв сигналу, значення яких мають спотворений характер, може бути задана в такий спосіб:

$$n = a * \delta_t * f_d, \quad (6)$$

де f_d – частота дискретизації сигналу.

Розглянемо в якості прикладу комплексний вейлет Морле. Радіус вікна вейвлета Морле було визначено за допомогою правила трьох сигм у наступному вигляді:

$$\delta_t = 3 / (\sigma \sqrt{2}). \quad (7)$$

Використовуючи вирази (6)–(7), для вейвлета Морле можна отримати дві області: область достовірності ВПі область, у якій не можна знехатати наявністю граничних ефектів. Пропонується відкидати дану область граничних ефектів при подальшому аналізі коефіцієнтів ВП.

Так як при розрахунку значення вейлет-коефіцієнту залежить від ряду значень сигналу, довжина якого тим більша, чим більше значення масштабу a , викривлення, що вносяться в результати аналізу збільшуються зі збільшенням масштабу. Це означає, що для низькочастотних вейлетних фільтрів ця проблема є більш актуальною, чим для високочастотних.

Запропонований метод розрахунку області граничних ефектів безперервного вейлет-перетворення розширюється й на інші сімейства вейлетів, зокрема на всі вейлети сімейства Гауса.

Розглянемо приклад аналізу сигналу за допомогою вейвлета Морле та покажемо результати зменшення викривлень, що можуть вноситися в значення вейлет-коефіцієнтів (рис. 2).

На рис. 2, а показано вихідний сигнал, що його підлягав аналізу, а на рис. 2, б та рис. 2, в – результати ВП. На цих рисунках лінією позначено розраховану область достовірних вейлет-коефіцієнтів.

Рис. 2, б ілюструє появу похибок на границях сигналу. Як видно з рис. 2, б, амплітуди вейлет-коефіцієнтів після перетворення в області граничних ефектів порівняні з амплітудами коефіцієнтів, що визначають особливі точки сигналу. Така ситуація

може призвести до викривлення результатів аналізу і невірному визначенню особливих точок сигналу.

На рис. 2, в приведено результати ВП з використанням запропонованого методу зменшення викри-

влень. Результати показують, що похибки зменшилися: амплітуди в області граничних ефектів значно нижче амплітуд коефіцієнтів, що визначають особливі точки сигналу.

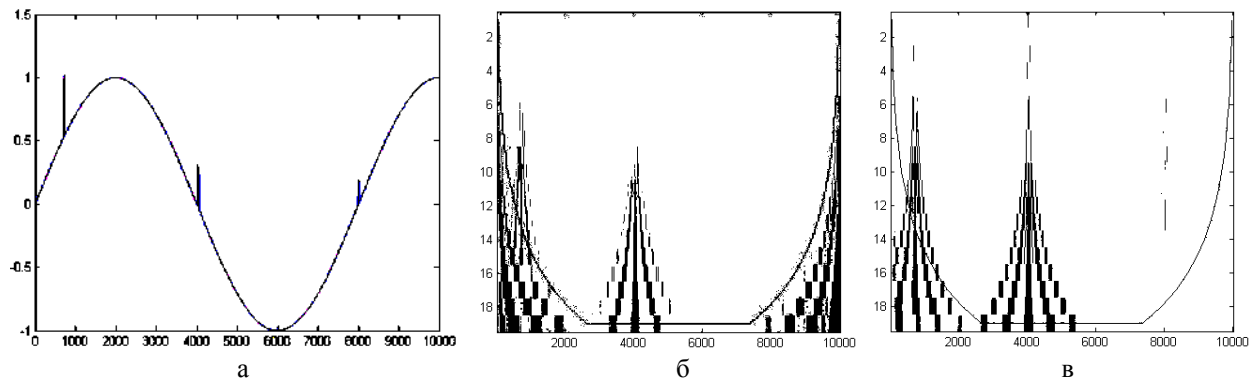


Рис. 2. Ілюстрація граничного ефекту при виконанні вейвлет-аналізу: а – сигнал, б – граничний ефект, в – його зменшення

Метод спектрального аналізу сигналів за допомогою вейвлет-перетворення

Для розділення частотних компонент сигналів використовують банки фільтрів [7]. Як було відзначено, вейвлет-перетворення сигналів можна розглядати як операцію фільтрації з постійною відносною смугою частот. Тому по аналогії зі звичайними гребінками з $1/n$ -октавних смугових фільтрів [7] пропонується побудувати набір аналізуючих вейвлет-фільтрів та аналізувати сигнали за наступним алгоритмом.

Етап 1. Задати необхідну кількість фільтрів на октаву ($k = 1, 2, 3, 4, 6, 12$).

Етап 2. Для побудови набору фільтрів із k фільтрами на октаву задати основу для розрахунку масштабів вейвлет-перетворення:

$$a_i = (2^{1/k})^i. \quad (8)$$

Етап 3. Параметр добротності обрати таким чином, щоб ширина діапазону кожного фільтра дорівнювала відстані між фільтрами:

$$Q_W = 2^{1/k} - 1. \quad (9)$$

За допомогою цього параметра можна варіювати ширину смуги пропускання фільтрів і ступінь перекриття фільтрів у банку.

Етап 4. Розрахувати параметри фільтрів за допомогою константи Q_W :

$$f_i = f_0 / a_i \text{ та } \sigma_i = f_i Q_W. \quad (10)$$

Для параметру материнського вейвлету f_0 максимальним прийнятно значення

$$f_0 = 0.8 * f_{Nyq},$$

де f_{Nyq} – частота Найквіста сигналу.

Етап 5. За допомогою виразу (5) побудувати набір фільтрів.

На рис. 3 показано приклад набору з 6 фільтрів, побудованого за наведеним алгоритмом.

Етап 6. За виразом (3) виконується вейвлет-фільтрація сигналу. При цьому використовується розроблений метод зменшення впливу граничних ефектів.

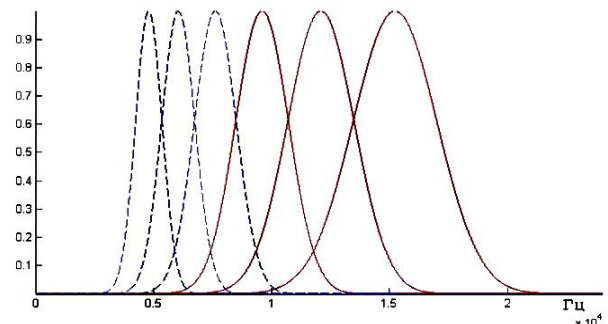


Рис. 3. Набор з 3 фільтрами на октаву, що покриває 2 октави

Завдяки тому, що вейвлет Морле є комплексним, вейвлет-коефіцієнти, отримані в результаті перетворення на кожному масштабі, є також комплексними значеннями. Реальна частина вейвлет-коефіцієнтів $W_{re}(a, b)$ представляє собою відфільтрований сигнал, а мнима частина $W_{im}(a, b)$ – є фазою відфільтрованого сигналу.

Етап 7. Розрахувати модуль вейвлет-коефіцієнтів (енергію) за формулою

$$EW(a, b) = [W_{re}(a, b)^2 + W_{im}(a, b)^2]^{1/2}. \quad (11)$$

Даний модуль може бути інтерпретований як обвідна вейвлет-перетворення, що дозволяє провести демодуляцію сигналу у необхідному частотному діапазоні [8].

Етап 8. Для аналізу частотних характеристик сигналу пропонується аналізувати спектр обвідної

вейвлет-коефіцієнтів на одному найліпшому масштабі або взаємний спектр на парі масштабів.

У випадку аналізу вібраційних сигналів пропонується розглядати взаємний спектр на перших масштабах, які відповідають фільтрам високих частот. Такий підхід представляє собою модифікацію методу аналізу обвідної високочастотної випадкової вібрації [9].

В якості ознак для вибору одного оптимального фільтра з набору при аналізі вібраційних сигналів пропонується використовувати ексцес коефіцієнтів вейвлет-перетворення для отримання відфільтрованого сигналу з найбільшою імпульсністю [10].

Практичне застосування методу

Розроблений метод було застосовано для вирішення задачі вібраційного діагностування вальниць кочення.

Для визначення дефектів елементів вальниць кочення вібраційний сигнал аналізується з метою виділення характеристичних гармонік, які можуть свідчити проти дефекту та ступінь його розвитку [11, 12]. Складність такого аналізу полягає в тому, що ознаки дефектної вальниці розподіляються на широкій смузі частот, мають малу коливальну енергію, можуть бути зашумлені інформацією з інших вузлів обладнання і носять в деякій мірі випадковий характер.

Чим менший розмір дефекту, тим слабше його ознаки проявляються в сигналі. Нерідко прояв характеристичних частот в звичайному спектрі сигналу починається на останніх стадіях розвитку дефекту [11, 12].

В експериментах вібраційний сигнал знімався з вальниці кочення, що встановлювалась в електродвигун. На елементи вальниці наносилися дефекти.

В табл. 1 наведено розрахункові значення характерних частот вальниці кочення для сигналів, що використовувались в експериментах.

Таблиця 1

Характеристичні частоти вальниці

Характерна частота	Значення, Гц
Швидкість обертання внутрішнього кільця, тобто ротору (F)	29,13
Частота перекочування тіл кочення по зовнішньому кільцю (BPFO)	157,8
Частота перекочування тіл кочення по внутрішньому кільцю (BPF1)	104,4
Частота обертання сепаратора (FTF)	11,6
Частота обертання тіл кочення (BSF)	137,3

Розглянемо на рис. 4 вібраційний сигнал вальниці кочення без дефектів.

Спектр цього сигналу (рис. 5) показує характерну частоту BPFO (157,5 Гц), що повинно свідчити про дефект зовнішнього кільця. Однак тестова вальниця не мала жодних дефектів.

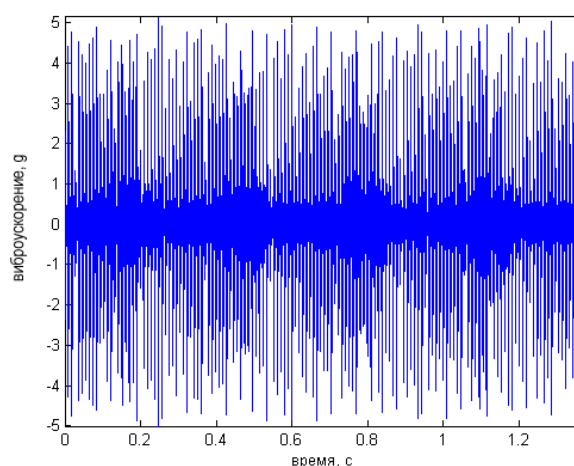


Рис. 4. Вібросигнал вальниці без дефекту

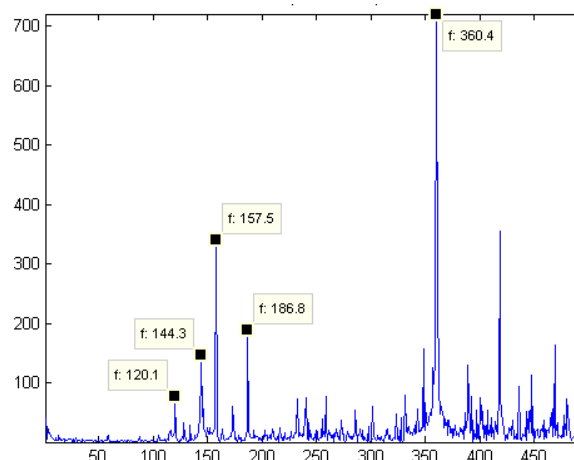


Рис. 5. Спектр сигналу вальниці без дефекту

Розглянемо тепер результат обробки цього сигналу за допомогою запропонованого алгоритму (рис. 6). Як видно, в результаті аналізу ми не бачимо частоти BPFO. При цьому можна отримати деяку додаткову інформацію про стан вальниці: в спектрі присутні гармоніки частоти обертання ротору (від першої до дванадцятої) з високими амплітудами. Це може свідчити про ослаблення механічних з'єднань та може вказувати на наявність внутрішніх зазорів [12].

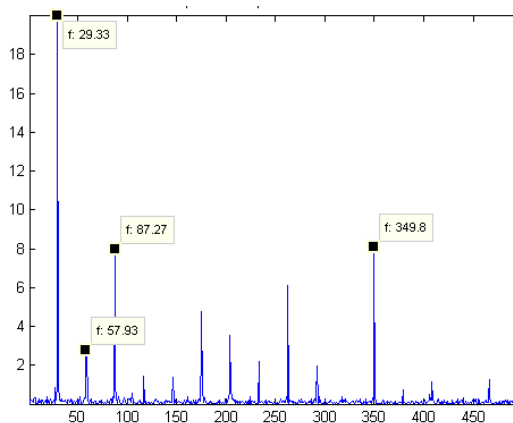


Рис. 6. Спектр сигналу вальниці без дефекту, отриманий за допомогою ВП

Розглянемо сигнал вальниці з дефектом на внутрішньому кільці (рис. 7). Спектр цього сигналу наведено на рис. 8. На спектрі присутня характерна частота ВРФІ (104,7 Гц), однак її амплітуда мала та слабо виражена на фоні інших частотних компонент.

Такий результат не дозволяє з точністю стверджувати про наявність дефекту.

Так як дефект знаходиться на внутрішньому кільці, яке обертається, то він постійно переміщується разом з кільцем і не завжди знаходиться в зоні навантаження.

Тому для діагностування такого виду дефекту необхідно, щоб вибірка сигналу, що аналізується, охопила хоча б один оборот валу [12].

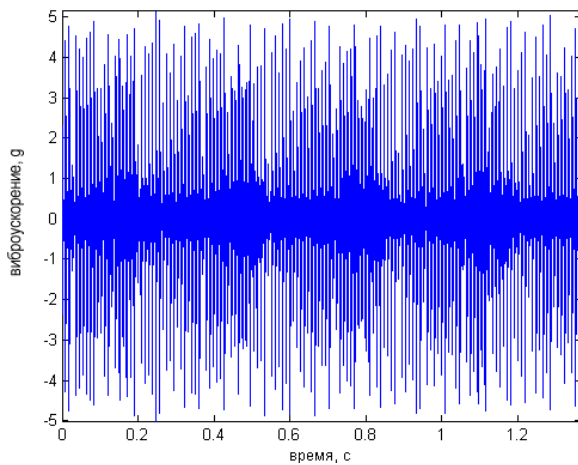


Рис. 7. Вібросигнал вальниці з дефектом на внутрішньому кільці розміром 1,8 мм

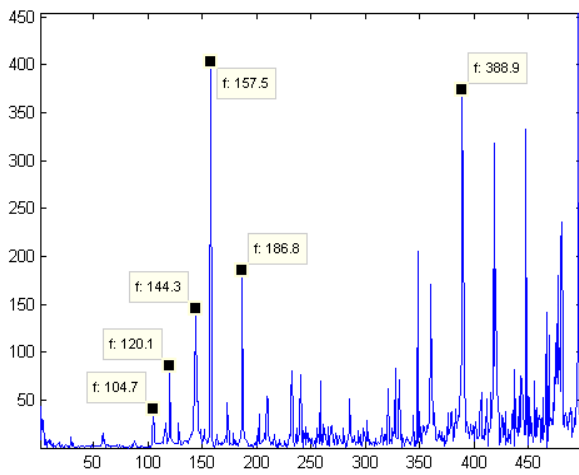


Рис. 8. Спектр сигналу вальниці з дефектом на внутрішньому кільці

Взаємний спектр обвідних ВП на масштабах 1 та 2 (рис. 9) показав максимальне значення амплітуди характерної частоти ВРФІ (104,7 Гц), що відповідає реальному стану вальниці.

Розглянемо тепер випадок дефекту найменшого розміру на зовнішньому кільці вальниці. Сигнал такої вальниці наведено на рис. 10.

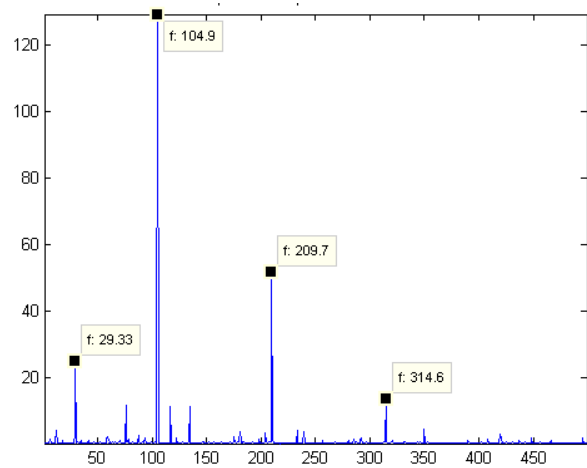


Рис. 9. Взаємний спектр обвідних ВП на масштабах 1 та 2 для вальниці з дефектом внутрішнього кільця

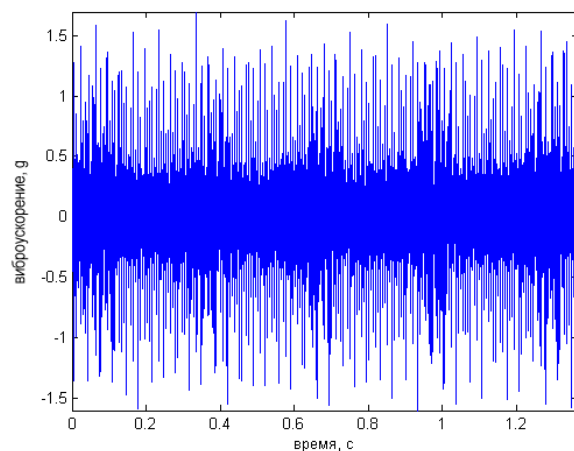


Рис. 10. Вібросигнал вальниці з дефектом зовнішнього кільця розміром 1,8 мм

Спектр сигналу (рис. 11) показує наявність характерної частоти ВРФІ (157,5 Гц).

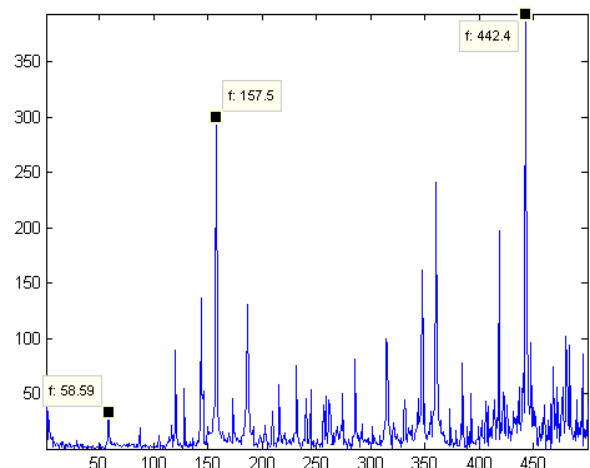


Рис. 11. Спектр сигналу вальниці з дефектом зовнішнього кільця

Не зважаючи на те, що амплітуда цієї частоти на спектрі не мала, це не дозволяє достовірно стверджувати про наявність дефекту, адже ця частота

була присутньою на спектрах сигналу вальниці без дефекту (рис. 5) та вальниці з дефектом внутрішнього кільця (рис. 8).

На рис. 12 наведено результат аналізу за допомогою запропонованого методу. На спектрі явно виражена характерна частота ВРФО (156,9 Гц) та її гармоніки (314,6 Гц і 470 Гц). Крім того в спектрі присутні гармоніки роторної частоти (29,3 Гц). Саму більшу амплітуду при цьому має четверта роторна гармоніка (116,6 Гц). Цей факт свідчить про ослаблення в з'єднаннях, а саме про те, що має місце неплотна посадка корпусу вальниці [12].

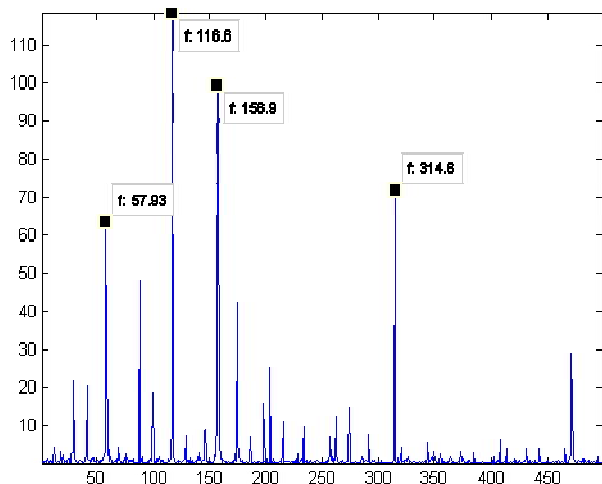


Рис. 12. Взаємний спектр обвідних ВП на масштабах 1 та 3 для вальниці з дефектом зовнішнього кільця

Для більш розвинутих дефектів внутрішнього та зовнішнього кілець вальниці аналіз сигналів за допомогою запропонованого методу дав такі ж саме чіткі ознаки присутності дефектів.

Найбільш складним є діагностування дефектів тіл кочення. З тестових даних тільки дефект найбільшого розміру (5,3 мм) показав себе у вигляді характерної частоти BSF. Це пояснюється тим, що дефект було нанесено лише на одне з дев'яти тіл кочення. Крім того, послідовність ударних імпульсів, що визиваються взаємодією пошкоджених ділянок тіл кочення з кільцями, представляє собою нестационарний випадковий процес [11, 12].

Сигнал вальниці з найбільшим дефектом на одному шарику та його спектр показано на рис. 13, 14. Як видно із результату аналізу цього сигналу, отриманого за допомогою ВП (рис. 15), в спектрі проявився значний поблиз частоти обертання тіл кочення. Дві частоти 131,6 Гц та 140 Гц можуть відповідати або самій частоті обертання тіл кочення ($BSF = 137,3$ Гц) з деякою погрешністю, що пов'язана з неточністю розрахунків, або комбінаторній частоті $BSF-FTF$, яка також свідчить про дефект тіла кочення [12]. Крім того, в спектрі присутня друга гармоніка частоти обертання тіл кочення $2*BSF=265,3$ Гц.

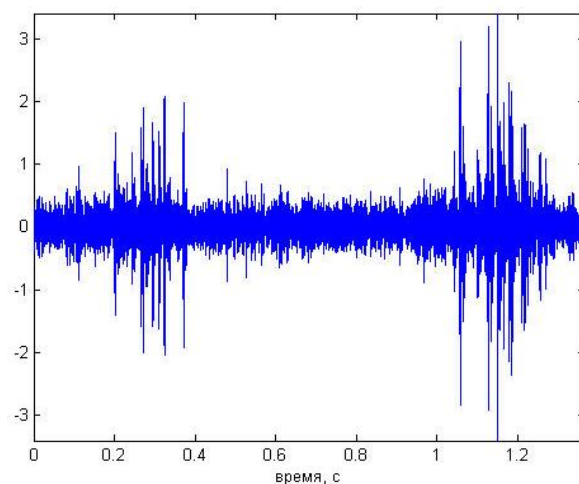


Рис. 13. Вібросигнал вальниці з дефектом на тілі кочення

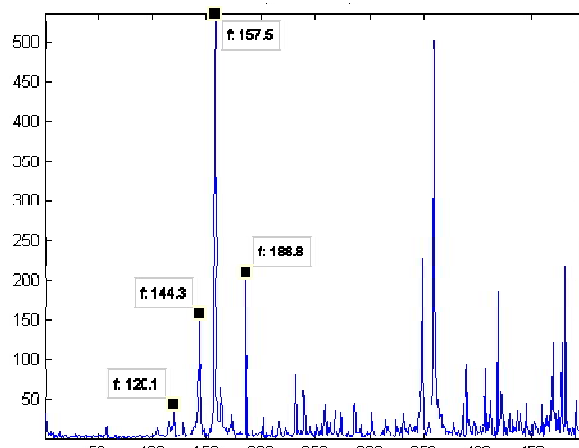


Рис. 14. Спектр сигналу вальниці з дефектом тіла кочення

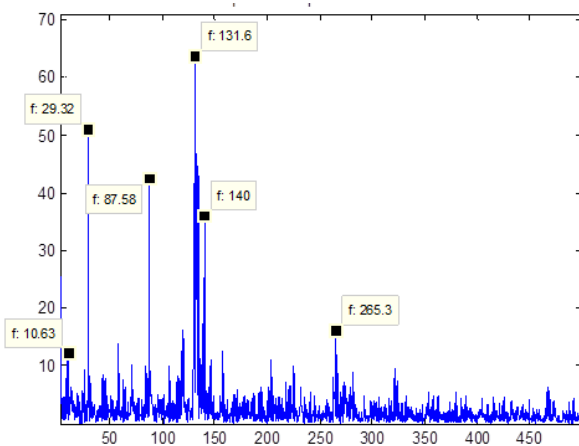


Рис. 15. Взаємний спектр обвідних ВП на масштабах 2 та 3 для вальниці з дефектом тіла кочення

В реальних умовах, якщо в вальниці присутній дефект тіла кочення, він звичайно супроводжується дефектом кільця, і його можна часто спостерігати у вигляді бокових смуг частоти ВРФІ або ВРФО.

Тільки в поодиноких випадках вдається спостерігати саму складову BSF.

Висновки

Таким чином, в роботі запропоновано метод аналізу частотних характеристик нестационарних сигналів, що виконується за допомогою безперервного вейвлет перетворення.

Розроблений метод дозволяє збільшити точність технічного діагностування складних об'єктів. Ефективність методу було опрацьовано при вирішенні задачі вібраційного діагностування вальниць кочення.

При побудові системи аналізу сигналів в реальному часі та налаштуванні набору аналізуючих вейвлетних фільтрів слід враховувати компроміс між вимогами до необхідної точності обробки та опису характеристик сигналу та вимогами до швидкодії системи.

Тому однією з головних задач подальшого дослідження є раціональне налаштування методу обробки сигналу з тим аби за прийнятний час отримати необхідний опис сигналу.

Список літератури

1. Смоленцев Н. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в Matlab [Текст] / Н. Смоленцев. – М.: ДМК Пресс 2014. – 628 с.
2. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов [Текст] / С. Малла. – М.: Мир, 2005. – 671 с.
3. Addison P.S. Illustrated wavelet transform handbook. Introductory Theory and Applications in Science, Engineering, Medicine and Finance [Text] / Paul S. Addison. – Bristol: Institute of Physics Publishing, 2002. – 400 p.

4. Najmi A. The Continuous Wavelet Transform and Variable Resolution Time – Frequency Analysis [Text] / A. Najmi, J. Sadowsky // JOHNS HOPKINS APL TECHNICAL DIGEST. – 1997. – Vol. 18, No. 1. – P. 134-140.

5. Ososkov G. Ososkov. Contemporary methods of data processing in experimental physics [Text] / G. Ososkov // Письма в ЭЧАЯ, 2008. – Т. 5. – №3(145). – С. 310-320.

6. Астафьева Н. Вейвлет анализ: основы теории и примеры применения [Текст] / Н. Астафьева // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166, № 11. – С. 1145-1170.

7. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] / А.Б. Сергиенко. – 2 е издание. – СПб.: Питер, 2006. – 752 с.

8. Andrzej Klepka. Wavelet Based Signal Demodulation Technique for Bearing Fault Detection [Text] / Klepka Andrzej // Mechanics and Mechanical Engineering. – 2011. – Vol. 15, No. 4. – P. 63-71.

9. Петрухин В.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации / В.В. Петрухин, С.В. Петрухин. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2010. – 168 с.

10. Shir L. Rolling element bearing fault detection using improved envelope analysis [Text] / L. Shir, B. Randall, J. Antoni // IMECHE conference transactions. – 2004. – Vol 2. – P. 301-312.

11. Неразрушающий контроль: Справочник. В 8 т. Т.7: В 2 кн., Кн.1; Метод акустической эмиссии. Кн.2: Вибродиагностика // В.И. Иванов, И.Э. Власов, Ф.Я. Балицкий, А.В. Барков, Н.А. Баркова; под общ. ред. В.В. Клюева. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 829 с.

12. Lunn Daniel. Выявлены едефектов подшипников качения с помощью анализа вибрации [Электронный ресурс] / Daniel Lunn; Пер. с англ. И.П. Шейняк, под редакцией В.А. Смирнова. – Режим доступа до ресурсу: http://www.vibration.ru/v_defekt.shtml.

Надійшла до редколегії 29.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.І. Гоменюк, Запорізький національний університет, Запоріжжя.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ ПРИ ПОМОЩИ ВЕЙВЛЕТОВ

Т.В. Юр

В работе исследованы возможности непрерывного вейвлет-преобразования для определения частотных характеристик нестационарных сигналов. Вейвлет-преобразования сигнала рассмотрено с точки зрения фильтрации. Исследованы искажения, вносимые вейвлет-преобразованием в результаты анализа при исследовании коротких сигналов. Приведен метод уменьшения граничных эффектов при выполнении вейвлет-преобразования сигналов. Обоснован выбор типов вейвлетов для анализа технических сигналов. Разработан метод спектрального анализа нестационарных сигналов с использованием непрерывного вейвлет-преобразования. Эффективность метода исследована при решении практической задачи вибрационной диагностики подшипников качения.

Ключевые слова: непрерывное вейвлет-преобразования, спектральный анализ, фильтрация, нестационарный сигнал, диагностирование.

THE METHOD OF DETERMINING THE FREQUENCY CHARACTERISTICS OF SIGNALS USING WAVELETS

T.V. Yur

In this work the abilities of continuous wavelet transform to determine the frequency characteristics of non-stationary signals. Wavelet transform of the signal is considered in terms of filtration. The distortions introduced by wavelet transformation in the analysis in the study of short signals are investigated. The method to reduce the side effects when performing wavelet transform of signals is proposed. The choice of types of wavelets to analyze technical signals is grounded. A method for spectral analysis of non-stationary signals using continuous wavelet transform is proposed. The efficiency of research methods is analyzed by solving practical problems of rolling bearings vibration diagnostics.

Keywords: continuous wavelet transform, spectral analysis, filtering, non-stationary signal, diagnostics.

Обробка інформації в складних організаційних системах

УДК 004.85:004.82

О.А. Мазурова, М.А. Ерохин, А.М. Сподарец

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

КЛАССИФИКАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ В РАМКАХ ТЕХНОЛОГИИ ГРУППОВЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ

Данная работа посвящена созданию компьютерных обучающих систем в рамках перспективной технологии групповых исследовательских проектов. Акцент в обучении сделан на групповую, с элементами состязательности, творческую работу по построению классификационной модели в области знаний учебной дисциплины. Предложенная для проведения обучения интегрированная концептуальная классификационная модель позволяет студентам самостоятельно изучить, закрепить и систематизировать знания по дисциплине, усвоить основные понятия (термины) и их определения, промоделировать родовидовые и партитивные отношения между изучаемыми системами.

Ключевые слова: обучающая система, классификационная модель, групповой исследовательский проект, родовидовая классификация, партитивная классификация, понятие, определение.

Введение

Постановка проблемы. Одним из направлений повышения эффективности обучения сегодня является разработка и использование компьютерных обучающих систем. Технические возможности персонального компьютера позволяют персонализировать обучение, повысить к нему интерес, сместить акценты от теоретических знаний к практическим. Большой популярностью пользуются обучающие веб-приложения, которые позволяют повысить наглядность в предоставлении материала и его доступность.

Особенно актуальной становится эта задача в условиях сокращения доли аудиторных занятий и смещении акцентов на самостоятельную работу студентов. Разрабатываемые обучающие средства должны побуждать студента работать самостоятельно и прилагать серьезные интеллектуальные усилия по превращению информации, полученной в процессе обучения, в организованное знание. Современный рынок труда ждет от системы образования подготовки конкурентоспособных специалистов на базе новых моделей и технологий обучения.

Анализ основных исследований и публикаций. Современные обучающие системы, такие как Coursera, Edx, Udacity, TrainingWare, Moodle и др. [1] охватывают различные аспекты обучения и ориентированы на широкую целевую аудиторию. Тем не менее, актуальной является разработка систем,

обучающих не в привычной «школьной» парадигме «материал-упражнения», а с учетом задачно-целевого или ситуативно-проблемного направлений. Немаловажно, когда поддерживаемое системой компьютерное обучение организовано с элементами состязательности, как это происходит в рамках перспективной технологии групповых исследовательских проектов [2]. В рамках такого подхода студенты вовлекаются в некий единый творческий процесс, в ходе которого, решая нетривиальную практическую задачу, не только закрепляют полученную в ходе изучения дисциплины информацию, но и превращают ее в организованное знание.

Наиболее близкой к человеческой системе представления знаний является классификационная модель. Она позволяет связать классифицируемые понятия родовидовыми или другими видами отношений, отражая тем самым внутренние закономерности соответствующей области знаний. Максимально полно отражает закономерности области знаний так называемая естественная классификация [3]. Естественная классификация задает отношения между классифицируемыми понятиями с учетом их естественного происхождения, их сути, природы. Наиболее полно учесть в классификационной модели природные особенности систем можно в области естественных и технических наук. Классическим примером естественной классификации служит периодическая таблица Д.И. Менделеева, которая представлена в виде фасетной классификации. Для

технических наук суть изучаемых систем составляет их назначение (функция). На этом принципе построены определения базовых понятий (терминов) в технических дисциплинах. Таким образом, классификационная модель понятий той или иной дисциплины может считаться моделью, которая максимально систематизирует соответствующие знания. А нетривиальная, но вполне выполнимая, задача построения классификационной модели знаний по изучаемой дисциплине может стать основой дискуссионно-проблемного обучающего материала для обучающих систем в рамках технологии групповых исследовательских проектов.

Постановка задачи. Была поставлена задача разработать классификационную модель как основу для создания обучающих систем в рамках технологии групповых исследовательских проектов, которая позволит студентам изучить, закрепить и систематизировать теоретические знания по учебной дисциплине, а также оценить их участие в таком процессе классифицирования.

Использование системологического классификационного подхода

Теоретический материал многих естественно-научных и технических дисциплин основан на классифицировании изучаемых систем: «...живые организмы бывают следующих видов ...», «...существуют базы данных следующих типов ...», «...программные системы делятся на классы ...» и т.д. Наиболее удачные определения, которые используются для введения новых терминов, – родовидовые. Они основаны на указании родительского понятия для данного понятия и видового отличия данного понятия от других понятий этого уровня. Например, «реляционная база данных — это ... база данных, в которой данные представлены в виде таблиц...» [4, стр. 97]. Такие принципы формирования терминов учебных дисциплин и их определений основаны на естественной природе появления (или создания) данных систем.

Вместе с изучением родовидовых определений, теоретический материал дисциплин в огромном количестве содержит информацию о строении систем, например: «Отношение R состоит из заголовка (схемы) и тела. Заголовок представляет собой множество атрибутов (именованных вхождений домена в заголовок отношения), а тело – множество кортежей, соответствующих заголовку» [4] и т.п. Такая информация фактически является партитивной классификацией (классификацией на основании «часть-целое»). Именно формирование в голове обучаемого целостной картины взаимосвязи изучаемых понятий (систем), как с точки зрения «род-вид», так и с точки зрения «часть-целое», является основой для систематизации знаний и его усвоения.

В качестве основы для обучения теоретическим основам дисциплины предлагается интегрированная концептуальная классификационная модель (ИККМ) [5]. Ее разработка проводилась в направлении максимального ее приближения к естественной классификации [3], которая является общепризнанной формой выражения знаний об объективных зависимостях в проблемных областях. В качестве корня такой модели было выбрано понятие-категория обо всем множестве понятий (терминов) A^U в области учебной дисциплины. Классификационный подход позволяет задавать конкретные примеры реализации систем из области дисциплины с помощью единичных понятий, а возможность добавлять новые термины без изменения структуры модели предоставляется благодаря заданию общих понятий о классах систем. В терминологии объектно-ориентированного подхода такие классы должны являться конкретными, а не абстрактными, классами с целью их дальнейшего описания на основании отношения «часть-целое».

Использование системологического классификационного подхода [3], основанного на учете системного отношения поддержания функциональной способности целого, позволило получить основание для выделения существенных свойств систем. Согласно системологии, под существенным свойством необходимо понимать такое, которое является поддерживающим для существования самой системы. Носителями таких поддерживающих свойств в системах являются их подсистемы (функциональные элементы), сформировавшиеся в составе систем для обеспечения соответствующих поддерживающих функций.

Таким образом, задание существенных свойств систем связано с описанием их функционального состава. Для этого в ИККМ наряду с классификацией, задающей родовидовые отношения между классами систем, каждая система-термин может быть описана партитивной классификацией [5], задающей функциональные элементы в ее составе и партитивные отношения между ними.

Разработанная ИККМ позволяет:

– задать описания понятий о системах-терминах изучаемой дисциплины путем однозначного определения их места в родовидовой классификации (РВК) и соответствующего видового отличия, отражающего функциональные назначения систем-терминов;

– промоделировать функциональный состав и партитивную структуру системы-термина в виде партитивной классификации (ПК).

Математическое описание ИККМ

Для математического описания разработанной ИККМ использовался хорошо развитый и нагляд-

ный аппарат теории графов и зависимости, полученные для естественной классификации в [3]. Графовая модель A^U ИККМ (рис. 1) представляет собой объединение следующих графов:

– графа A , задающего РВК, связывающую описание понятий $a \in A^U$ и их функциональных назначений $V(a)$ в единую модель на базе родовидовых отношений (на рис. 1 граф задан на 3-х левых верхних вершинах);

– совокупности графов $P(a_j^i)$ – партитивных классификаций, задающих описание функционального состава $E(a)$, существенных свойств $P^S(a)$ и партитивной структуры $R(E(a))$ отдельных понятий $a \in A^U$ (на рис. 1 дуги этих графов обозначены тонкими линиями);

– совокупности графов, отражающих связи однотипных функциональных элементов в составах систем-терминов (представлены на рисунке графами с серыми вершинами).

В графе A множество вершин VA является конечным множеством с разбиением $VA = \{A^i\}$,

где $i = \overline{1, N}$, $A^i = \{(a_j^i, V(a_j^i))\}_{j=1}^{k_i}$ – подмножество

объектов, соответствующих системам-классам i -го уровня иерархии с их функциональными назначениями (k_i – число элементов множества A^i ; $k_1 = 1$, т. е. на первом (верхнем) уровне иерархии находится только один объект $(a_1^1, V(a_1^1))$ (система-класс, описывающая понятие-категорию); $k_2 \geq 2$ и $k_{i+1} \geq 2k_i$ ($i = \overline{2, N-1}$) [5].

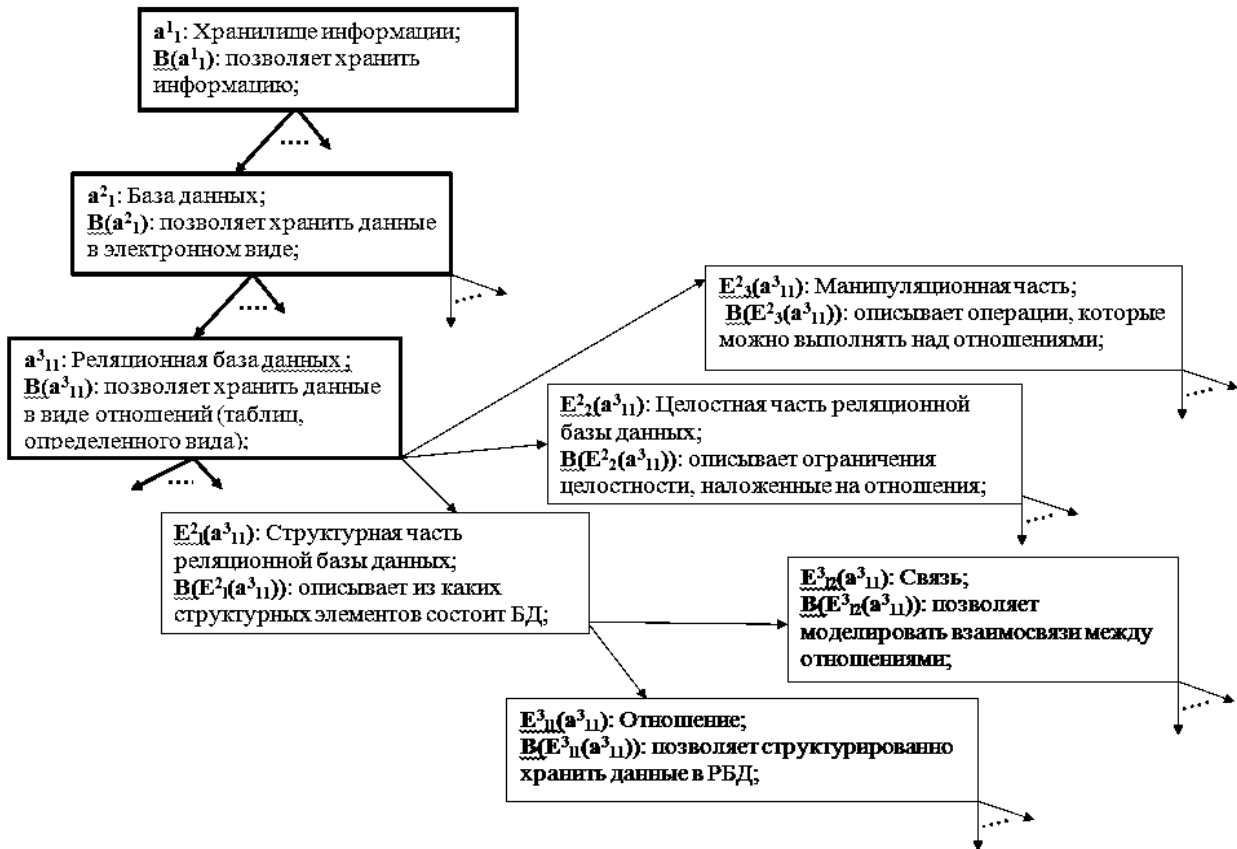


Рис. 1. Фрагмент ИККМ в области баз данных

Множество EA дуг графа A , определяется критериями естественной классификации, и отражает родовидовые связи систем-классов.

С учетом того, что любая система-класс имеет единственную надсистему-класс (у данного вида один род), для любого элемента $(a_r^i, V(a_r^i)) \in A^i$ ($i = \overline{2, N}$) существует единственный элемент $(a_{s_r}^{i-1}, V(a_{s_r}^{i-1})) \in A^{i-1}$, такой, что множество

$$EA((a_{s_r}^{i-1}, V(a_{s_r}^{i-1})), (a_r^i, V(a_r^i)))$$

состоит из одной дуги; для всех остальных элементов $(a_s^{i-1}, V(a_s^{i-1})) \in A^{i-1}$ ($s \neq s_r$) оно пусто

$$EA((a_s^{i-1}, V(a_s^{i-1})), (a_r^i, V(a_r^i))) = \begin{cases} \{e_{s,r}^{i-1,i}\} & \text{при } s = s_r, \\ \emptyset & \text{при } s \neq s_r. \end{cases}$$

Рассмотрим графовую структуру $P(a_j^i)$, раскрывающую партитивное строение произвольной системы-термина a_j^i .

Множество вершин $VP(a_j^i)$ графа $P(a_j^i)$ является конечным множеством с разбиением

$$VP(a_j^i) = \{E^l(a_j^i)\},$$

где $l = \overline{1, NP(a_j^i)}$,

$$E^l(a_j^i) = \{(a_j^i\{x\}_r^l, B(a_j^i\{x\}_r^l))\}_{r=1}^{N^l(a_j^i)}$$
 – подмноже-

ство вершин, соответствующих функциональным элементам l -го уровня партитивной структуры системы-термина,

$$N^l(a_j^i) - \text{число элементов множества } E^l(a_j^i),$$

$a_j^i\{x\}_r^l$ – сокращенное написание составного l -буквенного обозначения партитивных элементов терминов.

На первом уровне партитивной структуры системы-термина рассматривается единственный элемент в виде самой системы-термина a_j^i :

$$E^1 = \{(a_j^i, B(a_j^i))\} \quad (N^1(a_j^i) = 1).$$

Множество дуг $EP(a_j^i)$ графа отражает партитивные отношения, т.е. для любого элемента

$$(a_j^i\{x\}_r^l, B(a_j^i\{x\}_r^l)) \in E^l(a_j^i) \quad (l = \overline{2, NP(a_j^i)})$$

существует единственный элемент

$$(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1}, B(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1})) \in E^{l-1}(a_j^i),$$

такой, что множество

$$EP(a_j^i)[(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1}, B(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1})), (a_j^i\{x\}_r^l, B(a_j^i\{x\}_r^l))]$$

состоит из одной дуги, задающей вхождение элемента

$$(a_j^i\{x\}_r^l, B(a_j^i\{x\}_r^l))$$

в элемент

$$(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1}, B(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1}))$$

как части; для остальных элементов множество дуг является пустым

$$EP^E(a_j^i)[(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1}, B(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1})), (a_j^i\{x\}_r^l, B(a_j^i\{x\}_r^l))] = \begin{cases} \{(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1}, B(a_j^i\{x\}_{s_r}^{l-1})), (a_j^i\{x\}_r^l, B(a_j^i\{x\}_r^l))\} & \text{при } s = s_r, \\ \emptyset & \text{при } s \neq s_r. \end{cases}$$

На базе математической модели ИККМ может быть выделено ряд элементов, которые могут быть положены в основу обучающего процесса.

ИККМ как основа для обучения

Построение ИККМ в области знаний конкретной учебной дисциплины может быть организовано как некий групповой творческий процесс, в ходе которого студенты должны:

- продемонстрировать и закрепить теоретические знания, полученные в ходе аудиторных занятий;

- продемонстрировать знания, полученные в ходе самостоятельной работы (поиска и изучения дополнительных литературных источников);

- показать умение логически мыслить в ходе анализа определений изученных понятий и построения родовидовых или партитивных отношений.

На базе разработанной ИККМ могут быть предложены следующие элементы для обучения:

- поиск и знание основных понятий (терминов) учебной дисциплины $a \in A^U$;

- поиск и знание определений этих понятий (терминов), которые могут быть привязаны к соответствующему понятию-вершине РВК или ПК;

- поиск и знание литературных источников, из которых могут быть взяты определения;

- умение выделить в родовидовом определении ссылку на родительское понятие и видовое отличие;

- умение проанализировать и установить родовидовые связи между выделенными понятиями;

- умение выделить структурные элементы (части) $E^l(a_j^i)$, которые описывают строение соответствующей системы-термина;

- умение проанализировать и установить партитивные (типа «часть-целое») отношения между выделенными понятиями;

- поиск и знание конкретных примеров реализации той или иной системы-термина, которые могут быть промоделированы в виде конечных вершин ИККМ.

В целом, ИККМ как основа для построения обучающей системы позволяет:

- систематизировать основные понятия дисциплины путем создания родовидовых классификаций;

- рассматривать изучаемые системы с точки зрения отношений «часть-целое» путем создания партитивных классификаций;

- добавлять изученные понятия, их определения и ссылки на изученные литературные источники.

Организация работы по построению ИККМ как группового процесса дает возможность:

- основной массе студентов продемонстрировать полученные теоретические знания, добавив в модель изученные понятия, их определения и литературные источники;

– более сильным студентам продемонстрировать свои интеллектуальные возможности, добавляя в модель новые структурные отношения между понятиями;

– более слабым студентам ознакомиться со структурированными знаниями и поучаствовать в проекте, поддержав или проголосовав против предложенных другими структурных отношений.

Итоговая оценка за работу студента в процессе построения ИККМ может быть оценена по формуле

$$\text{Total} = \frac{\max \text{Mark}}{\max \text{InternalMark}} * \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{\lim_i} K_i * M_j,$$

где Total – итоговая оценка студента за работу;

max Mark – максимальная оценка, которую может получить студент за работу (задается преподавателем) и относительно которой масштабируется итоговая оценка;

$$\max \text{InternalMark} = \sum_{i=1}^{n_k} K_i * \lim_i * 5 \text{ – внутренняя}$$

максимальная оценка, которую может получить студент в системе;

N_k – количество различных оцениваемых активностей студента;

\lim_i – максимальное количество определенной активности для студента (задается преподавателем);

K_i – коэффициент сложности определенной активности (задается преподавателем);

M_j – оценка по 5-ти бальной шкале для активности, выставленная преподавателем.

Поддерживаемое системой компьютерное обучение организовано с немаловажными элементами состязательности, т.к. строится единая для всех участников обучения классификационная модель понятий дисциплины, а дополнительные баллы участники получают с учетом их активности, качества участия, а также коэффициентов сложности, присваиваемых преподавателем.

Разработка обучающей веб-системы для дисциплины «Базы данных»

На базе предложенной ИККМ была разработана обучающая веб-система, которая была использована для закрепления теоретического материала и получения студентами дополнительных баллов по дисциплине «Базы данных». Пример интерфейса по построению родовидовой классификации в области баз данных приведен на рис. 2. Использование системы предлагалось тем студентам, которые претендовали на «отличную» оценку по дисциплине и готовы были проявить свои аналитические и творческие способности для построения по изученному материалу, а также путем самостоятельного анализа дополнительной литературы, классификационной модели в области баз данных.

Веб-система предоставляет обучающемуся следующие возможности:

– изучать текущую сформированную классификационную модель по дисциплине;

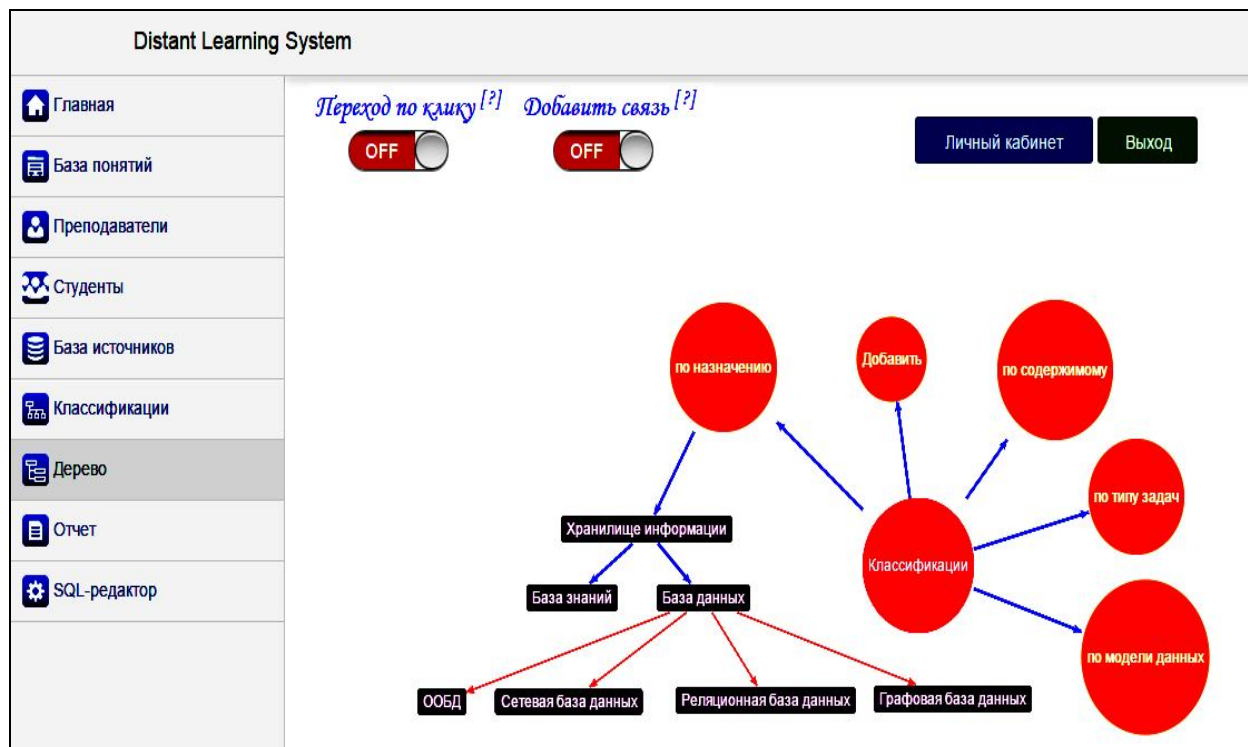


Рис. 2. Пример интерфейса обучающей веб-системы

- розширяти модель путем додавання нових понять, їх определений, нових літературних джерел, родовидових і партитивних зв'язей між поняттями;

- голосувати за правильність доданих друзими студентами понять і зв'язей;

- отримувати оцінку і рекомендації викладача відносно свого участя в проекті;

- отримувати автоматично розраховані оцінки свого участя в процесі.

Веб-система була розроблена на мові C# з використанням технології ASP.NET MVC. База даних розроблялась з допомогою СУБД Microsoft SQL Server.

Для нормального функціонування програми зі сторони сервера необхідний хостинг для клієнт-серверного застосування і IIS-сервер, зі сторони клієнта необхідний процесор рівня не нижче Pentium 4, монітор з дозволом не менше 1280x1024, встановлена ОС Windows 7 і вище, встановлений .NET Framework 4.5, і браузер Google Chrome з підтримкою HTML5.

Висновки і перспективи

В роботі запропонована інтегрована концептуальна класифікаційна модель, яка може бути використана як основа для створення навчальних систем в межах технології групових дослідницьких проектів. Запропонована модель дозволяє вивчити, закріпити і систематизувати теоретичні знання по навчальній дисципліні. Запропонована система оцінювання участя навчальних в груповому процесі побудови класифікаційної моделі.

Запропонована модель і розроблені принципи її використання в процесі навчання були

випробовані в ході створення навчальної веб-системи для дисципліни «Бази даних». Система була використана для оцінки самостійної роботи студентів спеціальності «Програмна інженерія».

Запропонована модель може використовуватися для закріплення і перевірки теоретичних знань по технічним і природничонауковим дисциплінам.

На її основі може бути реалізована навчальна система, яка дозволить студенту вивчити, закріпити і систематизувати знання по навчальній дисципліні на основі колективного творчого побудови класифікаційної моделі в відповідній області знань.

Список літератури

1. Andrew Ng. *Origins of the Modern MOOC.* / Andrew Ng., Jennifer Widom [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cs.stanford.edu/people/ang/papers/mooc14-OriginsOfModern-MOOC.pdf>.

2. *Нові педагогічні та інформаційні технології в системі освіти* / Під ред. Е.С. Полат. – М., 2000.

3. Солов'єва Е.А. *Естествена класифікація: системологічні основи* / Е.А. Солов'єва. – Х.: ХТУРЭ, 1999. – 222 с.

4. Дейт К. Дж. *Введення в системи баз даних.* – 8-е изд. / К.Дж. Дейт. – М.: Вільямс, 2005. – 1328 с.

5. Нестеренко О.О. *Застосування класифікаційних моделей в інтелектуальних системах* / О.О. Нестеренко, М.С. Широкопетлева // *Всхідно-Європейський журнал передових технологій.* – 2005. – № 4/2(16). – С. 113-118.

Поступила в редакцію 21.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Гребенник, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

КЛАСИФІКАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЯК ОСНОВА НАВЧАННЯ В МЕЖАХ ТЕХНОЛОГІЇ ГРУПОВИХ ДОСЛІДНИЦЬКИХ ПРОЄКТІВ

О.О. Мазурова, М.А. Єрохін, О.М. Сподарець

Дана робота присвячена створенню комп'ютерних навчальних систем в межах перспективної технології групових дослідницьких проектів. Акцент під час навчання зроблено на групову, з елементами змагання, творчу роботу з побудови класифікаційної моделі в галузі знань навчальної дисципліни. Інтегрована концептуальна класифікаційна модель, що запропонована для проведення навчання, дозволяє студентам самостійно вивчити, закріпити та систематизувати знання з дисципліни, засвоїти основні поняття (терміни) та їх визначення, промодельовати родовидові та партитивні відношення між системами, що вивчаються.

Ключові слова: навчальна система, класифікаційна модель, груповий дослідницький проект, родовидова класифікація, партитивна класифікація, поняття, визначення.

CLASSIFICATION MODEL AS A FOUNDATION OF LEARNING IN TERMS OF TECHNOLOGY OF GROUP RESEARCH PROJECTS

O.A. Mazurova, M.A. Yerokhin, A.M. Spodarets

The given work is devoted to the development of computer-based learning systems in terms of promising technology of group research projects. The emphasis in training is placed on collective, with elements of competition, creative construction of the classification model of the corresponding knowledge area. Proposed for learning, integrated conceptual classification model allows students to explore, consolidate and systematize knowledge of the discipline, to acquire basic concepts (terms) and their definitions, to model genus-species and partition relations between the studied systems.

Keywords: learning system, classification model, group research project, genus-species classification, partition classification, concept, definition.

УДК 004.414.2:37.015.311

В.В. Осадчий, В.С. Єремєєв, С.Л. Конюхов, П.І. Печерський, В.М. Васильєв

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Б. Хмельницького, Мелітополь

АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ТА МОНІТОРИНГУ МІГРАЦІЇ ПТАХІВ

У статті зосереджено увагу на аналізі програмних засобів для створення інформаційної системи з обліку та моніторингу міграції птахів Азово-Причорноморського регіону. Виділено групи програмних засобів реалізації інформаційних систем, проаналізовано можливості представників кожної з них. Зроблено висновки у доцільності використання у процесі розробки таких засобів: PHP, .NET, Ruby, Python.

Ключові слова: інформаційна система, програмне забезпечення, система обліку та моніторингу, міграція птахів.

Вступ

Постановка проблеми. З урахуванням розвитку технологій, в особливості досягнення в області енергетики, проблема збереження біологічних видів залишається дуже важливою. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є створення інформаційної системи, яка б мала змогу систематизувати дані по переміщенню біологічних видів шляхом ведення обліку та аналізу.

В світі вже багато років ведеться розробка подібних систем, які зберігають статистичні дані, на основі яких будуються графіки міграції та геопозиціювання окремих біологічних видів. На теренах України такої повнофункціональної розробки немає, тому постає проблема в створенні такого програмного засобу та обґрунтування вибору програмних засобів для створення інформаційної системи згідно з визначеними критеріями: безпечність додатку, можливість доступу до програми з різних куточків світу, гнучкість в розробці, простота в освоєнні, тощо.

Аналіз останніх досліджень. Проблеми впливу антропогенних чинників на процес міграції птахів висвітлені в значній кількості робіт, наприклад, науковців Іщенко Н.В., Шевцової С.В., Мамаєва А.В., Bunda V., Bunda S. Розробці інформаційних систем та визначення основних вимог до них присвячені роботи: Гужви В.М., Омельченко Т.Г., Терещенко Л.О. Проблеми використання різних програмних засобів для моніторингу орнітологічних комплексів та визначення впливу вітрових станцій присвячені наукові праці Сіохіна В.Д., Горлова П.І. та Анненкова А.Б.

Отже питання створення інформаційної системи з обліку та моніторингу міграції птахів у вітчизняній та зарубіжній науці висвітлювалися недостатньо.

Формулювання мети статті. Мета статті полягає у визначенні програмного засобу за допомогою якого найдоцільніше створювати інформаційну

систему з обліку та моніторингу міграції птахів в Азово-Причорноморському регіоні.

Основна частина

Аналізуючи літературні джерела ([1], [3], [7]), ми визначили, що програмні засоби реалізації інформаційних систем можна розділити на такі групи: універсальні мови програмування (в тому числі традиційні), системи керування базами даних, веб-технології та готові програмні рішення.

До універсальних мов програмування відносять мови, які дають змогу вирішувати велику кількість задач різних за складністю, такі мови відрізняються високою функціональністю і формальністю (відходом від машинної логіки). Вони все більше наближені до природних мов. На них можна створювати будь-який клас задач – ігрові, навчальні, прикладні, системні додатки, тощо. Відрізняють окрему групу універсальних мов програмування – спеціальних засобів, основне призначення яких розробка та експлуатація інформаційних систем, до таких мов належать зокрема, Пролог, Лісп, Рефал. Згідно Абдікєєву Н.М., процес програмування інформаційних систем (ІС) на спеціальних засобах, займає в 2-3 рази менше часу, ніж на універсальних, проте параметри ефективності (обсяг пам'яті, швидкодія) таких ІС у більшості випадків нижчі, ніж при реалізації ІС на універсальних засобах. Також науковець наголошує, істотним критерієм для вибору інструментальних програмних засобів при розробці ІС є потенційна можливість взаємодії з програмними засобами, які використовуються на різних рівнях ієрархії інтегрованих корпоративних інформаційних систем. Тому оптимальним рішенням задачі вибору програмних засобів для реалізації ІС він вважає такий варіант: перший прототип (або прототипи: дослідницький, демонстраційний) реалізується на спеціалізованих засобах, діючий прототип і навіть промислова система можуть бути розроблені за допомогою цих засобів за умови достатньої їх ефективності [1].

Клієнт-серверні технології дають змогу отримувати доступ до ресурсів із будь-якої точки світу, в незалежності від параметрів та потужності пристрою, це може бути звичайний комп'ютер, ноутбук, планшет або смартфон, при цьому головною вимогою є можливість підключення мережі Інтернет та наявність браузера на пристрої.

До основних програмних засобів, які використовуються при розробці клієнт-серверних програмних засобів, відносять: PHP, Ruby, Python, Perl, технологія .NET (C#, VisualBasic), Java, Groovy. Важливою особливістю мов програмування для технології WEB є можливість організації взаємодії з системою управління базою даних (або СУБД) – сервером бази даних, в якому дані зберігаються в певній послідовності, яку можна отримувати в певному форматі за допомогою запитів.

Розглянемо особливості кожної із мов програмування для створення клієнт-серверних додатків.

Microsoft .NET – це уніфіковане середовище виконання додатків, що дозволяє використовувати в розробці різні мови програмування – C#, Visual Basic, .NET, C++ та т.і. Технологія .NET пропонує не тільки уніфікацію розробки та виконання програм, а й велику бібліотеку класів і розширень для роботи з даними (ADO.NET), створювати веб-додатки (ASP.NET/ASP.NET AJAX), Windows-додатки з підтримкою бізнес-процесів (Windows Workflow Foundation), додатки для різних пристроїв (Microsoft .NET Compact Framework), працювати з підсистемою ідентифікації (Windows CardSpace), а також використовувати для створення Windows, додатків різні клієнтські технології.

Python – об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня, до особливостей якої належить: динамічна типізація, автоматичне управління пам'яттю, високорівневі структури даних, такі як словники (хеш-таблиці), списки, можливість багатопотокового обчислення. Мова програмування підтримує класи, модулі, пакети (об'єднання класів та модулів), обробку винятків. Характерними рисами мови Python є простий і виразний синтаксис. До парадигм, які підтримує ця мова можна віднести: структурну, об'єктно-орієнтовану, функціональну і аспектно-орієнтовану, створений на основі C++.

Python дає змогу створювати програми найрізноманітнішого призначення. За допомогою нього можна вирішувати завдання різної складності.

Мова Python володіє деякими примітними особливостями, які обумовлюють його широке поширення. Визначимо основні переваги та недоліки мови Python: спрощення налагодження програм; низька швидкість виконання; динамічна типізація; підтримка модульності, підтримка об'єктно-орієнтованого програмування, інтеграція з мовами C / C ++, зрозумілий та лаконічний синтаксис, різноманіття

модулів, кросплатформність.

Мова програмування Perl – основною особливістю мови вважаються її багаті можливості для роботи з текстом, реалізовані за допомогою регулярних виразів.

Perl – платформа стійкої та перспективної мови програмування, вона використовується для маси проектів в публічних і приватних секторах та широко використовується до додатків мережевих програм всіх потреб.

PHP – це скриптова мова, яка може бути вбудована в HTML. Синтаксис мови в більшості запозичений із Сі-мови, Java і Perl з додаванням кількох специфічних для PHP особливостей. Головна мета – це дозволити веб-розробникам легко створювати динамічні веб-сторінки.

Створення великого проекту на окремій мові програмування потребує велику кількість часу та ресурсів. Для вирішення цих задач використовують певний набір класів та плагінів, які об'єднуються в фреймворки.

Framework (фреймворк, програмний каркас) – це структура програмної системи, програмне забезпечення, що полегшує розробку і об'єднання різних компонентів великого програмного проекту. На відміну від бібліотек, які об'єднують набір підпрограм близької функціональності, фреймворк містить у собі велику кількість різних за призначенням бібліотек [11]. Паралельно вживаються термін каркас або програмний каркас, а наприклад, такі автори як Ахтирченко К.В., Сорокваша Т.П. використовують його як основний [2].

Серед фреймворків виділяють фреймворки програмних систем, фреймворки додатку, фреймворк концептуальної моделі.

Фреймворк програмної системи (або підсистеми) – каркас програмної системи, що може включати допоміжні програми, бібліотеки коду, мову сценаріїв та інше програмне забезпечення, що полегшує розробку і об'єднання різних компонентів великого програмного пакету. Звичайно об'єднання відбувається за рахунок використання єдиного API. Прикладом може бути система керування контентом (CMS), веб-фреймворк Symfony.

Фреймворк додатку – має стандартну структуру з метою створення засобів для автоматичного створення графічних інтерфейсів. Для забезпечення каркаса зазвичай використовуються техніку об'єктно-орієнтованого програмування, наприклад, частини програми можуть успадковуватися від базових класів фреймворка. Можна перелічити такі приклади фреймворків додатків: комерційний – MacApp, MetrowerksPowerplant і MacZoop під Macintosh, .NET Framework від Microsoft для Windows, вільні фреймворки, що є частинами проектів Mozilla, OpenOffice.org, GNOME і KDE; а також кросплат-

формні каркаси для операційних систем Linux, Macintosh и Windows – Widget Toolkit, wxWidgets, Qt, MyCore або FOX toolkit.

Фреймворк концептуальної моделі – абстрактне поняття структури, яке використовується у дослідженнях для визначення можливих способів вирішення проблеми, або подання ідеї [4].

Окремо можна виділити веб-фреймворки, тобто каркаси які орієнтовані на клієнт-серверну технологію. Серед них виділяють фреймворки на ASP.NET, ColdFusion, Java, JavaScript, Perl, PHP, Python, Ruby та інших мовах програмування. Особливе місце займають PHP-фреймворки: CakePHP, CodeIgniter, Drupal, Horde, Joomla!, Kasseler CMS, Kohana, Lithium, Midgard, MODx, Qcodo, Seagull, Silver Stripe, Symfony, TYPO3, Xaraya, Yii, Zend Framework, Zeta Components. Їх використовують для створення сайтів різноманітної тематики і масштабу.

Нами було здійснено аналіз Інтернет-джерел ([5], [8]) щодо інформації про існуючі PHP-фреймворки з метою визначення найбільш швидкого, простого у вивченні, сучасного, безпечного фреймворку вільної ліцензії та з перекладеною документацією. Головна мета фреймворку – надати програмісту зручне середовище для проекту з великим і добре розширюваним функціоналом.

Фреймворк пропонує нам вже вбудовані класи для роботи з базою даних, створення функціональних форм, валідації, логування та ін. Ми розглянули такі фреймворки як CodeIgnitor, ZendFramework, Syphony2, Yii, CakePHP, Ruby on Rails та інші, на основі чого складена порівняльна їх таблиця.

Ruby on Rails – повноцінний, багаторівневий фреймворк для побудови веб-додатків, що використовують бази даних, який заснований на архітектурі Модель-Представлення-Контролер (Model-View-Controller, MVC).

Ruby on Rails за замовчуванням оптимізований під безпеку проекту. При використанні інструментів RoR виключені SQL ін'єкції і XSS атаки. Всі вхідні параметри екрануються за замовчуванням. Виведені змінні в шаблонах також екрануються, тільки якщо ви не вказали зворотної опції [9].

Rails – фреймворк для веб-розробки, написаний на мові програмування Ruby. Він розроблений, щоб зробити програмування веб-додатків простіше, оскільки використовує ряд припущень про те, що потрібно кожному розробнику для створення нового проекту. Він дозволяє вам писати менше коду в процесі програмування, у порівнянні з іншими мовами і фреймворками.

Rails – програмний продукт з відсутніми обмеженнями сприйняття. Він робить припущення, що мається "кращий" спосіб щось зробити, і він так розроблений, що стимулює цей спосіб, а в деяких випадках навіть перешкоджає альтернативам.

Yii – це фреймворк, написаний на мові PHP. Головним плюсом Yii є підтримка ООП, швидкість роботи. Фреймворк включає в себе великий набір бібліотек, які допоможуть вам у створенні повноцінного веб-додатка, відповідає всім сучасним стандартам (інтегроване використання AJAX, вбудована підтримка інтернаціоналізації додатку, простий інструмент роботи з базою даних). Yii є безкоштовним програмним забезпеченням і розповсюджується під ліцензією «newBSD» [12].

Yii Framework надає можливості для налаштування контролю доступу заснованих на ролях. Для більш детального вивчення налаштувань програміст може скористатися документацією на офіційному сайті де є докладний опис функцій з прикладами їх використання.

CakePHP – це безкоштовний фреймворк для швидкої розробки додатків на PHP, має відкриті вихідні коди.

Переваги використання CakePHP:

- вільна ліцензія;
- повна підтримка як PHP4, так і PHP5;
- повна взаємодія з базою даних;
- скаффолдінг («будівельні ліси») для автоматичного створення сторінок;
- авто-генерування коду;
- архітектура MVC;
- вбудована верифікація даних;
- система швидких шаблонів (PHP з додаванням помічників);
- помічники відображення для AJAX, JavaScript;
- компоненти, що автоматизують роботу з поштовими повідомленнями;
- автоматична обробка даних;
- підтримка багатомовності готового Web-додатку;
- робота з будь-якого каталогу сайту, без необхідності змінювати конфігурацію Apache [6].

При написанні програми на CakePHP прийнято користуватись шаблоном MVC (Модель-Відображення-Контролер).

Програмування із застосуванням цієї моделі розділяє ваш додаток на три основні частини. Модель використовує інформацію бази даних. Відображення створює сторінку з інформацією з моделі, а Контролер обробляє запити, зроблені користувачами.

Symfony2 – вільний фреймворк, написаний на PHP5, який використовує патерн Model-View-Controller. Пропонує швидку розробку та управління веб-додатками, дозволяє легко вирішувати рутинні завдання веб-програміста. Працює тільки з PHP 5. Має підтримку безлічі баз даних (MySQL, PostgreSQL, SQLite або будь-яка інша PDO-сумісна СУБД) [10].

На основі різноманітних програмних засобів ми виділили наступні критерії вибору засобів розробки інформаційної систем: 1) простота в вивченні та використанні, 2) документованість, 3) продуктивність, 4) гнучкість, 5) безпека та рівень захисту.

Використовуючи ці критерії, ми зробили порівняльний аналіз програмних засобів розробки ІС на прикладі певних програмних продуктів (табл. 1).

Таблиця 1
Порівняльний аналіз програмних засобів

Критерії	Ruby on Rails	YII Framework	CakePHP	Symfony2
1	-	+	+	-
2	+	+	-	+/-
3	+	+	+	+
4	-	+	+	+
5	+	+	+	+

Висновки

Проаналізувавши наявне програмне забезпечення для розробки інформаційних систем, ми дійшли висновку, що для розробки інформаційної системи обліку та моніторингу міграції птахів можна зробити вибір в сторону клієнт-серверної технології, в особливості використання фреймворків, що дають змогу збільшити швидкість розробки проекту, та високу продуктивність та безпечність. Для створення ІС ми вважаємо найдоцільнішим використанням YII Framework в поєднанні з базою даних MySQL, із-за його високого рівня безпеки і продуктивності та якісного документування.

Список літератури

1. Абдикеев Н.М. Проектирование информационных систем (современные технологии): Учебное пособие / Н.М. Абдикеев. – М.: КОС-ИНФ, Рос. экон. акад., 2003. – 140 с.
2. Ахтырченко К.В. Методы и технологии реинжиниринга ИС / К.В.Ахтырченко, Т.П. Сорочкаша / Труды

Института Системного Программирования РАН. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://citforum.ru/SE/project/isr>.

3. Башмаков А.И. Интеллектуальные информационные технологии: Учеб. пособие / А.И. Башмаков, И.А. Башмаков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.

4. Васвани В. Разработка веб-приложений на PHP / В. Васвани. – Питер, 2012. – 432 с.

5. Количество строк кода в популярных php-фреймворках [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://korzh.net/2011-04-kolichestvo-strok-koda-v-populyarnyx-php-frejmvorkax.html>.

6. Леки-Томпсон Э. PHP 5 для профессионалов: пер. с англ. / Э. Леки-Томпсон, А. Коув, С. Новицки, Х. Айде-Гудман. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. – 608 с.

7. Нарожний А.В. Проективання інтелектуальної програмної оболонки для навчання з урахуванням специфіки кредитно-модульної системи [Електронний ресурс] / А.В. Нарожний, С.А.Крутіна, А.Е. Яковенко. – Режим доступу до ресурсу: http://storage.library.oppu.ua/online/periodic/kms_2006_1/011-016.pdf.

8. Современные PHP-фреймворки – полный список лидеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://phpinside.ru/?q=node/841>.

9. Томас Д. Гибкая разработка веб-приложений в среде Rails / Д. Томас, Д. Хэнссон. – Питер, 2007. – 720 с.

10. Kohana, YII, Symfony, CodeIgniter. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.whyrupal.ru/sravnenie-php-freimvorkov-kohana-yii-symfony-codeigniter>.

11. Riehle D. (2000) Framework Design: A Role Modeling Approach. – A dissertation submitted to the swiss federal institute of technology zurich for the degree of doktor der technis chen wissen schaften (doctor of technical sciences). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.riehle.org/computer-science/research/dissertation/diss-a4.pdf>. – 212 с.

12. YII-framework. Часть 1. Введение: [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.Linkexchanger.su/2010/418.html>.

Надійшла до редколегії 6.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Малкіна, Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь.

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА И МОНИТОРИНГА МИГРАЦИИ ПТИЦ

В.В. Осадчий, В.С. Еремеев, С.Л. Конюхов, П.И. Печерский, В.М. Васильев

В статье сосредоточено внимание на анализе программных средств для создания информационной системы учета и мониторингу миграции птиц Азово-Причерноморском региона. Выделены группы программных средств реализации информационных систем, проанализированы возможности представителей каждой из них. Сделаны выводы о целесообразности использования в процессе разработки таких средств: PHP, .NET, Ruby, Python.

Ключевые слова: информационная система, программное обеспечение, система учета и мониторинга, миграция птиц.

ANALYSIS SOFTWARE FOR CREATION OF INFORMATION SYSTEM ACCOUNTING AND MONITORING OF BIRD MIGRATION

V.V. Osadchyi, V.S. Eremeev, S.L. Konuhov, P.I. Pecherskyi, V.M. Vasilyev

The article focuses on the analysis of software tools for creating information system for recording and monitoring bird migration Azov-Black Sea region. Highlight of software implementation of information systems and analyzes the possibilities of representatives of each of them. The conclusions in the feasibility use in the development of such tools: PHP, .NET, Ruby, Python.

Keywords: information system, software, accounting system and monitoring, migration of birds.

УДК 007.65.01

М.А. Павленко

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ В АВИАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

В статье рассматриваются вопросы построения перспективных систем оценки рисков в авиационных организациях, основанных на использовании современных информационных технологий. Материалы статьи могут рассматриваться как методологическая основа для анализа предметной области, построения системы критериев и их оценок при расчете критериев оценки рисков в различных предметных областях. Представлены основные составляющие модулей программного обеспечения системы оценки рисков. Полученные результаты служат основой для построения автоматизированных систем оценок рисков, создании инструментария для работы экспертов, работающих в данной области.

Ключевые слова: риск, оценка риска, системный анализ, риск в авиации.

Введение

Мы часто употребляем понятие «риск» в нашей жизни. Это сложное и неоднозначное понятие укоренилось в нашей жизни и не воспринимается как нечто большое и сложное. Чаще всего под риском мы понимаем потенциальную опасность. Также мы понимаем, что данная опасность может произойти, а может и не произойти. То есть, особенностью риска является его вероятностная природа. Под вероятностью понимается объективная возможность реализации того или иного события. В тоже время, риск редко является независимым событием. Риск - это совокупность предыдущего, текущего, возможного и сопутствующий состояний, а также многочисленных параллельных и независимых событий, тем не менее, влияющих друг на друга.

В таких условиях возникает большое количество вопросов, связанных с причинами возникновения риска, его оценки, возможных потерях и последствиях. Особенно актуальны процедуры оценки риска в авиационных организациях, что обусловлено сложностью эксплуатируемой техники, огромных размерах материальных затрат и больших человеческих жертвах в случае реализации рисков.

В этой связи, становятся актуальными вопросы реализации общих подходов к оценке рисков в различных областях деятельности человека для разработки перспективных автоматизированных систем мониторинга и оценки рисков.

Анализ литературы. Общие подходы к методам оценки рисков предложены в работах [1 – 11]. Однако использование данных подходов в автоматизированных системах оценки рисков сталкивается с тем, что даны лишь общие рекомендации и отсутствует единая методология сбора, обработки информации и реализации процедур принятия решений при расчете показателей риска.

Цель статьи. Разработка методологии построения систем оценки рисков с использованием средств автоматизации.

Основная часть

При изучении литературы о способах и методах оценки показателей риска авторами неоднозначно трактуются понятия: риск, опасность, ущерб и т.д. [4]. Интуитивно, зачастую, понятно, о чем идет речь, но всегда необходимо четкое представление о тех вопросах и аспектах процесса оценки показателей риска, что затронуты авторами.

Изучение работ [1 – 11] позволило выделить, структурировать и дополнить этапы оценки рисков и связанных с ними потерями (ущербом).

Так первым этапом в процессе анализа рисков можно выделить этап идентификации объекта, относительно которого и будет проводиться анализ рисков (рис. 1).



Рис. 1. Объект анализа рисков

Далее следует этап выделения факторов и установления связей между ними для их анализа и учета в процессе анализа рисков, связанных с объектом (рис. 2).

Для более детального анализа риска, связанного с объектом, необходимо рассматривать не один объект, а множество взаимодействующих объектов (рис. 3).

На следующем этапе необходимо рассматривать систему объектов или один объект с внешней (по отношению к объекту) средой (рис. 4).

Данная цепь рассуждений может быть продолжена и расширена для каждого объекта и каждой

предметной области. Так в дальнейшем можно рассмотреть множество объектов, объединенных в рамках одной системы, и рассматривать далее межсистемные взаимодействия.

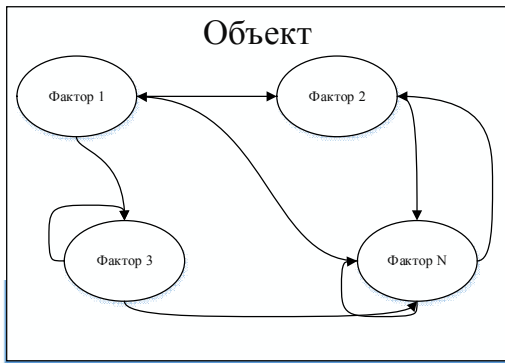


Рис. 2. Выделение и анализ факторов в рассматриваемом объекте

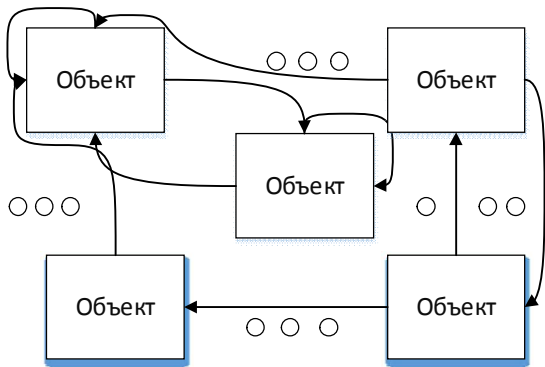


Рис. 3. Множество взаимодействующих объектов

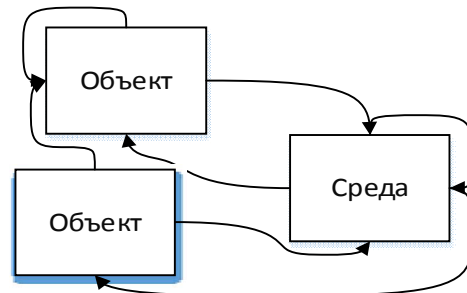


Рис. 4. Система «объект-среда» для анализа рисков

Такой подход в декомпозиции объектов анализа позволяет реализовать анализ риска как снизу-вверх, так и сверху вниз. Выбор метода анализа будет зависеть от того, какая часть рассматриваемой системы будет нам доступна в первоначальном виде.

А наиболее частым случаем представляется анализ системы от произвольно выбранной точки как вверх, так и вниз.

Следующим этапом является непосредственное проведение расчетов показателей риска.

В различных работах представлено большое количество подходов к оценке рисков [2].

На рис. 5 представлена структура процедур расчета показателей риска для различных типов рассматриваемых угроз. Одним из основных подходов к оценке рисков является использование статистик и статистических оценок вероятности реализации того или иного события.

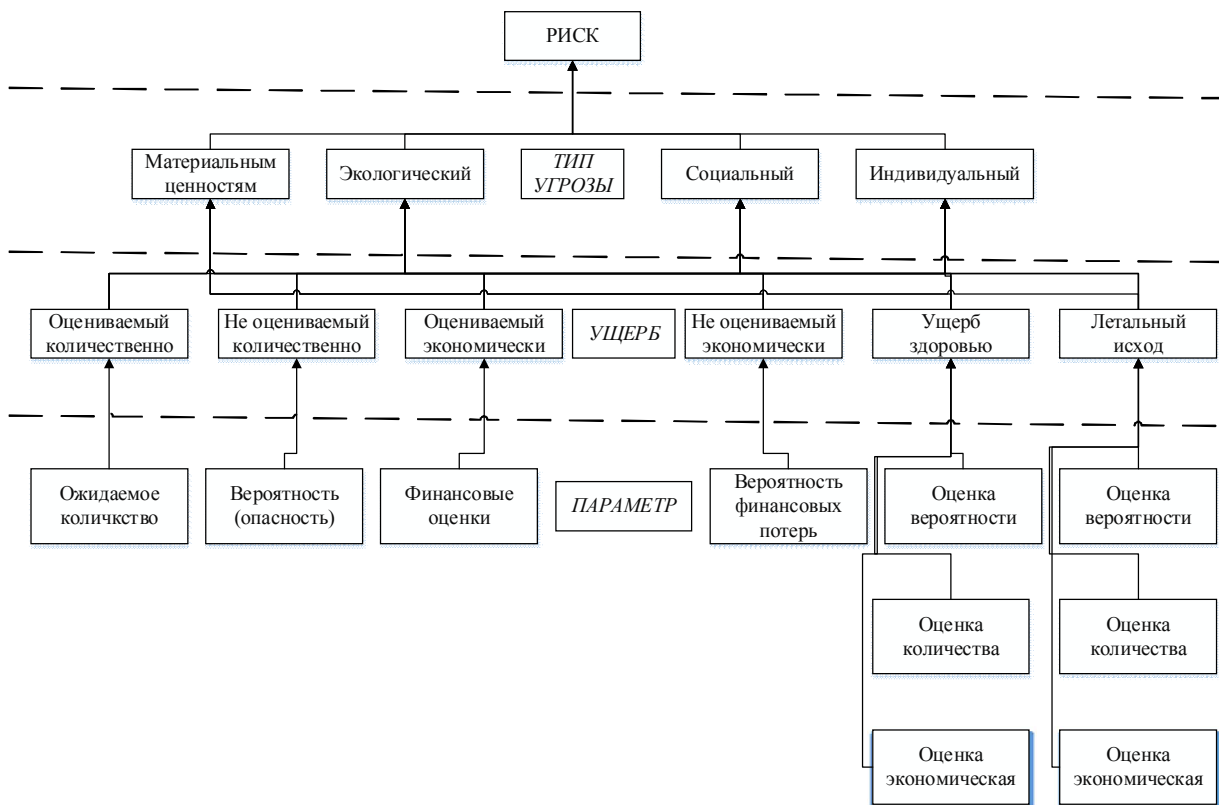


Рис. 5. Структура процедур расчета показателей риска

Однако данный подход реализуем при наличии достаточно больших статистических данных для исследуемых объектов. Что чаще всего и является ограничением данного метода [1]. Для некоторых объектов могут быть получены данные о законах распределения вероятности возникновения того или иного события, тогда задача расчета риска упрощается. Однако такие данные могут быть получены для ограниченного класса технических систем и очень редко реализуются на практике [5, 6].

Следующим подходом является подход оценки ущерба при реализации риска, а точнее неблагоприятных исходов.

Таким образом, количественная мера риска может выражаться не только вероятностной величиной. Риск иногда интерпретируют как математическое ожидание ущерба, возникающего при реализации опасностей. При определении математического ожидания величины ущерба целесообразно принимать во внимание все возможные виды опасностей для данного объекта и оценку риска производить по сумме произведений вероятностей указанных событий на соответствующие ущербы. В этом случае справедлива следующая зависимость:

$$R_{MO} = \sum_{i=1}^n P_i Y_i,$$

где R_{MO} – уровень риска, выраженный через математическое ожидание ущерба; P_i – вероятность возникновения опасного события i -го класса; Y_i – величина ущерба при i -м событии.

Хотя последняя интерпретация находит применение, однако вероятностная мера риска является более удобной и применяемой при решении широкого круга задач практического характера, в особенности задач, касающихся безопасности.

Еще одним возможным подходом является подход, основанный на оценках риска полученных с помощью экспертного опроса. Но данному методу будут присущи все достоинства и недостатки, связанные с самой процедурой экспертного опроса [12 – 14]. Поэтому область применения такого подхода будет ограничиваться теми задачами, для которых не будут реализованы процедуры получения вероятностных оценок риска.

Одним из самых перспективных способов исследования риска и получения оценок его возникновения является использование средств моделирования [2, 8]. Наиболее перспективным является использование имитационного моделирования методом Монте-Карло [1]. Однако его применение связано с необходимостью разработки специализированной среды имитационного моделирования для каждого рассматриваемого объекта.

Таким образом, расчет риска базируется на анализе объекта, выявлении факторов и выработке критериев расчета индивидуального для каждого элемента риска и последующего расчета совокупного риска.

Модель, на основании которой можно строить рассуждения по расчету рисков, приведена на рис. 6.

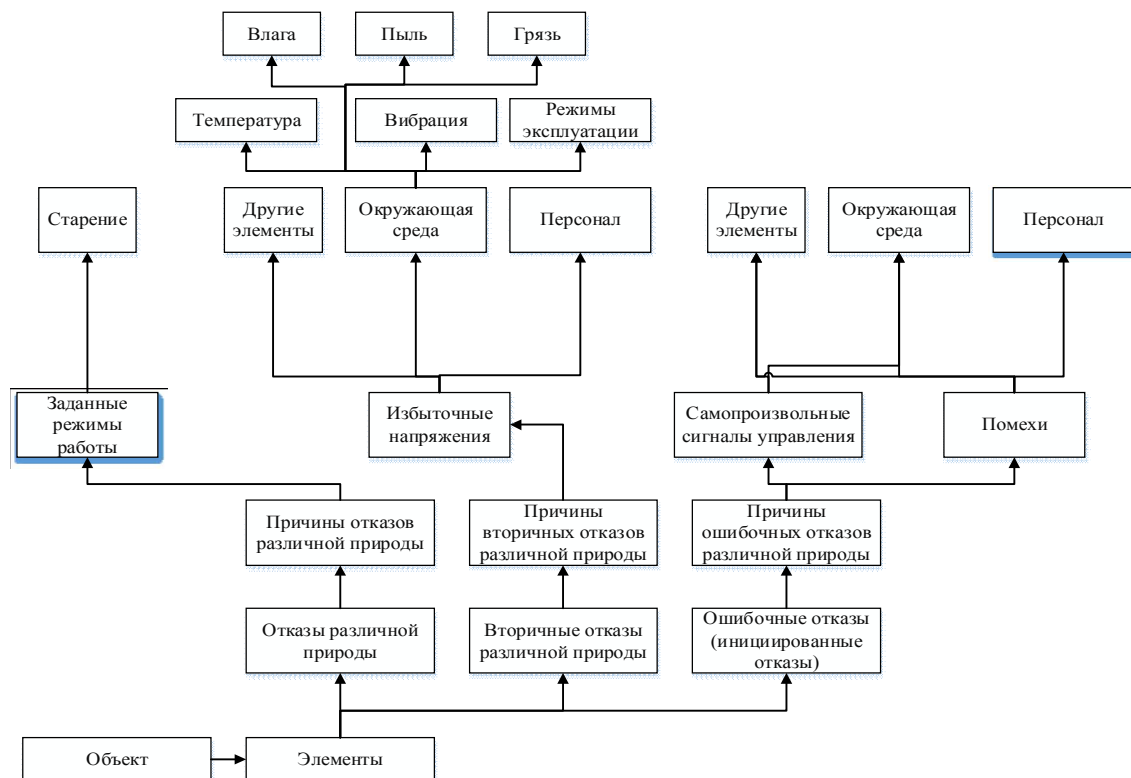


Рис. 6. Модель построения системы расчета риска для исследуемого объекта

Представленные результаты позволяют утверждать, что задача оценки риска является сложной и не позволяет разработать единого универсального подхода к своему решению. Однако могут быть определены типовые решения, на базе которых могут быть построены системы требуемого уровня детализации и заданного уровня сложности.

Выводы

В статье рассмотрен общий подход к решению задачи оценки рисков. Данный подход имеет в своей основе системный подход к решению данной задачи. Он является универсальным и может служить основой для разработки систем оценки рисков в различных предметных областях. Одним из нерассмотренных вопросов остался вопрос использования интеллектуальных информационных технологий для решения данных задач. Использование данных технологий позволит разрабатывать системы поддержки принятия решений путем объединения достоинств формальных, статистических, имитационных и интеллектуальных методов для решения задач оценки рисков. Однако рассмотрение этого аспекта выходит за рамки данной работы и могут рассматриваться как перспективные направления исследований в данной области.

Список литературы

1. Костиков В.А. Надежность технических систем и техногенные риски / В.А. Костиков. – М.: МГТУ ГА, 2008. – 136 с.
2. Браун Дэвид Б. Анализ и разработка систем обеспечения техники безопасности: (системный подход в технике безопасности): пер. с англ. / Дэвид Б. Браун. – М.: Машиностроение, 1979. – 360 с.
3. Энциклопедия безопасности в авиации / Н.С. Кулик, В.П. Харченко, М.Г. Луцкий и др.: Под ред. Н.С. Кулика. – К.: Техніка, 2008. – 1000 с.
4. Ахлюстин В.Н. Возможный подход к прогнозам аварии в сложной технической системе / В.Н. Ахлюстин, Г.А. Новиков, В.А. Шукин // Безопасность труда в промышленности. – 1992. – №6. – С. 57-59.
5. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх. – М.: Мир, 1984. – 318 с.
6. Анохин А.Н. Новое поколение человеко-машинных интерфейсов для управления технологическими процессами / А.Н. Анохин // Человеческий фактор: серия «Проблемы психологии и эргономики». – 2011. – № 3 (58). – С. 47-52.
7. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. Т.5: Проектный анализ надежности / Под ред. В.И. Патрушева и А.И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1988. – 316 с.
8. Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / М.А. Шахраманьян, В.И. Ларионов, Г.М. Нигметов и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – №12. – С. 8-14.
9. Мазур И.И. Экология строительства объектов нефтяной и газовой промышленности / И.И. Мазур. – М.: Недра, 1991. – 279 с.
10. Ястребенецкий М.А. Надежность автоматизированных систем управления технологическими процессами / М.А. Ястребенецкий, Г.М. Иванова. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 264 с.
11. Руководство по управлению безопасностью полетов. – Doc 9859 AN/460. ICAO, 2006.
12. Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени / М.А. Павленко // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 9(37). – С. 124-133.
13. Метод разработки системы информационного обеспечения процессов оценки состояния объектов управления / М.А. Павленко, С.В. Полищук, С.И. Хмелевский, С.В. Кукобко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Х.: ХУ ПС, 2014. – № 1(14). – С. 161-166.
14. Павленко М.А. Метод формализации знаний о процессе распознавания ситуаций нарушения правил движения воздушными судами / М.А. Павленко // Системи управління, навігації і зв'язку. – К.: ДП «ЦНДІ НІУ», 2012. – Вип. 2(22). – С. 86-92.

Поступила в редколлегию 14.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. В.В. Логинов, Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ОЦІНКИ РИЗИКІВ У АВІАЦІЙНИХ ОРГАНІЗАЦІЯХ

М.А. Павленко

У статті розглядаються питання побудови перспективних систем оцінки ризиків в авіаційних організаціях, заснованих на використанні сучасних інформаційних технологій. Матеріали статті можуть розглядатися як методологічна основа для аналізу предметної області, побудови системи критеріїв та їх оцінок при розрахунку критеріїв оцінки ризиків у різних предметних областях. Представлені основні складові модулів програмного забезпечення системи оцінки ризиків. Отримані результати є основою для побудови автоматизованих систем оцінок ризиків, створенні інструментарію для роботи експертів, що працюють в даній області.

Ключові слова: ризик, оцінка ризику, системний аналіз, ризик в авіації.

PRINCIPLES OF THE SYSTEM OF RISK ASSESSMENT IN AVIATION ORGANIZATIONS

M.A. Pavlenko

The article deals with the construction of advanced systems of risk assessment in aviation organizations, based on the use of modern information technology. Article Submissions may be considered as a methodological basis for the analysis of the subject area, the construction of a system of criteria and assessment criteria for the calculation of risk assessment in various subject areas. The main components of the software modules of the system of risk assessment. The results serve as a basis for the construction of automated risk assessment systems, tools for creating a work of experts working in this field.

Keywords: risk, risk assessment, systems analysis, risk in aviation.

УДК 519.62

Д.В. Преснякова

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

МОДЕЛЬ ПОВЕРХНЕВОГО СЕНСУ ПРИРОДНОЇ МОВИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СЕМАНТИЧНИХ ФУНКЦІЙ

У статті запропонована модель інтегрованої семантики, яка базується на формулах числення предикатів, елементами яких є семантичні функції. Так предикатні константи мають значення, що задаються семантичними функціями. Аргументами предикатів, крім змінних і констант, можуть бути семантичні функції. Предикатні константи можуть мати атрибути, за рахунок яких можливо у логічній наслідок включати такий фактор, як час. Для виведення логічних наслідків модифіковано метод резолюцій, для чого в операцію уніфікації введено доповнення: уніфікуючими вважаються еквівалентні літерали та ті, що знаходяться у розміщенні семантичних функцій.

Ключові слова: семантичні функції, природна мова, формалізація семантики.

Постановка проблеми

Проблема інтелектуального аналізу і текстів природною мовою (ПМ) з'явилася одночасно зі створенням комп'ютерів. Дослідники в області ПМ поділяють на загальну і прикладну NLP (Natural Language Processing – NLP). Завданням загальної NLP є розробка моделей обробки мови людиною, а моделі при цьому повинні бути комп'ютерно ефективними. В основу таких моделей полягає концепція загального розуміння текстів і їх сенсу, як це спостерігається в роботах Чарнака, Кулліана, Шенка, Філмора [1 – 4].

Формалізація сенсу бере початок в роботах Н. Хомського. Для відображення сенсу використовується структура безпосередньо складових (БС). Перетворення природно-мовної конструкції в структуру безпосередньо складових відбувається за допомогою породжуючої граматики. В процесі перетворення ПМ-конструкції в БС не використовується ніяка семантична інформація. Надалі з'ясувалося, що породжуюча граMATика не в змозі адекватно «мовному світу» видавати сенс аналізованих конструкцій. Однакові структури БС можуть призводити до різних сенсів. У той же час в породжуючій граматиці відображено, що різні структури можуть мати один і той же сенс. Якщо доповнити породжуючу граматику моделями і використовувати їх у трансформаціях, можна досягти більшої адекватності моделі реаліям «мовного світу».

У даній роботі запропонована модель інтегрованої семантики. Отримує подальший розвиток модель сенсу у вигляді семантичних функцій [5], суперпозиції функцій, що відображають зміст словосполучень мов з фразовою структурою. Суперпозиція функцій дозволяє композувати сенси великих ПМК з менших, допускаючи при цьому формальні перетворення конструкцій, що відображають сенс. Ця

модель повинна дозволити формальний висновок з природно-мовної конструкції, використовуючи необхідну інформацію про підсенси.

Модель сенсу у вигляді семантичних функцій повинна узгоджуватися з вже апробованими моделями, пропонуючи нові можливості і допускати формальний доказ еквівалентності сенсу мовних конструкцій.

Подання сенсу у вигляді певної формули вимагає обчислення цієї формули із використанням програмної системи (аналізатора ПМК), структура якої визначається заданою моделлю сенсу.

Модель поверхневої семантики у вигляді семантичних функцій

Модель поверхневої семантики у вигляді семантичних функцій, які можуть бути використані як інтерпретатор моделі лексичної семантики для слів, зазначених в λ -словнику та простих словосполучень природної мови: іменник + іменник у родовому відмінку, іменник + прикметник та словосполучень, що містять дієслово.

Показано, що одержання виражень формальної семантики без урахування поверхневої семантики може призводити до помилок при одержанні логічних наслідків. Інтеграція формальної та поверхневої семантики вимагає формальну мову (метамову) для опису тлумачень. Метамова для опису лексичної семантики має відповідати таким вимогам:

- мати описові засоби, еквівалентні засобам природної мови;
- дозволяти обчислення словникової статті слів і словосполучень природної мови;
- давати можливість установити еквівалентність для пари текстуально різних семантичних функцій, які вважаються еквівалентними, якщо вони мають однакові значення. Значенням семантичної

функції вважається номер словарної статті слова в λ -словнику.

Як метамова в роботі обрана функціональна мова. Функціональними константами обрані позначення V і F імя. Функція $V_i(\alpha)$ позначає лексичне значення слова α , що задається i -ю словниковою статтею в тлумачному словнику. Сама словникова стаття виражена суперпозицією функцій V і F . Функціями F можна описати сполучуваність слів у словосполученні, включаючи речення, як особливий тип словосполучення. Назвемо такі функції семантичними функціями, і описуватимемо з їхньою допомогою сполучення слів природної мови. Наприклад, семантику речення «жителі більшого міста дихають смогом» можна виразити семантичною функцією

$$\begin{aligned} &F_предложение(V_i(\text{дышать}), F_генетив \\ &(V_j(\text{житель}), F_прилагательное \\ &(V_k(\text{город}), \\ &Y_m(\text{большой}))), V_r(\text{смог})), \end{aligned} \quad (1)$$

де $F_генетив$ – функція, що відповідає словосполученню «іменник - іменник у родовому відмінку», $F_прилагательное$ – функція для словосполучення «прикметник - іменник».

Відзначимо, що кожному словосполученню відповідає свій тип семантичної функції, від якого залежить розподіл ролей для аргументів. Так, в (1), якщо перший аргумент – дієслово, що виражає дію певного типу, другим аргументом є той, хто робить дію. Слова природної мови виражають поняття, які можуть утворювати ієрархічну залежність, на верху якої перебувають «ОБ'ЄКТ, ДІЯ, АБСТРАКЦІЯ, ВІДНОШЕННЯ». Із цього погляду, словосполучення можуть так само мати трактування в більш загальних поняттях, ніж поняття словосполучення. Пояснимо цю тезу на прикладі. У роботі обрано модель семантики словосполучень природної мови, що базується на численні предикатів, у яке вбудовані семантичні функції. Так для формули (1), що відображує речення, формула числення предикатів матиме вигляд:

$$\forall x (V_i(\text{жить}) - (x, F_прилагательное(V_j(\text{город}), V_k(\text{большой}))) \supset F_генетив(V_m(\text{дышать}) - (x, V_r(\text{смог}))),$$

де $F_генетив(V_m(\text{дышать}))$, $V_i(\text{жить})$ – є предикатні константи, x – змінна.

Інші аргументи предикатів представлені семантичними функціями.

Таке подання предикатних формул дозволяє в процесі логічного висновку враховувати сполучення слів у словосполученні. Сформульовано визначення семантичної функції. Позначимо через $L(\text{ПМ})$ множину конструкцій ПМ, тобто множину словосполучень, а через $L(\text{СФ})$ – множину конструкцій мови,

словника статті. Зазначимо, що $L(\text{ПМ})$ неформальна мова, а $L(\text{СФ})$ – формальна. Нехай Σ термінальний алфавіт для подання ланцюжків в $L(\text{ПМ})$, Σ_T – частина Σ , що використовується тільки для подання слів $L(\text{ПМ})$. Через $\alpha \in \Sigma^* \setminus \Sigma_T$ позначимо мовну конструкцію α , що складається із символів алфавіту Σ (включаючи порожнє слово ϵ). Тоді

$$\Sigma + \Sigma_T = \Sigma^* \setminus \{\epsilon\}.$$

N -алфавіт для представлення конструкцій мови $L(\text{СФ})$, і $N = \{V, F_и, (,), \} \cup \Sigma_T$.

Нехай $f(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ – функція, яка відповідає словосполученню, що складається зі слів $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \in \Sigma + \Sigma_T$. Значенням цієї функції є зміст, що може бути обчислений за допомогою відповідних процедур, тобто $f(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \beta$, де $\beta \in N^+$. Мовна конструкція β представляє семантичну функцію

$$F_и(X_1, \dots, X_m), \quad (2)$$

де $X_j = V_i(\alpha_k)$ або $X_j = F_и$ ($1 \leq j \leq m$, $1 \leq i \leq n$, k – номер словникової статті в семантичному словнику); $и$ – назва функції (словосполучення); $F_и$ – семантична функція, вкладена в $F_и$; α_k – слово зі словосполучення.

Отже, можна записати

$$f(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = F_и(X_1, \dots, X_m), \quad (3)$$

де права частина рівності визначена в (2).

Наведемо приклади семантичних функцій в українській мові. Нехай розглядається словосполучення «ціна товару в упаковці». Йому відповідає семантична функція

$$F_родового\ відмінка(V_j(\text{ціна}), F_прийменник(V_r(\text{в}), V_e(\text{товару}), V_s(\text{упаковки}))).$$

Для словосполучення «ціна товару в гривнях» семантична функція має вигляд:

$$F_родового\ відмінка(F_прийменник(V_i(\text{в}), V_j(\text{ціна}), V_k(\text{гривнях}), V_e(\text{товару}))).$$

В обох прикладах індекси i, j, k, e, r, s позначають номер словникової статті в семантичному словнику.

Обрані приклади демонструють факт, що в слов'янських мовах слова й словосполучення можуть бути в $L(\text{ПМ})$ не підряд, а розірваними. Семантична ж функція представляє всі слова і словосполучення у фіксованому порядку.

Функція $f(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ з (3) має областю свого визначення множину слів, а областю значень – множину рядків (термов), що є семантичною функцією. У свою чергу семантична функція може інтерпретуватися як функція, аргументами якої є інші функції, і яка має свою область значень.

Задаючи правила обчислення семантичних функцій, можна одержувати їхні значення. Із цього погляду рівність (3) можна переписати у вигляді

$$f(\alpha_1, \alpha_1, \dots, \alpha_n) = P^{m+1}(F_{\text{и}}, X_1, \dots, X_m), \quad (4)$$

де P^{m+1} – $(m+1)$ місцева функція з відомими правилами обчислення (обчислюються значення X_1, \dots, X_m , а потім – значення функції $F_{\text{и}}$).

Областю значень $F_{\text{и}}$ є множина семантичних функцій. Виникає питання в чому різниця між $F_{\text{и}}$ й множиною її значень, оскільки значенням семантичної функції є інша семантична функція. В ПМ значення словосполучення може відбивати конкретику цього словосполучення, а може бути узагальненим. Конкретика відбивається функцією $F_{\text{и}}$, а узагальнення – значенням $F'_{\text{и}}$.

За допомогою семантичних функцій можна виразити синтаксичну структуру словосполучення з елементами семантики. Якщо залучення λ -словника не дозволяє побудувати семантичну функцію, то конструкція вважається помилковою.

Мова для подання семантичних функцій є формальною і складається з термів – рядків, побудованих на алфавіті N . Наведемо визначення терму.

Слово $\alpha \in \Sigma^+ \text{рт}$ є термом.

Слово $V_i(\alpha)$ є термом.

Слово $F_{\text{и}}(t_1, \dots, t_n)$, де t_1, \dots, t_n – терми, є термом.

Одномісна семантична функція $V_i(\alpha)$ і багатомісна функція $F_{\text{и}}$ мають множиною визначення й множиною значень множину термів.

Множина семантичних функцій підрозділяється на типи, і кожна семантична функція ставиться до певного типу. Тип семантичної функції визначає ролі її аргументів. Для кожної конкретної мови (російська, українська, англійська) визначаються свої типи семантичних функцій, які пов'язані із граматичною структурою мови.

Визначено семантичні функції для часто зустрічальних словосполучень.

Наприклад, словосполученню $\alpha_1 \alpha_2$, де α_1 – іменник і α_2 – іменник у родовому відмінку, названому в лінгвістиці «генетив», відповідає семантична функція

$$F_{\text{генетив}}(V(\alpha_1), V(\alpha_2)).$$

У такому словосполученні може бути більше двох слів, тому що α_1 і α_2 самі можуть бути словосполученнями. У цьому випадку семантична функція має вигляд:

$$F_{\text{генетив}}(F_{\text{имя1}}(V(\alpha_1), X_1, \dots, X_k), \\ F_{\text{имя2}}(V(\alpha_2), Y_1, \dots, Y_e),$$

де $X_1, \dots, X_k, Y_1, \dots, Y_e$ – семантичні функції.

Обробка формул потребує порівняння формул з метою встановлення еквівалентності двох семантичних функцій.

Для цього розроблено метод встановлення еквівалентності семантичних функцій, який дозволяє обчислювати еквівалентність при визначенні контексту в λ -формулах для дієслів.

Введемо позначення: СФ1 і СФ2 – семантичні функції; Д1 і Д2 – дерева для функції СФ1 і СФ2 відповідно; ТекД1 і ТекД2 – пари оброблюваних вершин (поточних) з відповідних дерев; СемСл – семантичний словник.

Метод обчислення еквівалентності семантичних функцій

Вхід: СФ1, СФ2.

Вихід: «так», «ні».

1. Перетворення СФ1 у Д1, СФ2 у Д2.
2. Обхід Д1 і Д2 у глибину з фіксацією пари вершин у ТекД1 і ТекД2.
3. Якщо ТекД1 = ТекД2 (як терми), то виконати пункт 2.
4. Якщо ТекД1 = $V(\alpha)$ і ТекД2 = F_1 , то перетворення Д1: ТекД1 стає коренем піддерева, що позначений F_2 , де F_2 – семантична функція, що є значенням $V_i(\alpha)$ у СемСл. Показки на вершини ТекД1 і ТекД2 не змінюються. Виконати пункт 3.
5. Якщо ТекД1 = $F_{\text{и}}$ і ТекД2 = $V(\alpha)$, аналогічно пункту 4.
6. Якщо ТекД1 = $V_i(\alpha)$ і ТекД2 = $V_j(\beta)$, то перетворити Д1 і Д2. ТекД1 стає коренем для СФ F_1 , ТекД2 – коренем піддерева для СФ F_2 , де F_1 і F_2 суть значення $V_i(\alpha)$ і $V_j(\beta)$ відповідно в СемСл. Показки в ТекД1 і ТекД2 не міняються. Виконати пункт 3.
7. Якщо ТекД1 = F_1 і ТекД2 = F_2 , то обрати дерево для перетворення й змінити його відповідно до правил обчислення значення для функції типу F .

Загальна складність алгоритму має оцінку $O(m \cdot n)$. Семантична структура речення відображується семантичною функцією, яка названа пропозицією. У пропозиції однозначно представлена семантична структура словосполучення. Для побудови пропозицій запропоновано використовувати λ -словник і семантичні примітиви. Семантичні примітиви – це елементи елементарної семантики, які утворюють онтологію. На вершині цієї онтології знаходяться примітиви ОБ'ЄКТ, АБСТРАКЦІЯ, ДІЯ, ВІДНОШЕННЯ.

Такий підхід дозволяє формалізувати і використовувати інформацію із тлумачних словників. Запропонований метод встановлення еквівалентності семантичних функцій дозволяє обчислювати еквівалентність при визначенні контексту в λ -формулах для дієслів.

Представлена модель інтегрованої семантики, яка базується на формулах числення предикатів, елементами яких є семантичні функції. Так предикатні константи мають значення, що задаються семантичними функціями типу V . Аргументами предикатів, крім змінних і констант, можуть бути семантичні функції. Предикатні константи можуть

мати атрибути, за рахунок яких можливо у логічний наслідок включати такий фактор, як час. Для виведення логічних наслідків модифіковано метод резолюцій, для чого в операцію уніфікації введено доповнення: уніфікуючими вважаються літерали еквівалентні та ті, що знаходяться у розміщені семантичних функцій.

ВИСНОВКИ

У даній статті знаходить своє відображення підхід до формалізації сенсу словосполучень природної мови у вигляді семантичних функцій.

Семантичні функції пропонують формальний апарат для машинної обробки сенсів, дозволяють встановлювати еквівалентність словосполучень ПМ. Точність обчислень регламентується якістю семантичного словника.

Запропоновано обчислювальна схема для конструювання семантичних функцій, що відображають зміст конкретних словосполучень.

Подальший напрямок досліджень: відокремлення всієї множини семантичних функцій у різних природних мовах; визначення повної множини операцій встановлення еквівалентності семантичних функцій; формальні методи представлення сенсу в семантичному словнику; застосування семантичних функцій в машинному перекладі.

Список літератури

1. Chomsky N. *Three Models for Description of Language* / N. Chomsky // *IRE Trans. Informat. Theory*, 1956. – v. IT-2. – P. 113-124. Перевод: Хомський Н. Три моделі описання мови / Н. Хомський // *Кибернетический сборник*. – М.: ИЛ, 1961. – Вып. 2. – С. 237-266.
2. Жолковский А.Н. Модель <Смысл-Текст> / А.Н. Жолковский // *Энциклопедия кибернетики*. – К.: Украинская Сов. Энциклопедия, 1974. – Том 2. – С. 46-48.
3. Мельчук И.А. *Опыт теории лингвистических моделей "Смысл-Текст"* / И.А. Мельчук. – М.: Наука, 1974.

4. Melchuk I.A. *The Russian Language in the Meaning – Text Perspective* / I.A. Melchuk. – *Wiener Slawistischer Almanach, Sonderband, 39, Moskau-Wien*, 1995.

5. Баранов А.Н. *Англо-русский словарь по лингвистике и информатике. Т.1* / А.Н. Баранов, Д.О. Добровольский, М.Н. Михайлов, П.Б. Паришин, О.И. Романова. – М.: Помовский и партнеры, 1996.

6. Boole George. *Investigation of the Laws of Thought* / George Boole. – London, Eng., Walton, 1854.

7. Katz Jerrold J. *The philosophy of language* / Jerrold J. Katz. – New York -London, 1966. Перевод главы: Катц Дж. *Семантическая теория* / Дж. Катц // *Новое в зарубежной лингвистике*. – Прогресс, 1981. – Вып. 10.

8. Katz J. *The Structure of Semantic Theory* / J. Katz, J. Fodor // *Language*. – 1963. – Vol. 39.

9. Апресян Ю.Д. *Лексическая семантика. Синонимические средства языка* / Ю.Д. Апресян. – М.: Наука, 1974. – 367 с.

10. Апресян Ю.Д. *Лексическая семантика. Синонимические средства языка: автореф. монографии ...* // *Филол. наук: 10.02.19* / Апресян Ю.Д. – Минск: Белорусский гос. ун-т, 1983. – 37 с.

11. Минский М. *Фреймы и представление знаний* / М. Минский. – М.: Энергия, 1979. – 150 с.

12. Fillmore Ch. T. *The case for case / Ch. T. Fillmore // Universal in linguistic theory*. – New York, 1968. (Перевод: *Новое в зарубежной лингвистике*. – М.: Прогресс, 1981. – Вып. 10. – С. 369-495.)

13. Мельчук И.А. *Толково-комбинаторный словарь русского языка. Опыт семантико-синтаксического описания русской лексики* / И.А. Мельчук, А.К. Жолковский. – Wien: Wiener Slawistischer Almanach., 1984. – 992 с.

14. Halliday M. A. K. *An Introduction to functional Grammar* / M. A. K. Halliday // Edward Arnold (Publishers), 1985.

15. Ожегов С.И. *Словарь русского языка: Ок. 57 тыс. слов* / С.И. Ожегов; под ред. чл.-корр. АН СССР Н.Ю. Шведовой. – 17-е изд., стереотип. – М.: Рус.яз, 1985. – 797 с.

Надійшла до редколегії 21.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Ю. Шабанов-Кушнаренко, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

МОДЕЛЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СМЫСЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Д.В. Преснякова

В статье предложена модель интегрированной семантики, основанная на формулах исчисления предикатов, элементами которых являются семантические функции. Так предикатные константы имеют значения, задаваемые семантическими функциями. Аргументами предикатов, кроме переменных и констант, могут быть семантические функции. Предикатные константы могут иметь атрибуты, за счет которых возможно в логическое следствие включать такой фактор, как время. Для вывода логических следствий модифицирован метод резолюций, для чего в операцию унификации введено дополнение: унифицируемых считаются литералы эквивалентные и находящиеся в размещении семантических функций.

Ключевые слова: семантические функции, естественный язык, формализация семантики.

NATURAL LANGUAGE SUPERFICIAL SENSE MODEL WITH THE USE OF SEMANTIC FUNCTIONS

D.V. Presnyakova

The paper proposes a model of integrated semantics, based on the predicate calculus formulas, whose elements are semantic functions. So predicate constants have the values semantic functions. The arguments of the predicate, except variables and constants may be semantic functions. Predicate constants can have attributes, by which it is possible to include a logical consequence of such factors as the time. Modified method of resolutions, which in the operation of unification entered addition.

Keywords: semantic functions, natural language formalization of semantics.

УДК 004.85:004.82

С.М. Сакало, Т.С. Ткачова

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

СИСТЕМА ХМАРНОГО СЕРВІСУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОННОЮ ДОКУМЕНТАЦІЄЮ В УНІВЕРСИТЕТІ

У статті запропонований опис ідеї створення хмарного сервісу для управління електронною документацією в університеті. Проблема, яку покликаний вирішувати даний сервіс – це академічна база хмари, яка пропонується з метою забезпечення швидкого та ефективного керування процесами навчання, адміністрування. Структура сервісу розгортається у хмарі, і кожен шар визначає основні компоненти, необхідні для побудови академічної хмари в університеті.

Ключові слова: електронний документообіг, хмарний сервіс, веб-сервіс, хмарні обчислення.

1. Постановка проблеми

Хмарні технології – один з провідних трендів в світі ІТ протягом останніх трьох років. Хмарні обчислення змусили не тільки архітекторів ПО, але і менеджерів компаній глянути по-іншому на моделі розгортання ІТ-інфраструктур, розповсюдження програмного забезпечення, отримання обчислювальних ресурсів. Хмарні сервіси зараз скрізь: офісні додатки в браузері, сховища на хмарних жорстких дисках, засоби синхронізації інформації користувача на мобільних телефонах. Щодня з'являються нові успішні хмарні стартапи, а такі гіганти як Microsoft, Amazon і Apple будують дата-центри, призначені для розгортання хмарних сервісів.

Хмарна технологія настільки ж складна всередині, наскільки і проста зовні. Основна концепція хмар – надання ресурсів як інтернет-сервісу. Класично, хмарні сервіси ділять на наступні типи архітектур: Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) і Software-as-a-Service (SaaS). Всі ці архітектури об'єднані двома загальними аспектами: вони надають «на вимогу» (on-demand) обчислювальні ресурси та сховища інформації. З цих двох факторів впливає, що у розробників програмного забезпечення з'явився обмежений тільки можливостями провайдера хмарного хостингу запас масштабованості розроблюваних додатків і сервісів. Поряд майже з необмеженою масштабованістю хмарні платформи володіють наступними характеристиками: висока доступність, надійність, еластичність.

В роботі запропоновано метод вирішення задачі електронного документообігу в університеті метою створення гібридного хмарного сервісу e-University.

Метою даної статті є аналіз концепції Cloud, Cloud Computing на основі електронного документообігу в академічній середі, що забезпечує безпе-

ковий доступ до електронної документації. Використання хмарних обчислень в академічному середовищі, такому як університет, буде корисним не тільки для студентів а й для деканатів, адміністраторів і вчених-дослідників.

У більшості університетів інфраструктура електронної документації недостатньо використовується, а в деяких випадках використовується на достатньо низькому рівні.

Тому запропонована система управління документацією є корисною і у випадках, коли документація ведеться у електронному вигляді частково.

Для того, щоб збалансувати використання ресурсів, в даній роботі запропоновано використання еластичних технологій [1].

Розроблена платформа для системи електронного документообігу працює в гібридній хмарі, нові методології повинні бути прийняті до уваги для проекту, заснованого на проблемі віртуальної комп'ютерної лабораторії.

Цей тип хмари на основі гібридного виду надає нові змішані методології для електронного документообігу в університеті.

У цьому проекті академічна база хмари пропонується з метою забезпечення швидкого та ефективного керування процесами навчання, адміністрування.

Структура сервісу розгортається у хмарі, і кожен шар визначає основні компоненти, необхідні для побудови академічної хмари в університеті.

2. Аналіз предметної області та специфікація програми

На сьогоднішній день хмарні сервіси стають все більш популярним інструментом для керування великими корпораціями, а в нашому випадку це система для управління електронною документацією в університеті.

Документообіг в університеті – це безперервний процес проходження документів, що об'єктивно відображає діяльність самого університету та дає змогу оперативно керувати нею.

Великий обсяг архівної інформації, довготривалий пошук необхідного документу, втрати, дублікати,

затримки, пов'язані з відправкою та одержанням,

помилки персоналу – це не повний перелік проблем, що виникають при неефективній побудові документообігу університету.

Все це може гальмувати, а в деяких випадках повністю паралізувати роботу установи. Тому ефективним та своєчасним вирішенням цієї проблеми є електронний документообіг, який працює на єдиній хмарній платформі і це є обов'язковою складовою ефективного управління вузу. Документообіг є важливим для правильної організації управлінської, навчальної, наукової, методичної, виховної роботи університету.

Перевага електронного документообігу над традиційним є безперечною, адже основною проблемою традиційної технології управління документообігом є практична неможливість централізовано відслідкувати рух документів організації. Окрім цього, позитивними ознаками електронного документообігу є:

- можливість вміщення в документ, крім тексту, мультимедійних даних;
- можливість використання заздалегідь заготовлених форм;
- висока швидкість передачі інформації за великою кількістю адрес;
- економія паперу;
- висока компактність архіву;
- висока швидкість пошуку і одержання інформації;
- можливість захисту документів від несанкціонованого доступу та розмежування прав доступу співробітників до інформації.

Для виконання поставленої задачі було прийнято рішення використовувати хмарний сервіс для забезпечення потреб університету в документообігу.

3. Формальна (математична) модель для об'єкта дослідження

В університеті є два види документної інформації – структурована і неструктурована.

Між тим є велика кількість структурованої інформації, створення, опрацювання і передавання якої забезпечують корпоративні інформаційні системи.

В університеті це такі сервіси:

- «Деканат»,
- «Навчальні плани»,
- «Дистанційне навчання»
- «Міжнародні проекти» тощо.

Ці системи забезпечують створення та опрацювання інформації про контингент студентів, їхню успішність, навчальні програми, електронне методичне забезпечення тощо.

Робота в хмарі цікава тим, що можна працювати з неструктурованою інформацією, як описано вище, і бути впевненим у тому, що вся інформація буде структурована та опрацьована з математичною точністю за допомогою інтелектуального аналізу даних.

Процес обробки інформації відбувається за допомогою безкоштовного сервісу RapidMiner, де підприємствам легко масштабувати дані, створювати прогнозуючі моделі та впроваджувати аналіз в дію в будь-який бізнес-процес, який відбувається в університеті.

Назвемо документообіг в університеті бізнес-процесом, який необхідно масштабувати та розгорнути у вищому навчальному закладі. Для цього потрібно описати ці бізнес-процеси з математичної точки зору.

Одним з методів інтелектуального аналізу даних є TextMining.

Це набір технологій і методів, призначених для добування інформації з текстів.

Основна мета – дати аналітику можливість працювати з великими обсягами вихідних даних за рахунок автоматизації процесу вилучення потрібної інформації.

Технологія ефективного аналізу тексту здатна виступити в ролі репетитора, який, опрацювавши весь курс, викладає лише найбільш ключову і значущу інформацію.

Таким чином, користувачеві немає чого самому "просівати" величезну кількість неструктурованої інформації.

Розроблені на основі статистичного та лінгвістичного аналізу, а також штучного інтелекту, технології Text Mining якраз і призначені для проведення смислового аналізу, забезпечення навігації і пошуку в неструктурованих текстах.

Застосовуючи побудовані на їх основі системи, користувачі зможуть отримати нову цінну інформацію. Метод, який використовувався в роботі це кластеризація - розбиття великої множини документів на групи по близькості стилю, форми, різних частотних характеристик виявлених ключових слів.

Завдання кластеризації можна розглядати як побудова оптимального розбиття об'єктів на групи. При цьому оптимальність може бути визначена як

вимога мінімізації середньоквадратичної помилки розбиття:

$$e^2(X, L) = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} \|x_i^{(j)} - c_j\|^2,$$

де c_j – «центр мас» кластера j (точка з середніми значеннями характеристик для даного кластера).

Використання запропонованої моделі дозволяє організувати оптимальним чином процес роботи хмари за допомогою математичних методів інтелектуального аналізу даних.

Висновки

У даній статті знаходить своє відображення опис ідеї, що перед кожним університетом гостро постає питання про забезпечення єдиного інформаційного простору для роботи з документами.

В той чи інший час університету необхідно переводити свій документообіг в електронний вигляд. Разом з тим, отримуючи дедалі більші можливості для розвитку і поліпшення діяльності.

В розробленій системі були зазначені основні функції роботи університету.

Спочатку роботи був проведений аналіз предметної області. На підставі цього була проведена постановка завдання. Далі в середовищі розробки Eclipse Kepler на мові Java була розроблена програмна система та використано безкоштовний програмний продукт VariMiner для аналізу великого обсягу даних.

Створений в ході виконання роботи програмний продукт стане в нагоді будь-якому навчальному закладу для вирішення проблеми електронного документообігу.

У перспективі розглядається вдосконалення даного продукту шляхом створення системи для мобільних платформ.

Розроблений сервіс достатньо надійний та захищений та володіє широким функціоналом. Система знаходиться на етапі тестування у різних браузерах та настройки моделей документальних процесів, форм, таблиць, звітів і т.д.

Список літератури

1. Закон України Про електронні документи та електронний документообіг [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/851-15>.
2. Закон України Про електронний цифровий підпис [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/852-15>.
3. Основи електронного документообігу. Електронний цифровий підпис [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://nc.gov.ua/communication/learning/course/index.php?COURSE_ID=2&TYPE=Y.
4. Інформаційна система – SoftSearch [Електронний ресурс] / SoftSearch. – Режим доступу до ресурсу: <http://www/URL: http://softsearch.ru/programs/109-870-uchet-gsm-download.shtml>.
5. Гагарина Л.Г. Технология разработки программного обеспечения [Текст] / Л.Г. Гагарина, Е.В. Кокорева, Б.Д. Виснадул. – Форум, 2008. – 200 с.
6. Буч Г. Язык UML. – Руководство разработчика [Текст] / Г. Буч, Д. Рамбо, А. Джекобсон. – М.: ДМК, 2000. – 432с.
7. Мартин Р.К. Быстрая разработка программ: принципы, примеры, практика [Текст] / Р.К. Мартин, Дж.В. Ньюкирк, Р.С. Косс. – Вильямс, 2004. – 673с.

Надійшла до редколегії 21.07.2015

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. В.А. Дорошенко, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

СИСТЕМА ОБЛАЧНОГО СЕРВИСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ В УНИВЕРСИТЕТЕ

С.Н. Сакало, Т.С. Ткачева

В статье предложено описание идеи создания облачного сервиса для управления электронной документацией в университете. Проблема, которую призван решать данный сервис – это академическая база облака, которая предлагается с целью обеспечения быстрого и эффективного управления процессами обучения, администрирования. Структура сервиса разворачивается в облаке, и каждый слой определяет основные компоненты, необходимые для построения академического облака в университете.

Ключевые слова: электронный документооборот, облачный сервис, веб-сервис, облачные вычисления.

CLOUD MANAGEMENT SYSTEM FOR E-DOCUMENTATION IN UNIVERSITY

S.M. Sakalo, T.S. Tkachova.

The paper proposed to describe the idea of a cloud service for electronic management of documentation at the University. The problem that this service is intended to solve - is an academic base of the cloud, which is offering to provide quick and efficient learning management, administration. The structure of the service takes place in the cloud, and each layer defines the basic components necessary to build aka academic health at the University. Keywords: electronic document management, cloud service, a web service, cloud computing

Keywords: electronic document management, cloud service, a web service, cloud computing.

УДК 004.89

С.В. Шаров, Д.В. Лубко, В.В. Осадчий

Мелітопольський державний педагогічний університет імені Б. Хмельницького, Мелітополь

ВИБІР МОДЕЛІ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ЗНАНЬ У СИСТЕМІ ІСІКС

Суттєве збільшення сфер застосування інтелектуальних інформаційних систем актуалізує проблему розробки та обґрунтування нових способів представлення знань. У статті розглядаються традиційні моделі представлення знань, а також звертається увага на перспективний спосіб відображення знань у вигляді онтологій. Зазначається, що методологія онтологій буде використовуватися авторами для забезпечення роботи інтелектуальної інформаційної системи ІСІКС.

Ключові слова: інтелектуальні інформаційні системи, представлення знань, база знань, онтологія.

Вступ

Постановка проблеми. Постійне збільшення обсягів професійних знань та високий ступінь розвитку інформаційно-комунікаційних технологій актуалізує проблему розробки високоякісних програмних продуктів, призначених для задоволення інформаційних потреб користувачів.

Актуальність теми роботи визначається значним розширенням сфери застосування різноманітних інформаційних систем, які засновані на знаннях. Їх можна зустріти і в освіті, і у бізнесі, в управлінській діяльності, тощо. Робота будь-якої інтелектуальної системи передбачає обробку бази знань, яка складає її основу та має властивість поступово накопичувати нові знання. Водночас, на Україні, у зв'язку із прискоренням євроінтеграційних процесів, постала необхідність та виникла потреба створення інструменту для зіставлення систем кваліфікацій в європейських країнах із українською національною рамкою кваліфікацій. Багатьом учням, а особливо випускникам ВНЗ, викладачам та роботодавцям необхідна інформація про кваліфікації, щоб зрозуміти і порівняти системи освіти і професійної підготовки різних країн для кращого планування навчання і свого майбутнього працевлаштування.

Аналіз останніх досліджень. Питаннями розробки різних інформаційних систем займалися як зарубіжні (Bilewski L., Lewand R., Pearl J.) так і вітчизняні (Лозицький О.А., Пасічник О.В., Темник К.В.) науковці. Теоретичні та практичні засади створення та використання онтологій розроблялися Грубером Т. та Гуаріно Н. Концептуальні засади та методичні аспекти впровадження національних рамок кваліфікацій висвітлювались Захарченком В.М., Подковкою Х.В. та ін.

Метою статті є загальний огляд основних моделей представлення знань, повідомлення про вибір онтології у якості основи для бази знань, яка буде оброблятися інформаційною інтелектуальною системою ІСІКС.

Основна частина

Активне застосування систем, з елементами штучного інтелекту, істотним чином перетворює сучасну реальність та формує особливий тип світовідчуття. Техніка, яка оснащена ознаками штучного інтелекту, що є засобом підвищення рівня комфорту і безпеки, стає характерною рисою повсякденного побуту [1]. Зазначені закономірності призвели до появи інформаційних систем нового типу, з назвою - інтелектуальні інформаційні системи (ІІС). Під ІІС розуміють автоматизовані інформаційні системи, які засновані на знаннях, або комплекс програмних, логіко-математичних і лінгвістичних засобів для здійснення підтримки діяльності людини та пошуку інформації у режимі забезпечення діалогу між обчислювальною технікою та користувачем засобами природної мови [2].

Інтелектуальні інформаційні системи є природним результатом розвитку звичайних інформаційних систем, які зосередили у собі технології з високим рівнем автоматизації процесів підготовки інформації для прийняття рішень та безпосередньо процесів вироблення варіантів рішень, що спираються на отримані інформаційною системою даних [3]. Їх використання можна зустріти у бізнесі, на виробництві, освіті, тощо. Так, у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Б. Хмельницького колективом розробників було поставлено за мету розробити інтелектуальну систему інформаційного та когнітивного супроводу функціонування Національної рамки кваліфікацій (ІСІКС). Зазначена інформаційна інтелектуальна система дозволить об'єднати інформацію про рамки кваліфікацій різних країн, компетенції випускників вищих навчальних закладів та попит стейкхолдерів на висококваліфікованих фахівців.

Основу будь-якої інтелектуальної системи складають база знань і закладений в систему механізм виведення рішень. Ці компоненти визначають дві основні інтелектуальні характеристики системи: здатність зберігати знання про щось і вміння оперувати цими знаннями [4]. Тому на початковому етапі

розробки інтелектуальної системи ІСІКС потрібно було визначитися із моделлю представлення знань.

Взагалі, поняття знань розглядається як сукупність даних, що мають розвинену і складну структуру. Знання в базі знань подаються у вигляді певних інформаційних одиниць знань і зв'язків між ними. Слід зазначити, що форма подання знань істотно впливає на властивості та характеристики інформаційних систем, тому це є однією з важливіших проблем, характерних для систем, орієнтованих на знання. Оскільки логічні висновки та дії над знаннями в інформаційних інтелектуальних системах проводяться програмним чином, то знання не можуть бути подані безпосередньо в звичайному вигляді, тобто в тому вигляді, в якому вони використовуються користувачами системи [5]. Тому одним із головних завдань, при створенні інтелектуальних інформаційних систем, полягає у структуруванні та занесенні знань так, щоб програмні агенти або модулі, які входять до складу інтелектуальної системи, змогли осмислено обробляти їх та задовольняти інформаційні потреби користувача.

Знання, як особливий ресурс, мають властивості безперервного нарощування їх обсягів і якісних характеристик у відповідності до змін у науці, суспільстві або культурі. Як і будь-який інший ресурс, знання підтвержені швидкому старінню. Тому для роботи зі знаннями потрібні особливі методи їх обробки, зберігання та використання. Для цього було введено поняття інженерії знань, під яким можна розуміти теорію, методологію і технологію, які охоплюють методи видобутку, аналізу, подання та обробки знань, отриманих від експертів.

Предметом інженерії знань є представлення знань, їх обробка та використання, що розглядаються стосовно конкретної прикладної області. За визначенням, представлення знань – це напрям методології науки і системних досліджень, що вивчає прагматичні характеристики наукового знання, тобто залежність організації знання від вимог діяльності, у межах якої їх потрібно використовувати.

Проблема представлення та подання знань полягає в тому, що в більшості випадків знання є продуктом діяльності людини, точніше, експерта в деякій предметній області. Ці знання часто мають якісний, але суперечливий характер. Для подальшої обробки та використання цих знань, з урахуванням специфіки функціонування комп'ютера, вони повинні бути приведені до однозначного формалізованого виду.

Представлення знань в електронному варіанті передбачає визначення деяких початкових об'єктів, правил формування на їх основі нових об'єктів і в результаті отримання опису цих знань. Формальний спосіб опису предметної області і є моделлю представлення знань. У якості вхідних об'єктів виступають значення даних. Відносини між даними визначають правила утворення нових об'єктів. Виконуючи окремі процедури над відносинами між даними,

структурують дані і формують певні знання [6]. В наш час моделі подання знань є предметом досліджень і розробок, як в середовищі вузьких спеціалістів (в основному програмістів і математиків), так і спеціалістів різноманітних предметних галузей, які намагаються використовувати інтелектуальні системи в своїй діяльності. До моделей подання знань, які застосовуються у навчальних інтелектуальних системах, повинні висуватися такі вимоги:

- прогнозована ефективність – здатність системи оцінити якість згенерованого рішення;
- здатність до пояснення рішення;
- продуктивність – прогнозований час реакції на зовнішній вплив і наявність механізмів оптимізації процедур виведення;
- здатність до навчання – придатність системи в автоматизованому режимі накопичувати знання і враховувати нові вхідні дані;
- масштабованість – можливість нарощування бази знань або об'єднання декількох баз знань різних рівнів в єдину ієрархічну систему;
- можливість імпорту-експорту знань – придатність бази знань до модернізації в процесі еволюції системи;
- наочність – придатність до сприйняття і аналізу цілісного образу знань [7].

Завдяки цьому сьогодні існують різноманітні моделі подання знань для різних предметних областей. Більшість з них може бути зведена до наступних класів: логічні моделі; семантичні мережі; фрейми; продукційні моделі та нейронні мережі. Звичайно, кожен із зазначених вище типів моделей подання знань має свої переваги та недоліки в залежності від сфери застосування.

Коротко розглянемо основні характеристики кожної із зазначених моделей.

Логічна модель представлення знань. Знання, необхідні для вирішення задачі, і сама задача, описуються певними твердженнями на логічній мові. Знання становлять безліч аксіом, а задача, що вирішується, являє собою теорему, яка вимагає доказу. Процес доведення теореми і становить логічну модель подання знань. Опис логічної моделі ґрунтується на конструктивній логіці, яку можна відобразити наступною сукупністю:

$$M = \langle T, P, A, F \rangle,$$

де T – множина базових елементів, P – множина правил, A – безліч справжніх виразів (аксіом), F – правило висновку.

Семантична модель представлення знань. Ця модель дозволяє оперувати поняттями, вираженими на природній мові. Прикладом реалізації такої моделі служать експертні системи. Для побудови моделі використовують апарат семантичних мереж, представлених у вигляді графа:

$$G = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n; \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\},$$

де Y – вузли (вершини) графа. Вони відображають деякі сутності – об'єкти, події, процеси, явища і т.д.;

β – дуги графа, які позначають відносини між сутностями, задані на множині вершин. Вершини відображають сутності різного ступеня спільності. Їх впорядкування відбувається за видами відносин. Предметна галузь відображається як сукупність сутностей і відносини між ними.

Фреймова модель представлення знань. Ця модель базується на сприйнятті людиною навколишнього світу, на психології людини. Коли людина потрапляє в якусь ситуацію, вона ідентифікує її деякій типовій структурі, наявній в її пам'яті. Ця структура і є фреймом – декларативним поданням типової ситуації, доповненою процедурною інформацією про можливість та шляхи її використання.

Продукційна модель містить сукупність правил (продукції) у вигляді:

1. „ЯКЦО” умова „ТО” дія
2. „ЯКЦО” причина „ТО” наслідок
3. „ЯКЦО” ситуація „ТО” рішення.

Суть моделі полягає в тому, що якщо виконуються певні правила умови, то потрібно зробити деяку дію. Продукційні моделі можуть бути реалізовані процедурно і декларативно. У процедурних системах неодмінно повинні бути: база даних, набір продукційних правил та інтерпретатор (він визначає послідовність активізації продукції). База даних є змінною частиною моделі, а правила та інтерпретатор постійні. Можна додавати і змінювати лише факти (знання). Продукційні моделі застосовуються у тих предметних галузях, які характеризуються відсутністю чіткої логіки, а завдання вирішуються на основі незалежних правил (евристик).

Нейронні мережі. Нейронні мережі є спробою моделювання здатності людського мислення, зокрема, здатності навчатися і вирішувати задачі розпізнавання по прецедентах. Вони засновані на досягненнях біології і медицини — найпростіших моделях людського мозку, створених у середині минулого століття. Біологічний мозок розглядається як множина елементарних елементів - нейронів, з'єднаних один з одним численними зв'язками. Нейрони бувають трьох типів: рецептори (приймаючі сигнали з зовнішнього середовища і передавальні іншим нейронам), внутрішні нейрони (приймаючі сигнали від інших нейронів, що перетворюють їх і передають іншим нейронам) і реагуючі нейрони (приймаючі сигнали від нейронів і сигнали, які передаються у зовнішнє середовище).

Як форма представлення знань в інтелектуальних інформаційних системах все більшу популярність набуває *онтологія*. В останні роки розробка та використання онтологій знайшла широке практичне застосування в конкретних предметних областях.

Онтологію можна визначити як ієрархічно структуровану безліч термінів, що описують предметну область. Вона може бути використана як вихідна структура для бази знань. У інженерії знань

під онтологією розуміється детальний опис деякої проблемної області, який використовується для формального і декларативного визначення її концептуалізації. Онтології дозволяють представити поняття у вигляді, придатному для машинної обробки. Нерідко вони використовуються в якості посередника між користувачем і інформаційною системою та дозволяють формалізувати домовленості про термінологію між розробниками або групою користувачів, які будуть використовувати ІС [8].

Комп'ютерна онтологія є формальним виразом концептуальних знань про предметну область. За своєю значимістю її можна порівняти з базою знань інтелектуальної інформаційної системи, а її побудова є специфічною формою людської творчості. Творчий процес можна представити сукупністю операцій, процедур із судженнями, твердженнями, поняттями і відносинами між ними. Відношення, у свою чергу, є основою для побудови складової частини наукової теорії – онтологічної бази знань у заданій предметній області. При цьому такі знання описуються в декларативній формі [9].

Зазвичай онтології складаються з примірників, понять, атрибутів і відносин. Екземпляри складають елементи нижнього рівня, при цьому головною метою онтологій є саме класифікація екземплярів. У якості понять обираються абстрактні набори або колекції об'єктів. Атрибути використовуються для зберігання специфічної інформації про об'єкт. Відносини дозволяють визначити залежності між об'єктами онтології. У результаті повного опису об'єктів і їх властивостей, предметна область буде представлена як складна ієрархічна база знань, над якою можна буде здійснювати «інтелектуальні» операції, такі як семантичний пошук і визначення цілісності та достовірності даних [10].

Формально модель онтології можна представити у вигляді впорядкованої трійки кінцевих множин:

$$O = \langle T, R, F \rangle,$$

де T – терміни прикладної області, яку описує онтологія; R – відносини між термінами заданої предметної області; F – функції інтерпретації, задані на термінах та/або відносинах онтології.

Вчений Антонов І. пропонує дещо інше формальне представлення онтології предметної області, на основі якої можуть бути побудовані інтелектуальні системи семантико-орієнтованого доступу. Так, модель онтології може бути представлена таким кортежем [11]:

$$Q = \langle C, M, R \rangle,$$

де $C = \{c_i\}$ – множина понять (концептів), які утворюють онтологію Q ; $M_i = \{m_{1i}, \dots, m_{di}\}$ – множина атрибутів поняття c_i ; R – відношення безпосереднього наслідування.

Загальний підхід до створення онтологій містить декілька етапів, а саме:

- 1) визначення цілей та меж системи, що описується;
- 2) вибір основних концептів з визначенням множин синонімів (сінсетів);
- 3) визначення слотів;
- 4) визначення типів і значень (фасетів) слотів;
- 5) визначення примірників концептів;
- 6) верифікація створеної онтології.

Причому розрізняють спадний, висхідний та змішаний стилі розробки. При спадному стилі вибір концептів починається з найбільш загальних понять, а при висхідному - вибір концептів починається, навпаки, з найбільш конкретних понять [12].

Зважаючи на особливості представлення знань у розглянутих вище моделях, у якості основної моделі у системі ІСІКС була обрана саме онтологія. Її використання дозволить специфікувати основні компоненти процесу вищої освіти (професії, спеціальності, рівні, вміння, знання тощо), а також забезпечить можливість організації ефективного багатокористувачького доступу до ресурсів щодо використання Національної рамки кваліфікацій.

Слід зазначити, що створення онтологій є процесом ітераційним, що виконується автором (у нашому випадку групою авторів) з використанням інструментальних програмних засобів, таких як Ontolingua, Protege, OntoEdit, WebOnto та ін. Вибір конкретного інструментального засобу залежить від мети створеної онтології та досвіду розробників.

Висновки

При розробці інтелектуальної інформаційної системи, важливе місце посідає вибір оптимального способу подання знань, який у кожному конкретному випадку значною мірою залежить від призначення системи, а також характеру задач, які повинні бути розв'язані. У якості оптимального варіанту, для роботи інтелектуальної інформаційної системи ІСІКС, нами була обрана онтологія представлення знань у вигляді ієрархічної структурованої множини класів, які описують предметну область, та зв'язків між ними.

ВЫБОР МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В СИСТЕМЕ ИСИКС

С.В. Шаров, Д.В. Лубко, В.В. Осадчий

Существенное увеличение сфер применения интеллектуальных информационных систем актуализирует проблему разработки и обоснования новых способов представления знаний. В статье рассматриваются традиционные модели представления знаний, а также обращается внимание на перспективный способ отображения знаний в виде онтологий. Отмечается, что методология онтологий используется авторами для обеспечения работы интеллектуальной информационной системы ИСИКС.

Ключевые слова - информационная интеллектуальная система, представление знаний, база знаний, онтология.

SELECT MODEL PRESENTATION OF KNOWLEDGE IN ISICS

S.V. Sharov, D.V. Lubko, V.V. Osadchy

A significant increase in applications of intelligent information systems actualizes the problem of the development and validation of new ways of presenting knowledge. The article deals with the traditional model of knowledge representation, as well as drawing attention to the promising way to display knowledge in the form of ontologies. It is noted that the methodology used by the authors of ontologies for the operation of intelligent information systems ISICS.

Keywords - information intelligent system, knowledge representation, knowledge base, ontology.

Список літератури

1. Ревко П.С. Искусственные интеллектуальные системы в повседневной жизни человека / П.С. Ревко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Вып. № 9-2. – 2006. – С. 109–110.
2. Смагин А.А. Интеллектуальные информационные системы: учеб. пособ. / А.А. Смагин, С.В. Липатова, А.С. Мельниченко. – Ульяновск: УлГУ, 2010. – 136 с.
3. Козлов А.Н. Интеллектуальные информационные системы: учебник / А.Н. Козлов. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 278 с.
4. Сахнюк П.А. Интеллектуальные системы и технологии: учеб. пособ. – Ставрополь: Агрус, 2012. – 228 с.
5. Невмержицький О.В. Аналіз сучасних моделей, орієнтованих на знання, та методів прийняття рішень / О.В. Невмержицький // Інформаційні технології проектування. – №13. – 2013. – С. 119–125.
6. Федорук П.І. Модель представлення знань в адаптивній системі дистанційного навчання та контролю знань «EduPRO» / П.І. Федорук, С.М. Масловський // Штучний інтелект. – №3. – 2011. – С. 463–472.
7. Любарський С.В. Методологія вибору моделі подання знань в інтелектуальних навчальних системах / С.В. Любарський, П.В. Шаціло / Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – № 2. – 2010. – С. 65–71.
8. Захарова О. В. Онтологии в системах управления знаниями / О.В. Захарова // Бизнесинформ. – № 6. – 2011. – С. 43–45.
9. Петренко Н. Компьютерные онтологии и онтолого-управляемая архитектура информационных систем / Н. Петренко // Information Models of Knowledge. – ITHEA: Kiev – Sofia. – 2010. – С. 86–92.
10. Верхотурова Ю.С. Онтология как модель представления знаний / Ю.С. Верхотурова // Вестник Бурятского государственного университета. – №15. – 2012. – С. 32–36.
11. Антонов И.В. Модель онтологии предметной области для систем семантически-ориентированного доступа / И.В. Антонов // Труды Псковского политехнического института. – № 14.3. – 2011. – С. 339–343.
12. Норенков И.П. Интеллектуальные технологии на основе онтологий / И.П. Норенков // Информационные технологии. – №1. – 2010. – С. 17–23.

Надійшла до редколегії 17.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Єремєєв, Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького, Мелітополь.

УДК 778.14:006.05

І.І. Шевченко

Науково-дослідний, проектно-конструкторський
та технологічний інститут мікрографії, Харків

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ МАТЕРІАЛІВ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ДЛЯ ВІДПОВІДНОСТІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ СТРАХОВОГО ФОНДУ ДОКУМЕНТАЦІЇ ВИМОГАМ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

У статті визначено роль стандартизації на сучасному етапі існування суспільства, представлено матеріали досліджень міжнародних стандартів для удосконалення роботи державної системи СФД. Визначено пріоритетні напрями діяльності: технологічне забезпечення СФД України, нормативне забезпечення СФД України, розроблення автоматизованої інформаційної системи СФД України.

Ключові слова: страховий фонд документації, міжнародне співробітництво, гармонізація національних нормативних документів, дослідження міжнародних стандартів.

Вступ, постановка проблеми

Прагнення нашої країни стати рівноправним членом Європейського союзу потребує вдосконалення національної системи технічного регулювання, що сприятиме створенню належних умов для захисту прав споживачів, розвитку найбільш пріоритетних галузей економіки та виробництва, що випускатимуть якісну продукцію.

Членство України в Світовій організації торгівлі (далі – СОТ) потребує налагодження співпраці з міжнародними організаціями, суб'єктами господарювання щодо проведення експертної оцінки цілої низки проектів на відповідність міжнародним стандартам. Міжнародне співробітництво у сфері стандартизації сприяє створенню єдиної для всіх країн системи стандартизації, її розвитку та функціонуванню.

Розроблення та прийняття національних стандартів на основі міжнародних та європейських стандартів є одним із пріоритетних напрямів реалізації державної політики у сфері технічного регулювання і стандартизації. Це визначено програмами економічних реформ, затверджених нормативно-правовими актами Президента та Уряду України.

Стандартизація одна з важливих частин економічної політики України, потужній представник українських інтересів на міжнародному ринку. Активний розвиток напрямків стандартизації становить невід'ємну частину програм наукових досліджень [1].

Стандартизація є унікальною в плані розвитку та модернізації промисловості, впливає на інноваційні процеси та підвищення якості життя населення, сприяє поширенню ефективних і стійких технологій завдяки застосуванню міжнародних стандартів та гармонізації національних нормативних документів зі світовими аналогами. Розуміння важливості цього питання

веде до підвищення конкурентоспроможності продукції та подолання технічних бар'єрів у торгівлі.

Міжнародна організація зі стандартизації (далі – ISO), узагальнюючи результати досліджень та використовуючи стандартизовану термінологію, розробляє і поширює стандарти та рекомендації для всіх країн світу, що веде до зменшення виробничих витрат на розроблення і забезпечує рівень довіри і взаємне міжнародне визнання на різних рівнях.

Основна частина

Для ліквідації технічних бар'єрів існує необхідність взаємного визнання результатів оцінювання відповідності. При цьому стає необхідною технічна гармонізація, тобто сумісність технічних вимог та процедур різних країн. Технічна гармонізація досягається наявністю в країні сучасної системи технічного регулювання, яка відповідає загальноновизнаним міжнародним нормам та правилам, насамперед, СОТ та ISO.

Технічний комітет стандартизації «Страховий фонд документації» (далі – ТК 40), функції ведення секретаріату якого виконує Науково-дослідний, проектно-конструкторський та технологічний інститут мікрографії (далі – НДІ мікрографії), представляє інтереси України в ISO у чотирьох технічних комітетах – ISO/TC 42 «Фотографія», ISO/TC 46 «Інформація і документація», ISO/TC 171 «Управління документообігом» та ISO/TC 223 «Цивільний захист» (з січня 2015 року – ISO/TC 292 «Безпека»).

ТК 40 підтримує технічну політику України щодо інтеграції до Європейського Союзу шляхом проведення аналізу та досліджень міжнародних стандартів ISO у сферах діяльності, суміжних зі сферою страхового фонду документації (далі – СФД) для визначення можливості їх гармонізації з державними стандартами. За весь період роботи ТК 40 розроблено 35 національних стандартів України

згармонізованих з міжнародними, проведено експертизу 655 міжнародних стандартів ISO на різних стадіях розроблення. Експертиза передбачає системний аналіз та дослідження матеріалів міжнародних стандартів міжнародних технічних комітетів стандартизації, а саме: опрацювання міжнародної та національної нормативних баз у сфері оцінювання відповідності, порівняння їхнього сучасного стану, виявлення основних тенденцій розвитку, а також формування практичних рекомендації щодо застосування передових технологій в наукових роботах (далі – НР), які проводить НДІ мікрографії.

На рис. 1 наведено гістограму, на якій відображено проведену роботу, а саме: кількість проаналізованих міжнародних стандартів за технічними комітетами з 2005 по 2015 рік.

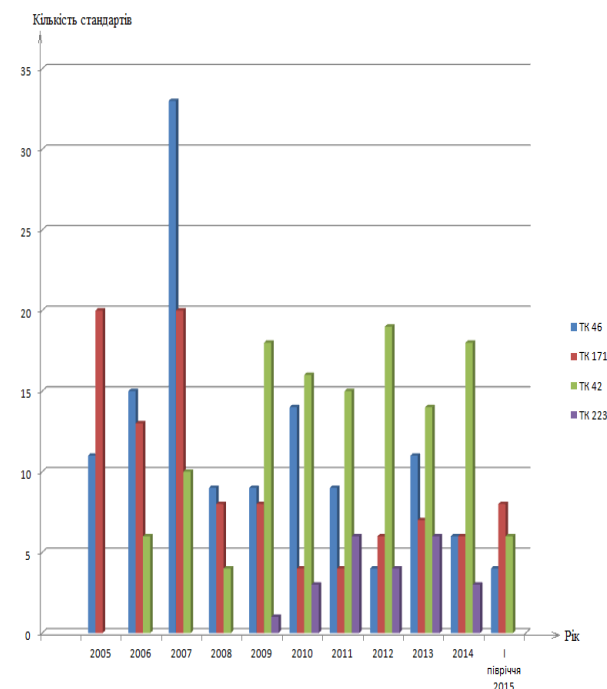


Рис. 1. Гістограма кількості проаналізованих міжнародних стандартів за технічними комітетами з 2005 по 2015 рік

Успішне функціонування державної системи СФД можливе тільки за наявності відповідного науково-методичного, технічного, технологічного, нормативно-правового, інформаційного та програмного забезпечення, наявність якого веде до реалізації державної політики у сфері формування, ведення та використання СФД.

Удосконалення державної системи СФД неможливо здійснювати без впровадження передових досягнень у різних галузях техніки, технології, практичного досвіду, інформацію про які можна отримати з матеріалів міжнародних стандартів. Розвиток новітніх технологій надає можливість удосконалити традиційні технології, використовуючи їх переваги, шляхом впровадження прогресивних, зокрема гібридних технологій.

Вирішення проблеми

Фахівці НДІ мікрографії для забезпечення установ СФД сучасними методами виготовлення та зберігання документів СФД проводять НР з дослідження матеріалів міжнародних стандартів ISO, отриманих у рамках міжнародного співробітництва з міжнародними технічними комітетами в галузі стандартизації за чотирма напрямками: фотографія, інформація та документація, управління документообігом, цивільний захист, які стосуються сфер СФД, вивчають їх основні положення та вимоги, систематизують та узагальнюють отриману інформацію та за результатами цих досліджень розробляють рекомендації щодо гармонізації науково-технічної продукції сфери СФД з міжнародною. Проведення НР у сфері СФД ґрунтується на вимогах державної політики у сфері стандартизації, яка базується на принципах відповідності стандартів законодавству, адаптації до сучасних досягнень науки і техніки з урахуванням стану національної економіки, пріоритетності прямого впровадження в Україні міжнародних стандартів, дотримання міжнародних та європейських правил і процедур стандартизації [2, 3].

Результати досліджень міжнародних стандартів ISO та розроблені рекомендації щодо гармонізації нормативної бази державної системи СФД з міжнародною впроваджують у НР НДІ мікрографії за трьома пріоритетними напрямками діяльності:

- технологічне забезпечення СФД України;
- нормативне забезпечення СФД України;
- автоматизована інформаційна система СФД.

Тільки за останні два роки було використано матеріали 12 міжнародних стандартів ISO та надано рекомендації для використання в перспективі більш ніж 30 міжнародних стандартів, інформація про які занесена до електронної бази міжнародних стандартів та буде використана в разі потреби в майбутньому фахівцями НДІ мікрографії.

За напрямом «Технологічне забезпечення СФД України» проаналізовано міжнародні стандарти, матеріали яких сприяли вирішенню завдань щодо вдосконалення традиційних та розроблення перспективних технологій виготовлення, зберігання та відтворення документів СФД, спрямованих на удосконалення таких технологічних операцій:

- підготовки документації, наданої в електронному вигляді, для формування СФД, за рахунок автоматизації процесу;
- зйомки документації з використанням сучасного устаткування;
- формування, зберігання та відтворення документів СФД;
- забезпечення довгострокового зберігання цифрової інформації та документації в електронному вигляді для подальшого відтворення у випадках виникнення надзвичайних ситуацій;

– використання цифрових технологій під час виготовлення документів у державній системі СФД.

Наприклад, під час:

– розроблення методу визначення якості растрових напівтонових зображень електронних копій документів було використано: формат файлів PDF 2.0, тест-оригінал для визначення якості продукції під час сканування документів, терміни та визначення понять, які стосуються процесу електронного сканування документів;

– реалізації методу кодування та декодування цифрової інформації було використано: тест-оригінал, завдяки якому фахівцями НДІ мікрографії розроблені тестові кадри, що дали можливість визначити динамічний діапазон COM-system (комп'ютерне отримання мікрображення) та сканера мікрофільмів, матеріал для опрацювання питання щодо можливості використання електронного цифрового підпису документів;

– розроблення методу створення комплексного електронного образу документації, наданої на мікрофільмування застосовано експериментальні методи оцінки якості зображення та визначення класу приладів, які перетворюють оптичне зображення в оцифрований сигнал;

– дослідження питання створення сховища електронних копій документів СФД у Державному реєстрі документів СФД України використано: положення міжнародних стандартів щодо переліку заходів з періодичного контролю електронних мікрофільмів та формат файлів PDF 1.4 (PDF/A-1), на підставі якого формувались комплектувальні документи СФД.

Також у матеріалах міжнародних стандартів було визначено актуальну інформацію щодо:

– вдосконалення основних технологічних процесів зйомки документації з використанням сучасного устаткування;

– розробки технології збереження документів СФД на електронних носіях (зокрема оптичних дисках);

– забезпечення точного визначення термінів та понять у сфері електронних зображень;

– визначення вимог щодо архівації електронних даних для збереження протягом тривалого періоду електронного носія інформації;

– довгострокового зберігання мікрофільмів в електронному вигляді;

– допомоги в визначенні експозиції під час встановлення режимів експонування та хімікофотографічного оброблення для документації в електронному вигляді, яка не відповідає вимогам нормативних документів системи СФД;

– представлення методу визначення ламкості фотоплівки;

– розгляду методу визначення стійкості фотографічних емульсій до стирання, який рекомендовано використати у сфері СФД під час мікрофільмування, зберігання та контролю документів СФД для визна-

чення: очищувачів поверхні мікрофільмів, відповідних розчинів для використання в якості фунгіцидів під час антибактеріального оброблення мікрофільмів, стійкості плівок під час використання на наявних проявних машинах та під час проведення вхідного контролю фотоплівки.

За напрямом «Нормативне забезпечення СФД України» були отримані результати аналізу матеріалів міжнародних стандартів, що:

– забезпечили високий рівень деталізації і точності в документації під час опису культурних цінностей;

– рекомендували відповідну термінологію та сформулювали її визначення для спрощення міжнародних порозумінь у сфері інформації і документації та термінологію у сфері електронних зображень щодо вдосконалення термінологічного стандарту державної системи СФД;

– надали основні принципи щодо створення бібліографічних посилань та єдині правила складання й подання їх у виданнях;

– представили можливість розглянути систему бібліографічного покажчика елементів даних для використання під час патентного пошуку інформації, класифікації стандартів залежно від специфіки об'єктів стандартизації, гармонізації стандартів для визначення сфери взаємодії з іншими стандартами.

За напрямом «Розроблення автоматизованої інформаційної системи СФД України» за матеріалами аналізу міжнародного стандарту:

– використано формат файлів PDF 2.0, який був застосований під час розробки власного програмного забезпечення та завдяки якому сформовано і далі формуються файли паспортів мікрофільмів у програмному забезпеченні автоматизованого робочого місця регіонального центру СФД.

Під час створення електронного сховища документів СФД у Державному реєстрі документів СФД України за матеріалами міжнародного стандарту, а саме на підставі його рекомендацій стосовно забезпечення електронних документів читаністю, інтерпретованістю, доступністю, автентичністю сформовано вимоги до нової інформаційної одиниці сховища електронних копій документів СФД – Електронного мікрофільму. Також результати досліджень міжнародних стандартів сприяли впровадженню сучасної гібридної технології зберігання, а саме надали:

– порядок застосування електронного цифрового підпису документів;

– вимоги до формату файлу PDF/UA-1, які використано під час визначення вимог до складу та формату даних та метаданих, з яких складатиметься відомість в електронному вигляді щодо змісту руло-ну мікрофільму СФД;

– перелік заходів з періодичного контролю електронних мікрофільмів, що зберігаються у сховищі електронних копій документів СФД;

– формат файлу PDF 1.4 (PDF/A-1), на основі якого сформовано комплектувальні документи СФД тощо [4, 5].

Крім того, за напрямом «Цивільний захист» отримані матеріали міжнародних стандартів, які надають можливість оцінити ризики, вимоги та правила впровадження комплексу організаційних, технічних і спеціальних заходів для захисту населення в надзвичайній ситуації.

Згідно з Угодою про науково-технічне співробітництво між НДІ мікрографії та Українським науково-дослідним інститутом цивільного захисту результати цієї НР можуть використовуватись у сфері «Цивільного захисту».

Ефект від упровадження результатів досліджень міжнародних стандартів полягає в підвищенні рівня якості НР, що виконують у державній системі СФД, зниження трудомісткості розроблення нових НД через застосування вимог та положень міжнародних стандартів.

Висновки

З огляду на результати НР з проведення досліджень матеріалів міжнародних стандартів для відповідності науково-технічної продукції СФД вимогам європейської системи технічного регулювання можна зробити висновок, що для сталого розвитку системи СФД необхідно продовжувати використовувати світовий досвід під час виконання НР у сфері СФД для зростання наукового та організаційно-технічного потенціалу.

Також потребують подальшого вдосконалення роботи щодо участі в діяльності міжнародних технічних комітетів стандартизації. З цією метою бажано брати активну участь у засіданнях міжнародних технічних комітетів стандартизації під час прийняття проектів міжнародних стандартів та проведення

експертизи міжнародних стандартів, гармонізації національних стандартів з міжнародними, оновлення нормативної бази державної системи СФД на підставі світового досвіду [6].

Список літератури

1. Бібулатова О. Роль міжнародної стандартизації в економічному розвитку України / О. Бібулатова, Ю. Гриньов // Стандартизація сертифікація якість. – 2012. – № 1. – С. 3.
2. Про стандартизацію: закон України від 17 травня 2001 р. № 2408-III // ВВР України. – 2001. – № 31. – Ст. 145. [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2408-14>.
3. Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності: закон України від 01 грудня 2005 р. № IV // ВВР України. – 2006. – № 12. – Ст. 101. [зі змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2408-14>.
4. Дослідження матеріалів міжнародних стандартів ISO для адаптації нормативної бази державної системи страхового фонду документації до вимог європейської системи технічного регулювання та розроблення рекомендацій щодо гармонізації науково-технічної продукції сфери страхового фонду документації з міжнародною звіт про НДР (пром.ж.) / НДІ мікрографії; кер. Кривулькін І.М.; викон.: Шевченко І.І. [та ін.]. – Х., 2014. – 76 с.
5. Аналізування міжнародних стандартів ISO та розроблення рекомендацій щодо адаптації науково-технічної продукції сфери СФД до вимог європейської системи технічного регулювання, узагальнення та оцінювання результатів досліджень: звіт про НДР / НДІ мікрографії; кер. Кривулькін І.М.; викон.: Шевченко І.І. [та ін.]. – Х., 2015. – 26 с.
6. Концепція наукової і науково-технічної діяльності у сфері створення, ведення та використання страхового фонду документації на 2011–2015 роки [Текст]: КН-75.2-00010103-003:2009 / НДІ мікрографії; І. Кривулькін (наук. кер.), Т. Беззубець (відп. виконавець) [та ін.]. – Х., 2009. – 49 с.

Надійшла до редколегії 7.08.2015

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В.В. Бабенко, НДПКТ мікрографії, Харків.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ СООТВЕТСТВИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ СТРАХОВОГО ФОНДА ДОКУМЕНТАЦИИ ТРЕБОВАНИЯМ ЕВРОПЕЙСКОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

И.И. Шевченко

В статье определена роль стандартизации на современном этапе существования общества, представлены материалы исследований международных стандартов для совершенствования работы государственной системы СФД. Определены приоритетные направления деятельности СФД: технологическое обеспечение СФД Украины, нормативное обеспечение СФД Украины, разработка автоматизированной информационной системы СФД Украины.

Ключевые слова: страховой фонд документации, международное сотрудничество, гармонизация национальных нормативных документов, исследования международных стандартов.

INTRODUCTION OF RESULTS OF RESEARCHES OF MATERIALS OF INTERNATIONAL STANDARDS FOR ACCORDANCE THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL PRODUCTION OF INSURANCE FUND OF DOCUMENT TO THE REQUIREMENTS OF THE EUROPEAN SYSTEM OF THE TECHNICAL ADJUSTING

I.I. Shevchenko

In the article the role of standardization is certain on the modern stage of existence of society, materials of researches of international standards are presented for perfection of work of the state system of insurance fund of document. Priority directions activity of insurance fund of document are certain: technological providing of insurance fund of document of Ukraine, normative providing of insurance fund of document of Ukraine, development of the automated informative system of insurance fund of document of Ukraine.

Keywords: insurance fund of document, international cooperation, harmonization of national normative documents, researches of international standards.

УДК 658.562:664

В.О. Ярута¹, В.М. Бондаренко², Т.Г. Білова¹, І.О. Побіженко¹¹ Харківська державна академія культури, Харків² Мале науково-виробниче медичне підприємство «Екомікробіолог» ТОВ, Харків

ОЦІНЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОБІОТИЧНОГО ТИПУ

Надано результати мікробіологічних досліджень харчових продуктів функціонального призначення пробіотичного типу, які вказують на те, що існуюча система управління якістю не виконує своїх функцій, оскільки бактеріальний вміст більшості проаналізованих зразків промислово вироблених продуктів не відповідає заявленому виробником, а зразки продуктів, куплених на стихійних ринках, мають бактеріальні забруднення. До того ж відсутня достатня лабораторна база для незалежного оцінювання якості продовольчих товарів.

Ключові слова: система управління якістю, мікробіологічні дослідження, якість, продукти функціонального призначення, пробіотики.

Вступ та постановка завдання дослідження

Сучасний розвиток харчової промисловості пов'язують [1] зі створенням та використанням не лише здорової, але й функціональної їжі, яка відрізняється [2] вмістом лікарських засобів та/або пропонується для профілактики або пом'якшення перебігу хвороби людини.

Завдяки своїм властивостям функціональні продукти складають конкуренцію традиційним лікам. Так, за статистичними даними [3] 15-40 % населення різних країн споживають функціональні продукти та біологічно активні добавки замість традиційних лікарських препаратів. При цьому вважається [3], що в найближчі 15 років функціональна їжа займатиме 30 % всього продовольчого ринку.

Світовий ринок функціональних продуктів складається [3] з молочних виробів (50-60 %), хлібобулочних виробів (9-10 %), напоїв (3-5 %) та інших товарів. На Україні серед функціональних продуктів найбільше поширення [3, 4] також отримали кисломолочні вироби, які створюються ферментацією молока певними мікроорганізмами та містять як живі мікроби, так й продукти їх метаболізму.

Відомо, що систематичне вживання кисломолочних продуктів [5] сприяє нормалізації кишкової мікрофлори, пригнічує зростання потенційно патогенних мікроорганізмів, стимулює імунні реакції, нормалізує моторну функцію кишківника, збільшує засвоєння молочного білка та лактози, знижує ризик виникнення злоякісних новоутворень травного тракту та грудної залози.

Також на ринку існують різноманітні пробіотичні харчові біологічно активні добавки та лікувально-профілактичні препарати, які містять живі штами мікроорганізмів, корисних для людини, та

мають більш широкий позитивний вплив на її організм порівняно з кисломолочними виробами.

На сучасному етапі розвитку харчової промисловості в науковій літературі немає єдиного розуміння поняття «функціональний продукт» [3, 6]. Так, одні дослідники до функціональних продуктів відносять лише продукти харчування на відміну від біологічних добавок та лікарських препаратів, тоді як інші – пробіотичні лікувально-профілактичні препарати та біологічно активні добавки також відносять до продуктів функціонального призначення. Більш того, в роботі [5] продукти функціонального харчування названо різновидом пробіотиків. Вочевидь, що прогнозований позитивний вплив на організм людини можна очікувати лише від тих продуктів, склад яких відповідає нормативним документам, що забезпечується системою управління якістю.

Таким чином, **метою роботи** є оцінювання системи управління якістю продуктів функціонального призначення пробіотичного типу, а саме, кисломолочних виробів та пробіотичних харчових біологічно активних добавок і лікувально-профілактичних препаратів.

Експериментальна частина

Система управління якістю оцінюється за якістю продукції, що потрапляє до споживача. Для оцінювання якості харчових товарів застосовують органолептичні та інструментальні методи [1, 7]. Оскільки основні функції пробіотичної продукції визначаються кількісним складом мікроорганізмів, то експрес оцінювання якості продуктів функціонального призначення пробіотичного типу виконувалось інструментальним мікробіологічним методом, який було застосовано до випадково вибраних зразків кисломолочної продукції та біологічно активних харчових добавок й лікувально-профілактичних засобів.

Всі зразки перевірялись на вміст лактобацил, лактококів, біфідобактерій, стрептококів, ентєрококів, ентєробактерій, стафілококів, кишкових паличок, шигел, сальмонел, псевдомонад, плісняви та грибів. Вміст пропіоновокислих та оцтовокислих бактерій не перевірявся, оскільки відомі авторам лабораторії не мали для цього матеріальної бази.

Серед кисломолочних виробів було перевірено сир кисломолочний фермерського виробництва, кисле домашнє молоко, яке для сквашування було поставлене в тепле місце без будь-яких спеціальних приготувань та біфідойогурт «Активіа» (курагальон), вироблений відповідно до ТУ У 15.5-31489175-010:2008 ТОВ «Данон Дніпро», м. Херсон, Україна, мікробіологічний склад: молочнокислі бактерії, не менше ніж 1×10^7 колонієутворюючих одиниць на грам продукції (КУО/г), біфідобактерії *ActiRegularis*, не менше ніж 1×10^8 КУО/г.

Серед біологічно активних харчових добавок й лікувально-профілактичних засобів було перевірено: закваску суху бактеріальну «Сімбілакт VIVO», вироблену відповідно до ТУ У 15.5-3060300036-001:2009 ТОВ «VIVO-AKTIV», м. Бровари, Україна, мікробіологічний склад: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium animalis*, *Propionibacterium freudenreichii*, *Acetobacter aceti*; закваску «Біфідокомплекс», вироблену відповідно до ТУ У 10.5-37392286-001:2012 центром розвитку та дослідження біохімії «BIOCHEM srl», м. Рим, Італія, при дистрибуції та споживчому маркуванні ТОВ «ГУД ФУД», м. Київ, Україна, мікробіологічний склад: *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*; добавку дієтичну «Мультипробіотик «Симбітер» ацидофільний концентрований», вироблену відповідно до ТУ 46.19405739 України 02.5-93 НВК «О.Д. Пролісок» с. Велика Вільшанка, Київська обл., Україна, мікробіологічний склад: лактобацили та лактококи, не менше ніж $6,0 \times 10^{10}$ КУО/г, біфідобактерії, не менше ніж $1,0 \times 10^{10}$ КУО/г, пропіоновокислі бактерії, не менше ніж $3,0 \times 10^{10}$ КУО/г, оцтовокислі бактерії, не менше ніж $1,0 \times 10^6$ КУО/г; дієтичну добавку «Хілак лакто» в капсулах, вироблену «Сігмар Італія С.п.А.», м. Мілан, Італія, імпортовану ТОВ «Тева Україна», м. Київ, Україна, зареєстровану МОЗ України за № 05.03.02-03/36848 від 03.06.14, мікробіологічний склад: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium breve*, *Vacillus coagulans*, *Streptococcus thermophilus*, сумарна кількість не менше ніж $1,5 \times 10^9$ КУО/г; лікарський засіб «Біфідумбактерин-Біофарма», зареє-

стрований МОЗ України 19.05.2014 р. за № 340, реєстраційне посвідчення № UA/13645/01/01, вироблений ПАТ «БІОФАРМА», м. Київ, Україна, мікробіологічний склад: *Bifidobacterium bifidum* № 1, не менше ніж 1×10^7 КУО/г; та лікарський препарат «Ентерол 250» в капсулах, зареєстрований МОЗ України 08.06.2012 р. за № 429, реєстраційне посвідчення № UA/6295/02/01, вироблений підприємством «БІОКОДЕКС», м. Жангиллі, Франція, мікробіологічний склад: *Saccharomyces boulardii*, 250 мг.

Результати проведених аналізів дозволили встановити, що сир кисломолочний фермерського виробництва містив: *Lactococcus* sp. в кількості 1×10^9 КУО/г, *Enterococcus faecium* в кількості 1×10^6 КУО/г, *Enterococcus faecalis* в кількості 1×10^5 КУО/г, *Shizosaccharomyces* sp. в кількості 1×10^8 КУО/г, неідентифіковані дріжджеподібні гриби в кількості 5×10^7 КУО/г, *Escherichia coli* в кількості 1×10^5 КУО/г; кисле домашнє молоко містило: *Streptococcus lactis* в кількості 3×10^9 КУО/г, *Enterococcus viridans* в кількості 1×10^9 КУО/г, *Enterococcus faecium* в кількості 1×10^9 КУО/г, *Escherichia coli* в кількості 1×10^4 КУО/г, *Shizosaccharomyces* sp. в кількості 5×10^5 КУО/г, *Candida* sp. в кількості 1×10^4 КУО/г, *Staphylococcus epidermidis* в кількості 5×10^2 КУО/г; біфідойогурт «Активіа» (курагальон) містив: *Lactobacillus* sp. в кількості 1×10^9 КУО/г, *Lactococcus* sp. в кількості 1×10^9 КУО/г, *Bifidobacterium* sp. в кількості 7×10^8 КУО/г, *Enterococcus faecium* в кількості 1×10^8 КУО/г; закваска суха бактеріальна «Сімбілакт VIVO» містила: *Lactococcus* sp. в кількості $1,5 \times 10^{11}$ КУО/г, *Enterococcus faecium* в кількості 1×10^8 КУО/г, *Enterococcus faecalis* в кількості 1×10^6 КУО/г, *Streptococcus salivarius* в кількості 1×10^8 КУО/г, *Shizosaccharomyces* sp. в кількості 1×10^2 КУО/г; закваска «Біфідокомплекс» містила: *Lactococcus* sp. в кількості 1×10^6 КУО/г, *Streptococcus salivarius* в кількості 4×10^8 КУО/г, *Shizosaccharomyces* sp. в кількості 2×10^2 КУО/г, неідентифіковані Грам (+) палички, що не утворюють кисломолочного згустку; добавка дієтична «Мультипробіотик «Симбітер» ацидофільний концентрований» містила: *Lactobacillus* sp. в кількості 5×10^7 КУО/г, *Lactococcus* sp. в кількості 2×10^{10} КУО/г, *Streptococcus salivarius* в кількості 5×10^7 КУО/г; дієтична добавка «Хілак лакто» містила: *Lactobacillus* sp. в кількості 5×10^6 КУО/г, *Lactococcus* sp. в кількості 5×10^6 КУО/г, *Bifidobacterium* sp. в кількості $1,1 \times 10^9$ КУО/г, *Enterococcus faecium* в кількості 5×10^6 КУО/г, *Enterococcus faecalis* в кількості 1×10^3 КУО/г; лікарський засіб «Біфідумбактерин-Біофарма» містив: *Bifidobacterium* sp. в кількості 5×10^6 КУО/г; лікарський препарат «Енте-

рол 250» містив: *Saccharomyces* sp. в кількості 2×10^8 КУО/г.

Проведені лабораторні дослідження свідчать, що бактеріальний вміст 71 % (5 з 7) зразків промислово вироблених продуктів не відповідає заявленому виробником, 100 % (2 з 2) зразків продуктів, куплених на стихійних ринках мали бактеріальні забруднення.

Слід зазначити, що отримані результати відносяться до проаналізованих зразків продукції та для розповсюдження їх на всю партію потрібне проведення повторних аналізів [1, 7].

Проте отримані результати вказують на недоліки існуючої системи управління якістю продуктів функціонального призначення пробіотичного типу, яка, за світовим зразком, має містити п'ять складових [8]: Good Hygiene Practice (добра гігієнічна практика), Good Manufacturing Practice (добра виробнича практика), Chain Control (контроль мережі), Quality Control (контроль якості), Hazard Analysis by Critical Control Points (аналіз ризиків та контроль в критичних точках), – та забезпечувати контроль за якістю продукції на етапах закупівлі сировини, виготовлення продукції, її транспортування, збереження та реалізації.

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження свідчать, що, по-перше, відсутня достатня лабораторна база для незалежного оцінювання якості продовольчих товарів мікробіологічним методом; по-друге, харчові продукти, без достатнього контролю за їх якістю, можуть бути джерелом розповсюдження небезпечних інфекцій та, по-третє, існуюча система управління якістю продуктів функціонального призначення пробіотичного типу не забезпечує споживача якісним продуктом, що особливо стосується продукції, купленої на

стихійних ринках, отже система управління якістю не виконує своїх функцій.

В подальшому необхідне проведення повторних більш детальних досліджень для формування рекомендацій з вдосконалення існуючої системи управління якістю продуктів функціонального призначення пробіотичного типу.

Список літератури

1. Сирохман І.В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. посібник [Електронний ресурс] / І.В. Сирохман, В.М. Завгородня. – Режим доступу: http://ebooktime.net/book_74.html, вільний.
2. Закон України «Про безпеку та якість харчових продуктів» // Відомості Верховної Ради. – 1998. – № 19. – ст. 98.
3. Никберг І.И. Функциональные продукты в структуре современного питания / И.И. Никберг // Международный эндокринологический журнал. – 2011. – 6 (38).
4. Селивестрова И. Современная концепция питания / И. Селивестрова // Витрина. – 2003. – № 7. – С. 7-8.
5. Шендеров Б. Биодобавки и функциональное питание [Електронний ресурс] / Б. Шендеров. – Режим доступу до ресурсу: <http://beautyinfo.com.ua/m0c3i161.html>, свободный.
6. Бакатина Н. Еда «особого назначения»: что такое функциональное питание [Електронний ресурс] / Н. Бакатина. MedWeb, 2015. – Режим доступу : <http://www.medweb.ru/articles/что-такое-функциональное-pitanie>.
7. Никифорова Н.С. Справочник по товароведению продовольственных товаров. В 2 т. Т. 1: учеб. пособие для нач. проф. образования / Н.С. Никифорова, А.М. Новикова, С.А. Прокофьева. – М.: Издат. центр «Академия», 2008. – 384 с.
8. Бурыкина И.М. Качество молочных продуктов – как фактор конкурентоспособности [Електронний ресурс] / И.М. Бурыкина, В.А. Замуракин, Г.В. Андреева. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.studfiles.ru/preview/406640/>, свободный.

Надійшла до редколегії 8.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.Г. Асеев, Харківська державна академія культури, Харків.

ОЦЕНКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКОГО ТИПА

В.А. Ярута, Т.Г. Белова, И.А. Побиженко

Приведены результаты микробиологических исследований пищевых продуктов функционального назначения пробіотического типа, которые указывают на то, что существующая система управления качеством не выполняет своих функций, так как бактериальный состав большинства проанализированных образцов промышленно изготовленных продуктов не соответствует заявленному изготовителем, а образцы продуктов, купленных на стихийных рынках, имеют бактериальные загрязнения. К тому же отсутствует достаточная лабораторная база для независимой оценки качества продовольственных товаров.

Ключевые слова: система управления качеством, микробиологические исследования, качество, продукты функционального назначения, пробіотики.

AN EVALUATION OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF PROBIOTIC TYPE FUNCTIONAL FOOD

V.O. Yaruta, V.M. Bondarenko, T.G. Bilova, I.O. Pobizhenko

Results of microbiological testing of probiotic type functional food are given, which indicating that the existing quality management system is not fulfilling its function because bacterial content of most of the analyzed samples of industrially manufactured products is not as declared by the manufacturer, and samples of products purchased at natural markets have bacterial contamination. Moreover, sufficient laboratory facilities for an independent evaluation of the quality of food products are not exist.

Keywords: quality management system, microbiological tests, quality, functional food, probiotics.

Математичні моделі та методи

УДК 515.164.15 : 517.925

В.Ю. Дубницький, А.И. Ходырев

Харьковский учебно-научный институт ГВУЗ Университета банковского дела, Харьков

ПРИЛОЖЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ К ГЕОМЕТРИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ КАТАСТРОФ. КАСПОИДНЫЕ КАТАСТРОФЫ

Для каспоидных катастроф типа: складка, сборка первого типа, сборка второго типа, ласточкин хвост, бабочка первого типа, бабочка второго типа, вигвам, в явном виде определены элементарные дифференциально-геометрические характеристики, такие, как: отрезки касательной, подкасательной, нормали, поднормали, кривизну и радиус кривизны катастрофы, координаты центра её кривизны.

Ключевые слова: теория катастроф, каспоидные катастрофы, катастрофы типа: складка, сборка первого типа, сборка второго типа, ласточкин хвост, бабочка первого типа, бабочка второго типа, вигвам, касательная, подкасательная, нормаль, поднормаль, кривизна кривой, радиус кривизны, координаты центра кривизны кривой.

Введение

В современном представлении математическую теорию катастроф рассматривают как часть качественной теории нелинейных систем, которая позволяет предсказывать скачкообразные изменения состояния системы при плавном изменении её параметров. Формальное определение катастрофы как математического объекта с особыми свойствами и рассмотрение возникающих при этом задач дано в работах [1–3]. Для изложения дальнейшего материала примем следующее определение, приведенное в различных вариантах в работах [1–3]. Предметом теории катастроф служит изучение зависимости поведения систем различной природы (решения уравнений, моделирующих поведение этих систем) в зависимости от изменения значений коэффициентов, определяющих её состояние.

Анализ литературы. В соответствии с работами [1–4] рассмотрим многочлен не менее чем третьей степени:

$$G = V(X, C), \quad X = x_1, \dots, x_j, \dots, x_n; \quad C = c_1, \dots, c_\alpha, c_k, \quad (1)$$

зависящий от n переменных и дифференцируемый не менее двух раз. Примем, что $1 \leq j \leq n$ и $1 \leq \alpha \leq k$. Такой многочлен называют потенциальной функцией катастрофы. В условии (1) вектор переменных X называют вектором фазовых координат системы (1), вектор C называют вектором управляющих параметров этой же системы. Выражение (1) называют потенциальной функцией катастрофы. Состояние равновесия системы (1) определяют из условия:

$$F(X, C) = \text{grad}V(X, C) = 0. \quad (2)$$

Решение этой системы относительно вектора переменных $X = X(C)$ определяет критические точки системы, определяемой условием (1). Задача эле-

ментарной теории катастроф состоит в изучении влияния изменения значений вектора управляющих параметров C на изменение вектора фазовых координат X системы (1). Для дальнейшего нам потребуются также неморсовы точки, определяющие множество сингулярности для системы (1). Их определяют по условию:

$$\det H(V(X, C)) = 0, \quad (3)$$

где $H(V(X, C))$ – гессиан функции $V(X, C)$.

В табл. 1, 2 приведены потенциальные функции основных, так называемых, элементарных катастроф. Их выражения заимствованы из работы [1, С. 161]. В этих таблицах, для сохранения преемственности с терминологией, принятой в работе [1, 5] и удобства последующего анализа, катастрофой второго типа названа двойственная катастрофа по отношению к катастрофе первого типа. В табл. 1 приведены потенциальные функции катастроф, зависящие от одной переменной – каспоидные катастрофы. В табл. 2 приведены потенциальные функции катастроф, зависящие от двух переменных – омбилические катастрофы. В работах по математическому анализу [6] и дифференциальной геометрии [7] сказано, что плоскую линию можно задать в явном виде:

$$y = f(x); \quad (4)$$

и неявном виде:

$$F(x, y) = 0. \quad (5)$$

Из условия (1) следует, что потенциальные функции каспоидных катастроф можно рассматривать как линии, заданные в явном виде. Из условий (2) и (3) следует, что для потенциальных функций омбилических катастроф линиями, заданными в неявном виде, можно считать состояния равновесия и множества сингулярности. В работе [6] к свойствам линий, изу-

чаемых с помощью приложения дифференциального исчисления к геометрии, отнесены: получение уравнения касательной, определение длин отрезка касательной, отрезка нормали, отрезка подкасательной, отрезка

поднормали, определение кривизны кривой и координат центра кривизны. Для линий, заданных в явном виде, в виде (4), из работ [6, 8 – 10] известны следующие соотношения, приведенные в табл. 3.

Таблица 1

Потенциальные функции каспоидных катастроф

Тип каспоидной катастрофы	Каноническая форма (потенциальная функция)
Складка	$V(x) = x^3 + ux$
Сборка первого типа	$V(x) = x^4 + ux^2 + hx$
Сборка второго типа	$V(x) = -(x^4 + ux^2 + hx)$
Ласточкин хвост	$V(x) = x^5 + ux^3 + hx^2 + wx$
Бабочка первого типа	$V_1(x) = x^6 + tx^4 + ux^3 + hx^2 + wx$
Бабочка второго типа	$V_2(x) = -(x^6 + tx^4 + ux^3 + hx^2 + wx)$
Вигвам	$V(x) = x^7 + tx^5 + ux^4 + hx^3 + gx^2 + rx$

Таблица 2

Потенциальные функции омбилических катастроф

Тип омбилической катастрофы	Каноническая форма (потенциальная функция)
Эллиптическая омбилика	$V(x, y) = x^2y - y^3 + tx^2 + gy + hx$
Гиперболическая омбилика	$V(x, y) = x^2y + y^3 + tx^2 + gy + hx$
Параболическая омбилика первого типа	$V(x, y) = x^2y + y^4 + ay^2 + bx^2 + cy + gx$
Параболическая омбилика второго типа	$V(x, y) = (-1) \cdot (x^2y + y^4 + ay^2 + bx^2 + cy + gx)$
Вторая эллиптическая омбилика	$V(x, y) = x^2y - y^5 + ay^3 + by^2 + cx^2 + gy + hx$
Вторая гиперболическая омбилика	$V(x, y) = x^2y + y^5 + ay^3 + by^2 + cx^2 + gy + hx$
Символическая омбилика первого типа	$V(x, y) = x^3 + y^4 + axy^2 + by^2 + cxy + gy + hx$
Символическая омбилика второго типа	$V(x, y) = (-1) \cdot (x^3 + y^4 + axy^2 + by^2 + cxy + gy + hx)$

Таблица 3

Основные дифференциально-геометрические характеристики для линий, заданных в явном виде

№ п/п	Наименование характеристики	Уравнение
1	Касательная в точке (x_0, y_0)	$y - y_0 = y'_0(x - x_0)$
2	Нормаль в точке (x_0, y_0)	$-y'_0(y - y_0) = x - x_0$
3	Отрезок касательной	$MT = \left (y/y') \cdot \sqrt{1+(y')^2} \right $
4	Отрезок нормали	$MN = \left y \sqrt{1+(y')^2} \right $
5	Подкасательная	$PT = y/y' $
6	Поднормаль	$PN = yy' $
7	Кривизна кривой в произвольной точке $M(x, y)$	$K = y''(x) / \left(1+(y')^2 \right)^{3/2}$
8	Радиус кривизны в произвольной точке $M(x, y)$	$R = 1/K$
9	Координаты ξ, η центра C кривизны	$\xi = x - y' \left(1+(y')^2 \right) / y''; \eta = y + \left(1+(y')^2 \right) / y''; y'' \neq 0.$

В табл. 3 условные обозначения характеристик совпадают с аналогичными обозначениями, принятыми в работе [8].

Для линий, заданных в явном виде, в виде (5), из работ [6, 9, 10], известны следующие соотношения, приведенные в табл. 4.

Основные дифференциально-геометрические характеристики для линий, заданных в неявном виде

№ п/п	Наименование характеристики	Уравнение
1	Касательная в точке (x_0, y_0)	$F'_x(x - x_0) + F'_y(y - y_0) = 0$
2	Нормаль в точке (x_0, y_0)	$(x - x_0)/F'_x = (y - y_0)/F'_y$
3	Кривизна кривой в произвольной точке $M(x, y)$	$K = \left D / \left((F'_x)^2 + (F'_y)^2 \right)^{3/2} \right $
4	Радиус кривизны в произвольной точке $M(x, y)$	$R = 1/K$
5	Координаты ξ, η центра C кривизны	$\xi = x - \frac{F'_x \left((F'_x)^2 + (F'_y)^2 \right)}{D}; \eta = y + \frac{F'_y \left((F'_x)^2 + (F'_y)^2 \right)}{D}$

В табл. 4 принято, что определитель

$$D = \begin{vmatrix} F''_{xx} & F''_{xy} & F'_x \\ F''_{yx} & F''_{yy} & F'_y \\ F'_x & F'_y & 0 \end{vmatrix}. \quad (6)$$

В доступной авторам литературе, например [11 – 13], аналитические выражения для определение этих свойств элементарных катастроф не найдены. Следует отметить, что определение уравнений касательной и нормали не вызывает затруднений, поэтому в рамках данной работы они не рассмотрены.

Постановка задачи. Для линий, соответствующих потенциальным функциям каспоидных и омбилических катастроф, определить аналитические выражения для отрезка касательной, отрезка нормали, подкасательной, поднормали, координаты центра кривизны, кривизну кривой, радиус кривизны. Для омбилических катастроф определяли выражения только для трёх последних свойств.

Полученные результаты

В данной работе для катастроф, которые могут быть представлены в виде функции одной переменной – каспоидных катастроф, получены их дифференциально-геометрические характеристики, приведенные в табл. 1. Уравнения касательной и нормали опущены вследствие их очевидности. Для каждого типа катастроф сохранены те обозначения, которые указаны в табл. 1, их область действия ограничена типом рассматриваемой катастрофы. Для сокращения объёма статьи все промежуточные выкладки не приведены.

РАССМОТРИМ КАТАСТРОФУ ТИПА СКЛАДКИ. Её уравнение имеет вид:

$$V(x) = x^3 + ux. \quad (7)$$

Отрезок касательной:

$$MT = \left| x(x^2 + u) / (3x^2 + u) \right| \sqrt{9x^4 + 6ux^2 + u^2 + 1}. \quad (8)$$

Отрезок нормали:

$$MN = \left| x(x^2 + u) \right| \sqrt{9x^4 + 6ux^2 + u^2 + 1}. \quad (9)$$

Подкасательная:

$$PT = \left| x(x^2 + u) / (3x^2 + u) \right| = \left| \frac{2ux}{3(3x^2 + u)} + \frac{x}{3} \right|. \quad (10)$$

Поднормаль:

$$PN = \left| x(x^2 + u)(3x^2 + u) \right| = \left| 3x^5 + 4ux^3 + u^2x \right|. \quad (11)$$

Кривизна кривой в произвольной точке $M(x, y)$:

$$K = \frac{6|x|}{(1 + z^2)^{3/2}} = \frac{6|x|}{(9x^4 + 6ux^2 + u^2 + 1)^{3/2}}. \quad (12)$$

Координаты ξ, η её центра кривизны C :

$$\xi = \frac{x(1 - 3u^2)}{2} - \left[\frac{u(u^2 + 1)}{6x} + \frac{9ux^3}{2} + \frac{9x^5}{2} \right]; \quad (13)$$

$$\eta = \frac{15x^4 + 12ux^2 + u^2 + 1}{6x}. \quad (14)$$

РАССМОТРИМ КАТАСТРОФЫ СБОРКИ.

Уравнение катастрофы сборки 1-го вида имеет вид:

$$V(x) = x^4 + ux^2 + hx. \quad (15)$$

Для катастроф сборки, независимо от их вида, введём следующие вспомогательные обозначения:

$$\frac{dy}{dx} = 4x^3 + 2ux + h = z; \quad (16)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 12x^2 + 2u = \beta; \quad (17)$$

$$A = B + C; \quad (18)$$

$$B = 16x^6 + 16ux^4 + 8h^3; \quad (19)$$

$$C = 4u^2x^2 + 4hux + h^2 + 1; \quad (20)$$

$$D = 6x^2 + u. \quad (21)$$

Для катастрофы типа сборки первого вида для её дифференциально-геометрических свойств получим следующие выражения:

Отрезок касательной:

$$MT = \sqrt{|A|} \left| \frac{x(x^3 + ux + h)}{4x^3 + 2ux + h} \right|. \quad (22)$$

Отрезок нормали:

$$MN = \sqrt{|A|} \cdot \left| x(x^3 + ux + h) \right|. \quad (23)$$

Подкасательная:

$$PT = \left| x(x^3 + ux + h) / (4x^3 + 2ux + h) \right| = \left| \frac{ux^2}{2(4x^3 + 2ux + h)} + \frac{3hx}{4(4x^3 + 2ux + h)} + \frac{x}{4} \right|. \quad (24)$$

Поднормаль:

$$PN = \left| x(x^3 + ux + h)(4x^3 + 2ux + h) \right|. \quad (25)$$

Кривизна кривой в произвольной точке $M(x, y)$:

$$K = \frac{12x^2 \cdot \text{sign}(6x^2 + u)}{A^{3/2}} + \frac{2u \cdot \text{sign}(6x^2 + u)}{A^{3/2}}. \quad (26)$$

Координаты ξ, η центра C кривизны следующие:

$$\xi = x - z(1 + z^2)/\beta; \quad (27)$$

$$\zeta = - \left[\begin{aligned} & \frac{h^3}{2D} + \frac{3h^2x(u + 2x^2)}{D} + \\ & \frac{h(12u^2x^2 + 48ux^4 + 48x^6 + 1)}{2D} + \\ & \frac{4x^3(u^3 + 6u^2x^2 + 12ux^4 + 8x^6 - 1)}{D} \end{aligned} \right]. \quad (28)$$

Для катастрофы типа сборки второго вида координаты ξ, η её центра кривизны C следующие:

$$\zeta = - \left[\frac{(h^3 - 24h^2x^3 + h(192x^6 + 1) - 8x^3(64x^6 + 1))}{2D} + \frac{4u^2x^3 + 6ux^2 + 3x(h^2 - 4hx^3 + 16x^6)}{2D} \right]; \quad (29)$$

$$\eta = - \left[\frac{h^2}{2D} + \frac{hx(3u + 10x^2)}{D} + \frac{6u^2x^2 + 30ux^4 + 28x^6 + 1}{2D} \right]. \quad (30)$$

РАССМОТРИМ КАТАСТРОФУ ТИПА ЛАС-ТОЧКИН ХВОСТ. Уравнение катастрофы типа ласточкин хвост имеет вид:

$$V(x) = x^5 + ux^3 + hx^2 + \omega x = y. \quad (31)$$

Для упрощения дальнейшего изложения примем:

$$\frac{dy}{dx} = 5x^4 + 3ux^2 + 2hx + \omega = z; \quad (32)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} 20x^3 + 6ux + 2h = \beta. \quad (33)$$

С учётом введенных в (34) и (35) обозначений получим уравнение отрезка касательной в виде:

$$MT = \left[\frac{x}{2} - \frac{x(ux^2 - \omega + 3x^4)}{2(2hx + 3ux^2 + \omega + 5x^4)} \right] \cdot \sqrt{1 + z^2}. \quad (34)$$

Отрезок нормали:

$$MN = \left| y\sqrt{1 + z^2} \right|. \quad (35)$$

Подкасательная:

$$PT = \left[\frac{x}{2} - \frac{x(ux^2 - \omega + 3x^4)}{2(2hx + 3ux^2 + \omega + 5x^4)} \right]. \quad (36)$$

Поднормаль:

$$MT = \left| PT\sqrt{1 + z^2} \right|. \quad (37)$$

Кривизна кривой в произвольной точке $M(x, y)$:

$$K = 2 \left| h + x(3u + 10x^2) \right| / \Omega, \quad (38)$$

Где принято, что:

$$\Omega = \left\{ \begin{aligned} & \omega^2 + 2\omega x [2h + x(3u + 5x^2)] 4h^2x^2 + \\ & + 4h^3(3u + 5x^2) + 9u^2x^4 + 30ux^6 + 25x^8 + 1. \end{aligned} \right\}^{3/2} \quad (39)$$

Для удобства вычисления координат ξ, η центра C кривизны примем, что:

$$B = 2 \left[h + x(3u + 10x^2) \right]; \quad (40)$$

$$C = 12h^2x^2 + 12hx^3(3u + 5x^2) = 12hx^2 \left[h + x(3u + 5x^2) \right]; \quad (41)$$

$$D = 27u^2x^4 + 90ux^6 + 75x^8 + 1; \quad (42)$$

$$E = 8h^3x + 12h^2x^2(3u + 5x^2); \quad (43)$$

$$F = 6hx^3(9u^2 + 30ux^2 + 25x^4); \quad (44)$$

$$G = 2(3ux + h + 10x^3); \quad (45)$$

$$H = \Sigma + \Psi; \quad (46)$$

$$\Sigma = h^3x^3 + 3h^2x^2(\omega - 5x^4) + hx(3\omega^3 - 30\omega x^4 + 75x^8 + 1); \quad (47)$$

$$\Psi = \omega^3 - 15\omega^2x^4 + \omega(75x^8 + 1) - 5x^4(25x^8 + 1); \quad (48)$$

$$Z = ux^3(15hx + 9\omega + 15x^4 + 2); \quad (49)$$

$$L = x \left[\begin{aligned} & 7h^2x^2 + hx(9\omega + 5x^4 + 2) + \\ & + 3\omega^2 + 2\omega + 25x^8 + 2x^4 + 1 \end{aligned} \right]. \quad (50)$$

Координаты ξ, η центра кривизны C катастрофы типа ласточкин хвост определим по условиям:

$$\zeta = - \left\{ B^{-1} \left[\begin{aligned} & \omega^3 + 3\omega^2xC + \omega(C + D) + \\ & + x^2E + F + 27u^2x^4 + 135x \\ & \times (u^2x^6 + 3u(75x^8 - 1) + 5x^2(25x^8 - 3)) \end{aligned} \right] \right\}; \quad (51)$$

$$\eta = G^{-1}H + \frac{1}{2}(9u^2x^5 + Z + L). \quad (52)$$

РАССМОТРИМ КАТАСТРОФЫ БАБОЧКА. Уравнение катастрофы БАБОЧКА первого вида имеет вид:

$$V(x) = x^6 + tx^4 + ux^3 + \omega x = y. \quad (53)$$

Для катастроф типа БАБОЧКА, независимо от их вида, введём вспомогательные обозначения:

$$\frac{dy}{dx} = 6x^5 + 4tx^3 + 3ux^2 + \omega = z; \quad (54)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 30x^4 + 12tx^2 + 6x = \beta. \quad (55)$$

Тогда отрезок касательной примет вид:

$$MT = \left| \left(\frac{tx^4}{3A} + \frac{ux^3}{2A} + \frac{5\omega x}{6A} + \frac{x}{6} \right) \sqrt{1+z^2} \right|; \quad (56)$$

где $A = 6x^5 + 4tx^3 + 3ux^2 + \omega. \quad (57)$

Отрезок нормали примет вид:

$$MN = \left| y \sqrt{1+z^2} \right|. \quad (58)$$

Уравнение для подкасательной примет вид:

$$PT = \left| \frac{tx^4}{3A} + \frac{4x^3}{2A} + \frac{5\omega x}{6A} + \frac{x}{6} \right|. \quad (59)$$

$$B = 8t^3x^9 + 12t^2x^6(9x^5 - \omega)$$

$$+ 2tx^3(3\omega^2 - 54\omega x^5 + 243x^{10} + 1) - \omega^3 +$$

$$+ 729x^{15} + 9x^5 + 27\omega^2x^5 - \omega(243x^{10} + 1)$$

$$C = 6x \left[u + x(2t + 5x^2) \right]; \quad (65)$$

$$D = x \left(12t^2x^6 + 6tx^3(\omega + 6x^5) + 3\omega^2 - 9\omega x^5 + 63x^{10} - 1 \right). \quad (66)$$

Тогда $\eta = (E + F)/C, \quad (67)$

где принято, что:

$$E = 15u^2x^4 + 6ux^2(12x^5 + 7tx^3 + 2\omega); \quad (68)$$

$$F = 66x^{10} + 72ux^7 + 42\omega x^5 + 15u^2x^4 + 12u\omega x^2 + \omega^2 + 1. \quad (69)$$

Уравнение катастрофы типа БАБОЧКА ВТОРОГО ВИДА имеет вид:

$$V(x) = -(x^6 + tx^4 + ux^3 + hx^2 + \omega x). \quad (70)$$

Координаты ξ, η центра кривизны С катастрофы типа БАБОЧКА ВТОРОГО ВИДА определим по условиям:

$$\zeta = x - \frac{6x^5 + 4tx^3 + 3ux^2 + 2hx + \omega}{2(15x^4 + 6tx^2 + 3ux + h)} \times$$

$$\times \left(1 + 4(15x^4 + 6tx^2 + 3ux + h) \right); \quad (71)$$

где $\eta = - \left[\frac{A}{B} + \frac{5ux^3}{2} + x(5hx + 4tx^3 + 4\omega + x^5) \right]; \quad (72)$

$$A = C + E + F; \quad (73)$$

$$C = h^2x^2 - 2hx(2tx^3 - \omega + 9x^5); \quad (74)$$

Кривизна кривой в произвольной точке $M(x, y)$:

$$K = 6 \left| x(5x^3 + 2tx + u) \right| / E^{3/2}, \quad (60)$$

где

$$E = \left[\begin{array}{c} \omega^2 + 2\omega x^2(6x^3 + 4tx + 3u) + \\ + 36x^{10} + 48tx^8 + 36ux^7 + 16x^2 + \\ + 24ux^5 + 9u^2x^2 \end{array} \right]^{3/2}. \quad (61)$$

Координаты ξ, η центра кривизны С катастрофы типа БАБОЧКА ПЕРВОГО ВИДА определим по условиям:

$$\xi = \frac{B}{C} - \frac{9u^2x^5}{2} - \frac{9ux^3(2tx^3 + \omega + x^5)}{2} - \frac{D}{2}, \quad (62)$$

где

$$B = 8t^3x^9 + 12t^2x^6(9x^5 - \omega) + 2tx^3(3\omega^2 - 54\omega x^5 + 243x^{10} + 1) - \omega^3 +$$

$$+ 729x^{15} + 9x^5 + 27\omega^2x^5 - \omega(243x^{10} + 1);$$

$$+ 2tx^3(3\omega^2 - 54\omega x^5 + 243x^{10} + 1) - \omega^3 +$$

$$+ 729x^{15} + 9x^5 + 27\omega^2x^5 - \omega(243x^{10} + 1)$$

$$E = 4t^2x^6(9x^5 - \omega); \quad (75)$$

$$F = \omega^2 - 18\omega x^5 + 81x^{10} + 1. \quad (76)$$

РАССМОТРИМ КАТАСТРОФУ ТИПА ВИГВАМ. Её уравнение имеет вид:

$$V(x) = x^7 + tx^5 + ux^4 + hx^3 + gx^2 + rx = y. \quad (77)$$

Примем, что:

$$\frac{dy}{dx} = 7x^6 + 5tx^4 + 4ux^3 + 3hx^2 + 2gx + r = z; \quad (78)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 42x^5 + 20tx^3 + 12ux^2 + 6hx + 2g = \beta. \quad (79)$$

Отрезок подкасательной:

$$PT = \left| (7z)^{-1} (2tx^5 + 3ux^4 + 4hx^3 + 5gx^2 + 6rx) + \frac{x}{7} \right|. \quad (80)$$

Отрезок касательной:

$$MT = \left| PT \sqrt{1+z^2} \right|. \quad (81)$$

Поднормаль:

$$PN = x(x^6 + tx^4 + ux^3 + hx^2 + gx + r)z. \quad (82)$$

Кривизна кривой в произвольной точке $M(x, y)$:

$$k = \frac{2|21x^5 + 10tx^3 + 6ux^2 + 3hx + g|}{(A + C + E + D + F + G + H + I + J)^{3/2}}. \quad (83)$$

В условии (82) принято, что:

$$A = 49x^{12} + 70tx^{10} + 56ux^9; \quad (84)$$

$$C = x^8(42h + 25t^2); \quad (85) \quad E = 4x^7(7g + 10tu); \quad (86)$$

$$D = 2x^6(15ht + 7r + 8u^2); \quad (87) \quad F = 4x^5(5gt + 6hu); \quad (88)$$

$$G = x^4(16gu + 9h^2 + 10rt); \quad (89) \quad H = 4x^3(3gh + 2ru); \quad (90)$$

$$I = 2x^2(2g^2 + 3hr); \quad (91) \quad J = 4grx + r^2 + 1. \quad (92)$$

Координаты ξ, η её центра кривизны C :

$$\xi = x - \frac{7x^6 + 5tx^4 + 4ux^3 + 3hx^2 + 2gx + r}{2(21x^5 + 10tx^3 + 6ux^2 + 3hx + g)}(1 + z^2); \quad (93)$$

$$\eta = W^{-1} \left[\begin{array}{l} \left[\begin{array}{l} g^2x^2 + 2gx(r - x^3S) + r^2 - 2rx^3S + \\ + 25t^2x^8 + 20tx^7(u + 7x^3) + V \end{array} \right]^+ \\ + \frac{5hx^3}{2} + x(5gx + 4r + 2tx^4 + x^3(4u - 5x^3)) \end{array} \right]. \quad (94)$$

В условиях (92), (93) принято, что:

$$W = 2(3hx + g + x^2(10tx + 3(2u + 7x^3))); \quad (95)$$

$$V = U^2x^6 + 56ux^2 + 196x^2 + 1; \quad (96)$$

$$S = 5tx + 2(u + 7x^3). \quad (97)$$

Полученные в данном сообщении простейшие дифференциально-геометрические характеристики каспоидных катастроф могут быть использованы при моделировании взрывных процессов различной природы.

Выводы

1. Предложено для каспоидных и омбилических катастроф определять такие элементарные дифференциально-геометрические характеристики, как отрезки касательной, подкасательной, нормали, поднормали, кривизну и радиус кривизны катастрофы, координаты центра её кривизны.

2. Для катастроф типа складка, сборка первого типа, сборка второго типа, ласточкин хвост, бабочка первого типа, бабочка второго типа, вигвам эти характеристики определены в явном виде.

ЗАСТОСУВАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЧИСЛЕННЯ ДО ГЕОМЕТРІЇ ЕЛЕМЕНТАРНИХ КАТАСТРОФ. КАСПОЇДНІ КАТАСТРОФИ

В.Ю. Дубницький, О.І. Ходирев

Для каспоїдних катастроф типу складка, збірка першого типу, збірка другого типу, ластівчин хвіст, метелик першого типу, метелик другого типу, вигвам в явному вигляді визначено елементарні диференціально-геометричні характеристики, такі, як: відрізки дотичної, піддотичної, нормалі, піднормалі, кривизну і радіус кривизни катастрофи, координати центру її кривизни.

Ключові слова: теорія катастроф, каспоїдні катастрофи, катастрофи типу: складка, збірка першого типу, збірка другого типу, ластівчин хвіст, метелик першого типу, метелик другого типу, вигвам, дотична, піддотична, нормаль, піднормаль, кривизна кривої, радіус кривизни, координати центру кривизни кривої.

APPLICATIONS OF DIFFERENTIAL CALCULUS TO GEOMETRY OF ELEMENTARY CATASTROPHES. CASPOID CATASTROPHES

V.Yu. Dubnitskiy, A.I. Khodyrev

For caspoid catastrophes of types: fold, first type gather, second type gather, dovetail, first type butterfly, second type butterfly, wigwam elementary differential geometric characteristics were determined explicitly, such as: sections of tangent, subtangent, normal, subnormal, curvature and curvature radius of catastrophe, its curvature center coordinates.

Keywords: catastrophe theory, caspoid catastrophes, catastrophes of types: fold, first type gather, second type gather, dovetail, first type butterfly, second type butterfly, wigwam, tangent, subtangent, normal, subnormal, curve curvature, curvature radius, curve curvature center coordinates.

3. Полученные результаты рекомендуется использовать при моделировании взрывных процессов различной природы.

Список литературы

1. Постон Т. Теория катастроф и её приложения. [Текст] / Т. Постон, И. Стюарт. – М.: Мир, 1980. – 607 с.
2. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. [Текст] / Р. Гилмор // М.: Мир, 1984. – Кн. 1. – 350 с., кн. 2. – 285 с.
3. Томпсон Дж. М.Т. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике. [Текст] / Дж. М. Томпсон. – М.: Мир, 1985. – 254 с.
4. Цветков В.И. Теория катастроф и фрактальная модель кризисных социально-экономических процессов. [Текст] / И.В. Цветков // Вестник ТвГУ. Серия: «Прикладная математика». – 2010. – Вып. 19. – С. 71-79.
5. Бекман И.Н. Катастрофы. Курс лекций. [Электронный ресурс] / И.Н. Бекман. – Режим доступа <http://beckuniver.ucoz.ru/Katastrofy/Katastrofy.htm>.
6. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления в 3 т. [Текст] / Г.М. Фихтенгольц. – М.: Физматгиз, 1962. – Т.1. – 607 с.
7. Погорелов А.В. Дифференциальная геометрия. [Текст] / А.В. Погорелов. – М.: Наука, 1974. – 176 с.
8. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. [Текст] / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
9. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. [Текст] / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Физматгиз, 1959. – 608 с.
10. Черненко В.Д. Высшая математика в примерах и задачах: учебное пособие для вузов. В 3 т. Т. 1. [Текст] / В.Д. Черненко. – СПб.: Политехника, 2003. – 703 с.
11. Савелов А.А. Плоские кривые. Систематика, свойства, применения. (Справочное пособие) [Текст] / А.А. Савелов. – М.: Физматгиз, 1960. – 294 с.
12. Шикин Е.В. Кривые на плоскости и в пространстве. Справочник. [Текст] / Е.В. Шикин, М.М. Франк-Каменецкий. – М.: Физматгиз, 1997. – 336 с.
13. Kock J. Konsevich's for Rational Plane Curves [Текст] / J. Kock, I. Vainsencher. – Resife, 1999. – 145 p.

Поступила в редколлегию 6.10.2015

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. М.В. Новожилова, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков.

Інфокомунікаційні системи

УДК 681.3.06

С.Ю. Гавриленко, Т.М. Прохорова, В.В. Давидов

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ СИНТАКСИЧНИХ АНАЛІЗАТОРІВ

В статті розглянуто основні функції синтаксичного аналізатора транслятора. Розглянуто типи синтаксичних аналізаторів для контекстно-вільних мов. Проаналізовано роботу магазинних автоматів, які виконують синтаксичний аналіз. Виконано моделювання спадного розпізнавача на основі $LL(1)$ граматики та висхідного розпізнавача на основі граматики операторного передування. Розроблено програмну модель висхідного та спадного синтаксичного аналізатора, протестована їх робота на прикладах різних вхідних ланцюжків. Виконано порівняльний аналіз швидкодії висхідного та спадного синтаксичного аналізатора.

Ключові слова: транслятор, синтаксичний аналізатор, формальні мови та граматики, магазинний автомат.

Постановки проблеми та аналіз літератури

Синтаксичний аналізатор – основна частина компілятора на етапі аналізу, яка знаходить і виділяє синтаксичні конструкції в тексті вихідної програми, перевіряє правильність кожної такої конструкції та подає синтаксичні конструкції у зручному для подальшої обробки вигляді [1]. В основі роботи синтаксичного аналізатора лежить апарат формальних мов та граматик, який дозволяє задати синтаксис вхідної мови. На вхід синтаксичного аналізатора надходить послідовність лексем, що сформована після етапу лексичного розбору вхідної програми, на виході отримуємо дерево синтаксичної залежності, яке передається для подальшої обробки іншими частинами компілятора [2].

Синтаксичний аналіз виконується спеціальним магазинним автоматом (розпізнавачем), який дозволяє визначити належність вхідної послідовності (ланцюжка) символів деякій мові. Залежно від типу читаючого пристрою виділяють односторонні та двосторонні розпізнавачі. За видами пристрою керування розпізнавачі можуть бути детермінованими або не детермінованими. Складність розпізнавача залежить від типу формальної мови, яка задає синтаксис. Існує чотири типи мов і для кожного із них існує свій тип розпізнавача із певним набором компонентів. В трансляторах найбільше поширеними є контекстно-вільні (КВ) мови для яких необхідно мати недетермінований автомат із магазинною зовнішньою пам'яттю. Серед КВ-мов потрібно виділити клас детермінованих КВ мов, для яких завжди можна побудувати однозначну граматику

$$\Gamma = \{V_m, I, V_a, R\},$$

яка задає мову:

$$L(\Gamma) = \{\omega \in V_m^* \mid \langle I \rangle \rightarrow^* \omega\} \quad [3 - 5].$$

Магазинний автомат M визначається сукупністю семи об'єктів:

$$M = \{P, S, s_0, f, F, H, h_0\},$$

де P – вхідний алфавіт; S – алфавіт станів; s_0 – початковий стан, $s_0 \in S$; F – множина кінцевих станів, $F \in$ підмножиною S ; H – алфавіт магазинних символів, які записуються на допоміжну стрічку; h_0 – маркер дна, він завжди записується на дно магазину; $h_0 \in H$; f – функція переходів.

Магазинний автомат (рис. 1) працює по крокам (тактам). На початку кожного такту стан магазинного автомату визначається його конфігурацією, яка змінюється в процесі роботи. Так зміна конфігурації $(s, \alpha, \gamma H) \mid -(s', \alpha, \gamma \beta)$ можлива лише за наявності відповідної функції переходів $f(s_0, a, \gamma) = (s_0, \beta)$.

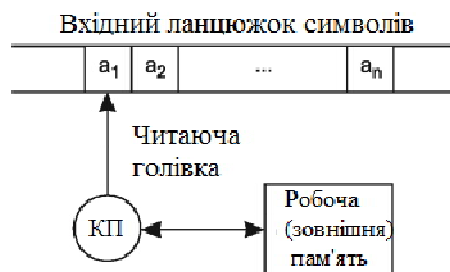


Рис. 1. Магазинний автомат

Розпізнавач допускає вхідний ланцюжок, якщо знаходячись в початковій конфігурації, він може через деяку послідовність тактів досягти кінцевої конфігурації, тобто якщо існує послідовність конфігурацій від початкової до кінцевої.

Типи синтаксичних аналізаторів

Усі розпізнавачі для КВ-мов можна розділити на дві великі групи: висхідні та спадні (низхідні) [1 – 8]. Спадні розпізнавачі аналізують вхідний ланцюжок символів зліва направо і породжують лівостороннє виведення. Дерево розбору будується таким розпізнавачем від кореня до листків, тобто зверху вниз, звідки і походить назва розпізнавача.

Висхідні розпізнавачі також продиляються вхідний ланцюжок символів зліва направо, але породжують при цьому правостороннє виведення. Дерево розбору будується від листків до кореня, тобто знизу догори [1 – 2, 7, 8].

Висхідний синтаксичний аналіз, як правило, привабливіше спадного, так як для мови програмування легше побудувати правосторонній розпізнавач. Клас мов, заданих висхідними розпізнавачами, ширше, ніж клас мов, заданих спадними. З іншого боку, лівосторонній синтаксичний аналіз переважний з точки зору процесу трансляції, оскільки на його основі легше організувати процес породження ланцюжків результуючої мови.

Серед спадних розпізнавачів найбільш поширеним є розпізнавачі, які побудовані на основі $LL(1)$ граматики. Серед висхідних розпізнавачів використовуються розпізнавачі, які побудовані на основі $LR(1)$ граматики та грамастик передудання: операторного передудання, простого передудання, розширеного передудання, слабкого передудання, змішаної стратегії передудання. Кожна із заданих грамастик містить набір обмежень та може бути використати не для всякого фрагменту коду. Найбільш поширеними є розпізнавачі на основі $LR(1)$ граматики простого та операторного передудання.

Спадний аналізатор з підбором альтернатив моделює роботу МП-автомата з одним станом буде лівостороннє виведення і найчастіше працює без повернень. В основі висхідного аналізатору лежить алгоритм «зсув-згортання». Аналізатор буде правостороннє виведення основі МП-автомата з одним станом без повернень. Цей розпізнавач є більш неоднозначним, так як на кожному кроці необхідно вирішити такі питання:

- що треба виконати: зсув чи згортання;
- якщо виконувати згортання, то який ланцюжок β обрати для пошуку правил (ланцюжок β має зустрічатись у правій частині правил граматики).

При створенні висхідних аналізаторів застосовуються методи, що дозволяють однозначно вибрати між виконанням переносу або згортання на кожному кроці алгоритму, а при виконанні згортання – однозначно вибрати правило, за яким буде відбуватись згортання.

Спадні аналізатори на базі граматики операторного передудання також будуються на основі алгоритму «перенос-згортання», проте мають ряд обме-

жень: для кожної упорядкованої пари термінальних символів виконується не більш, ніж одне з відношень передудання: $= \bullet$ (складає основу), $< \bullet$ (передує) і $\bullet >$ (слідує) [7, 8].

Принцип організації роботи розпізнавача базується на встановленні відношенням передудання для кожної пари символів в граматиці і в залежності від відношення виконанні операції зсуву або згортання.

Розробка програмної моделі та проведення тестування

Для аналізу швидкодії висхідних та спадних синтаксичних аналізаторів було розроблено програмну модель для розпізнавання вхідного ланцюжка, на прикладі опису константи на мові PHP – «define ('ім'я_константи', 'значення_константи');». Ім'я константи може бути утворене латиницею (для зменшення кількості правил використано три літери: a, b, c), у значенні константи допускаються цифри і латиниця. Для даного вхідного ланцюжка побудовані правила граматики:

- 1) $I \rightarrow \text{define}(S)$; 2) $S \rightarrow 'A','B'$;
- 3) $M \rightarrow a|b|c$; 4) $A \rightarrow MR$;
- 5) $R \rightarrow MR|\$$; 6) $D \rightarrow 0|1|2|3$;
- 7) $B \rightarrow ML|DL$; 8) $L \rightarrow M|DL|\$,$

знайдено елементи множини. Обрано та побудовано команди магазинного автомату (рис. 2).

1 => f(s0,define,I)=(s,;)S()	20 => f(s0,2,D)=(s,\$)
2 => f(s0,(,)= (s,\$)	21 => f(s0,3,D)=(s,\$)
3 => f(s0,)= (s,\$)	22 => f*(s0,a,B)=(s,LM)
4 => f(s0,;;)= (s,\$)	23 => f*(s0,b,B)=(s,LM)
5 => f(s0,'S)=(s,'B','A)	24 => f*(s0,c,B)=(s,LM)
6 => f(s0,',)= (s,\$)	25 => f*(s0,0,B)=(s,LD)
7 => f(s0,,)= (s,\$)	26 => f*(s0,1,B)=(s,LD)
8 => f(s0,a,M)=(s,\$)	27 => f*(s0,2,B)=(s,LD)
9 => f(s0,b,M)=(s,\$)	28 => f*(s0,3,B)=(s,LD)
10 => f(s0,c,M)=(s,\$)	29 => f*(s0,a,L)=(s,LM)
11 => f*(s0,a,A)=(s,RM)	30 => f*(s0,b,L)=(s,LM)
12 => f*(s0,b,A)=(s,RM)	31 => f*(s0,c,L)=(s,LM)
13 => f*(s0,c,A)=(s,RM)	32 => f*(s0,0,L)=(s,LD)
14 => f*(s0,a,R)=(s,RM)	33 => f*(s0,1,L)=(s,LD)
15 => f*(s0,b,R)=(s,RM)	34 => f*(s0,2,L)=(s,LD)
16 => f*(s0,c,R)=(s,RM)	35 => f*(s0,3,L)=(s,LD)
17 => f*(s0,'R)=(s,\$)	36 => f*(s0,'L)=(s,\$)
18 => f(s0,0,D)=(s,\$)	37 => f*(s0,\$,h0)=(s,\$)
19 => f(s0,1,D)=(s,\$)	

Рис. 2. Функції переходів спадного розпізнавача

Результат роботи спадного розпізнавача наведено на рис. 3.

Висхідний розпізнавач для граматики операторного передудання потребує модифікації правил граматики, так як граматика містить обмеження [6]:

- 1) $I \rightarrow \text{define}(S)$; 2) $S \rightarrow 'A','B'|'A','A'$;
- 3) $A \rightarrow aA|bB|cA|a|b|c$;
- 4) $B \rightarrow 1A|2A|3A|1B|2B|3B|1|2|3|aB|bB|cB$.

Робота розпізнавача задається матрицею операторного передудання (рис. 4).

Результат роботи висхідного розпізнавача наведено на рис. 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ СИНТАКСИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ

С.Ю. Гавриленко, Т.М. Прохорова, В.В. Давыдов

В статье рассмотрены основные функции синтаксического анализатора транслятора. Рассмотрены типы синтаксических анализаторов для контекстно-свободных языков. Проанализирована работа магазинных автоматов, которые выполняют синтаксический анализ. Исследована работа нисходящего распознавателя на основе грамматики операторного предшествования. Разработана программная модель восходящего и нисходящего синтаксического анализатора, протестирована их работа на примерах различных входных цепочек. Выполнен сравнительный анализ быстродействия восходящего и нисходящего синтаксического анализаторов.

Ключевые слова: транслятор, синтаксический анализатор, формальные языки и грамматики, магазинный автомат.

RESEARCH THE METHODS OF THE CONSTRUCTION PARSERS

S.Yu. Gavrilenko, T.M. Prokhorova, V.V. Davydov

Basic functions of translator's parsers are discussed. The types of context-free languages parsers are reviewed. Automatic store operation, which parse were analyzed. The operation of the downward resolver based on precedence grammar operator are investigated. A software model of the ascending and the descending parsers developed. Their work tested on examples of various input strings. A comparative analysis of the performance of ascending and descending parsers made.

Keywords: compiler, parser, formal languages and grammar, pushdown automaton.

УДК 004.75

Е.И. Дятлов

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Украина

**БАЛАНСИРОВКА НАГРУЗКИ
В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

Статья посвящена проблематике балансировки нагрузки в распределенных системах обработки данных. Автором рассматривается частный случай распределенной системы – распределенная система видеонаблюдения. В статье изучается вопрос высоконагруженных подсистем и рассматривается вопрос распределения нагрузки между вычислительными узлами. В статье приведены статистические и аналитические материалы, на которых базируется логика распределения нагрузки между вычислительными узлами реальной системы видеонаблюдения. На основе полученных данных создается модель распределения нагрузки с применением технологий СМО.

Ключевые слова: распределенные системы обработки данных, балансировка нагрузки.

Постановка проблемы

Распределенная система видеонаблюдения состоит из двух основных компонентов: камера видеонаблюдения и распределенная система видеонаблюдения (РСВ), предоставляющая сервис круглосуточной записи подключенных к ней камер, а также различные опции в виде интеллектуального анализа видеопотока. Для работы видеокамер с РСВ (1) клиент (заказчик) обязан обеспечить стабильное питание видеокамеры и надежное широкополосное соединение с Интернет. Вопросы нестабильности этих параметров не рассматриваются. Помимо записи видеопотока РСВ предполагает видеоаналитику – ресурсоемкий анализ видеопотока на предмет наличия движения в кадре и не только. Данный функционал РСВ подразумевает нагрузку на все серверные подсистемы в режиме 24/7/365: процессор, память, сеть, дисковая подсистема. Цель данного исследования выявить параметры вычислительных узлов, которые необходимо учитывать при распределении нагрузки меж-

ду вычислительными узлами РСВ. Сложность заключается в том, что входящий видеопоток является неоднородным: различное разрешение изображения (от 352×288 до 1920×1080), различный по динамике и загруженности видеоряд, что также влияет на величину видеопотока. Именно по этой причине система, балансирующая камеры между вычислительными узлами, не может делить нагрузку строго математически (по количеству камер на вычислительную единицу). Эмпирически установлено, что камера с разрешением 1920×1080 создает нагрузку, равную нагрузке, создаваемой семью камерами с разрешением 704×576). Предполагается, что система балансировки нагрузки должна мониторить загруженность всех подсистем вычислительной единицы и балансировать нагрузку исходя из полученных данных «на лету».

Схема функционирования облачной системы видеонаблюдения

Внутренняя архитектура РСВ [1] представляет собой три уровня обслуживания (рис. 1).

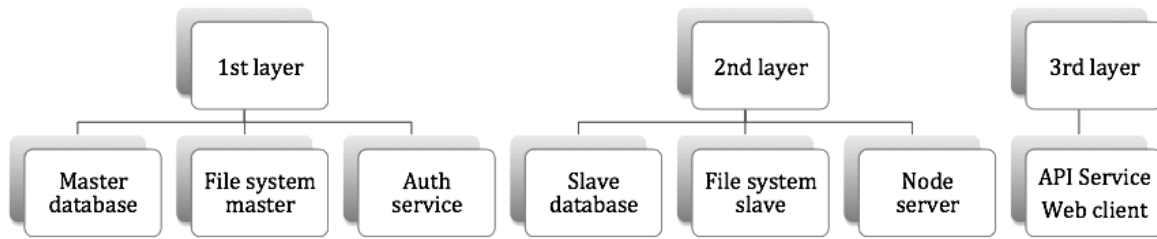


Рис. 1. Общая структура модулей РСВ

1. Первый уровень отвечает за обслуживание критически важных подсистем РСВ (рис. 2). Это сервис базы данных, мастер сервер распределенной отказоустойчивой файловой системы и сервис авторизации устройств. Сервис авторизации устройств распределяет нагрузку между вычислительными узлами (англ. Nodes). Данный сервис используется устройствами в момент подключения к РСВ. Устройство обращается к данному сервису для получения списка доступных обслуживающих узлов, после чего выполняет подключение к одному из них.

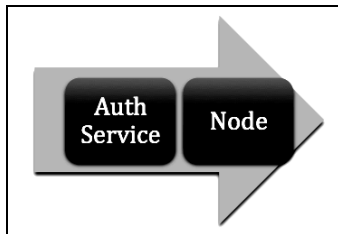


Рис. 2. Процесс запуска обслуживания устройства

2. Второй уровень включает в себя резервирующие сервера и рабочие узлы. База данных реплицируется в реальном времени (двусторонняя репликация), а все зависимые от БД службы при отказе основного сервера БД могут переключиться на резервный сервер. Аналогичным образом ведет себя мастер-сервер файловой системы. Рабочие узлы обеспечивают функционал приема и обработки видеопотоков от устройств.

Сервера третьего уровня обеспечивают взаимодействие системы с конечным пользователем, предоставляя доступ к системе через web-интерфейс и API-сервис.

3. Сервера третьего уровня обеспечивают взаимодействие системы с конечным пользователем, предоставляя доступ к системе через web-интерфейс и API-сервис.

Принцип распределения на три класса обслуживания был выбран по причине различных системных требований. Следовательно, в зависимости от назначения сервиса применяются различные требования к аппаратной части. Сервера первого уровня обслуживания должны быть размещены на отказоустойчивых мощностях (кластерах). Сервера второго уровня, в частности рабочие узлы, могут быть запущены на простых (не отказоустойчивых) мощностях. Балансировка нагрузки, рассматриваемая в

данной статье, позволит получить максимум от узла любого уровня. Использование самого дешевого оборудования для разворачивания рабочих узлов позволяет в разы снизить стоимость запуска всей системы и ее обслуживания.

Обслуживающий узел

Разрабатывая идеологию данной РСВ, один из принципов функционирования системы был позаимствован у системы «SETI@HOME» [3], который заключается в том, что для работы системы можно использовать компьютер с любыми вычислительными характеристиками. Характеристики узлов системы «SETI@HOME» влияют на скорость обработки данных. В нашем случае мощности узла будут влиять на количество устройств, которые сможет обслужить данный узел.

Каждый узел (Node) выполняет всего три функции:

1. Прием видеопотока от устройства. Видеопоток передается в формате mp4 (используемый кодек H.264). Разрешение видеопотока может существенно отличаться. Минимальное разрешение – CIF (352×240), максимальное разрешение – Full HD (1920×1080). Стоит заметить, что на рынке безопасности уже присутствуют устройства, поддерживающие запись в более высоком разрешении, но данные устройства еще не набрали должной популярности ввиду высокой стоимости мониторов, способных отображать разрешение больше чем Full HD.

2. Анализ полученного видеосегмента на предмет движения в кадре (с помощью библиотеки `opencv` [4]).

3. Перемещение файла в облачную файловую систему, создание записи о файле в базе данных.

Проблематика

Одним из сложных технологических вопросов в построении РСВ является вопрос балансировки нагрузки между узлами. В виду различных характеристик видеокамер, подключенных к РСВ, а также неоднородности характеристик серверов РСВ, является невозможным статическое ограничение количества подключений на сервер. Идеальной была бы ситуация, когда все устройства записи одинаковые и создают одинаковую нагрузку, а все обслуживающие сервера имеют одинаковые мощности. Однако,

устройства передают видеопоток в различном разрешении, а сервера, запущенные в разное время (предполагается что система будет работать не один год), будут иметь различные вычислительные мощности. Поэтому, без системы адаптивного распределения нагрузки не обойтись. Необходимо, чтобы данная система балансировки учитывала вычислительные мощности каждого рабочего узла, а также текущую нагрузку, создаваемую устройствами.

Забегая наперед, стоит заметить, что нагрузка, создаваемая камерами в дневное время, примерно в два раза выше нагрузки, создаваемой в ночное время. Это связано с переходом камер в черно-белый режим в темное время суток. Данный факт еще раз подтверждает то, что система должна постоянно «держать руку на пульсе» и поддерживать ровно столько подключений устройств к узлу, сколько данный узел способен обслужить.

Итого, для решения задачи необходимо:

1. Выявить наиболее загруженные подсистемы узла.
2. Смоделировать очередь видеозаписи.
3. Предложить алгоритм балансировки нагрузки.
4. Опробовать результаты работы алгоритма.

Тест серверных подсистем

Тест серверных подсистем будет проводиться следующим образом: система будет запущена всего с одним обслуживающим узлом, для того, чтобы на сервер легла вся возможная на момент теста нагрузка. Важно понимать, что сгенерировать полезный трафик порядка 100Мбит – задача не из легких, поэтому возможны погрешности.

Нагрузка на сервера базы данных и файловой системы рассматриваться не будет по той причине, что она не существенная (очень низкая). Основная нагрузка приходится непосредственно на рабочий узел, принимающий видеопотоки и обрабатывающий их.

Как было замечено ранее, в РСВ высоко нагруженными подсистемами являются: процессор, память, сеть и дисковая подсистема. Далее мы рассмотрим в детальности каждую из них.

Параметры рабочего узла:

CPU: Intel Core i7, RAM: 16GB DDR3, HDD: 4 TB, SATA, WAN: 1GBlink, OS: Linux, x64.

Параметры видеокамер:

Производитель: Partizan, Видеопоток: D1, HD, Full HD, Битрейт: 500kbit/sec - 8Mbit/sec.

Тестирование производительности дисковой подсистемы

Тестирование производительности дисковой «dd». Данная утилита, запущенная с параметрами «if=/dev/zero of=/hddtest» будет генерировать ноли и

записывать их в файл «/hddtest»:

```
[root@node1 ~]# dd if=/dev/zero of=/hddtest
5826393+0 records in
5826393+0 records out
2983113216 bytes (3.0 GB) copied, 20.3605 s, 147 MB/s
```

Согласно результатам теста, дисковая подсистема способна записывать в среднем 147 МВ в секунду. Определим, какую нагрузку создают камеры, подключение к серверу «node1». Применяем для этого утилиту «iostat». С помощью параметров «60 60» мы запрашиваем систему замеры средних результатов в течении 60 секунд:

```
[root@node1 ~]# iostat 60 60
Device: Blk_read/sBlk_wrtn/sBlk_read Blk_wrtn
Sda140.8018411.2070492056
```

Согласно инструкции к «iostat», размер одного блока занимает 512 байт:

«Indicate the amount of data read from the device expressed in a number of blocks per second. Blocks are equivalent to sectors with kernels 2.4 and later and therefore have a size of 512 bytes. With older kernels, a block is of indeterminate size»

Несложно вычислить, что в момент проведения тестов дисковая подсистема сервера записывает со скоростью: $18411 * 512 = 9426432$ байт (8,98 Мб) в секунду. Данные результаты показывают, что дисковая подсистема нагружена на $8,98/147=6,1\%$. Из рис. 3 мы сможем узнать количество записываемых видеопотоков (одна камера генерирует один поток на запись). Графики на рисунках построены при помощи мониторинговой панели РСВ и программного обеспечения RRDTool [5]:

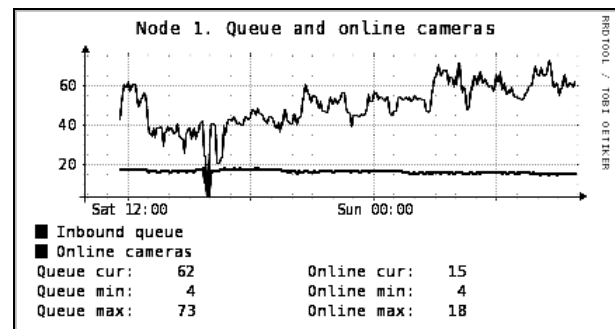


Рис. 3. Online cameras – количество камер, подключенных к серверу в данный момент (нижний график)

В момент проведения тестов «dd» и «iostat» использовался один жесткий диск «/dev/sda». RAID массив на сервере не используется.

Можно подвести итог, что дисковая подсистема практически не загружена и не является узким местом в РСВ.

Тестирование сетевой подсистемы

Как правило [6], дата центры предлагают подключение к Интернет гигабитным каналом, со сноской о том, что гарантированная пропускная спо-

способность гораздо ниже – 100 или 200 мегабит [7]. На практике это означает, что рассчитывать можно только на нижнюю планку в 100 или 200 мегабит соответственно, но моментальные пиковые нагрузки все же допустимы.

Изучим график сетевой активности сервера «node1»:

Прежде всего, данные графика на рис. 4 подтверждают исследования нагрузки на дисковую подсистему (Inbound cur – отображает текущую сетевую активность в мегабитах): значение в 78 мегабит (9,75 Мб/сек) коррелирует с нагрузкой на дисковую систему с высоким коэффициентом, а значит значения верные.

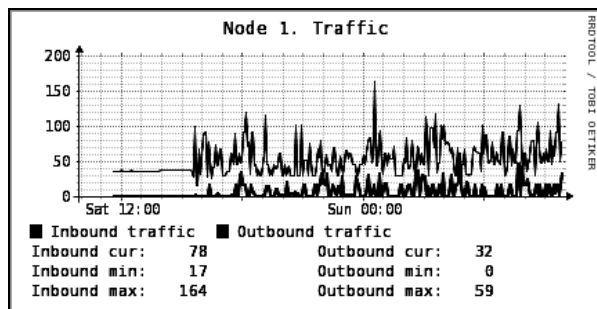


Рис. 4. График сетевой нагрузки

На графике, значение нагрузки на сеть определяется с помощью утилиты «ifstat». Из графика следует, что гарантированный канал в 100 Мбит в момент тестирования используется в среднем на 78%. На графике так же присутствует пик сетевой активности в 164 Мбит.

Можно сделать вывод, что сетевая подсистема используется активно и эффективно, загружая гарантированный канал на 78%. Сетевая подсистема – первое узкое место в РСВ.

Тестирование оперативной памяти

Единовременно с предыдущими тестами измеряем использование оперативной памяти, используя утилиту «free»:

```
[root@node1 /]# free
totalusedfreesharedbufferscached
1624322816069912173316192508964 12162112
```

Исходя из полученных данных несложно посчитать, что 74% оперативной памяти занимает кэш, который в случае необходимости может быть очищен ядром Linux и использован для нужд запускаемых приложений. Это хороший показатель, и оперативная память не является узким местом в РСВ.

Тестирование процессора

Основной процесс, использующий ресурсы процессорного времени – компонент видеоаналитики, который анализирует полученное видео на предмет наличия движения в кадре, пересечения виртуальных охраняемых линий и многое другое.

Сервер «node1» использует процессор Intel(R) Core(TM) i7-2600 CPU@3.40GHz, который имеет 4 физических ядра и поддерживает технологию Hyper Threading. Всего в свое распоряжение операционная система получает 8 виртуальных ядер. Это говорит о том, что количество одновременных запусков процессов анализа видео (как самого высоконагруженного процесса в системе) должно коррелировать с числом виртуальных ядер и не превышать его более чем в два раза. Эмпирически установлено, что оптимальное число одновременно работающих модулей видео аналитики – 10.

Осуществляя процесс записи видеопотока, сервер сохраняет видеофрагменты длительностью, заданной в конфигурационном файле. Эмпирически рассчитано, что оптимальная длительность видеофрагмента составляет 30 секунд. Данный видеофрагмент не слишком «тяжелый» для видеоаналитики, занимает немного места, не создает большой паузы между моментом записи и перемещения фрагмента в архив.

Вернемся к работе модулей видео аналитики. Ограничение в 10 одновременных потоков аналитики возвращает нас к графику рис. 3, верхний график которого отражает очередь необработанных полученных видеофайлов. Это те видеофрагменты, которые уже записаны и ожидают обработки модулем видеоаналитики. В зависимости от сложности сцены видеозаписи, разрешения видеозаписи и размера видеозаписи – модуль видеоаналитики тратит разное время на обработку видеозаписи, и как следствие – очередь видеофайлов коррелирует с этим процессом, а также с количеством камер, подключенных к серверу РСВ.

Очередь файлов, превышающая в 4 раза количество подключенных камер, является допустимой, т.к. это означает, что видео будет обработано и перемещено в видеоархив не более чем с минутной задержкой (расчеты будут приведены ниже).

Замеряем среднюю нагрузку на сервер командой «top»:

```
load average: 10.53, 10.50, 10.45
```

Нас интересует параметр Load average, отображающий состояние загруженности системы (если быть совсем точным, то данный параметр отражает период ожидания системных ресурсов выполняемыми процессами) за последние: минуту, 5 минут, 15 минут. Для системы из 8 ядер – значение в пределах нормы должно колебаться в пределах 8 [7]. В нашем случае можно сказать, что система перегружена, однако экспериментально установлено, что количество одновременных запусков модулей видео аналитики не имеет смысла понижать, поскольку Load average отображает нагрузку не только на процессорную подсистему, но и на подсистему ввода-вывода. Это второе узкое место в

системе РСВ и наиболее критичное, так как в условиях увеличения очереди система начнет “захлебываться” (видео будет поступать больше, чем сможет обработать сервер).

Подводя итог, можно сделать вывод, что наиболее критичным параметром серверов РСВ является процессорное время. Вторым по критичности является пропускная способность сети. Для обеспечения стабильности работы РСВ необходимо обеспечить балансировку нагрузки на сервер. Как определить что ресурсов процессора не достаточно? Для этого предлагается провести анализ очереди входящих видеофайлов. Далее мы подключим еще 10 видеокамер и посмотрим, как изменятся наши графики (рис. 5, 6):

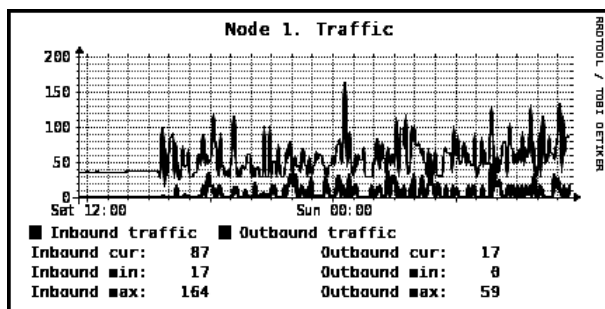


Рис. 5. Сетевой график увеличился до 87 Мбит/сек

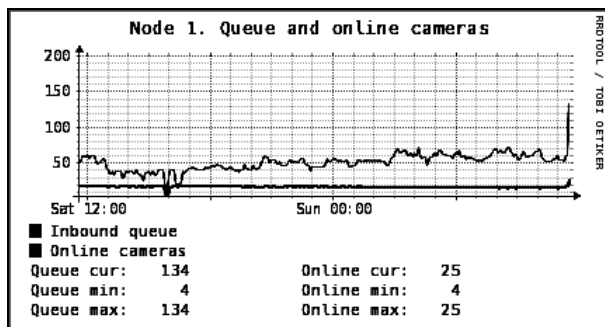


Рис. 6. Очередь файлов (верхний график) и количество подключенных камер увеличилось

Как мы видим из графиков, увеличился сетевой трафик, хоть и незначительно (настройки камер не регулируется автором статьи и зависят исключительно от настроек пользователей РСВ). Однако, в разы увеличилась очередь файлов. Это говорит о том, что величина очереди – объективный параметр, на который можно опираться во время разработки механизма балансировки нагрузки между серверами РСВ. Посмотрим на графики несколько позднее:

На рис. 7 отмечается рост значения Load average, что говорит о том, что рабочие процессы дольше ожидают системные ресурсы.

Рис. 8, 9 сигнализируют о том, что свободное дисковое пространство, отведенное под очередь входящих файлов, стремительно заканчивается. Если свободное место станет равно нулю, то система не сможет записывать новые файлы, что приведет к сбою работы системы.

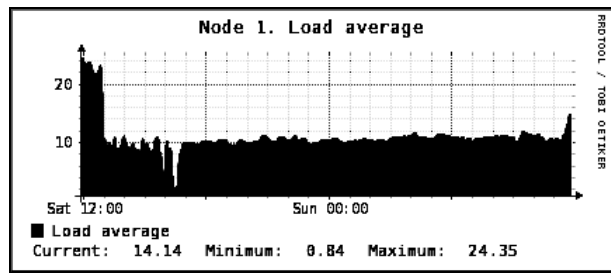


Рис. 7. Средняя нагрузка (Load average)

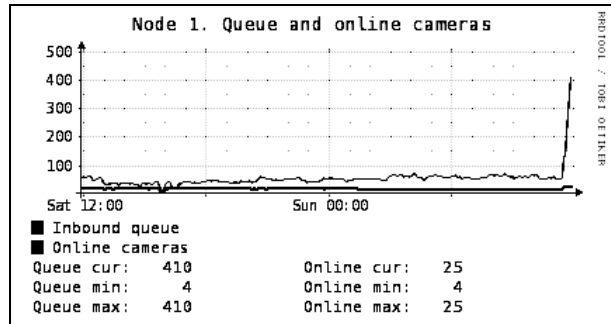


Рис. 8. Очередь видеофайлов увеличилась до критического значения в 410

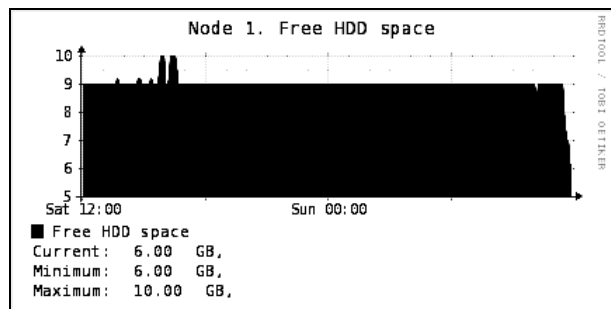


Рис. 9. Свободное дисковое пространство, отведенное под очередь видеофайлов

Значение длины очереди видеофайлов (рис. 8) свидетельствует о том, что файлов в очереди создается больше, чем модуль видеоаналитики может обработать. Для того, чтобы система не «захлебнулась», необходимо отключить часть камер.

Из этих графиков можно сделать вывод, что средняя нагрузка на сервер возросла незначительно (хотя значения и так выше нормы). Это связано с жестким лимитом (10) количества процессов обработки видеозаписей, а дисковая подсистема, как мы отмечали ранее, не загружена. Очередь файлов превысила значение в 400 файлов (соотношение количества файлов к подключенным камерам увеличилось до 8). Мы наблюдаем тренд, что величина очереди продолжает расти. Из рис. 8 следует еще один критический фактор: при увеличивающейся длине очереди сокращается свободное место на разделе диска, отведенном под очередь входящих видеофайлов. При не сложных подсчетах можно прогнозировать, что при очереди файлов, превышающих 1000, свободное место на данном разделе закончится и запись прекратится, что грозит сбоем системы.

Свободное место на диске – третий критический фактор, который необходимо учитывать.

Подводим итоги тестирования. Критических компонентов на серверах РСВ всего три: процессорное время, сетевой канал, свободное место на диске. Контролировать эти параметры достаточно легко: необходимо замерять Load average, свободное место на диске, а также длину очереди видеофайлов.

Моделирование балансировки нагрузки с помощью СМО

Система массового обслуживания (СМО) – одна из методик, позволяющих смоделировать поведения РСВ. Согласно характеристикам РСВ, данную систему можно отнести к классу СМО [2] с ожиданием, т.к. рассматриваемая система содержит буфер, который создает очередь входящих файлов, а также не допускает пропуск (удаление) видео фрагментов из очереди. Требования (видеофайлы) выбираются из очереди по принципу FIFO, что позволяет обрабатывать видеозаписи в логически правильном, последовательном, порядке.

СМО модель облачной системы видеонаблюдения

Определим основные компоненты СМО:

Требования – видеофрагменты, поступившие на обработку.

Входящий поток требований - очередь видео фрагментов, хранящихся на сервере до обработки и перемещения в облачный видеоархив.

Время обслуживания – период времени, в течение которого обслуживается требование (в нашем случае это период времени, необходимый на анализ поступившего видео фрагмента).

Время ожидания в очереди – период времени, в течение которого видео фрагмент ожидает обработку.

Обслуживающая система – процесс видеоаналитики. Количество одновременных процессов анализа видео ограничено в системе эмпирическим значением, равным 10.

Интенсивность потока, в нашем случае, равна количеству подключенных к серверу видеокамер.

В среднем, сервер принимает 15 одновременных подключений видеокамер. Это в свою очередь генерирует интенсивность потока: $\lambda = 15 * 2 * 60 = 900$ видеофайлов в час.

Интенсивность потока обслуживания (согласно усредненных экспериментальных данных) составляет $\mu = 120$ видео фрагментов в час на одну обслуживающую систему (время обслуживания одного видео фрагмента составляет ($T_p = 30$ сек)).

Загруженность системы (ρ) составляет:

$$\rho = \frac{\lambda}{10 * \mu} = \frac{900}{10 * 120} = \frac{3}{4} = 0,75.$$

Нагрузка системы на 1 канал (требования распределяются равномерно между обслуживающими системами):

$$\psi = \rho = 0,75.$$

Среднее число заявок, находящихся в очереди:

$$N_{line} = \frac{\psi^2}{(1 - \psi)} = \frac{0,5625}{0,25} = 2,25.$$

Исходя из данного значения, можно сделать вывод, что обработанный видеофайл попадает в обработку с задержкой $T_s = 2,25 * T_p = 67,5$ секунд, что является допустимым значением. В среднем, видеофрагмент находится в системе до перемещения в облачный архив:

$$T_{sum} = T_s + T_p = 67,5 + 30 = 97,5 \text{ сек.}$$

Вероятность простоя системы:

$$p_0 = \psi^0 (1 - \psi) = 0,25.$$

Вероятность того, что в системе количество заявок не превышает количество обслуживающих систем:

$$p_1 = \psi^1 (1 - \psi) = 0,1875.$$

Вероятность того, что в системе количество заявок дважды превышает количество обслуживающих систем:

$$p_2 = \psi^2 (1 - \psi) = 0,140625.$$

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что величина простоя системы высокая ($p_0 = 0,25$), следовательно сервер может обслужить более 15 камер. Схема СМО, функционирующая в РСВ, приведена на рис. 10.

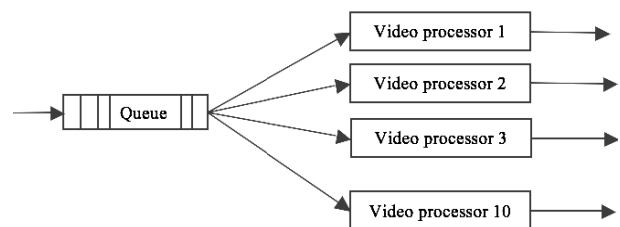


Рис. 10. Схема СМО, функционирующая в РСВ

Балансировка нагрузки

Перечислим параметры, с которыми должен оперировать механизм балансировки нагрузки:

- HDDSpace – количество свободного пространства на диске, при достижении которого механизм балансировки должен отключать излишние камеры. Минимальное значение данного параметра составляет 1 Гб. Данное значение позволит не менее 5 минут формировать очередь входящих видеофайлов, если отключение одной камеры не помогло справиться с перегруженностью сервера РСВ.

- WANSpeed – гарантируемый сетевой канал сервера. По умолчанию принимает значение в 100 Мбит/сек, но может быть увеличен индивидуально для каждого вычислительного узла.

- Load Average – коефіцієнт завантаженості системи, λ – актуальна довжина череди в момент перевірки, а також μ_n – кількість фактично оброблених відеофайлів за останній час. Формула розрахунку трохи модифікується:

$$p = \lambda / \sum \mu_n .$$

- Frequency – частота перевірок (запусків механізму балансування).
- MaxCameras – результат вирахувань механізму балансування навантаження.

Схема моделі роботи механізму балансування навантаження – схема 4.

Параметр ($p > 1$) включає в себе також перевірку інших параметрів: HDDSpace і WANSpeed. В тому випадку, якщо HDD Space або WAN Speed перевищують задані в налаштуваннях балансувальника константи – система буде зменшувати параметр MaxCameras, і, відповідно, відключати пристрій.

Схема роботи механізму балансування навантаження приведена на рис. 11.

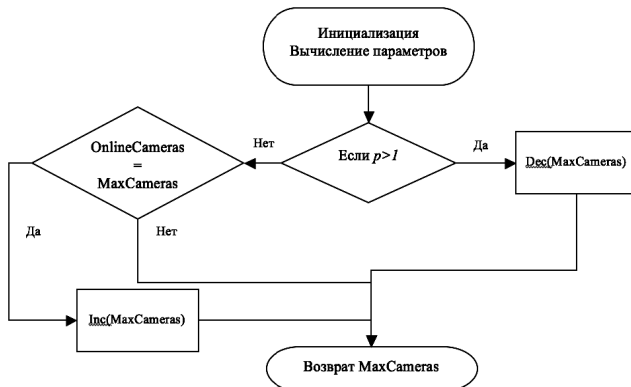


Рис. 11. Схема роботи механізму балансування навантаження

Заключення

Предложена в данной статье схема обладает многими преимуществами.

Во-первых, ограничение количества подключенных камер к серверу не может меняться резко. Это исключает возникновение излишнего простоя оборудования, так и его моментальной перегрузки. Во-вторых, за один запуск механизма балансування может быть отключена только 1 камера (которая после принудительного отключения подключиться к другому, более свободному серверу PCB), либо же увеличит квоту сервера на 1 камеру, но только при условии, что сервер уже достиг количества максимально подключенных камер.

Практика показывает, что запуская механизм балансування 1 раз каждые 10 минут, система успешно балансується, не допуская критических значений параметров.

Список литературы

1. Partizan Cloud. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://cloud.partizan-cctv.com>.
2. Хемди А. Таха. Глава 17. Operations Research: An Introduction. – 7-е изд. – М.: Вильямс, 2007. – С. 629-697.
3. SETI@HOME. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://seticlassic.ssl.berkeley.edu/about_seti/about_seti_at_home_1.html.
4. OpenCV. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://opencv.org/>.
5. RRD Tool. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://oss.oetiker.ch/rrdtool/>.
6. ДЦ ColoCall. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.colocall.net/colocation/colocation-dedicated-vds.html>.
7. ДЦ Hetzner. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: https://www.hetzner.de/us/hosting/products_rootserver/px60.
8. CPU Load average. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://habrahabr.ru/post/216827/>.

Поступила в редколлегию 7.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Литвинов, Черниговский национальный технологический университет, Чернигов.

БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Є.І. Дятлов

Стаття присвячена проблематиці балансування навантаження в розподілених системах обробки даних. Автором розглядається окремий випадок розподіленої системи – розподілена система відеоспостереження. У статті вивчається питання високонавантажених підсистем і розглядається питання розподілу навантаження між обчислювальними вузлами. У статті приведені статистичні і аналітичні матеріали, на яких базується логіка розподілу навантаження між обчислювальними вузлами реальної системи відеоспостереження. На основі отриманих даних створюється модель розподілу навантаження із застосуванням технологій СМО.

Ключові слова: розподілені системи обробки даних, балансування навантаження.

BALANCING OF LOADING IS IN THE DISTRIBUTED CALCULABLE SYSTEMS

Ye.I. Dyatlov

The article is devoted to the problem of balancing of loading in the distributed systems of processing of data. An author examines the special case of the distributed system – distributed system of videovigilance. In the article the question of high-rate subsystems is studied and the question of partition of load is examined between calculable knots. Statistical and analytical materials which logic of partition of load between the calculable knots of the real system of videovigilance is based on are resulted in the article. On the basis of findings the model of partition of load is created with the use of technologies of SMO.

Keywords: distributed systems of processing of data, balancing of loading.

А.Г. Морозова, Л.П. Белова, В.А. Погребняк

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков

СПЕЦИФИКАЦИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ ЦЕЛОСТНОСТИ ДЛЯ NOSQL БАЗ ДАННЫХ

В работе предложен метод описания ограничений целостности для NoSQL баз данных. Рассмотрены основные модели NoSQL баз данных, а также целесообразность описания ограничений целостности для каждой из моделей. Для описания ограничений целостности было предложено описать каждую NoSQL модель на формальном языке – SDL в рамках теории предсхем, что позволило сформулировать ограничения целостности на формальном языке, основанном на пути в ациклическом графе. В рамках этого подхода разработан алгоритм проверки ограничений целостности для основных моделей NoSQL баз данных.

Ключевые слова: базы данных, модели данных, NoSQL, распределенные базы данных, горизонтальное масштабирование, хранилище ключ-значение, документно-ориентированные базы данных, хранилища семейств колонок, графовые базы данных.

Введение

С развитием интернет технологий и огромным ростом информации возникла проблема ее обработки за короткое время, а также проблема горизонтального масштабирования. Традиционные реляционные СУБД не в состоянии были решить эти проблемы, что привело к появлению распределенных информационных систем [1].

Распределение нагрузки позволило увеличивать мощность компьютерных систем через горизонтальное масштабирование, которое является во многих случаях более предпочтительным, нежели вертикальное. Несмотря на свои плюсы, горизонтальное масштабирование сопряжено с изменением структуры процессов, проходящих в системе, и накладывает определенные ограничения, связанные с распределенностью вычислительных ресурсов и хранилищ данных.

Рост числа распределенных информационных систем обусловил необходимость в создании новых «нереляционных» баз данных – или NoSQL баз данных. NoSQL базы данных – термин, обозначающий ряд подходов, направленных на реализацию хранилищ баз данных, имеющих существенные отличия от моделей, используемых в традиционных реляционных СУБД (РСУБД) с доступом к данным средствами языка SQL.

Для NoSQL обычно приводятся следующие преимущества по отношению к РСУБД [2].

1. Горизонтальное масштабирование. В NoSQL базах данных эта процедура обычно проще и прозрачнее, чем в РСУБД.

2. Производительность БД на одном узле, а не в кластере, также является немаловажным параметром.

3. Надежная работа в условиях, когда отказ аппаратного обеспечения или сетевая недоступность –

обычное дело, является одним из свойств многих решений NoSQL [3]. Основной способ ее обеспечения – это репликация.

4. Простота разработки и администрирования – также важный аргумент в пользу NoSQL-технологий. Целый ряд задач, связанных с масштабированием и репликацией, представляющих значительную сложность и требующих обширной специальной экспертизы на традиционных СУБД, у NoSQL занимает считанные минуты. Задачи установки и настройки, само использование NoSQL-решений обычно существенно проще и менее трудоемки, чем в случае с РСУБД.

Важным этапом в исследовании распределенных систем является формулирование Э. Брюером CAP теоремы [4], которая утверждает следующее: из трех свойств распределенной системы:

согласованности (Consistency),

доступности (Availability),

устойчивости к разделению (Partition tolerance),

распределенная система может иметь максимум два одновременно.

Реляционные СУБД основываются на наборе требований ACID, тогда как NoSQL – на наборе требований BASE, при этом реляционная СУБД выносит на первое место требование согласованности, тогда как NoSQL жертвует им в пользу доступности и устойчивости к разделению (согласно CAP теореме) [5].

Согласованность данных обеспечивается за счет поддержки ограничений целостности.

Таким образом, спецификация ограничений целостности для NoSQL баз данных позволит задавать ограничения целостности и частично обеспечить свойство согласованности.

Целью настоящей статьи является спецификация ограничений целостности основных моделей NoSQL баз данных на формальном языке.

Обзор основных моделей NoSQL баз данных

Документно-ориентированные СУБД. Эти СУБД хранят данные в виде коллекций документов, состоящих из набора полей. Этот набор может различаться в документах одной коллекции благодаря «бессхемности» таких СУБД. Идеальный вариант их применения – это хранение более-менее независимых документов, не требующих поддержания ссылочной целостности между ними или коллекциями (форумы или социальные сети, каталоги товаров или изделий). Самые популярные представители этого семейства – MongoDB и CouchDB.

Хранилища типа «ключ-значение». Такие БД хранят данные в виде пар ключ-значение. В некоторых случаях значениями могут быть массивы, списки, множества (наборы уникальных значений) и т.п. Обычно они реализуют минимальный набор операций (установить, прочитать значение и др.).

Типичное применение этих решений – кэширование данных для повышения общей производительности приложения (например, результатов запросов к более сложным системам) и счетчики. Иногда их применяют в качестве промежуточного звена для систем логирования или сбора статистики.

Широко распространенные представители семейства «ключ-значение» – Redis и Riak.

Колоночные СУБД. В отличие от традиционных БД, колоночные СУБД хранят данные в виде последовательности столбцов, а не строк. Благодаря этому достигаются некоторые преимущества в хранении и обработке больших объемов информации.

Типичные задачи, которые решают с помощью колоночных СУБД, – те, для которых скорость (многопоточной) записи обычно важнее скорости чтения (хранение и архивирование данных, логирование и сбор статистики). Подобные СУБД лучше подходят для агрегации больших объемов данных, чем для онлайн-обработки сложных запросов. Один из самых известных представителей этого семейства – BigTable и Apache Cassandra.

Семейство столбцов – это строка, содержащая множество столбцов, ассоциированных с ключом строки.

Семейства столбцов группируют взаимосвязанные данные, доступ к которым часто обеспечивается как к единому целому. Основной единицей хранения в колоночных базах данных является столбец, состоящий из пары «имя-значение», в которой имя играет роль ключа. Каждая из пар «имя-значение» всегда хранится с меткой времени, которая используется для того, чтобы задавать срок действия данных, разрешать конфликты записи, обрабатывать устаревшие данные и выполнять другие функции. Если данные столбца больше не исполь-

зуются, то это место можно восстановить позднее на этапе уплотнения.

Граф-ориентированные СУБД. Такие СУБД эффективно хранят данные, представленные в виде графа: с вершинами (узлами) и ребрами (связями между ними). Идеальны для хранения отношений между множеством сущностей и анализа их взаимосвязей (например, социальный граф, зависимости между компонентами систем и т.п.).

Особой известности граф-ориентированные СУБД не получили, в основном из-за узкого круга решаемых задач.

Спецификация основных моделей NoSQL на формальном языке

В настоящей статье будут рассматриваться две основные NoSQL модели: хранилище типа «ключ-значение» на примере Redis и колоночные СУБД на примере BigTable.

Для остальных модели целесообразность спецификации ограничений целостности отсутствует ввиду специфики модели и задач, для решения которых они применяются.

В качестве формальной модели NoSQL была выбрана теория предсхем и формальный язык описания предсхем – SDL нотация [6 – 7].

Основные элементы предсхем:

Концепт - сущность предметной области.

Роль – ссылка внутри экземпляра понятия на его структурные части.

Квалификатор – это частичное отображение из множества ролей во множество понятий предметной области.

Базовый концепт – концепт, который не определяется с помощью других концептов, т.е. он является атомарным.

Основные элементы SDL нотации:

item – описывает элемент модели (концепт, квалификатор, шаблон и т.д.);

definition – для описания квалификаторов, связанных с концептом.

selector – для описания пары (роль-концепт);

define – ключевое слово для определения сложного квалификатора;

template – ключевое слово для определения шаблонного концепта (например List<X>, Set<X> и т.д.);

typedef – ключевое слово для определения сокращенного имени, например для шаблонного концепта (например typedef List<User> = ListUsers);

is_atomic – ключевое слово для определения базового концепта.

Хранилища типа «Ключ-Значение» (Redis).

База данных типа «Ключ-Значение» – это список пар (ключ, значение). В качестве значений ключа выступают только строки, а значение могут быть

одним из следующих типов, приведенных в табл. 1. Также в табл. 1 приведено отображения типов данных Redis в типы данных, соответствующие предсхеме хранилища «Ключ-Значение».

Таблица 1

Отображение типов данных Redis

Тип данных в БД	Целевой тип данных
String	String
List	List<String>
Set	List<String>
Bitmap	Bitmap
Hash	List<HashElement>

Приведем описание хранилища «Ключ-Значение» на выбранном формальном языке.

База данных типа «Ключ-Значение» – это список концептов Object.

Ниже приведено формальное описание предсхемы хранилища «Ключ-Значение».

SDL нотация предсхемы хранилища Redis

```

define qObject (KeyName:String, KeyValue:Value).
Object= qObject.
String is_atomic.

define qBitMap (BitOffset:int, BitValue:bit,
Func:String).
BitMap=qBitMap.
int is_atomic.
bit is_atomic.

define qHashEl(KeyName:String, KeyValue:String).
HashElement = qHashEl.

typedef List<String> = Set.
typedef List<String> = List.
typedef List<HashElement> = Hash.

Value = String;List;Set;Bitmap;Hash.
typedef List< Objects > = KeyValueDataBase.
    
```

Для хранилищ типа «Ключ-Значение» справедливы следующие ограничения целостности:

- UniqueDBConstraint – каждый ключ в базе данных не должен повторяться.
- UniqueSetConstraint – значения в Set должны быть уникальными.
- UniqueHashConstraint – каждый ключ в Hash должен быть уникальным.

Тогда модель хранилища типа «Ключ-Значение» это предсхема KeyValueDataBase с ограничениями {UniqueDBConstraint, UniqueSetConstraint, UniqueHashConstraint}.

Описание соответствующих ограничений на формальном языке будет приведено далее в статье.

Колоночные СУБД (BigTable).

База данных BigTable – это список элементов, состоящих из ключа строки таблицы и одно или нескольких семейств столбцов.

В качестве значений ключа строки таблицы выступают только строки, а значение в столбцах могут быть одним из следующих типов, приведенных в табл. 1. Также в табл. 1 приведено отображения типов данных BigTable в типы данных, соответствующие предсхеме БД BigTable.

Таблица 2

Отображение типов данных BigTable

Тип данных в БД	Целевой тип данных
Integer	Integer
Double	Double
Boolean	Boolean
Text String	String
Byte String	Byte String
Timestamp	Integer

Приведем описание базы данных BigTable на выбранном формальном языке.

База данных BigTable – это список концептов RowKey. Ниже приведено формальное описание предсхемы BigTable.

SDL нотация предсхемы BigTable

```

define qRowKey(RowKeyName:String,
RowKeyValue:List<ColumnFamily>).
RowKey= qRowKey.
String is_atomic.

define qColumnFamily (ColumnFamilyName:String,
ColumnFamilyValue:List<Column>).
ColumnFamily = qColumnFamily.
Column = qColumn(ColumnName:String, ColumnValue:Value, TimestampColumn:Integer).
Value = String; Integer; Double; Boolean; ByteString.
Integer is_atomic.
Double is_atomic.
Boolean is_atomic.
ByteString is_atomic.

typedef List< RowKey > = ColumnDataBase.
    
```

Для базы данных BigTable справедливо следующие ограничения целостности:

- UniqueRowKeyConstraint – каждый ключ строки в базе данных должен быть уникальным.

Тогда базы данных BigTable это предсхема ColumnDataBase с одним ограничением – UniqueRowKeyConstraint.

Описание соответствующего ограничения на формальном языке будет приведено далее в статье.

Спецификация ограничений целостности для NoSQL

В качестве формального языка описания ограничений целостности для NoSQL в настоящей статье был использован язык описания структурных ограничений для предсхем, основанный на пути в ациклическом графе.

С точки зрения хранилищ данных, предсхему можно рассматривать как схему (модель) данных, тогда образец концепта – как структуру данных, соответствующую схеме данных.

Образец концепта может быть представлен в виде ациклического графа, а ограничения целостности – с помощью выражений, основывающихся на пути в ациклическом графе [8].

Образец концепта представляется в виде ациклического графа, вершины которого соответствуют либо выбранным квалификаторам, либо базовым концептам. Ребра графа помечаются именами ролей в рамках определения квалификатора.

На рис. 1 приведен пример предсхемы концепта «List», а на рис. 2 – список из 2-х целых чисел (образец концепта «List»).

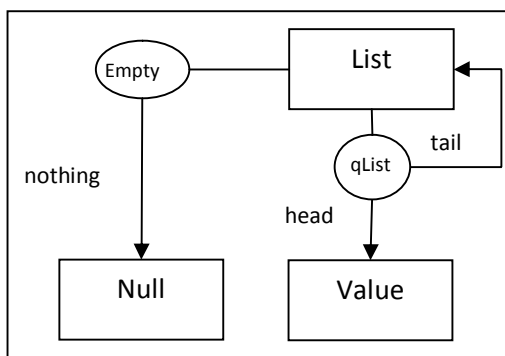


Рис. 1. Предсхема концепта «List»

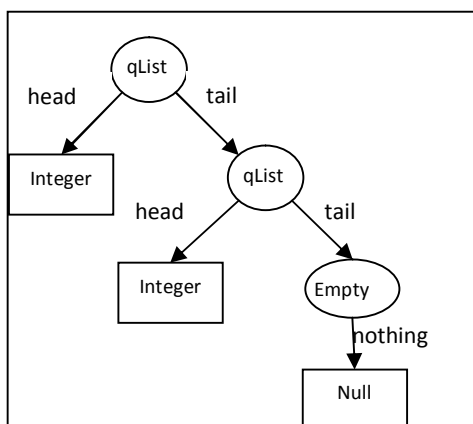


Рис. 2. Образец концепта «List»

Путь в ациклическом графе имеет следующий вид:

*идентификатор_концепта.идентификатор_роли:
идентификатор_концепта.идентификатор_роли*

где ":" (двоеточие) – выбор концепта, "." (точка) – выбор роли.

Тогда ограничения целостности – это выражения на основе путей в графе и, возможно, кванторов существования и всеобщности.

Зададим ограничения целостности для NoSQL, описанные выше.

Для хранилищ типа «Ключ-Значение» были определены следующие ограничения целостности:

- **UniqueDBConstraint** – каждый ключ в базе данных не должен повторяться.

UniqueDBConstraint :=

\forall qList.head:qObject.KeyName != qList.tail:qList.head: qObject.KeyName

- **UniqueSetConstraint** – значения в Set должны быть уникальными.

UniqueSetConstraint:=

\forall qList.head != qList.tail: qList.head

- **UniqueHashConstraint** – каждый ключ в Hash должен быть уникальным.

UniqueHashConstraint:=

\forall qList.head:qHashEl.KeyName!= qList.tail: qList.head:qHashEl.KeyName

Для базы данных BigTable были определены следующие ограничения целостности:

- **UniqueRowKeyConstraint** – каждый ключ строки в базе данных должен быть уникальным.

UniqueRowKeyConstraint:=

\forall qList.head:qRowKey.RowKeyName!= qList.tail:qList.head: qRowKey.RowKeyName

Таким образом, описаны на формальном языке ограничения, определенные в каждом из рассмотренных типов хранилищ. Подобным образом могут быть описаны ограничение, заданные пользователем для каждой из моделей.

Алгоритм обеспечения свойства согласованности для NoSQL

Основой предлагаемого метода обеспечения свойства согласованности для NoSQL является модуль Checker, который проверяет соответствие изменений, вносимых в БД, тем ограничениям, которые заданы. Схема алгоритма проверки ограничений целостности с помощью модуля Checker представлена на рис. 3.

Согласно приведенной схеме, модуль Bridge фильтрует запросы к БД – запросы-выборки напрямую обращаются к БД, а запросы-модификаторы перенаправляются на модуль Checker для проверки допустимости вносимых ограничений. Таким образом, не нужно вносить никаких изменений в суще-

ствуючі NoSQL СУБД, а достатньо всі запити пропускати через модуль-фільтр Bridge.

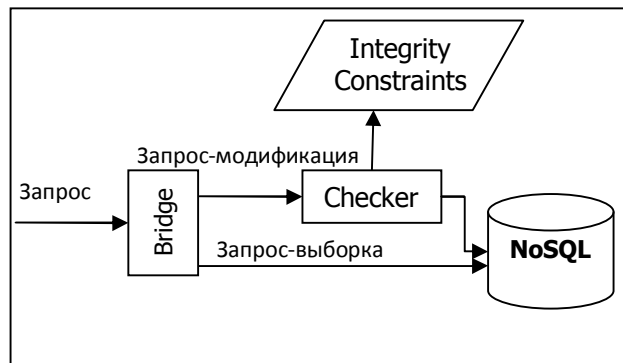


Рис. 3. Схема алгоритма проверки ограничений целостности

Заключение

В работе рассмотрены основные модели NoSQL баз данных, а именно графовые, колоночные, документно-ориентированные и хранилища вида «ключ-значение».

Рассмотрена целесообразность описание ограничений целостности для каждой из описанных моделей.

Ввиду особенностей построения и сфер использования, было принято решение рассматривать только две модели – колоночные (на примере BigTable) и хранилища типа «ключ-значение» (на примере Redis).

Каждая из NoSQL моделей была описана на формальном языке, в качестве которого была выбрана SDL нотация.

Это позволило на формальном языке, основанном на пути в ациклическом графе, специфицировать ограничения целостности. Также, был предложен алгоритм проверки ограничений целостности с помощью модуля Checker.

Таким образом, в работе был предложен метод описания структурных ограничений для NoSQL баз данных, а также алгоритм проверки ограничений целостности с помощью модуля Checker.

Это позволит задавать пользовательские ограничения целостности для NoSQL баз данных, а также верифицировать изменения, вносимы в данные, с помощью модуля Checker.

Список литературы

1. Özsu M.T. Principles of Distributed Database Systems; 3rd edition / M.T. Özsu, P. Valduriez. – Springer, 2011.
2. Фаулер М. NoSQL: новая методология разработки нереляционных баз данных / М. Фаулер, П.Д. Сада-ладж. – М.: «Вильямс», 2013. – 192 с.
3. Brewer Eric A. Towards robust distributed systems / Eric A. Brewer // Proceedings of the XIX annual ACM symposium on Principles of distributed computing. – Portland, OR: ACM, 2000. – Т. 19. – № 7.
4. Carter A. The CAP Theorem as it Applies to Contemporary NoSQL Storage Systems / A. Carter. – Memorial University, 2011.
5. Кузнецов С. Транзакционные параллельные СУБД: новая волна / С. Кузнецов. 2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: http://citforum.ru/database/articles/kuz_oltp_2010/2.shtml.
6. Zhytaruk A.G. About language for data structures modeling / Zhytaruk A.G., Zholtkevych G.N. // Системи обробки інформації. – Х.: XV ПС, 2011. – Вип. 5(95). – С. 197-201.
7. Житарюк А.Г. Трансляция и верификация SDL-нотации средствами языка ПРОЛОГ / А.Г. Житарюк, Г.Н. Жолткевич // Вісник Херсонського національного університету. – 2009. – Вип. 2. – С. 200-208.
8. Житарюк А.Г. Представление образцов концептов информационных систем посредством ациклических графов / А.Г. Житарюк, Г.Н. Жолткевич // Системи обробки інформації. – Х.: XV ПС, 2010. – Вип. 6(87). – С. 215-219.

Поступила в редколлегию 10.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Филатов, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБМЕЖЕНЬ ЦІЛІСНОСТІ ДЛЯ NOSQL БАЗ ДАНИХ

А.Г. Морозова, Л.П. Белова, В.О. Погребняк

В роботі запропоновано метод опису обмежень цілісності для NoSQL баз даних. Розглянуто основні моделі NoSQL баз даних, а також доцільність опису обмежень цілісності для кожної з моделей. Для опису обмежень цілісності було запропоновано описати кожну NoSQL модель на формальній мові - SDL в рамках теорії предсхем, що дозволило сформулювати обмеження цілісності на формальній мові, яка базується на понятті шляху в ациклическому графі. В рамках цього підходу розроблено алгоритм перевірки обмежень цілісності для основних моделей NoSQL баз даних.

Ключові слова: бази даних, моделі даних, NoSQL, розподілені бази даних, горизонтальне масштабування, сховище ключ-значення, документно-орієнтовані бази даних, сховища сімейств колонок, графові бази даних.

CONSISTENCY SPECIFICATION FOR NOSQL DATABASES

A.G. Morozova, L.P. Belova, V.A. Pogrebniak

The method for describing constraints for NoSQL databases was considered. The basic model of NoSQL databases and advisability of describing constraints for each of the models have been considered. It was proposed to describe every NoSQL model in a formal language - SDL in the theory of preschemes that allowed formulating constraints in a formal language, based on the way to an acyclic graph. On the basis of the method the algorithm for checking NoSQL integrity constraints has been developed.

Keywords: databases, data models, NoSQL, distributed databases, scaling, key-value stores, document-oriented database, storage columns families, graph database.

УДК 681.321

Ю.Л. Поночовный¹, А.В. Боярчук², В.С. Харченко²¹ Полтавский национальный технический университет имени Ю. Кондратюка, Полтава² Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков

МНОГОФРАГМЕНТНЫЕ МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ WEB-СЕРВИСОВ С УСТРАНЕНИЕМ ПРОЕКТНЫХ ДЕФЕКТОВ

В статье обсуждаются модели отказоустойчивых систем Web-сервисов при устранении проектных дефектов. Определены множества состояний Web-сервиса для базовых моделей. Проанализирован процесс моделирования отказоустойчивой сервис-ориентированной Web-системы, включающий построение макрографа, параметризацию (определение входных параметров и границ их изменений), построение расширенного орграфа модели и системы дифференциальных уравнений, а также исследование зависимостей функции готовности от изменения входных параметров модели. Полученные результаты позволили выделить допустимые области изменения входных параметров: вероятности устранения выявленных дефектов и интенсивности профилактик для обеспечения готовности.

Ключевые слова: Web-сервис, многофрагментная марковская модель, функция готовности.

Введение

Постановка задачи. Web системы с сервис-ориентированной архитектурой (SOA) в настоящее время широко внедрены в сферу бизнес-критических приложений, среди которых следует отметить Интернет-банкинг и магазины, системы электронного бизнеса и науки. В различных исследованиях [1, 2] предложены подходы к обеспечению отказоустойчивости Web-сервисов. Однако разработка и внедрение отказоустойчивых архитектур требует построения адекватных и точных моделей оценки надежности:

– в отказоустойчивых сервисах растет число состояний, в которых может находиться система вследствие отказов, обусловленных дефектами аппаратного и программного обеспечения, дефектами взаимодействия Web-сервисов вследствие различных атак;

– для каждой из процедур обеспечения отказоустойчивости необходимо учитывать влияние средств их реализации на надежность Web-сервисов;

– характеристики SOA и целевых сервисов являются изменяющимися.

Известны несколько подходов к моделированию Web-сервисов, основанные на экспериментировании с реальными сервисами [3], методе Монте-Карло [4], аналитических методах исследования марковских систем [5]. Использование аппарата марковских или полумарковских процессов является предпочтительным подходом, поскольку позволяет систематизировать сам процесс моделирования (определение множества состояний, переходов между ними и интенсивностей переходов). Однако использование этого подхода в Web-сервисах ограничива-

ется рядом особенностей различных вариантов SOAs, их функционирования при отказах вызванных разными дефектами.

Целью данного исследования является разработка и анализ базовых многофрагментных моделей Web-сервисов. Предложена методика построения модели на основе определения компонентов системы, множеств состояний и механизмов взаимодействия.

Для оценки функции готовности выполнены расчет и исследования многофрагментной модели Web-сервиса в среде Matlab. Определены срезы входных параметров модели, про которых обеспечивается заданный уровень готовности.

1. Теоретико-множественная модель отказоустойчивых Web-сервисов

Для построения моделей были определены следующие множества состояний функционирования Web-сервиса.

M_{S_0} – множество основных (функциональных) состояний, при которых Web-сервис выполняет заданные функции. Переходы между состояниями множества M_{S_0} ($M_{S_0}^*$) осуществляются последовательно. После перехода в последнее из состояний S_{0+n} множества $M_{S_0}^*$ осуществляется переход в начальное состояние S_{01} множества $M_{S_0}^*$.

$M_{S_0}^*$ – подмножество основных состояний, в которых непосредственно реализуется запрос на выполнение сервиса, $M_{S_0}^* \subset M_{S_0}$. Под состоянием активной готовности понимаются работоспособные состояния в множестве множества $M_{S_0}^*$.

M_F – множество состояний отказа или сбоя однокомпозитного Web-сервиса, в которое система переходит и находится до начала процедур восстановления.

В событиях $S_{Fk} \in M_{SF}$ система переходит из состояний $S_{0*j} \in M_{S0}^*$. Соответствие между состояниями этих двух множеств (возможные переходы $S_{0*j} \Rightarrow S_{Fk}$) задается отображением:

$$\Omega_{0*F}: M_{S0}^* \Rightarrow M_{SF}. \quad (1)$$

M_R – множество состояний, в которых осуществляется процесс восстановления:

$$M_R = \{S_{Rl}\}, l = 1, \dots, r. \quad (2)$$

Они характеризуются тем, что причина отказа или сбоя идентифицирована с некоторой точностью (разрешающей способностью) и в соответствии с этим инициирована процедура восстановления.

Соответствие между состояниями $S_{Fk} \in M_{SF}$ и $S_{Rl} \in M_S$, а также переходы задаются отображением:

$$\Omega_{FR}: M_{SF} \Rightarrow M_{SR}. \quad (3)$$

Вид отображения определяется тем, какие процедуры используются для восстановления после данного отказа. Если отказ требует изменения про-

граммного модуля с целью исправления дефектов проектирования, что приводит к изменению параметров системы, то система переходит в состояние S_{SW} , что описывается отображением:

$$\Omega_{RSW}: M_{SRSW} \Rightarrow S_{SW}, M_{SRSW} \subset M_{SR}. \quad (4)$$

Из этого состояния осуществляется переход в состояние S_{01} . Однако, с учетом того, что в данном случае будет иметь место изменение параметров системы, состояние S_{01} должно принадлежать множеству новых состояний $M_{S0(1)}$. Структура этого множества и других множеств M_{S0}^* , M_{SF} , M_{SR} и отображений Ω_{RSW} не меняется. В соответствии с работами [5, 6], модель с такими множествами состояний называется многофрагментной. При определенных условиях она описывается вложенной марковской цепью. В разрабатываемой модели также имеют место начальный, внутренние и конечный фрагменты при условии, что общее число устраняемых дефектов равно $m+1$ (рис. 1).

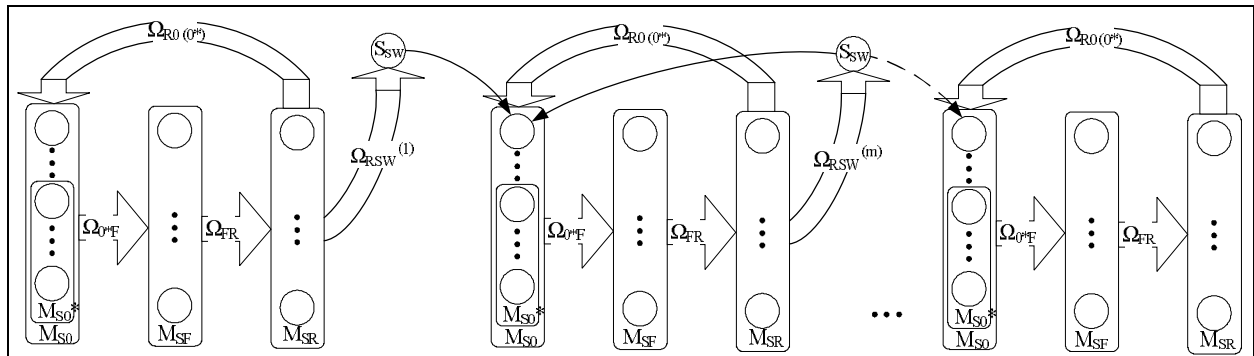


Рис. 1. Многофрагментная модель Web-сервиса

От фрагмента к фрагменту в рамках рассматриваемого подхода изменяется только отображение $\Omega_{RSW(p)}$, $p = 1, \dots, m$. Суть изменения связана с тем, что по мере устранения дефектов программных компонентов, изменяются параметры потоков отказов и исключаются некоторые переходы.

Следует отметить, что множество состояний M_{SF} определяется таксономией отказов, обусловленных дефектами физическими, проектирования и взаимодействия.

Учитывая специфику отказов, обусловленных информационными воздействиями, для них могут быть выделены отдельные группы состояний M_{SFsec} , M_{SRsec} . Им соответствуют отображения Ω_{0Fsec} , $\Omega_{FsecRsec}$. Число фрагментов может определяться, исходя из возможного количества уязвимостей и компонент SOA [6].

В том случае, когда при профилактике устраняются физические дефекты, Web-сервис может перейти в состояние S_{HW} ; если устраняются проектные дефекты – в состояние S_{SW} ; дефекты взаимодействия, связанные с устранением дефектов, – в состояние S_{SEC} .

Эти переходы описываются отображениями $\Omega_{П(2)HW}$, $\Omega_{П(2)SW}$, $\Omega_{П(2)SEC}$.

2. Многофрагментная марковская модель Web-сервиса

Рассмотрим процесс моделирования отказоустойчивой сервис-ориентированной веб-системы на примере системы [6].

Обобщенный граф модели содержит множество состояний MS , которое разбито на группы: группа работоспособных состояний $\{qInit; WaitR; GetR+Decompose; SendR; CollectR + Check; isOk + SendOK\}$, группа неработоспособных состояний $\{F1, \dots, F8\}$, группа состояний восстановления $\{R1, \dots, R8\}$ и одно состояние профилактики и обновления ПС.

Согласно [5, 6] данную систему можно описать многофрагментным марковским графом, переходы между фрагментами которого соответствуют процессам патчеризации моделируемого Web-сервиса. Многофрагментный граф системы можно представить в виде детализированного орграфа, включающего основные типы фрагментов (рис. 2).

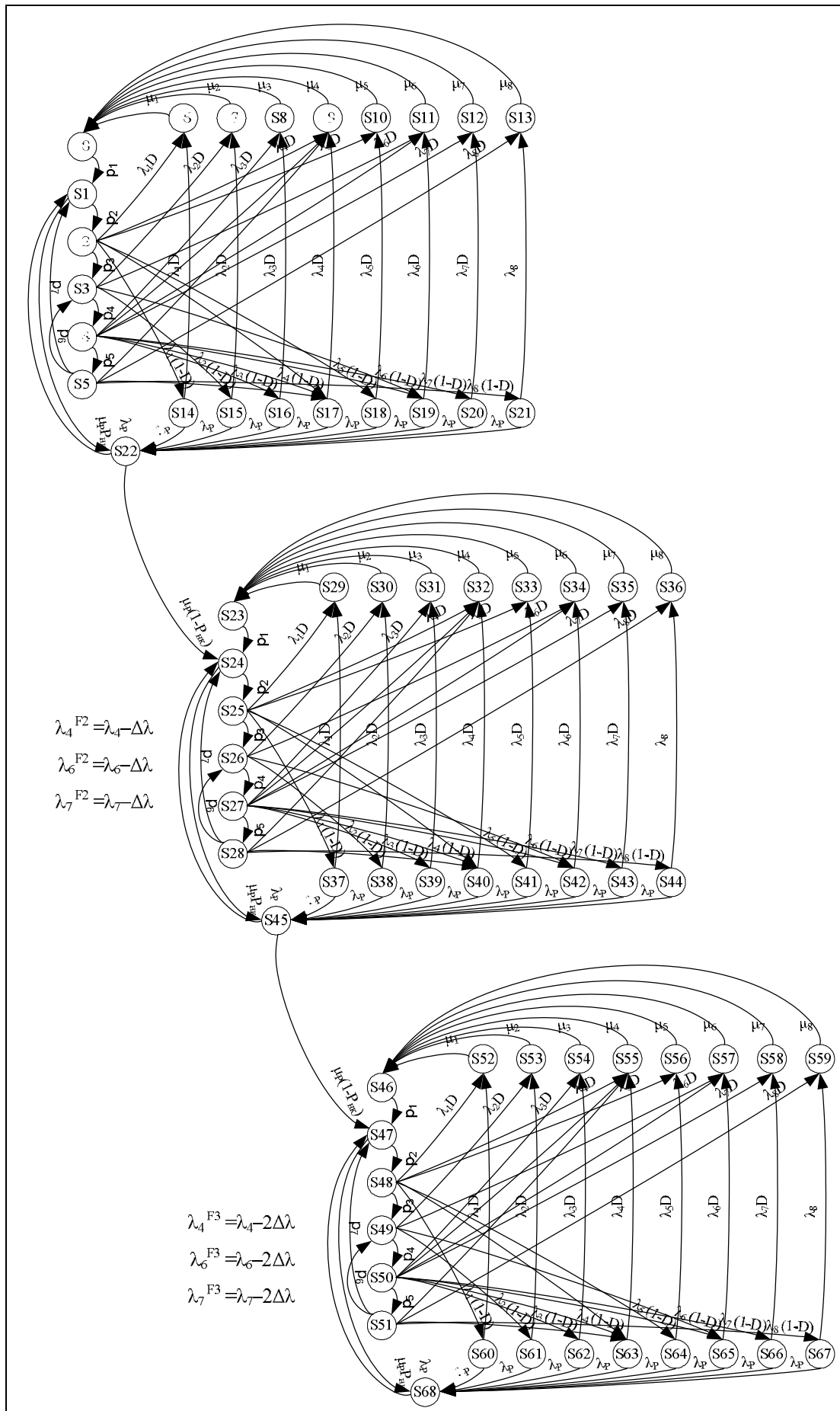


Рис. 2. Полный размеченный граф состояний и переходов трехфрагментной модели Web-сервиса

Логика функционирования Web-сервиса следующая. На промежутке существования одного фрагмента модель системы идентична модели ВМ1 [6] за исключением перехода из состояния S22 в состояние S0 (определяется параметром $\mu_r * P_{нк}$). После проведения профилактики в случае обнаружения и устранения уязвимости (вероятность этого события составляет $1 - P_{нк}$) изменяются параметры $\lambda_4, \lambda_6, \lambda_7$ (уменьшаются на величину $\Delta\lambda$) и Web-сервис с интенсивностью μ_r переходит в новый фрагмент F1 (F2, F3...). Процесс смены фрагментов модели продолжается до полного устранения всех уязвимостей модели. Однако, в условиях применения современного программного обеспечения с большим объёмом исходного кода, процесс устранения всех уязвимостей может занять срок, превышающий срок эксплуатации системы, поэтому в этой работе рассматривается модель с ограниченным набором фрагментов.

Функция готовности определяется как сумма вероятностей нахождения системы в работоспособных состояниях $S_{раб} = \{S_0, \dots, S_5; S_{23}, \dots, S_{28}; S_{46}, \dots, S_{51}\}$.

$$A(t) = \sum_{i=0}^{N_{fr}} \left[\sum_{j=0}^6 P_{23i+j}(t) \right]. \quad (5)$$

3. Результаты исследования модели

Для исследования поведения системы при различных значениях управляемых параметров, в модели были приняты следующие постоянные исходные данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1
Постоянные значения параметров марковской модели Web-сервиса

λ	Значение (1/час)	μ	Значение (1/час)
λ_1	10^{-5}	μ_1	0,5
λ_2	10^{-4}	μ_2	1,429
λ_3	$5 * 10^{-3}$	μ_3	8,571
λ_4	$5 * 10^{-4}$	μ_4	2,4
λ_5	$9 * 10^{-4}$	μ_5	15
λ_6	$3 * 10^{-3}$	μ_6	6
λ_7	$2 * 10^{-3}$	μ_7	20
λ_8	$9 * 10^{-4}$	μ_8	0,6
$\Delta\lambda$	$3 * 10^{-5}$	μ_p	0,5
$P_{нк}$	0,8		

Для ряда входных параметров были приняты интервальные оценки, что позволило исследовать динамику поведения системы. Границы изменения этих параметров и их значения по умолчанию указаны в табл. 2. Интенсивности обработки заявок Web-сервисом $\rho_1 - \rho_7$ при отсутствии задержек в обслуживании равны. Интенсивности профилактики λ_p и μ_r рассчитываются следующим образом: $\mu_r = \text{MIN}(\mu_1 \dots \mu_8) = \mu_1 = 0,5$ (1/час); λ_p будет зависеть от частоты проведения профилактики, например: про-

филактика проводится раз в неделю – $T_p = 7 * 24 = 168$ часов, $\lambda_p = 0,00595$ (1/час); профилактика проводится раз в два дня – $T_p = 2 * 24 = 48$ часов, $\lambda_p = 0,02083$ (1/час); профилактика проводится раз в сутки – $T_p = 24$ часа, $\lambda_p = 0,0417$ (1/час).

Таблица 2
Переменные значения параметров марковской модели Web-сервиса

Параметр	Интервал изменения	Значение по умолчанию
$\rho_1 - \rho_7$	0,1...100000	32000 (1/час)
D	0...1	0,8
λ_p	0,00595...1	0,00595 (1/час)

На рис. 3 представлены результаты сравнения разработанной многофрагментной модели с результатами однофрагментной модели без учета устранения проектных дефектов [6].

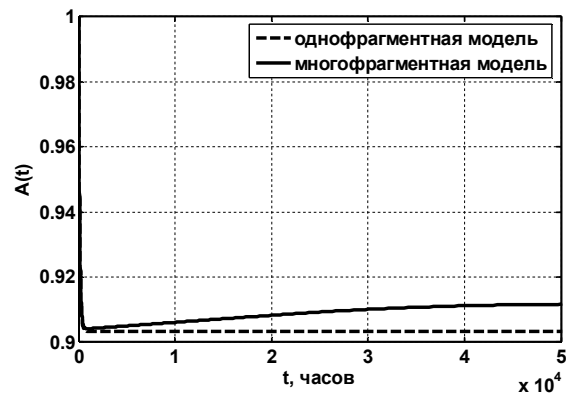


Рис. 3. Графики функции готовности одно- и многофрагментной моделей Веб-сервиса

При принятых значениях входных параметров, функция готовности однофрагментной модели принимает устоявшееся значение $A = 0,9064$ в течение первых 200 часов функционирования. Соответственно, если не устранять выявленные программные дефекты, то система никогда не достигнет требуемого уровня готовности (в данном случае он принят равным 0,91). Этот уровень примерно через 35000 часов достигнет функция готовности системы с устранением дефектов.

Результаты исследования влияния переменных входных параметров на готовность системы приведены на рис. 4 – 6.

Увеличение интенсивности пользовательских запросов ($\rho_1 - \rho_7$) на несколько порядков (рис. 4) практически не влияет на готовность системы, так как вызывает равномерное перераспределение вероятностей начальных состояний между P1, P2, P3 и P5. вероятность нахождения системы в исходном состоянии P0 при увеличении $\rho_1 - \rho_7$ будет стремиться к нулю. Так как функция готовности на трехмерном графике (рис. 4) не изменяется с ростом параметров $\rho_1 - \rho_7$, принято решение не строить его срез по уровню 0,91.

Анализ данных на рис. 5 привел к ожидаемому результату – с увеличением полноты контроля D вероятность нахождения системы в состоянии скрытых отказов будет стремиться к нулю, вследствие

чего увеличится готовность системы в целом. При этом наблюдается практически линейная зависимость коэффициента готовности от величины полноты контроля.

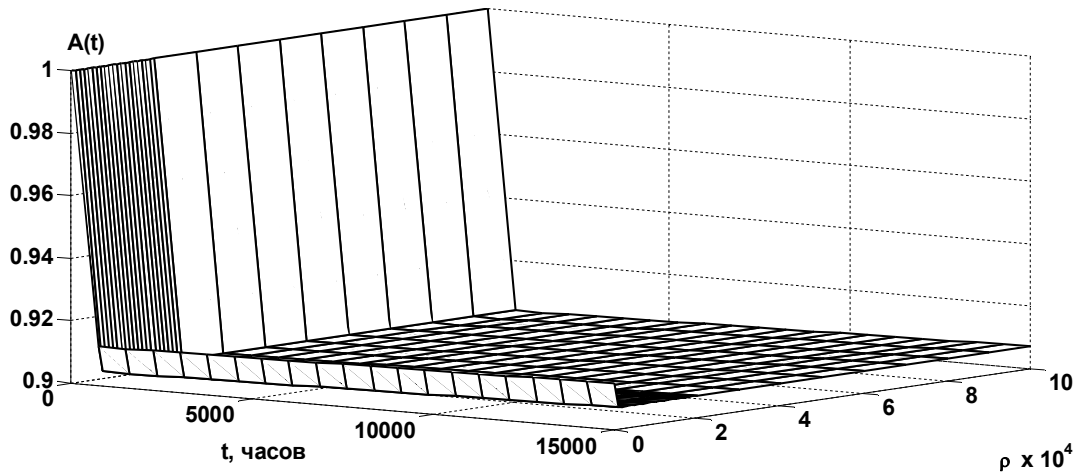


Рис. 4. График функции готовности модели веб-сервиса при различной интенсивности запросов ρ

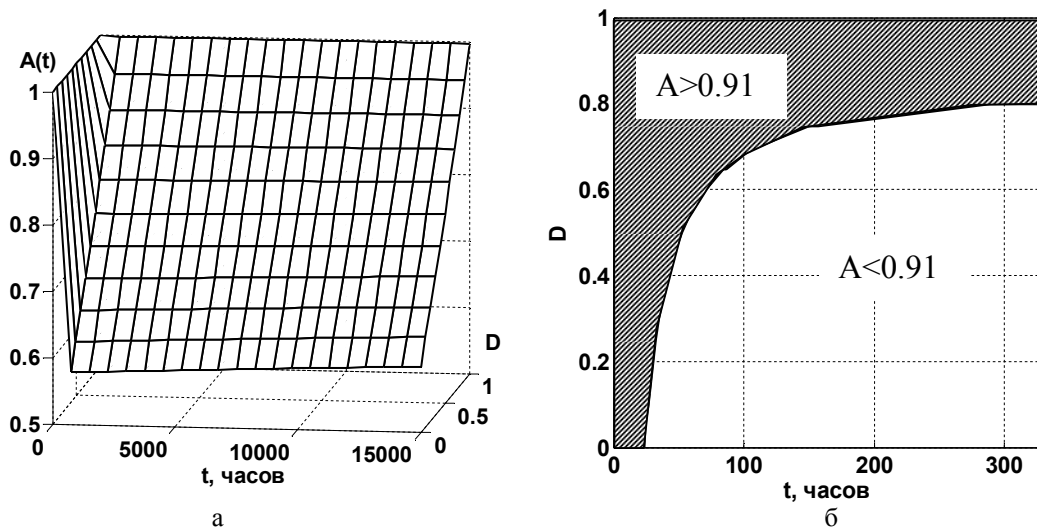


Рис. 5. График функции готовности модели веб-сервиса при различной вероятности устранения выявленных дефектов D (а) и его срез по уровню $A=0,91$ (б)

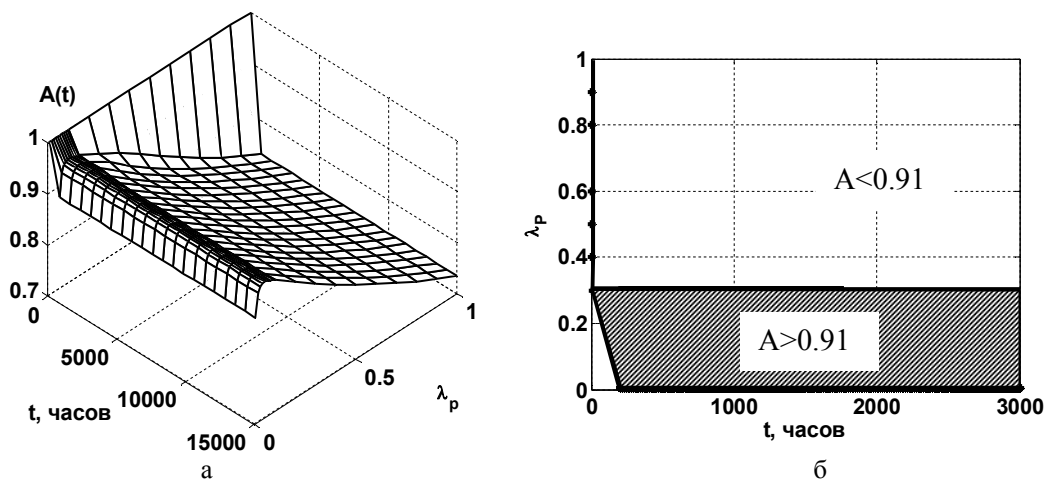


Рис. 6. График функции готовности модели веб-сервиса при различной интенсивности профилактик и обновлений λ_p (а) и его срез по уровню $A=0,91$ (б)

Срез по уровню 0,91 (рис. 5, б) хорошо иллюстрирует, что данный уровень готовности обеспечивается на всем временном интервале эксплуатации веб-сервиса при вероятности устранения выявленных дефектов $D > 0.8$.

Анализ данных на рис. 6 показал, что увеличение интенсивности проведения профилактики λ_p позволяет эффективно бороться со скрытыми отказами до определенного момента, после которого основным фактором неготовности становится нахождение системы в состоянии профилактики S22. Соответственно, для определенного набора значений параметров системы существует оптимальное значение λ_p , при котором система имеет максимальную готовность. Как видно из рис. 6, б, заданный уровень готовности обеспечивается для всех значений λ_p , в интервале [0.01...0.3] (1/час).

Выводы

В статье предложены модели отказоустойчивых Web-сервисов, в которых устраняются выявляемые дефекты. Для исследования следует выбрать базовую модель, детализировать марковский граф и уточнить данные для моделирования.

Изменение характеристик Web-сервисов (варьирование интенсивностей отказа и восстановления путем устранения дефектов проектирования, использования патчей и снижения вероятности дефектов взаимодействия и т.д.) может быть учтено, используя принцип многофрагментности [6].

Результаты моделирования показали, что наиболее эффективными методами повышения надежности сервис-ориентированной системы являются повышение достоверности контроля и снижения

рисков скрытых отказов, а также оптимизация периодичности профилактики для выявления скрытых отказов и обновления системы.

Список литературы

1. Papazoglou M.P. *Web Services: Principles and Technology* / M.P. Papazoglou // Prentice Hall. – 2007. – Vol. 21. – P. 139-145.
2. Chan P. *Making Services Fault Tolerant* / P. Chan, M. Lyu, M. Malek, D. Penkler, M. Reitenspiess, F. Tam // ISAS 2006, LNCS 4328, 2006. – P. 43-61.
3. Gorbenko A. *Experimenting With Exception Handling Mechanisms Of Web Services Implemented Using Different Development Kits* / A. Gorbenko, A. Mikhaylichenko, V. Kharchenko, A. Romanovsky // CS-TR 1010, University of Newcastle upon Tyne, 2007. – P. 254-257.
4. Rotaru T. *Service-oriented middleware for financial Monte Carlo simulations on the cell broadband engine* / T. Rotaru, M. Dalheimer, F.-J. Pfreundt. – *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, John Wiley & Sons, Ltd, 2009. – 280 p.
5. Kharchenko V. *Web Systems Availability Assessment Considering Attacks on Service Configuration Vulnerabilities* / V. Kharchenko, Alaa Mohammed Ab-dul-Hadi, A. Boyarchuk, Y. Ponochovny / *Seria "Advances in Intelligent Systems and Computing"*, Vol.286, / W. Zamojski et al (eds), Springer International Publishing Switzerland, 2014. – P. 275-284.
6. *Технологии Web, Grid, Cloud для гарантоспособных ИТ-инфраструктур. Том 1. WEB* / Под ред. В.С. Харченко, А.В. Горбенко. – Министерство образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковско-го «ХАИ», 2013. – 478 с.

Поступила в редколлегию 29.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.М. Конорев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

БАГАТОФРАГМЕНТНІ МАРКОВСЬКІ МОДЕЛІ ВІДМОВСТІЙКИХ WEB-СЕРВІСІВ З УСУНЕННЯМ ПРОЕКТНИХ ДЕФЕКТІВ

Ю.Л. Поночовний, А.В. Боярчук, В.С. Харченко

У статті обговорюються моделі відмовостійких систем Web-сервісів при усуненні проектних дефектів. Визначено множини станів функціонування Web-сервісу для так званих базових моделей. Проаналізовано процес моделювання відмовостійкої сервіс-орієнтованої Web-системи, що включає побудову макрографа, параметризацію (визначення вхідних параметрів і меж їх змін), побудову розширеного орграфа моделі та системи диференціальних рівнянь, а також дослідження залежностей функції готовності від зміни вхідних параметрів моделі. Отримані результати дозволили виділити допустимі області зміни вхідних параметрів: ймовірності усунення виявлених дефектів та інтенсивності профілактик для забезпечення фіксованого рівня функції готовності.

Ключові слова: Web-сервіс, багатофрагментна марковська модель, функція готовності.

MULTIFRAGMENTAL MARKOV MODELS OF FAULT-TOLERANT WEB-SERVICES WITH THE REMOVAL DESIGN FAULTS

Y.L. Ponochovniy, A.V. Boyarchuk, V.S. Kharchenko

The paper discusses the model of fault-tolerant systems Web-services with the removal design faults. Defined set of states Web-service operation for basic models. The process of modeling a fault-tolerant service-oriented Web-system is analyzed, which includes design of macrograph, parameterization (definition of input parameters and their limits), design of oriented graph and systems of differential equations, as well as the study of dependencies on the availability function of input parameters. The results obtained allowed to identify the allowable range of the input parameters: probability of eliminating the identified faults and maintenance rate to ensure a required level availability function.

Keywords: Web-service, multifragmental Markov's model, availability function.

УДК 004.85:004.82

Є.С. Сакало, А.О. Литовченко

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

НАВЧАЛЬНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ E-UNIVERSITY НА БАЗІ ХМАРНОГО СЕРВІСУ

У статті запропонований опис ідеї навчального додатку для e-university на базі хмарного сервісу. Проблема, яку покликаний вирішувати даний веб-сервіс – це недостатній словарний запис при вивченні іноземної мови. Оскільки більшість людей прагнуть к пізнанню нових знань та саморозвитку, проект є досить актуальним. Привабливим є також те, що спосіб вивчення іноземної мови у додатку дуже простий – необхідно лише створити набір бажаних слів та прослуховувати їх якомога частіше (їдучи у транспорті, стоячи у черзі чи просто у вільний час).

Ключові слова: додаток, навчання, хмарний сервіс, веб-сервіс, іноземна мова.

1. Постановка проблеми

У сучасному житті немає практично жодної сфери, де б не знайшли застосування комп'ютерні технології.

В наш час, як і раніше, дуже важливим питанням є саморозвиток – усвідомлений і керований особистістю процес, в результаті якого відбувається удосконалення фізичних, розумових і моральних потенцій людини, розгортання її індивідуальності. Процес саморозвитку не має меж, як немає меж досконалості людини.

Всім відомо, що набуті знання не купиш за гроші, потрібно працювати і пізнавати щось нове кожного дня, проте потім це не буде марно і відкриє куди більші можливості для роботи та успішного життя.

В сьогоднішній тяжко переоцінити важливість вивчення іноземних мов, тому ці стає все більш і більш популярним, адже це цікаво, весело і насамперед дуже корисно. Стимулом до вивчення іноземних мов є кар'єрне зростання, навчання і стажування за кордоном, відпочинок за кордоном, ділові закордонні подорожі, участь в міжнародних конференціях, робота з іноземними партнерами та багато іншого. Для успішної роботи в найрізноманітніших сферах і напрямках однієї рідної мови явно буде недостатньо, необхідне знання іноземної мови. Фахівці, які володіють іноземними мовами, будуть все більш і більш затребувані з кожним роком.

На першому місці за популярністю, звичайно, непорушно стоїть англійська мова – офіційна мова міжнародного бізнесу та торгівлі, Інтернету і техніки, науки і мистецтва. 80% ділового мовного простору займає саме вона. Кожен з нас все частіше стикається з нею у спілкуванні з партнерами по роботі і на відпочинку. Англійська мова використовується при заповненні анкет, складання резюме, у діловому та приватному листуванні. У всіх транснаціональних компаніях англійська мова – загальнокорпоративна мова, якою користуються для спілкування з

керівництвом і для зв'язку з філіями в різних країнах. Тому економісти, фінансисти, торгові представники, секретарі, телефонні оператори, просто активні та ділові люди не уявляють свого життя без англійської мови. Програмісти теж повинні з нею «товаришувати», як мінімум, щоб розбиратися в англійськомовних програмах.

Таким чином, володіння англійською мовою – вже не дивовижна навичка, а необхідність. Нині її навчають у дитячих садках, школах, вузах, не кажучи вже про численні курси іноземних мов та тренінги. А в деяких країнах навіть математика і деякі інші предмети шкільної програми викладаються англійською мовою. Тому дуже важливо розуміти на вміти передати свої думки англійською мовою.

Інноваційною складовою проекту є те, що на даний момент існує досить невелика кількість додатків зі схожою функціональністю.

Метою роботи є розробка корисного додатку для допомоги у вивченні іноземної мови. В якості основного інструменту розробки буде застосовуватися Eclipse IDE. Мова програмування – Java.

2. Аналіз предметної області та специфікація програми

На сьогоднішній день сервіси по вивченню іноземних мов стають все більш популярними. Як правило, кожен з них має веб-сайт та декілька мобільних клієнтів для більш комфортного використання. Основні функції вказаних сервісів:

- багатомовна підтримка;
 - можливість додавати слова у словник;
 - можливість тренувати додані слова;
 - граматичні правила та вправи по них;
 - тексти, пісні, фільми та ін. контент;
 - рейтинг;
 - процес вивчення (своєрідна кар'єра);
 - побудова звітів та діаграм.
- Є різні методи вивчення іноземної мови:
- перекладні методи;

- прямі методи;
- усний метод Гарольда Пальмера;
- методична система навчання читання Майкла Уеста;
- аудіо-лінгвальний метод;
- сугестивний метод;
- комунікативний метод;
- метод повної фізичної реакції;
- драматико-педагогічний метод;
- "Мовчазний" метод;
- груповий метод та ін.

Проте, на нашу думку, саме аудіо-візуальний метод є найбільш ефективним.

Аудіо-візуальний метод зберігає всі основні принципи прямих методів, при цьому автори підкреслюють особливу важливість глобального сприймання мовного матеріалу на слух та створення безпосередніх асоціацій між звучанням та значенням в умовах повного виключення рідної мови з процесу навчання.

Основними способами засвоєння є імітація, заучування напам'ять та утворення фраз за аналогією. Протягом перших 15-16 уроків робота ведеться без підручника, для того щоб виробити в учнів звичку асоціювати звук зі змістом (аудіювання), а зміст (смісл) зі звуком (мовлення). Як вважають автори цього методу, наявність друкованого тексту гальмує розвиток усного мовлення. Розвиток певних автоматизмів письма, а потім і читання, якого навчають методом цілих слів, сприятиме запам'ятовуванню навчального матеріалу.

Метою роботи є розробка додатку «AudioLang», що буде використовуватися для вивчення іноземних мов. Авторизований користувач може скачувати створені аудіо записи та використовувати інші платні послуги.

Структура сайту: головна сторінка; авторизація/реєстрація; робоча панель користувача; сторінка додавання слів; сторінка відновлення паролю.

Функції програми: реєстрація та вхід через адресу електронної пошти; реєстрація та авторизація через соціальні мережі; можливість створення аудіо записів з різними словами; можливість програвання аудіо записів у браузері; можливість скачувати створені аудіо записи; можливість задати час між вимовою слів; можливість поділитися створеними аудіо записами в соціальних мережах; можливість змінити порядок відтворення в аудіо запису.

Програма повинна відповідати основним вимогам, які висуваються до програмних продуктів (стійкість, захист даних при уведенні, оптимальне використання ресурсів). Інтерфейс користувача повинен бути ергономічним та інтуїтивним, а також забезпечувати коректну роботу під керуванням браузерів Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, Internet Explorer, Safari останніх версій.

3. Формальна (математична) модель для об'єкта дослідження

В наш час, як і раніше дуже важливим питанням є саморозвиток та підвищення ефективності підготовки і засвоєння знань. Вельми ефективною (для подальшої оптимізації) представляється формалізація процесу освоєння матеріалу при підготовці до задачі іспиту чи заліків. Пропонована до розгляду математична модель визначає основні компоненти процесу навчання і дозволяє підвищити ефективність використання нових технологій у навчанні.

Процес навчання описується лінійним диференціальним рівнянням наступного виду:

$$\frac{dZ}{dt} = f(t) - kZ, \quad (1)$$

де $Z = Z(t)$ – рівень (об'єм) поточних знань; $f(t)$ – об'єм засвоєних нових знань; $k = k_3 - k_0$, k – коефіцієнт забування, k_3 – абсолютний коефіцієнт забування; k_0 – коефіцієнт збереження знань за умови їх використання (повторення).

Функція $f(t)$ характеризує педагогічні зусилля вчителя з передачі нових знань і зусилля студента по засвоєнню нових знань.

$$f(t) = k_1 q_1 + k_2 q_2 + S_1 + S_2, \quad (2)$$

де k_1 – коефіцієнт засвоєння нових знань при навчанні за допомогою вчителя; q_1 – обсяг знань, який передається студентам; k_2 – коефіцієнт засвоєння знань при самостійному навчанню; q_2 – обсяг знань при самостійному навчанню; $0 \leq k_1, k_2 \leq 1$; S_1 і S_2 – обсяги знань, які здобуває студент при багаторазовому повторенні навчального матеріалу, переданого відповідно викладачем і при самостійному навчанню. Час t і коефіцієнти (k_0, k_1, k_2, k_3, k) вважаємо безрозмірними.

$$S_1 = \sum_{n=1}^x k_2 (1 - k_2)^{n-1} (1 - k_1) q_1, \quad (3)$$

$$S_2 = \sum_{n=1}^x k_2 (1 - k_2)^n q_2, \quad (4)$$

де n – число повторень матеріалу.

Загальне рішення рівняння (1):

$$Z = Z_0 e^{-kt} + e^{-kt} \int f(t) e^{kt} dt, \quad (5)$$

де Z_0 – початковий обсяг знань при $t = t_0$.

Аналіз формули (5) показує, що на рівень поточних знань негативно впливає процес забування. Забування буде мінімальним (або зовсім виключається), якщо учень систематично повторює і застосовує засвоєні знання. В рамках наведеної моделі це означає збільшення коефіцієнта k_0 до значення коефіцієнта k_3 , тобто коефіцієнт $k = 0$.

Значну роль у процесі навчання грають коефіцієнти засвоєння k_1 і k_2 . Значення коефіцієнта k_1 залежить від зусиль викладача (визначається здатні-

стю викладача ефективно подати навчальний матеріал і керувати процесом навчання), освітнього середовища (наявністю інструментальних засобів для реалізації традиційних, комп'ютерних та мережевих технологій навчання) і здібностей учня. Коефіцієнт засвоєння знань при самостійному навчанню (k_2) залежить від зусиль, докладених самим учнем, його здібностей і від використовуваних їм засобів навчання (доступність, якість, актуальність навчального матеріалу та ін.), що визначають зміст навчання.

Максимальне засвоєння нових знань відбувається за умови їх багаторазового повторення (кількість повторень індивідуальна і визначається здібностями учня і складністю матеріалу). У моделі (формула (5)) формули (3) і (4) через формулу (2) визначають обсяги знань S_1 і S_2 . Використання запропонованої моделі дозволяє організувати оптимальним чином процес накопичення знань.

Висновки

У даній статті знаходить своє відображення опис ідеї навчального додатку для e-university на базі хмарного сервісу. У додатку були зазначені основні функції для вивчення іноземної мови.

Спочатку роботи був проведений аналіз предметної області. На підставі цього була проведена постановка завдання. Далі в середовищі розробки Eclipse Kepler на мові Java буде розроблена програмна система. Створений в ході виконання роботи програмний продукт стане в нагоді будь-якій людині, яка прагне вивчати іноземну мову.

У перспективі розглядається вдосконалення даного продукту шляхом створення системи для мобільної платформи. Дане веб-застосування володіє достатньою функціональністю, надійністю, невеликими потребами від системи та широким функціоналом. Додаток буде протестований на правильне відображення інтерфейсу користувача в браузерах Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, Internet Explorer, Safari.

Список літератури

1. Избачков Ю.С. Информационные системы: Учебник для вузов [Текст] / Ю.С. Избачков, В.Н. Петров. – СПб.: Питер, 2008. – 356 с.
2. Гагарина Л.Г. Технология разработки программного обеспечения [Текст] / Л.Г. Гагарина, Е.В. Кокорева, Б.Д. Виснадул. – Форум, 2008. – 400 с.
3. Вигерс К.И. Разработка требований к программному обеспечению [Текст] / К.И. Вигерс. – Русская Редакция, 2004 г. – 576 с.
4. Буч Г. Язык UML [Текст] / Г. Буч, Д. Рамбо, А. Джекобсон. – Руководство разработчика. М.: ДМК, 2000. – 660 с.
5. Мартин Р.К. Быстрая разработка программ: принципы, примеры, практика [Текст] / Р.К. Мартин, Дж.В. Ньюкирк, Р.С. Косс. – Вильямс, 2004. – 752 с.
6. Головна [Електронний ресурс] / Разработка веб-системы. Структура веб-системы. – Режим доступа до ресурсу: http://www.avege.ru/russian/site/site_structure.shtml – 12.04.2013. – Загл. з екрану.
7. Головна [Електронний ресурс] / Теория и практика UML. Диаграмма деятельности. – Режим доступа до ресурсу: http://it-gost.ru/articles/view_articles/96 – 15.04.2013. – Загл. з екрану.
8. Ноутон П. Java2 [Текст] / П. Ноутон, Г. Шилд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2000. – 1072 с.
9. Арнольд К. Язык программирования Java, 3-е изд. [Текст] / К. Арнольд, Дж. Гослинг, Д. Холмс. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 624 с.
10. Бондарев В.М. Учебное пособие по программированию на Java [Текст] / В.М. Бондарев – Х.: ООО «Компания СМИТ», 2003. – 296 с.
11. Дюбуа П. MySQL, 2-е изд. [Текст] / П. Дюбуа. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 1056 с.
12. Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных [Текст] / К.Дж. Дейт. – 8-е изд. – М.: Издательский дом „Вильямс”, 2005. – 1328 с.
13. Савельев В.А. Персональный компьютер для всех (кн.3), Создание и использование баз данных [Текст] / В.А. Савельев – М.: Артон, 2001. – 640 с.

Надійшла до редколегії 21.07.2015

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. В.О. Дорошенко, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

ОБУЧАЮЩЕЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ E-UNIVERSITY НА БАЗЕ ОБЛАЧНОГО СЕРВИСА

Е.С. Сакало, А.А. Литовченко

В статье предложено описание идеи учебного приложения для e-university на базе облачного сервиса. Проблема, которую призван решать данный веб-сервис - это недостаточный словарный запас при изучении иностранного языка. Поскольку большинство людей стремятся к познанию новых знаний и саморазвитию, проект является весьма актуальным. Привлекательным является также то, что способ изучения иностранного языка в приложении очень простой - необходимо лишь создать набор желаемых слов и прослушивать их как можно чаще (едуци в транспорте, стоя в очереди или просто в свободное время).

Ключевые слова: приложение, обучение, облачный сервис, веб-сервис, иностранный язык.

AN EDUCATIONAL APPLICATION FOR E-UNIVERSITY BASED ON THE CLOUD SERVICE

E.S. Sakalo, A.A. Lytovchenko

The paper proposes a describing of the idea of an educational application for e-university based on the cloud service. The problem, which is designed to solve this web service - is the lack of vocabulary when learning a foreign language. Since most people aspire to learning of new knowledge and self-development, the project is quite actual. An attractive is the fact that the process of learning a foreign language in the application is very simple - it is only necessary to create a set of desirable words and listen to them as often as possible (while commuting, standing in line, or just in free time).

Keywords: application, education, cloud service, web service, foreign language.

Інформаційні технології в медицині

УДК 519:616-079.4:616.5

Е.В. Высоцкая, А.И. Печерская, А.П. Порван, М.С. Николенко, А.А. Пойменова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

БАЗА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Предложена инфологическая модель базы данных для информационной системы дифференциальной диагностики дерматологических заболеваний. Разработанная модель базы данных представлена в третьей нормальной форме и обеспечивает хранение непротиворечивой консолидированной информации, отражающей все этапы дифференциальной диагностики различных дерматологических заболеваний и обеспечивает врача актуальной информацией в области дерматологии.

Ключевые слова: информационная система, база данных, дифференциальная диагностика, дерматологические заболевания.

Введение

На сегодняшний день известны около 300 дерматологических заболеваний, в описании которых встречаются более 500 различных симптомов и признаков. С каждым годом количество людей, страдающих этими заболеваниями, растет. Заболевания кожи до настоящего времени остаются актуальной проблемой медицины из-за их распространенности, увеличения удельного веса тяжелых клинических форм с рецидивирующим течением, удлинения сроков нетрудоспособности, увеличения случаев инвалидизации, которые приводят к негативным социальным последствиям. Поиск новых эффективных методов и средств лечения данных заболеваний является особо важной задачей практического здравоохранения. В свою очередь для дифференциации различных дерматологических заболеваний необходим анализ множества информативных признаков, что возможно лишь при комплексной оценке состояния пациента. Для этого в практической медицине все шире применяются информационные технологии [1–3].

Анализ литературы. Рынок информационных решений для медицины развивается сегодня стремительными темпами. С одной стороны, это лишнее доказательство того, что информационные технологии постепенно проникают во все сферы человеческой жизни, в том числе и в медицину. С другой стороны, растущая потребность лечебно-профилактических и других медицинских учреждений в средствах автоматизации обусловлена быстрым ростом объемов информации, которые возникают в следствии появления новых методов диагностики и анализа данных, а также увеличения потребности пациентов в более качественных методах лечения.

Для поддержки принятия решений при дифференциальной диагностике дерматологических заболеваний информационная система должна обеспе-

чивать хранение непротиворечивой консолидированной информации, отражающей все этапы верификации диагноза. Для этого необходимо разработать базу данных (БД), адекватно отражающую реалии моделируемой предметной области и обеспечивающую пользователя актуальной информацией в области дерматологии [3]. БД информационной системы дифференциальной диагностики дерматологических заболеваний должна содержать полную информацию об этих заболеваниях, методах их лечения, о пациенте и его посещениях, результатах клинико-лабораторных исследований, опроса и осмотра.

Для автоматизации хранения и обработки медицинской документации дерматовенерологических отделений или дерматовенерологических кабинетов медицинских учреждений разработана информационная система «КВД.2000» [4]. БД системы обеспечивает выполнение следующих функций: автоматизация ведения истории болезни, доступ (при наличии у пользователя соответствующих прав) ко всей имеющейся информации о пациенте, автоматическое формирование нормативной документации, учет загрузки медицинского персонала, отслеживание несостоявшихся посещений.

Информационно-диагностическая система «АРМ врача-дерматолога» позволяет сохранять информацию о визитах пациента в электронной истории болезни, рассчитывать функциональные показатели, определять факторы риска, проводить анализ совместимости медикаментов [5].

Для дифференциации атопического дерматита и псориаза было разработано компьютерное программное средство «ДЕРМ» [6], которое позволяет провести в автоматизированном режиме постановку диагноза, определить тип течения дерматоза, степень тяжести заболевания, рекомендовать индивидуальную программу терапии и реабилитации для каждого больного атопическим дерматитом или псориазом.

К недостаткам БД рассмотренных информационных систем можно отнести узкую область решаемых задач – рассматриваются только некоторые заболевания, и большой объем входных данных для проведения синдромальной диагностики.

Таким образом, **целью работы** является разработка базы данных информационной системы дифференциальной диагностики дерматологических заболеваний, которая позволит учесть существующие недостатки и повысить качество диагностики дерматологических заболеваний.

Основной материал

Для дифференциальной диагностики дерматологических заболеваний информационная система должна обеспечивать хранение непротиворечивой консолидированной информации, отражающей все этапы определения конкретного дерматологического диагноза среди множества возможных вариантов. Для этого необходимо разработать БД, адекватно отражающую моделируемую предметную область и обеспечивающую пользователя актуальной и полной информацией в области дерматологии.

Разработанная БД информационной системы дифференциальной диагностики дерматологических заболеваний содержит полную информацию о распространенных кожных заболеваниях, различных методах терапии этих заболеваний, общую информацию о пациенте, его посещениях, результатах его опроса, осмотра и клинико-лабораторного обследования.

На этапе концептуального проектирования информация, которая хранится в БД, была структурирована по семи разделам:

1) общая информация о пациенте и его посещениях – паспортные данные пациента (пол, фамилия, имя, отчество, дата рождения, адрес), его рост, вес, артериальное давление, группа крови, дата посещения, поставленный диагноз, назначенное лечение;

2) информация о результатах осмотра пациента – общее состояние кожного покрова (общая окраска, состояние секреторной деятельности, эластичность кожи и др.), характер воспалительного процесса, особенности первичных и вторичных морфологических элементов сыпи, их окраска, размер, взаимоотношения, распространенность, локализация;

3) информация об индивидуальном и семейном анамнезе пациента (время возникновения, особенности течения заболевания, сезонность, склонность к рецидивам, прием лекарственных препаратов, субъективные ощущения пациента, такие как зуд, боль, покалывание, жжение, жар, частота, длительность рецидивов и ремиссий, эффективность проводившейся в прошлом терапии);

4) информация о результатах лабораторного обследования пациента (общеклинические, биохимические, иммунологические, аллергологические,

инструментальные, цитологические, патогистологические исследования и т.д.);

5) экспертная информация о распространенных дерматозах, полученная на основании описания, составленного ведущими дерматологами. Эта информация структурирована по 8 тематическим разделам: класс заболеваний по МКБ 10, подкласс заболеваний, наименование заболевания, его форма, степень тяжести (легкая, средняя, тяжелая), фаза заболевания, острота его течения, характерный симптомокомплекс;

6) информация о норме и отклонениях от нее для всех исследуемых показателей с учетом пола и возраста пациента;

7) информация о лекарственных средствах, а именно: название лекарственного средства и показания к применению, противопоказания и др. характеристики, входящие в инструкцию по применению.

На этапе инфологического проектирования для хранения всей информации в БД создано 13 взаимосвязанных таблиц. Рассмотрим их содержание.

Сущность БД «Patient» содержит паспортную информацию о пациенте и имеет такие атрибуты:

- *ID_Patient* – порядковый номер персонифицированного досье пациента. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- *Surname* – фамилия пациента;
- *Name* – имя пациента;
- *Patronymic* – отчество пациента;
- *BirthDay* – дата рождения пациента, в формате «дд.мм.гггг.»;
- *Sex* – пол пациента.

Сущность БД «Address» содержит информацию о месте жительства пациента и имеет такие атрибуты:

- *ID_Address* – порядковый номер адреса. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- *ID_Patient* – порядковый номер персонифицированного досье пациента, проживающего по данному адресу;
- *Index* – индекс населенного пункта;
- *Area* – область;
- *City* – название населенного пункта;
- *Street* – улица;
- *House* – номер дома;
- *Apartment* – номер квартиры;
- *Phone* – номер телефона.

Сущность БД «Doctor» содержит информацию о врачах, имеет такие атрибуты:

- *ID_Doctor* – порядковый номер личного дела врача. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- *Surname* – фамилия врача;
- *Name* – имя врача;
- *Patronymic* – отчество врача;
- *Department* – название отделения, в котором работает врач;
- *Specialization* – специализация врача;
- *Cabinet* – номер кабинета, в котором врач ведет прием.

Сущность БД «Visit» содержит информацию о посещениях, имеет такие атрибуты:

- *ID_Visit* – порядковый номер посещения. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- *ID_Patient* – порядковый номер персонифицированного досье пациента, пришедшего на прием;
- *ID_Doctor* – порядковый номер личного дела врача, принявшего пациента;
- *Date* – дата посещения, в формате «дд.мм.гггг.»;
- *Diagnosis* – установленный диагноз.

Сущность БД «Article of examinations» имеет такие атрибуты:

- «ID_Article» – порядковый номер области осмотра пациента врачом. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- «Article of examination» – название области осмотра.

Сущность БД «Examinations» имеет следующие атрибуты:

- «ID_Article» – порядковый номер области осмотра пациента врачом;
- «ID_Visit» – порядковый номер посещения, во время которого проводился осмотр;
- «Examination result» – результаты осмотра пациента.

Сущность БД «Medications» имеет следующие атрибуты:

- «ID_Medication» – порядковый номер лекарственного средства. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- «Medication» – название лекарственного средства;
- «Instructions» – инструкция по медицинскому применению лекарственного средства.

Сущность БД «Settings» содержит информацию о назначениях, сделанных врачом пациенту при посещении, имеет следующие атрибуты:

- «ID_Visit» – порядковый номер посещения, во время которого было сделано назначение;
- «ID_Disease» – порядковый номер заболевания, при котором назначено лечение;
- «ID_Medication» – порядковый номер лекарственного средства;
- «Recommendation» – назначенное лечение и рекомендации врача.

Сущность БД «Diseases» содержит информацию об известных дерматозах и имеет атрибуты:

- «ID_Disease» – порядковый номер дерматоза. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- «Disease» – название заболевания по МКБ 10;
- «Symptoms» – симптомы заболевания;
- «Treatment» – лечение;
- «ID_Index» – порядковый номер признака;
- «Index_expressed» – выраженность признака при данном дерматозе;
- «Index_probability» – вероятность проявления признака при данном дерматозе;

- «Index_importance» – важность признака для диагностирования данного дерматоза.

Сущность БД «Indexes» содержит информацию о всех показателях, получаемых в результате проводимых лабораторных исследований, имеет следующие атрибуты:

- «ID_Index» – порядковый номер показателя. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- «Index» – название показателя;
- «Analyses» – название лабораторного исследования, в результате которого получен данный показатель;
- «Norm_min» – минимальное значение нормы данного показателя;
- «Norm_max» – максимальное значение нормы данного показателя.

Сущность БД «Results of analyses» содержит информацию о результатах лабораторных исследований пациента, имеет следующие атрибуты:

- «ID_Visit» – порядковый номер посещения, во время которого были проведены лабораторные исследования;
- «ID_Index» – порядковый номер показателя;
- «Index_Value» – значение показателя;
- «Comments» – комментарии.

Сущность БД «Anamnesis questions» содержит вопросы анамнеза, которые необходимо задать пациенту и имеет следующие атрибуты:

- «ID_Anamnesis question» – порядковый номер вопроса анамнеза. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- «Question» – непосредственно вопрос анамнеза.

Сущность БД «Anamnesis» содержит ответы на вопросы анамнеза, которые врач задал пациенту во время приема и имеет следующие атрибуты:

- «ID_Anamnesis question» – порядковый номер вопроса анамнеза. Данный атрибут является первичным ключом сущности;
- «ID_Visit» – порядковый номер посещения, во время которого проводился опрос пациента;
- «Answer» – ответы пациентов на вопросы анамнеза.

Инфологическая модель данных была разработана с использованием демонстрационной версии инструментального средства ErWin 7.2 (рис. 1).

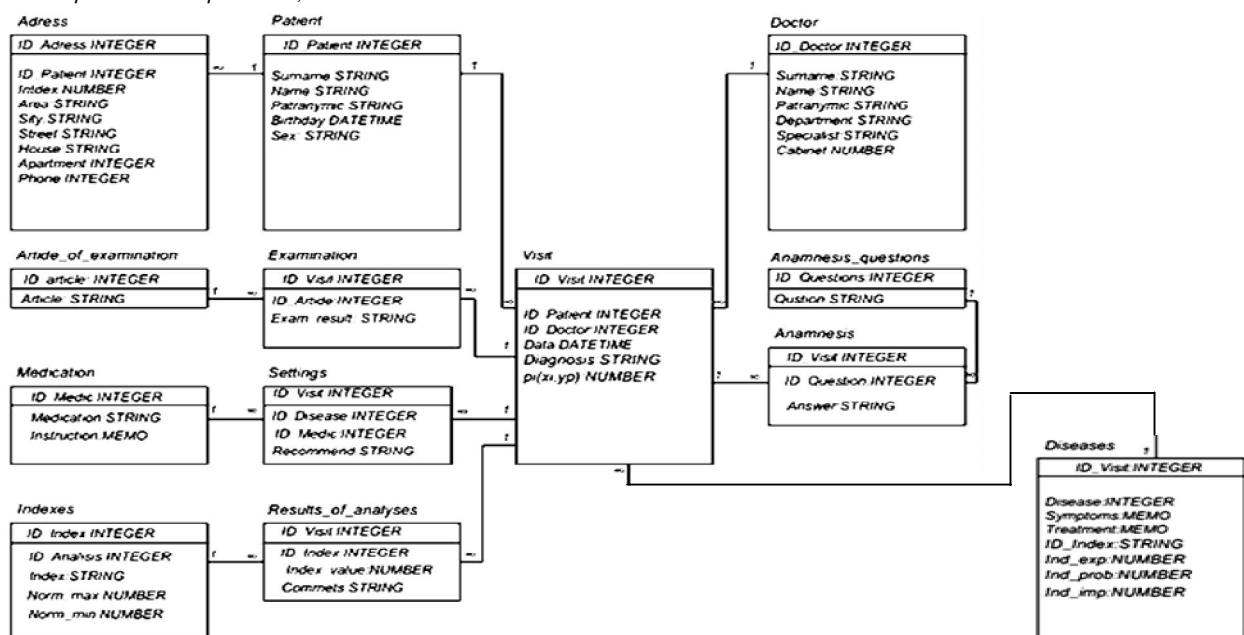


Рис. 1. Инфологическая модель БД для дифференциальной диагностики дерматологических заболеваний

По глубине представления данных разработанная модель представляет данные в третьей нормальной форме и включает все сущности, атрибуты и связи, т.е. разработана полная атрибутивная модель диагностического процесса.

В предлагаемой модели используются только зависимые связи, приводящие к возникновению дочерних и родительских сущностей с миграцией атрибутов. Между всеми сущностями базы данных организованы множественные связи типа «один-многим» и «многие-к-одному».

Обобщенная технология работы пользователя в системе управления реляционными базами данных (СУРБД), реализующей инфологическую модель базы данных для дифференциальной диагностики дерматологических заболеваний, приведена на рис. 2.

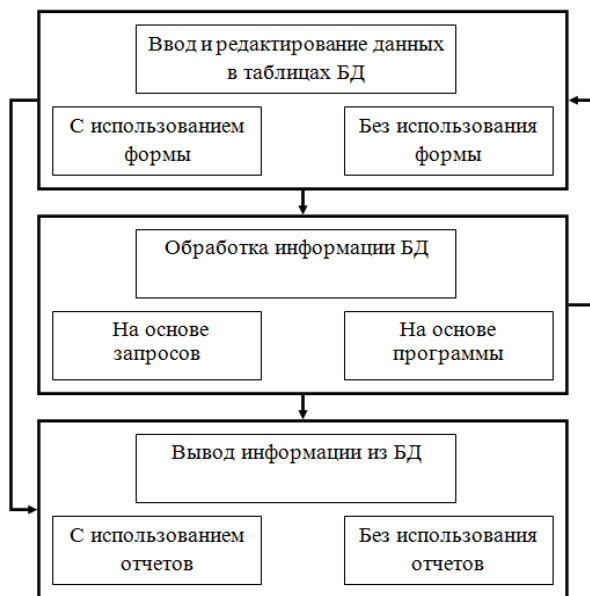


Рис. 2. Обобщенная технология работы пользователя в СУРБД

Выводы

Разработанная база данных позволяет хранить информацию о всех возможных проявлениях дерма-

тозов, что улучшает качество работы врача-дерматолога при дифференциации заболеваний кожи.

Разработанная база данных может быть использована в медицинских учреждениях дерматологического профиля, а также для проведения медицинских научных исследований в научно-исследовательских институтах.

Список литературы

1. Кальниш В.В. Роль інформаційних технологій у інтелектуалізації охорони здоров'я [Текст] / В.В. Кальниш // *Клінічна інформатика і телемедицина*. – 2004. – №1. – С. 28-34.
2. Роценюк Л.В. Внедрение новых высоких компьютерных технологий в лечении больных микозами в Харьковском регионе Украины [Текст] / Л.В. Роценюк // *Журнал дерматовенерологии и косметологии им. Н.А. Торсуева*. – 2004. – №1, 2(8). – С. 137-138.
3. Мавров И.И. Автоматизированные информационные системы в дерматологии [Текст] / И.И. Мавров, Э.Н. Солошенко, В.Н. Волкостлавская // *Дерматология и венерология*. – 2004. – №2. – С. 18-23.
4. Петров И.Н. МИС «КВД-2002» [Текст] / И.Н. Петров // *Сборник материалов конференции с международным участием «Новые биокрибернетические и телемедицинские технологии 21 века для диагностики и лечения заболеваний человека»*. – Петрозаводск, 2002. – С. 37.
5. Алпатова И.А. Информационно-диагностическая система «АРМ врача-дерматолога» [Текст] / И.А. Алпатова, В.В. Костра // *Сборник материалов 7-й Международной научной конференции «Современные проблемы информатизации в непромышленной сфере и экономике»*. – СПб., 2002. – С. 28.
6. Кунгуров Н.Н. Экспертная информационно-диагностическая система "ДЕРМ" [Текст] / Н.Н. Кунгуров, М.И. Кохан // *Вестник дерматологии и венерологии*. – 1999. – № 2. – С. 8-10.

Поступила в редколлегию 1.10.2015

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. А.И. Бых, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

БАЗА ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ДЕРМАТОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

О.В. Висоцька, А.І. Печерська, А.П. Порван, М.С. Ніколенко, А.О. Пойменова

Запропоновано інфологічну модель бази даних для інформаційної системи диференціальної діагностики дерматологічних захворювань. Розроблена модель бази даних представлена в третій нормальній формі і забезпечує зберігання несуперечливої консолідованої інформації, що відображає всі етапи диференціальної діагностики різних дерматологічних захворювань і забезпечує лікаря актуальною інформацією в області дерматології.

Ключові слова: інформаційна система, база даних, диференційна діагностика, дерматологічні захворювання.

DATABASE FOR INFORMATION SYSTEM OF DERMATOLOGICAL DISEASES DIFFERENTIAL

E.V. Vysotskaya, A.I. Pecherskaya, A.P. Porvan, M.S. Nikolenko, A.A. Poimenova

The infological database model for the information system of decision-making in the differential diagnosis of dermatological diseases are proposed. The developed model of the database is represented in the third normal form and provides a consistent storage of consolidated data that reflect all stages of verification of the diagnosis of dermatological diseases and adequately reflects the simulated subject area, and provides the user with relevant information in the field of dermatology.

Keywords: dermatitis, information system, database, differential diagnosis, dermatological diseases.

UDC 004.7 : 616-71

A.L. Yerokhin, I.A. Babaiev

*Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv***INTELLIGENT SYSTEM TO PROVIDE A COMFORTABLE HUMAN SLEEP**

This article discusses the methods of measuring human sleep and comfortable sleep monitoring. As shown, changing some required values of the controlling parameters may cause a speeding-up of human sleep.

Keywords: *measuring of sleeping parameters, smart house, process analysis in real time.*

Introduction

Humans spend one-third of their lives asleep. Their health and the length of their life depends on how comfortable that state is.

The article analyzes and tries to find the optimal solution to a number of problems associated with the ability to process and to regulate the environment parameters in order to achieve the best results while a person is falling asleep. This article discusses the mechanism for the maintenance of these results during necessary period of time by correlating the parameters which are responsible for the temperature, humidity and lighting in the sleeping room.

Reducing the ambient temperature in the room allowed a reduction in the costs of energy used, the decrease in temperature was compensated for by adjustments in other parameters in real time such as ambient lighting & relative humidity).

1. Analysis of the phases and notifiable sleep parameters

Lets consider some of the parameters which actually affect a human sleep, and what kind of phases of sleep there are. Sleep state, which is considered to be normal for average person, occurs every twenty-four hours. The name for this is the circadian rhythm. Mostly the sleep state depends on the ambient light level, as its connected with the production of Photo dependent proteins. There are two main phases of sleep: slow sleep and rapid sleep. [1]

Slow sleep, in turn, consists of four stages of sleep. The Methods to analyse the sleeping phases are based on a fixed rapid sleep, and its periodic changes. This allows, with a sufficiently degree of accuracy to determine the stage of sleep in a given period of time.

2. Research and analysis of control methods of object state

There are main environment parameters: temperature, humidity, light and sound level.

Additional parameters are hardness and orthopedic characteristics of bed, state of emotional tiredness.

Complex selection of these parameters will allow us with decreasing of ambient temperature (due to configuration of other parameters such as relative humidity, light etc.) to cut the cost spending on energy considerably.

There are several ways to monitor phases of rapid and slow human sleep. In terms of practical application the methods that deserve attention can be used without any stationary equipment which might be used in medical clinics such as electroencephalography. Perfect for using at home are applications based of a smart-phone which can be used as a device to register necessary parameters and also to control smart house system, taking into account correlation parameters and based on software data.

So, for example, monitoring a persons pulse rate it's possible to determine with a high degree of certainty one or more stages of sleep.

The are some ready solutions to recognize a human pulse rate using touch-less methods:

- palpation of wrist, neck;
- pulsometer (with breastplate indicator),
- electrocardiogram;
- blood pulsing indicator;
- light changes of skin color;
- light fluctuations head;
- accelerometer.

One of the most popular methods to monitor pulse rate today is by using smart-bracelets. Below is a list of devices on the market which can be connected to a smart-phone via Blue-tooth to get human pulse rate for further use in software package.

Samsung Simband, activity and sleep analyzers Withings Pulse O2, Jawbone UP24, Smartband TW64. Due to their reasonable price they can be considered as possible source of getting basic data. Block scheme of such a bracelet is shown in Fig. 1 [2].

Using a smart-bracelet as an indicator of getting parameters there is advantage of free position in the bed without missing contact with main part of application.

The indicator using in such a devices is mostly G-sensor. It is hi-tech device with internal accelerometer identifying the smallest three-axes vibration.

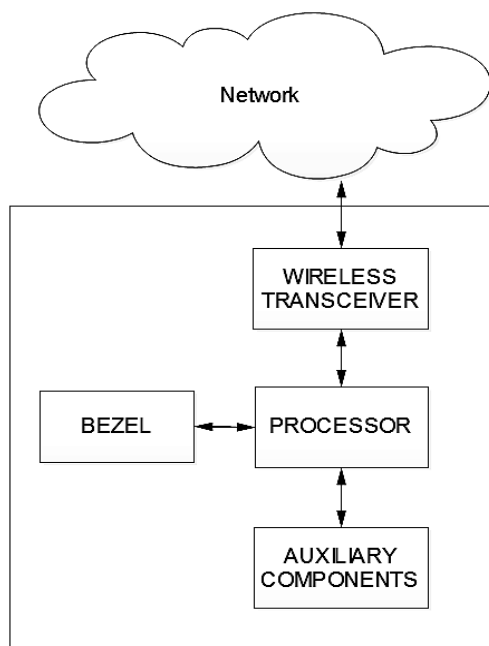


Fig. 1. Block scheme of a bracelet

An example of G-sensor responsible for getting parameters in such devices is Blue-tooth chip: Quintic QN9021 [3]. To manage the environment there are modern system maintaining the temperature, humidity and lighting in the house controlled by software environment based on software package algorithms.

It is expected that the environmental temperature is decreasing due to selection of relative humidity parameters and light that allows to get significant resources savings and decreasing the cost of heating.

The system proposed in this article can be related to the telemedicine projects field, as it is considering the possibility of human comfortable sleep providing by selection of environmental parameters, such as ambient light, relative humidity, environmental temperature. Analysis of sleep state is based on a software system that uses intelligent data processing system by getting the parameters related to the state of human sleep. With these parameters there are direct and indirect methods of determining the psycho-physical state of the subject being monitored. The input parameters of the system are: pulse rate, sleep anxiety, self-assessment of sleep comfort.

The developed software solution is complex as it is self-learning and suggests a direct change of the environmental parameters to move the person to a comfortable sleep by correlation of decision-making algorithm values for controlling HVAC equipment in real time.

This problem raises a number of questions for the following solutions:

- getting sleep parameters (input parameters for the software package);
- definition by the software package necessary correlation values of parameters;

- climate control appliances connected to the system;
- object state analysis after changing parameters;
- taking decisions according further action program.

An important parameter for further data processing system is the direct human decision based on his subjective analysis of the situation. It's supposed to be assessed by the person after sleep, according to the "good-bad" system, this allows to teach an intellectual component of the algorithm when analyzing the data, and make the necessary changes for the following sessions.

The output values are adapted by program in such a way that we can bring a person to a resting state for a given period of time using the environmental parameters settings. That can mean a variation of the parameters to get final result with the definition of the priority influences.

3. Formal model research of comfort sleep system

For this research method a complex approach has been applied which includes both theoretical and experimental studies. During the theoretical study there were developed mail connections between all things in the considered system.

As experimental method, of special interest is getting of G-sensor characteristics. It's known that phases of rapid and slow sleep are characterized by different muscle stretch. The application, by periodic changes of G-sensor characteristics, allows to research in what kind of sleep stage is the object of study, using then received in the course of experiment values as input data for realization program internal algorithms.

Analysis of results received in the course of experimental part of research allows us to extract phases of rapid and slow sleep with sufficiently high accuracy which in its turn is a base for decision making algorithm based on "smart house" program application, which manages and adjusts the parameters in order to maintain a human state most conducive to its physiological needs for the most comfortable sleep state.

As one of the most interesting of examples of such a system see the solution from Google, that purchased of of satraps such as NestLearningThermostat, its block scheme is shown in Fig. 2. This product is implemented as a thermostat which allows using freely available API to manage climate control techniques of building [4].

With the help of this application we can track characteristic changes of the research subject in real time this allows us the opportunity to maintain the correct state in the minimum amount of time. Main object of the monitoring system is the human who interacts with input and output parameters of our system. Careful analysis of software productivity can significantly reduce the cost of equipment and software maintenance.

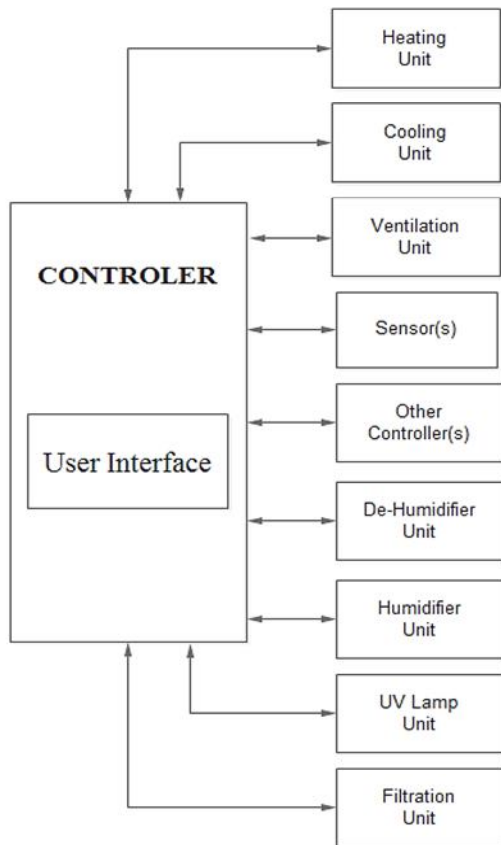


Fig. 2. Block scheme of the bracelet

When developing intelligent software of comfort human sleep its necessary to solve optimization task as:

$$y = (x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min, \quad (1)$$

where – (x_1, x_2, \dots, x_n) – are factors, which can directly or indirectly affect system productivity:

- x_1 – ambient temperature;
- x_2 – ambient humidity;
- x_3 – ambient noise;
- x_4 – human self-assessment according to the “good-bad” system;
- x_5 – a presence of light;
- x_n – other factors of the system.

$x_i \in [a_i, b_i]$ - definitional domain of i-factor.

As an example of x_1 parameter limit values for human is a temperature range in the bedroom between 18-22 degrees Celsius.

Let's consider the problem definition for software development to make an optimal micro-climate choice in the bedroom of falling asleep person. Here are the input and output factors affecting system stability.

The input parameters are:

- ambient temperature;
- ambient humidity;
- noise level;
- human self-assessment according to the “good-bad” system;
- a presence of light.

To find an optimal setting for the system parameters we can look the following options:

- blind search of all possible options;
- random selection of some combinations;
- analytical study of the system;
- use of complex software solutions;
- using of mathematical models.

The optimal in this case are mathematical methods of experiment planning. At the initial stage lets consider a simplified mathematical model for system analysis using the regression equation, for which it's necessary to find coefficients k_j .

$$y = k_0 + k_1 x_1 + k_2 x_2 + k_3 x_3 + k_4 x_4 + k_5 x_5. \quad (2)$$

Factors with the greatest coefficient values will most affect the result. The limits of influence factors are seen in the tabl. 1.

Table 1
The limits of influence factors

Influence factor	Upper range value	Lower range value
x_1	24	16
x_2	40	60
x_3	30	60
x_4	Good sleep	Bad sleep
x_5	Light	No light

After blind search of all possible limit values options we obtain the regression coefficients:

$$k_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ji} y_i}{N}, \quad j = 1k, \quad (3)$$

The results of calculations are seen in the tabl. 2.

Table 2
The results of calculations

k_0	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
231,12	14,2	7,062	3,4375	1,875	0,8120

Graphic fragment of the regression coefficients calculation is shown in the Fig. 3.

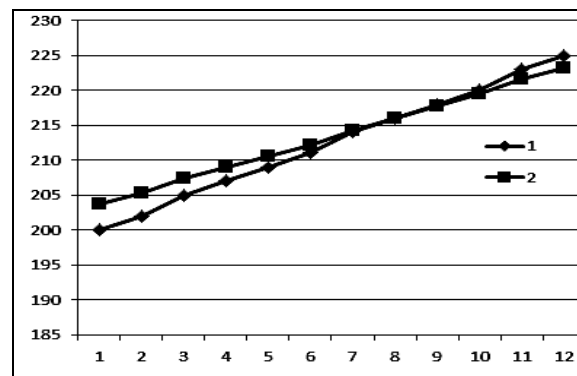


Fig. 3. Regression coefficients (the fragment)

The graph in the Fig. 3 shows that human sleep has been affected mostly by factor x_1 , which characterizes temperature change in the software.

This approach if using as a gray-box a function, based on neural network algorithm with feedback, al-

lows us to receive the output functions required using the correlation input parameters received by software

data. Fig. 4 shows a UML-diagram of communications of comfort sleep system.

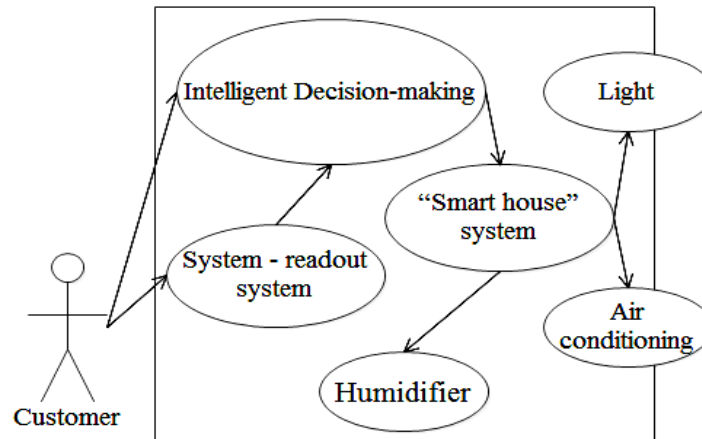


Fig. 4. Diagram of communications

Let's consider the factors which affect the software decision algorithm. The main data used by the decision making system are data points obtained from the smart-bracelet sensors. Besides, human self-assessment of comfort after sleep this allows us to calibrate the system more accurately.

Output parameters are impulses of external devices control which allows the system to manage climatic controls within in the house. In the discovered system it is device shown in the Fig. 2 – NestLearningThermostat. Company, that developed this device, offers API which can be controlled by other software developers [5]. Software system analyzes received data and the appropriate response by bringing the function (1) to the form where its right-hand part will seek to minimize. Software complex realization based on artificial intelligent system will allow to fulfill teaching and correlation of system parameters in real time. Thus, during some period of time system learns to choose most favorable parameters for comfort human sleep. At the same time, in case of negative human self-assessment of sleep comfort the session data are not taking into account for common decision algorithm. It is possible to replace some parameters, such as, for example, temperature, for others (humidity, noise, light) and in case positive response from the object (i.e. when human reaction will remain unchanged (the same) to realize an economic benefit due to energy saving.

Conclusions

This article proposes an approach for developing intelligent software of comfort human sleep. As result it has been developed a model of the software system.

Developed regression model has allowed us to identify most significant influence factors on human comfort sleep characteristics and to build a software system managing comfort sleep parameters.

References

1. Yaso M. Detect toREM sleep using variation of the HR / M. Yaso, M. Koki, K. Yunokuchi //Proceedings of academic lecture meeting of Japan Society of Medical Electronics and Biological EngineeringKyushu branch, 24. – 2005.
2. Smart-watch with user interface features – Access to the resource: <https://www.google.com/patents/US8467270>.
3. QN902x Datasheet v0.98_Nov_2013.pdf – Access to the resource: http://www.t-firefly.com/download/FireBLE/docs/QN902x_Datasheet_v0.98_Nov_2013.pdf.
4. Honeywell goes after Nest Learning Thermostat for patent infringement – Access to the resource: <http://www.theverge.com/2012/2/6/2775190/honeywell-goes-after-nests-learning-thermostat-for-patent-infringement>.
5. API Reference. Everything is organized in a single data object – Access to the resource: <http://www.developer.nest.com/documentation/api-reference>.

Надійшла до редколегії 14.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.П. Захаров, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТНОГО СНУ ЛЮДИНИ

А.Л. Єрохін, І.А. Бабаєв

У статті розглядаються методи реєстрації параметрів сну людини і управління комфортним сном. Показано, що змінюючи необхідні значення параметрів, що управляють, можливе прискорення приведення людини в стан сну.

Ключові слова: вимірювання параметрів сну, розумний будинок, аналіз процесів в реальному часі.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМФОРТНОГО СНА ЧЕЛОВЕКА

А.Л. Ерохин, И.А. Бабаев

В статье рассматриваются методы регистрации параметров сна человека и управления комфортным сном. Показано, что изменяя необходимые значения управляющих параметров, возможно ускорение приведения человека в состояние сна.

Ключевые слова: измерение параметров сна, умный дом, анализ процессов в реальном времени.

УДК 612.215.4;616-71

А.Л. Ерохин¹, А.С. Нечипоренко¹, В.В. Чмовж², О.Г. Гарюк³, Е.В. Линник¹¹ Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков² Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков³ Харьковская медицинская академия последипломного образования, Харьков

ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НОСОВОЙ ПОЛОСТИ

Рассмотрены вопросы диагностики функции носового дыхания. Проведен расчет коэффициента гидродинамического сопротивления носовой полости. Данный коэффициент учитывает режимы течения воздушного потока в процессе дыхания, а также индивидуальные анатомо-физиологические особенности носовой полости человека. Проведено оценивание суммарной стандартной неопределенности величины коэффициента гидродинамического сопротивления носовой полости.

Ключевые слова: риноманометрия, расход воздушного потока, коэффициент гидродинамического сопротивления, число Рейнольдса, стандартная неопределенность.

Введение

Нарушение носового дыхания является причиной различных патологических изменений, как местных (связанных с нарушением пневматизации околоносовых пазух) так и общих (связанных с нарушением мозгового кровообращения). Иногда оно может служить пусковым механизмом ряда болезненных симптомов, таких как частые головные боли, хроническая усталость, нарушение концентрации внимания, глазные боли. Носовое дыхание в отличие от дыхания через рот является физиологичным, поэтому его нарушение отражается на различных функциях организма. В носовой полости осуществляется химический анализ (функция обоняния), воздух очищается, увлажняется и обогревается, так же здесь находится первая линия защиты от инфекций. Большинство из этих функций связаны с особенностями прохождения воздушной струи через нос, а именно с носовой аэродинамикой [1].

Для объективной оценки носового дыхания в современной оториноларингологии наиболее широко используется метод передней активной риноманометрии (ПАРМ) [2 – 4].

В большинстве случаев в клинической практике выполняется расчет диагностических параметров: коэффициентов носового сопротивления и коэффициентов Рехрера [5]. Однако данные коэффициенты имеют размерность, что снижает их диагностическую ценность и не позволяет систематизировать биологические показатели нормы для полости носа. В работе [6] предложен подход к определению коэффициента гидродинамического сопротивления носовой полости, который учитывает режимы течения в процессе дыхания, а также индивидуальные анатомо-физиологические особенности носовой полости любого человека. При вычислении диагности-

ческих коэффициентов необходимо определять границы нормы и патологии. Для оценки соответствия значений коэффициентов границам для нормы и патологии необходимо проводить расчет неопределенности измерений. В работе [7] показано, что если интервал неопределенности находится внутри области допустимых значений, то принимается решение о соответствии, и наоборот, если интервал неопределенности находится внутри области недопустимых значений, то принимается решение о несоответствии.

Целью данной работы является оценка неопределенности измерений при вычислении коэффициента гидродинамического сопротивления носовой полости.

Методика измерений

Измерения осуществляются по методу ПАРМ с помощью разработанного программно-аппаратного комплекса «Optimus» (свидетельство государственной регистрации № 14777/2015 от 12.06. 2015 г.). Основные характеристики и принцип работы программно-аппаратного комплекса описаны в работе [7].

Графические зависимости измеряемых величин расхода воздушного потока и дифференциального давления от времени приведены на рис. 1.

На основании проведенных измерений строится графическая зависимость дифференциального давления от величины расхода воздуха (рис. 2) [8].

Данная зависимость наиболее полно с точки зрения гидромеханики и физики явления описывается формулой Рехрера:

$$\Delta p = k_1 \dot{V} + k_2 \dot{V}^2, \quad (1)$$

где k_1 – коэффициент ламинарного потока и k_2 – коэффициент турбулентного потока.

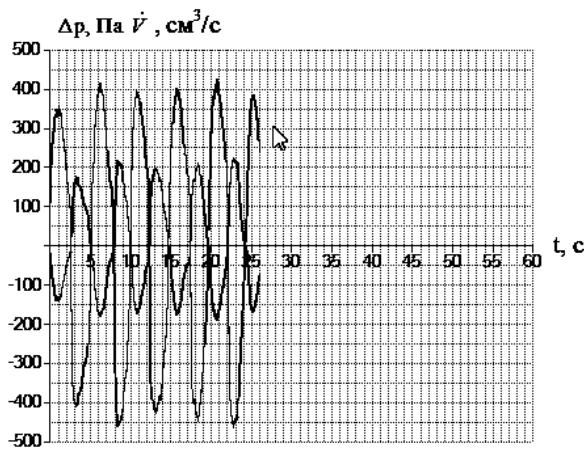


Рис. 1. Риноманометрические данные

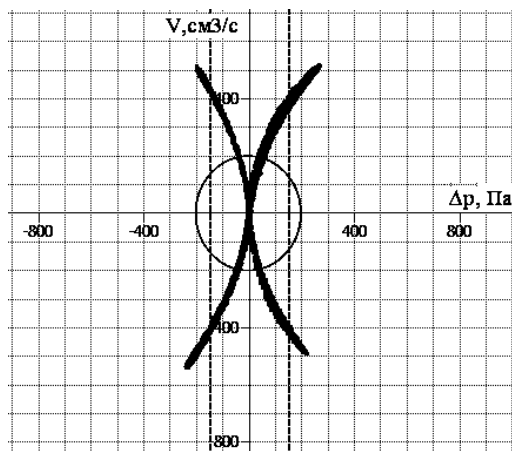


Рис. 2. График зависимости дифференциального давления от расхода воздуха

Однако существенным недостатком данного подхода является наличие размерности коэффициентов, что снижает диагностическую ценность и не позволяет выработать показатели нормы.

Расчет коэффициента гидродинамического сопротивления носовой полости

В работе [6] предложена методика расчета коэффициента гидродинамического сопротивления носовой полости, в соответствии с которой расчет производится по формуле:

$$\zeta = \frac{\Delta p}{\rho V_{cp}^2} = \frac{A}{Re} + B, \quad (2)$$

где Δp – дифференциальное давление, ρ – плотность воздушного потока, V_{cp} – средняя скорость потока через ноздрю, A и B – безразмерные константы, Re – число Рейнольдса. Коэффициенты A и B рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned} A &= k_1 \frac{\pi d_{эКВ}^3}{2\nu\rho}, \\ B &= k_2 \frac{\pi^2 d_{эКВ}^4}{8\rho}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $d_{эКВ}$ – эквивалентный диаметр ноздри, ν – коэффициент кинематической вязкости воздушного потока.

Получим зависимость $\zeta = f(Re)$, график которой приведен на рис. 3.

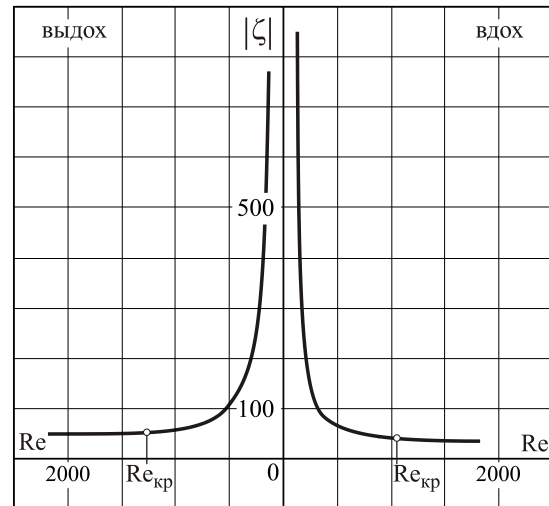


Рис. 3. Зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления от числа Рейнольдса

Из работы [9] известно, что коэффициенты A и B – безразмерные константы, а, следовательно, и гидродинамический коэффициент сопротивления носовой полости ζ тоже величина безразмерная.

Расчет неопределенностей результатов измерений

Оценивание неопределенности измерений проведем в соответствии с базовым алгоритмом, описанным в работе [10]. Составим модельное уравнение, для чего в уравнение (2) подставим коэффициенты A и B согласно (3), в результате имеем:

$$\zeta = \frac{2S_H^2}{\rho} \left(\frac{k_1}{Q} + k_2 \right), \quad (4)$$

где S_H – площадь поперечного сечения ноздри.

В данном случае результат измерений выражается через другие величины, поэтому необходим расчет суммарной стандартной неопределенности. Уравнение для расчета коэффициента гидродинамического сопротивления (4) дает возможность получить выражение для суммарной стандартной неопределенности при отсутствии корреляции между результатами измерения входных величин:

$$u_c(\zeta) = \sqrt{c_s^2 u^2(s_H) + c_\rho^2 u^2(\rho) + c_{k_1}^2 u^2(k_1) + c_Q^2 u^2(Q) + c_{k_2}^2 u^2(k_2)}, \quad (5)$$

где $u^2(s_H)$, $u^2(\rho)$, $u^2(k_1)$, $u^2(Q)$, $u^2(k_2)$ – стандартные неопределенности измерения соответственно площади поперечного сечения s_H , плотности воздуха ρ , коэффициентов ламинарного k_1 и турбулентного k_2 режимов течения, величины максимального расхода воздушного потока Q ; c_s , c_ρ , c_{k_1} , c_{k_2} , c_Q – соответствующие коэффициенты чувствительности, причем:

$$c_s = \frac{\partial \zeta}{\partial S} = \frac{4S_H}{\rho} \left(\frac{k_1}{Q} + k_2 \right); \quad (6)$$

$$c_\rho = \frac{\partial \zeta}{\partial \rho} = -\frac{2S_H^2}{\rho} \left(\frac{k_1}{Q} + k_2 \right); \quad (7)$$

$$c_{k_1} = \frac{\partial \zeta}{\partial k_1} = \frac{2S_H^2}{\rho} \frac{1}{Q}; \quad (8)$$

$$c_{k_2} = \frac{\partial \zeta}{\partial k_2} = \frac{2S_H^2}{\rho}; \quad (9)$$

$$c_Q = \frac{\partial \zeta}{\partial Q} = -\frac{2S_H^2}{\rho} \frac{k_1}{Q^2}. \quad (10)$$

Для нахождения значений коэффициентов k_1 , k_2 используется метод наименьших квадратов.

Подробно вычисление стандартных неопределенностей данных коэффициентов приведено в работе [7].

Стандартную неопределенность $u(Q)$ получаем из свидетельства о государственной метрологической аттестации на прибор, в котором приведены границы допустимой относительной погрешности измерения расхода воздуха ($\delta_p \pm 3\%$) в предположении о равномерном законе распределения внутри границ по формуле:

$$u(Q) = Q \frac{\delta_p}{\sqrt{3} \cdot 100}. \quad (11)$$

Стандартную неопределенность $u(\rho)$ также исходя из предположения о равномерном законе распределения внутри границ рассчитываем по формуле:

$$u(\rho) = \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{2\sqrt{3}}, \quad (12)$$

где ρ_1 – плотность вдыхаемого воздуха при температуре окружающей среды, ρ_2 – плотность выдыхаемого воздуха.

Из работы [11] известно, что не зависимо от температуры вдыхаемого воздуха, средняя температура выдыхаемого воздуха равна 33 °С. Величину плотности воздушного потока получаем из справочной литературы.

При расчете стандартной неопределенности измерения площади поперечного сечения ноздри S_H воспользуемся формулой:

$$u(S_H) = \sqrt{u_A^2(S_{H_i}) + u_B^2(S_{H_i})}, \quad (13)$$

где $u_A(S_{H_i})$ – стандартная неопределенность типа А, $u_B(S_{H_i})$ – стандартная неопределенность типа В.

Для вычисления стандартной неопределенности типа А воспользуемся формулой:

$$u_A(S_{H_i}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (S_{H_i} - S_H)^2}. \quad (14)$$

Измерение площади поперечного сечения осуществляется с помощью встроенной функции, которая позволяет пользователю выделять требуемое сечение и проводить замеры (рис. 4).

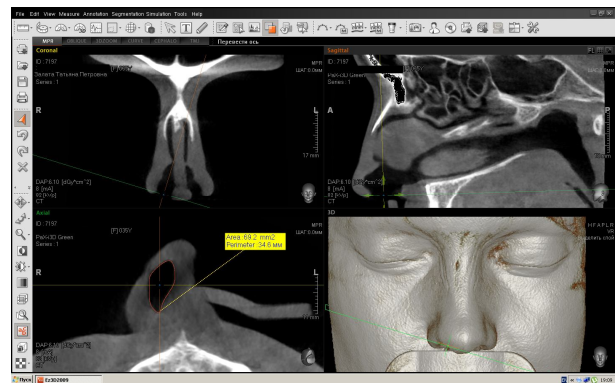


Рис. 4. Визуализация анатомических структур носовой полости и околоносовых пазух в программном пакете Ez3D2009

Расчет стандартной неопределенности типа В произведем по формуле:

$$u(S_H) = S_H \frac{\delta_s}{\sqrt{3} \cdot 100}, \quad (15)$$

где δ_s – погрешность измерения площади поперечного сечения программного средства, которая не превышает 0,0001% [12, 13].

Расширенную неопределенность измерения коэффициента гидродинамического сопротивления носовой полости находим по формуле

$$U(\zeta) = k u_c(\zeta), \quad (16)$$

где k – коэффициент охвата, вычисляемый для уровня доверия 0,95 для трапециевидального закона распределения [14].

Расчеты были проведены для величин площади поперечного сечения $S_H=81\text{мм}^2$ и максимального

расхода воздушного потока $Q=450 \text{ см}^3/\text{с}$. Таким образом, оценивание расширенной неопределенности измерений ζ показало, что разброс ее значений находится в пределах $\pm 0,00882942$.

Выводы

В работе представлена методика обработки риноманометрических данных, которая позволяет перейти к безразмерным коэффициентам гидродинамического сопротивления, определяющим аэродинамику носовой полости, для выработки показателей нормы.

Применение данного подхода позволяет повысить эффективность диагностики лор-заболеваний, связанных с нарушением функции носового дыхания.

Проведено оценивание суммарной стандартной и расширенной неопределенностей величины коэффициента гидродинамического сопротивления носовой полости, которые должны учитываться при оценке соответствия его значения границам для нормы и патологии.

Список литературы

1. Wheeler P. Vasomotor rhinitis / P. Wheeler, S. Wheeler // *Am. Fam. Physician*, 2005. – No. 72(6). – P. 1057-62.
2. Thulesius H.L. Rhinomanometry in clinical use. A tool in the septoplasty decision making process.: doctoral dissertation, clinical sciences / H.L. Thulesius. – 2012. – 67 p.
3. Demirbas D. Use of rhinomanometry in common rhinologic disorders / D. Demirbas, C. Cingi, H. Cakli, E. Kaya // *Expert Rev. Med. Devices*. – 2011. – No. 8(6). – P. 769-777.
4. Canbay E.I. A comparison of nasal resistance in white, Caucasians and blacks / E.I. Canbay, S.N. Bhatia // *Am J Rhinology*. – 1997. – № 11. – P. 73-75.
5. Röhrer F. Der Stromungswiderstand in der menschlichen Atemwegen / F. Röhrer // *Pflügers Arch Ges Physiology*. – 1915. – № 162. – P. 225-295.
6. Чмовж В.В. Аэродинамика носовой полости человека / В.В. Чмовж, О.Г. Гарюк, А.С. Нечипоренко //

Матеріали 20-ї міжнародної науково-технічної конференції Гідроаеромеханіка в інженерній практиці, 2015, 26-29 травня. – С. 70-72.

7. Ерохин А.Л. Выбор диагностического параметра при выполнении риноманометрических измерений / А.Л. Ерохин, И.П. Захаров, А.С. Нечипоренко, И.Г. Перова, О.Г. Гарюк // *Метрология та прилади*. – 2014. – № 1(45). – С. 66-69.

8. Vogt K. 4-Phase- Rhinomanometry (4PR) – basics and practice / K. Vogt, A.A. Jalowayski, W. Althaus, C. Cao, D. Han, W. Hasse, H. Hoffrichter, R. Mosges, J. Pallanch, K. Shah-Hosseini, K. Peksis, K.D. Wernecke, L. Zhang, P. Zaporoshenko // *Rhinology*. – 2010. – Suppl. 21. – P. 1-50.

9. Баев Б.С. Гідравліка та гідравлічні системи літальних апаратів: навчальний посібник / Б.С. Баев, В.В. Чмовж. – Х.: Національний аерокосмічний університет "Харківський авіаційний інститут", 2001. – 126 с.

10. Захаров И.П. Неопределенность измерений для чайников и начальников: учебное пособие, издание 2-е переработанное / И.П. Захаров. – Санкт-Петербург: Политехника-Сервис, 2014. – 51 с.

11. Хелимская И.В. Первый опыт измерения температуры выдыхаемого воздуха для ранней диагностики obstructивных заболеваний легких / И.В. Хелимская // *Дальневосточный медицинский журнал*. – 2010. – № 4. – P. 18-20.

12. Яхеев В.В. Методика использования программы Autocad в определении прочностных и деформационных характеристик горных пород прибором БУ-39 / В.В. Яхеев, В.А. Мишанов // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. – 2006. – № 1. – С. 158-161.

13. Моисеева И.Л. Сравнительная характеристика программ-просмотрщиков конусно-лучевой компьютерной томографии / И.Л. Моисеева // *X-RAY ART*. – № 1. – С. 46-51.

14. Захаров И.П. Теория неопределенности в измерениях / И.П. Захаров, В.Д. Кукуш. – Х.: Консум, 2002. – 256 с.

Поступила в редколлегию 27.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.П. Захаров, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТА ГІДРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ НОСОВОЇ ПОРОЖНИНИ

А.Л. Єрохін, А.С. Нечипоренко, В.В. Чмовж, О.Г. Гарюк, О.В. Лінник

Розглянуто питання діагностики функції носового дихання. Проведено розрахунок коефіцієнта гідродинамічного опору носової порожнини. Даний коефіцієнт враховує режими течії повітряного потоку в процесі дихання, а також індивідуальні анатомо-фізіологічні особливості носової порожнини людини. Проведено оцінювання сумарної стандартної і розширеної невизначеностей величини коефіцієнта гідродинамічного опору носової порожнини.

Ключові слова: риноманометрія, витрата повітряного потоку, коефіцієнт гідродинамічного опору, число Рейнольдса, стандартна невизначеність.

ASSESSMENT OF CALCULATION RESULTS OF HYDRODYNAMIC RESISTANCE COEFFICIENT OF A NASAL CAVITY

A.L. Yerokhin, A.S. Nechiporenko, V.V. Chmovzh, O.G. Garyuk, O.V. Linnik

The improved method of receiving hydrodynamic resistance coefficient of a nasal cavity was described. This coefficient takes into account the regimes of flow in the course of breath and also specific anatomico-physiological features of a person's nasal cavity. The assessment of uncertainty of calculation hydrodynamic resistance coefficient was conducted.

Keywords: rhinomanometry, airflow, hydrodynamic resistance coefficient, Reynold's number, standard uncertainty.

УДК 615.471:616-071

И.Г. Перова, Е.В. Бодянский

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

НЕЧЕТКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ДАННЫХ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ИНФОРМАЦИИ

В статье рассмотрен подход, позволяющий подвергать процедуре нечеткой кластеризации-классификации выборки медицинских данных, сильно ограниченные по объему с помощью метода нечеткой пространственной экстраполяции. Предложенная процедура относится к направлению Medical Data Mining и представляет собой гибридную систему, позволяющую решать задачу диагностирования разного рода заболеваний в условиях ограниченной выборки, полного или частичного перекрытия классов, разной их плотности, разного численного наполнения и требующей для своего обучения малых объемов априорной информации.

Ключевые слова: нечеткая кластеризация-классификация, дефицит информации, нечеткая пространственная экстраполяция.

Введение

В настоящее время методы интеллектуального анализа данных (Data Mining) [1] получили широкое распространение для решения широкого класса задач в промышленности, финансах, банковской сфере, сельском хозяйстве. Не обошли стороной эти методы и медицинские приложения, где в силу специфики решаемых задач сформировалось направление, известное как Medical Data Mining [2]. Основной задачей, решаемой в рамках Medical Data Mining, являются задачи диагностирования, решаемые на основе парадигм как обучения, так и самообучения и с математической точки зрения сводящиеся либо к решению задач классификации (распознавания образов), либо кластеризации. Особенностью этого направления является невозможность использования традиционных методов Data Mining в чистом виде, что связано с целым рядом обстоятельств: прежде всего это ограниченность выборок, подлежащих классификации, существенное перекрытие классов, относящихся к разным заболеваниям, нелинейный характер разделяющих гиперповерхностей, наличие аномальных наблюдений – выбросов, искажающих исходную информацию, значительная роль субъективного человеческого фактора, не обеспечивающая получение точных данных. Все вышеперечисленные обстоятельства приводят к формированию невыпуклых и нечетких классов, при этом адекватным математическим аппаратом для работы с такими данными являются методы вычислительного интеллекта и, прежде всего, искусственные нейронные сети [3 – 5], системы нечеткого вывода [6] и гибридные системы, построенные на их основе – нейро-фаззи-системы [7, 8]. Здесь следует отметить, что все равно в этом классе задач данные системы не являются панацеей, поскольку для своего обучения требуют больших объемов информации, которыми зачастую врачи не располагают.

Метод нечеткой пространственной экстраполяции для задач кластеризации-классификации

Аппаратом, решающим задачи классификации в условиях малых объемов выборок, является метод линейной пространственной экстраполяции [9], однако здесь надо отметить, что сам по себе этот метод является линейным, то есть разделяющая гиперплоскость является линейной, а также он является совершенно четким. В связи с этим представляется целесообразным на основе этого метода, а также методов вычислительного интеллекта провести синтез гибридной системы вычислительного интеллекта, позволяющей решать задачу диагностирования разного рода заболеваний в условиях ограниченной выборки, полного или частичного перекрытия классов, разной их плотности, разного численного наполнения и требующей для своего обучения малых объемов априорной информации. В связи с этим нами предлагается новый подход, который мы назвали нечеткая пространственная экстраполяция в задачах медицинской диагностики.

Исходной информацией для рассматриваемого подхода являются данные, представленные в виде таблицы «объект-свойство», при этом важно отметить, что часть данных является размеченной, а часть – нет. Как уже отмечалось, классифицировать размеченные данные на основе традиционных методов распознавания образов не представляется возможным в силу малых объемов обучающей выборки. В статье [10] предложен подход к нечеткой кластеризации-классификации на основе комбинированного метода самообучения-обучения самоорганизующейся карты (SOM-LVQ), однако этот подход опять таки требует достаточно больших объемов обучающей информации, хотя и может решать задачи диагностики в условиях перекрывающихся классов. Рассматриваемый подход применительно к задаче диагностики может быть реализован в виде следующих действий.

Пусть имеется выборка наблюдений $x(k) = (x_1(k), x_2(k), \dots, x_i(k), \dots, x_N(k))^T \in R^n$, здесь n – объем выборки в таблице «объект-свойство». Пусть в данной выборке имеется $N_A + N_B + \dots + N_L + \dots + N_M$ размеченных (с установленным диагнозом) и $Q = (N - (N_A + N_B + \dots + N_L + \dots + N_M))$ неразмеченных данных, при этом к диагнозу-классу A относится N_A наблюдений, к диагнозу-классу B – N_B наблюдений и т.д., то есть

$$N_A + N_B + \dots + N_L + \dots + N_M < N, \quad \hat{k} = 1, 2, \dots, \sum_{L=A}^M N_L.$$

Количество неразмеченных данных равно $Q = N - \sum_{L=A}^M N_L$, то есть наблюдения $x(\tilde{k})$, $\tilde{k} = \sum_{L=A}^M N_L + 1, \dots, N$ (или $\tilde{k} = 1, \dots, Q$) с тем или иным уровнем принадлежности должны быть отнесены к соответствующим классам-диагнозам A, B, \dots, L, M .

На первом этапе проводится расчет Q расстояний, заданных в Манхэттенской метрике:

$$d(\tilde{k}, \hat{k}) = \sum_{i=1}^n |x_i(\tilde{k}) - x_i(\hat{k})|,$$

после чего рассчитываются уровни принадлежности к конкретным классам:

$$\mu_L(x(\tilde{k})) = \frac{d^{-1}(\tilde{k}, \tilde{k} \in L, \hat{k})}{\sum_{k=1}^M d^{-1}(\tilde{k}, \hat{k})}, \quad L = A, B, \dots, M.$$

На следующем шаге рассчитываются медианы уровней принадлежности для каждого класса $\bar{\mu}_L(x(\tilde{k}))$, после чего можно рассчитать уточненные уровни принадлежности:

$$\bar{\mu}_L^*(x(\tilde{k})) = \frac{\bar{\mu}_L(x(\tilde{k}))}{\sum_{L=A}^M \bar{\mu}_L(x(\tilde{k}))},$$

отвечающие условиям единичного разбиения.

В итоге для неразмеченной части данных мы получаем принадлежности к M возможным диагнозам.

Данная процедура позволяет компенсировать внутрикластерный разброс и разное количество наблюдений в разных классах, использование их в качестве расстояний Манхэттенской метрики позволяет ослаблять влияние от помех и выбросов, то есть придает процедуре робастные свойства [11]. Основными достоинствами предлагаемого подхода являются простота численной реализации и возможность обработки информации в условиях, когда количество доступных наблюдений соизмеримо с размерностью анализируемых векторов признаков.

Использование метода нечеткой пространственной экстраполяции в условиях дефицита информации

Работа предложенного метода нечеткой пространственной экстраполяции данных была апробирована на данных репозитория Калифорнийского университета (UCI Machine Learning Repository) Breast Cancer Wisconsin (Original) [12], которая представляет собой размеченную выборку данных, состоящую из 699 пациентов, каждый из которых характеризуется 10 признаками. В данных содержится 2 класса, характеризующих тип опухоли: доброкачественная или злокачественная. После удаления данных с пропусками и признака класса была получена выборка из 683 пациентов, которые характеризуются 9 признаками, из которой была сформирована обучающая выборка, состоящая из 40 пациентов: 20 относящиеся к 1 классу и 20, относящиеся к 2 классу. Далее вся оставшаяся выборка в онлайн-режиме была обработана с помощью предложенного метода нечеткой пространственной экстраполяции. В результате была получена классификация всей выборки данных с нечеткой степенью принадлежности к классам. Ошибка классификации составила 3,85%.

Следующим шагом была попытка сравнить работу разработанного метода нечеткой пространственной экстраполяции с нечеткой кластеризацией-классификацией на основе комбинированного метода самообучения-обучения самоорганизующейся карты (SOM-LVQ) [10]. Следует отметить, что метод LVQ показывает примерно такую же точность при обработке предложенной выборки, однако с вычислительной точки зрения предложенный метод нечеткой классификации намного проще и он способен работать на обучающих выборках, состоящих из минимального количества пациентов (по одному из каждого класса). При этом для качественного обучения SOM-LVQ необходимо количество выборок обучающего массива как минимум соизмеримое с количеством признаков их характеризующих.

Выводы

Разработанный подход позволяет подвергать обработке медицинские данные, состоящие из ограниченного объема информации. Предложенный метод нечеткой пространственной экстраполяции позволяет работать с обучающими выборками, состоящими из 1 человека, что является актуальной проблемой для задач медицинской диагностики.

Список литературы

1. Han J. *Data Mining: Concepts and Techniques* / J. Han, M. Kamber. – Amsterdam: Morgan Kaufman Publ. – 2006. – 743 p.
2. Jose Valente de Oliveira, Witold Pedrycz *Advances in Fuzzy Clustering and its Applications*. – John Wiley & Sons Ltd, 2007. – 454 p.

3. Bishop C.M. *Neural Networks for Pattern Recognition* / C.M. Bishop. – Oxford: Clarendon Press, 1995. – 482 p.
4. Haykin S. *Neural Networks. A Comprehensive Foundation* / S. Haykin. – Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, Inc., 1999. – 842 p.
5. Routhowski L. *Computational Intelligence. Methods and Techniques* / L. Routhowski. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. – 514 p.
6. Bezdek J.C. *Fuzzy Models and Algorithms for Pattern Recognition and Image Processing* / J.C. Bezdek, J. Keller, R. Krishnapuram, N.R. Pal. – Springer 2005. – 776 p.
7. Du K.-L. *Neural Networks and Statistical Learning* / K.-L. Du, M.N.S. Swami. – London: Springer-Verlag, 2014. – 824 p.
8. Jang, J.-S. R. *ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference systems* / J.-S. R. Jang // *IEEE Trans. Syst., Man, and Cybern.* – 1993. – 23. – N3. – P. 665-685.
9. Растрюгин Л.А. *Экстраполяционные методы проектирования и удаления* / Л.А. Растрюгин, Ю.П. Пономарев. – М.: Машиностроение, 1986. – 120 с.

10. Bodyanskiy Ye. *Self-organizing map and its learning in the fuzzy clustering-classification tasks* / Ye. Bodyanskiy, P. Mulesa, O. Slipchenko, O. Vynokurova // *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні науки та інформаційні технології.* – 2014. – №800. – С. 83-92.
11. Мудров В.И. *Метод наименьших модулей* / В.И. Мудров, В.Л. Кушко. – М.: Знание, 1971. – 64 с.
12. William H. Wolberg *UCI Repository of machine learning databases.* – URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Breast+Cancer+Wisconsin+Original>. CA: University of California, Department of Information and Computer Science, 1992.

Поступила в редколлегию 21.07.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.А. Винокурова, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

НЕЧІТКА КЛАСИФІКАЦІЯ ДАНИХ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА УМОВ ДЕФІЦИТУ ІНФОРМАЦІЇ

І.Г. Перова, Є.В. Бодянський

У статті розглянуто підхід, що дозволяє піддавати процедурі нечіткої кластеризації-класифікації вибірки медичних даних, сильно обмежені за обсягом з допомогою методу нечіткої просторової екстраполяції. Запропонована процедура відноситься до напрямку *Medical Data Mining* і являє собою гібридну систему, що дозволяє вирішувати задачу діагностування різного роду захворювань в умовах обмеженої вибірки, повного або часткового перекриття класів, різної їх щільності, різного чисельного наповнення і вимагає для свого навчання малих обсягів апріорної інформації.

Ключові слова: нечітка кластеризація-класифікація, дефіцит інформації, нечітка просторова екстраполяція.

FUZZY CLASSIFICATION OF DATA FOR BIOMEDICAL RESEARCH IN THE SCARCE INFORMATION

I.G. Perova, Ye.V. Bodyanskiy

In this paper the approach of fuzzy clustering-classification of medical data sample, limited in its dimensionality using the method of fuzzy spatial extrapolation is considered. The proposed procedure refers to the direction of *Medical Data Mining*, and is a hybrid system that can solve the task of diagnosing various diseases in a limited sample, complete or partial overlapping of classes, their different densities, different numerical filling and requires for its training of small volumes of a priori information.

Keywords: fuzzy clustering, classification, deficit of information, fuzzy spatial extrapolation.

УДК 621.396

А.О. Силин

Институт радиофизики и электроники имени А.Я. Усикова НАН Украины, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ МЕДИЦИНСКИХ СВЧ-АППЛИКАТОРОВ

Рассмотрены ключевые вопросы экспериментального исследования пространственного распределения электромагнитных полей различных излучателей в диссипативных средах. Представлены структурная схема, принцип работы и особенности реализации разработанного автоматизированного стенда для регистрации двумерного пространственного распределения амплитуды электрической компоненты СВЧ электромагнитного поля в жидких средах. Приведены результаты измерения полей аппликаторов с плоской и круговой апертурами в жидких фантомах биотканей.

Ключевые слова: электромагнитное поле, аппликатор, биоткани.

Введение

Эффективное СВЧ электромагнитного излучения в медицине [1, 2] обуславливает необходимость разработки соответствующих методов экспериментального исследования пространственного распределения электромагнитных полей в ближней зоне

различных излучателей в средах с высоким поглощением.

Отсутствие в ближней зоне простой связи через волновое сопротивление между электрической и магнитной компонентами поля требует в каждом конкретном случае измерять определенную компоненту, используя различные типы датчиков [3, 4].

Они должны вносить в исследуемое поле минимальные искажения, для обеспечения высокой разрешающей способности быть максимально миниатюрными и обеспечивать независимость характеристик от параметров среды.

Необходимым инструментом таких исследований являются также так называемые сканеры [5, 6] – управляемые системы, включающие электромеханическое устройство перемещения датчиков поля по двум или трем координатам и устройства регистрации сигналов этих датчиков для последующей визуализации пространственного распределения поля.

При экспериментальном изучении распределения полей реальные биоткани моделируются фантомами, заменяющими их по тем или иным свойствам (например, по диэлектрической проницаемости). Даже простейшие фантомы мышечных тканей существенно отличаются по диэлектрическим свойствам от жировых и костных тканей из-за большого содержания в них воды.

Цель исследований – выявить особенности распределений электромагнитных полей медицинских СВЧ-аппликаторов различных типов в жидких фантомах биотканей и определить зону их эффективного воздействия.

Автоматизированный стенд

Структурная схема, принцип работы и особенности реализации разработанного нами экспериментального автоматизированного стенда для регистрации двумерного пространственного распределения амплитуды электрической компоненты СВЧ электромагнитного поля в жидких средах различного рода излучателями (аппликаторами), приведена в [7]. Аппликаторы могут быть коаксиального типа (вводимыми в тело пациента через катетеры) [8, 9] или внешними, с плоской контактной апертурой [10].

Стенд создан на базе серийных приборов и в его состав входят: генератор модулированного СВЧ сигнала; кювета, заполненная фантомом, в которую помещаются исследуемый аппликатор; широкополосный изотропный зонд; управляемое персональным компьютером (ПК) устройство перемещения зонда по двум координатам; блок предварительного усиления и коммутации сигналов; узкополосный фильтр; индикаторный блок, включающий в себя логарифмический усилитель и аналого-цифровой преобразователь; блок интерфейса канала общего пользования; направленный ответвитель; детекторная головка и генератор сигнала модуляции.

Принцип действия стенда состоит в последовательной регистрации в определенных точках пространства, заполненного фантомом, сигналов, пропорциональных квадратам напряженностей трех взаимно ортогональных компонент вектора E электромагнитного поля, передачи данных в ПК, вычисления ампли-

тудных значений векторов, формирования и хранения массива из значений координат точек и соответствующих амплитуд поля. Впоследствии этот массив обеспечивает визуализацию распределения поля исследуемого аппликатора в соответствующей фантомной среде. Применение в качестве источника СВЧ поля сигнала с амплитудной модуляцией частотой 100 кГц обусловлено необходимостью (в совокупности с использованием узкополосного фильтра) обеспечения необходимой чувствительности системы регистрации и работы серийного блока Я2Р-70. Кроме того, при этом система регистрации не подвержена влиянию смещения нулей операционных усилителей, и легко обеспечивается развязка цепей полезного сигнала и цепей подачи смещения на диоды зонда.

Электромагнитные поля СВЧ-аппликаторов в фантомах биотканей

На рис. 1 приведен пример распределения поля разработанного нами микрополосково-щелевого аппликатора на частоте 2,45 ГГц.

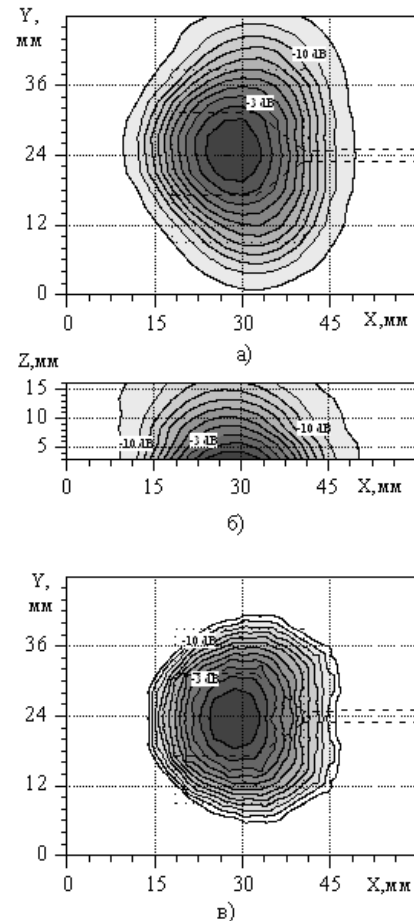


Рис. 1. Распределение поля микрополосково-щелевого аппликатора

Параметры фантомной среды: $\epsilon' \approx 46$, $\epsilon'' \approx 24$. В горизонтальной плоскости XY (рис. 1, а) поле снималось на расстоянии 3 мм от мембраны. На графике для ориентировки показаны контуры микрополоска и

щели. В вертикальній плоскості XZ (рис. 1, б) поле снималось вдоль оси симметрии аппликатора. Для сравнения на рис. 1, в приведено распределение поля в плоскости XY, полученное при моделировании.

Исследовались также макеты коаксиальных аппликаторов, предназначенные для использования в медицинских установках СВЧ гипертермии с частотой 915 МГц. Аппликаторы выполнены из коаксиального кабеля РК-50-2-22. На рис. 2 приведены экспериментально измеренные на стенде распределения полей двух аппликаторов. На этом же рисунке под соответствующим распределением упрощенно показана конструкция аппликатора и его положение в принятой системе координат (поперечный масштаб для наглядности увеличен).

Распределение построено в логарифмическом масштабе. Нормировка произведена на максимальное из измеренных значений для каждого аппликатора. Рис. 2, а соответствует известной простейшей конструкции аппликатора [11]. Рис. 2, б соответствует конструкции с четвертьволновым стаканом, образованным вывернутой на наружную изоляцию оплеткой кабеля, и утолщенной выступающей частью центрального проводника.

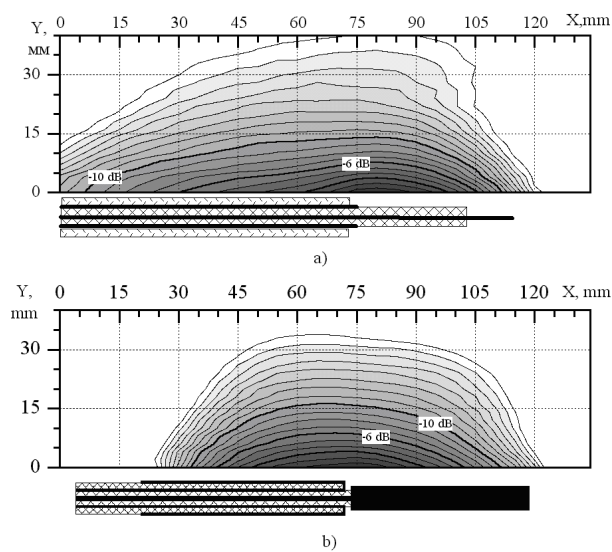


Рис. 2. Экспериментально измеренные распределения полей коаксиальных аппликаторов

Аналогичную последней конструкцию имеет излучатель штатного внутриполостного излучателя установки для локальной электромагнитной гипертермии "Яхта-3". На рис. 3 приведено распределение поля полостного излучателя с диаметром защитной оболочки 16 мм. Поскольку поле такого излучателя имеет осевую симметрию, распределение измерялось в одной плоскости, проходящей через ось излучателя (ось X на рисунке). Расстояния по оси Y отсчитывались от внешнего радиуса защитной оболочки. Абсциссы X=15 мм и с X=95 мм соответствуют границам рабочей зоны аппликатора (отмечены рисками на оболочке).

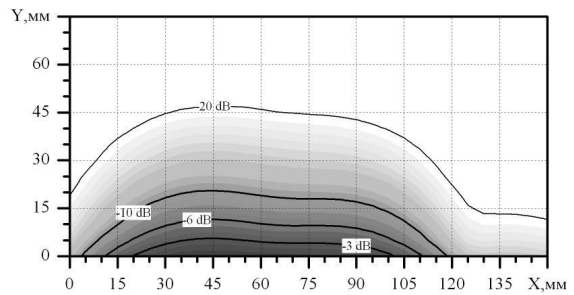


Рис. 3. Распределение поля внутриполостного аппликатора установки "Яхта-3" на частоте 915 МГц

Были измерены также распределения полей создаваемых в фантоме с $\epsilon' \approx 55$, $\epsilon'' \approx 24$ двумя наружными аппликаторами с плоскими апертурами: прямоугольной формы размером 120x90 мм (№1), и круглой диаметром 145 мм (№2).

На рис. 4 показаны зарегистрированные распределения поля (квадрата напряженности электрической составляющей) в трех горизонтальных плоскостях на различных расстояниях Z от плоскости мембраны и в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, проходящих через геометрический центр первого аппликатора.

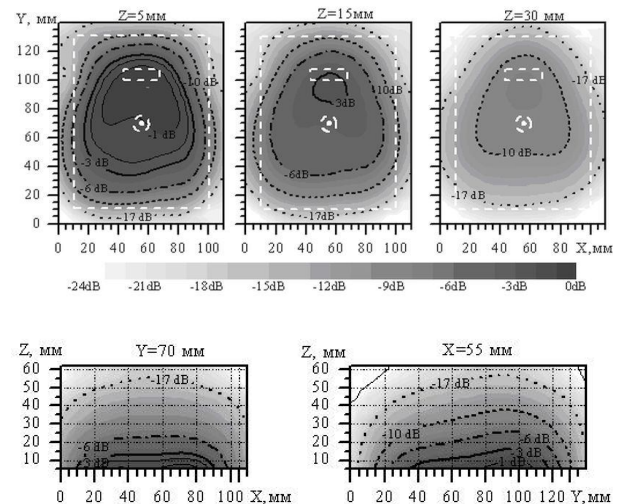


Рис. 4. Распределение поля аппликатора №1

На рис. 5 представлены аналогичные распределения, полученные при исследовании поля, создаваемого аппликатором с круглой апертурой. Нормировка всех распределений для каждого аппликатора произведена на максимальное из всех зарегистрированных значений. На горизонтальных распределениях белыми штриховыми линиями в масштабе показаны контуры апертуры и расположение коаксиального соединителя и элемента крепления с тыльной стороны аппликатора. Анализ полученных результатов показывает, что электромагнитное поле, создаваемое аппликаторами с плоской апертурой, вблизи нее довольно неравномерно, причем его максимум в обоих случаях не совпадает с геометрическим центром аппликатора.

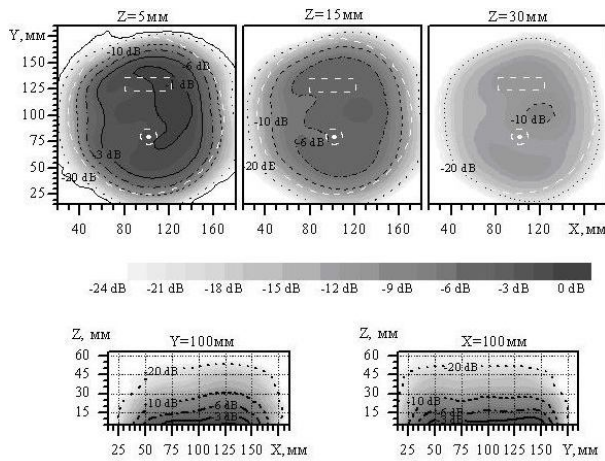


Рис. 5. Распределение поля аппликатора №2

Перепад уровня поля в некоторых точках, лежащих симметрично относительно центра может достигать 3 дБ. Среднее спадание поля к краям аппликаторов в плоскости $Z=5$ мм составляет 10...13 дБ. Такое распределение поля определяется конструкцией аппликаторов, и его следует учитывать при их практическом применении. Приведенные на рис. 2 распределения свидетельствуют о том, что такая конструкция является удачной с точки зрения предотвращения затекания токов на внешнюю оплетку кабеля и паразитного нагрева тканей вне облучаемой области.

Заключение

Разработан автоматизированный стенд для регистрации распределений электромагнитных полей излучателей СВЧ диапазона в жидких поглощающих средах. Датчик поля - изотропный зонд и система регистрации сигналов обеспечили визуализацию распределения относительной интенсивности электрической компоненты поля в динамическом диапазоне до 30 дБ с разрешающей способностью по градиенту поля не хуже 1 дБ/мм

Измеренные на стенде распределения полей излучателей для СВЧ гипертермии (как оригинальных макетов, так и промышленных образцов) в фан-

томах биотканей позволили определить зону их эффективного воздействия - характеристику, которая до сих пор не поверяется из-за отсутствия подобных технических средств.

Список литературы

1. McTomer K. *Transurethral microwave thermotherapy* / K. McTomer // *Microw. J.* - 1992. - V. 35, No 11. - P. 24-41.
2. Thurey Y. *Microwave: Industrial, Scientific and Medical Applications* / Y. Thurey. - Artech House, Boston, 1991. - 650 p.
3. Bassen H.I. *Electric Field Probes - A Review* / H.I. Bassen, G.S. Smith // *IEEE Trans. Ant. and Prop.* 1983. - V. AP-31, No 5. - P. 710-718.
4. Green F.M. *NBS field-strength standards and measurements (30Hz - 1000MHz)* / F.M. Green // *Proc.IEEE.* - 1967. - V.55, No 6. - P. 970-981.
5. Schmidt T. *Automated E-field Scanning system for dosimetric assessment* / T. Schmidt // *IEEE Trans. on MTT-44.* - 1996. - V. 44, No 1. - P. 105-113.
6. Gaida G. *Mapping of near field pattern in simulated biological tissue* / G. Gaida // *El. Letters.* - 1995. - V. 11, No 4. - P. 95-108.
7. Иванов В.К. Экспериментальные исследования распределения электромагнитных полей медицинских СВЧ-аппликаторов / В.К. Иванов, А.О. Силин, А.М. Стадник, А.С. Васильев // *Успехи современной радиоэлектроники.* - 2005. - №9. - С. 30-35.
8. Гельвич Э.А. Излучатели для полостной ЭМ гипертермии / Э.А. Гельвич, И.Б. Давыдова, В.Н. Мазохин // *Электронная техника. Серия 1 "Электроника СВЧ".* - 1983. - Вып. 10. - С. 31-36.
9. Debicki P.S. *Calculation of input impedance electrically small insulated antennas for microwave hyperthermia* / P.S. Debicki, M.A. Astrahan // *IEEE Trans. MTT-41.* - 1993. - No 2. - P. 357-360.
10. Gopal M.K. *Miniature dipole E-field probes for characterizing both phase and amplitude of microwave radiators for hyperthermia* / M.K. Gopal, T.C. Cetas, D. Rosman // *Int. J. of Hyperthermia.* - 1995. - V. 11, No 6. - P. 769-783.
11. Iskander M.F. *Design Optimization of Interstitial Antennas* / M.F. Iskander, A.M. Tumeah // *IEEE Trans. on Biomedical Engineering.* - 1989. - V. 36, № 2. - P. 238-246.

Поступила в редколлегию 16.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.А. Можаяев, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ МЕДИЧНИХ СВЧ-АПЛІКАТОРІВ

О.О. Сілін

Розглянуто ключові питання експериментального дослідження просторового розподілу електромагнітних полів різних випромінювачів в дисипативних середовищах. Представлені структурна схема, принцип роботи та особливості реалізації розробленого автоматизованого стенда для реєстрації двовимірного просторового розподілу амплітуди електричної компоненти НВЧ електромагнітного поля в рідких середовищах. Наведено результати вимірювання полів аплікаторів з плоскою і круговою апертурами в рідких фантомах біотканей.

Ключові слова: електромагнітне поле, аплікатор, біотканіни.

FEATURES OF SPATIAL DISTRIBUTION OF ELECTROMAGNETIC FIELDS OF MEDICAL MICROWAVE APPLICATORS

A.O. Silin

Key questions of experimental studies of spatial distribution of electromagnetic fields of various emitters in dissipative media are considered. Structure, principle of functioning and features of implementation of developed automated stand for registration of two-dimensional spatial distribution of amplitude of electrical components of electromagnetic microwave field in liquid media are presented. Results of measurements of fields of applicators with plane and circular apertures in liquid phantoms of tissues are shown.

Keywords: electromagnetic field, applicator, tissues.

УДК 681.3 : 004.94 : 616.13

А.В. Статкус, А.С. Сафонов, А.С. Сергиенко

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ДАВЛЕНИЯ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО КРОВОТОКА В СТЕНОЗНОМ СОСУДЕ

Исследуется пространственная динамика давления кровотока в крупной артерии, пораженной стенозом. Поле давления получено как решение задачи «взаимодействие поток – структура» методом конечных элементов. Подтвержден факт существенной пространственной неоднородности поля давления в области стеноза. Предложены высокоточная аналитическая модель среднеквадратической ширины спектра давления и основанная на ней модель пространственно-частотного спектра давления в целом.

Ключевые слова: атеросклеротическая бляшка, стеноз, гидродинамика, модель, пространственно-частотный спектр.

Введение

Нарушения кровообращения являются одной из основных причин смертности населения развитых

стран. На рис. 1 представлены данные по состоянию на 2006 год, где темный столб показывает количество смертей связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ), а белый – общее количество смертей [1].

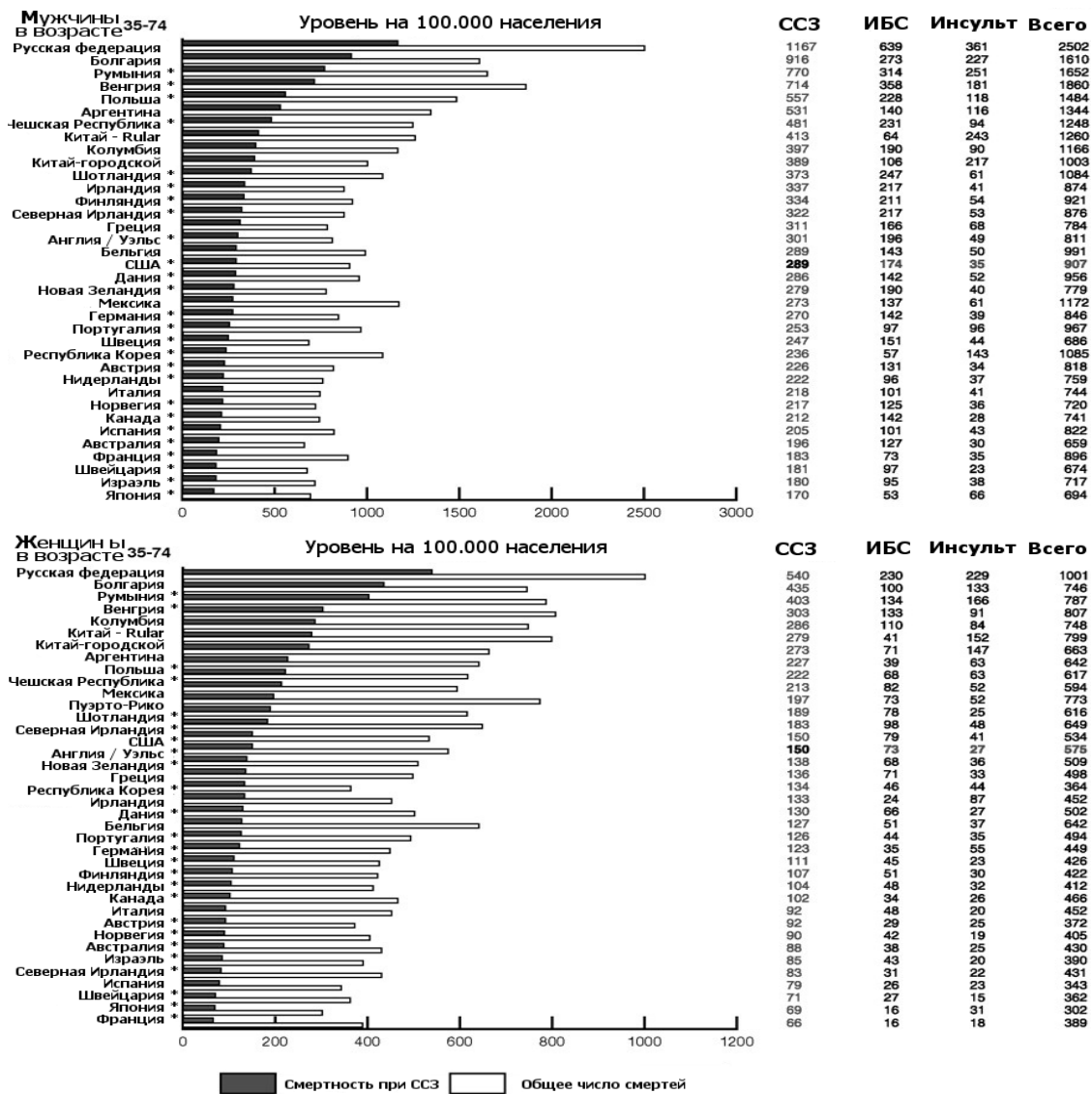


Рис. 1. Смертность общая и связанная с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ), включая ишемическую болезнь сердца (ИБС) и инсульт [1]

Острые церебральные ишемические события связаны с утратой возможности достаточного кровообращения или разрывом уязвимой сонной атеромы и последующим тромбозом. Такие удары потенциально предотвратимы при своевременном каротидном вмешательстве (эндалтеректомия, ангиопластика или стентирование). Просвет стеноза обычно используется в текущей клинической практике как показатель для хирургического вмешательства. Показанная сонная эндалтеректомия полезна пациентам с высоким классом (от 70% до 90%) стеноза, но выводы не показывают возможной выгоды для пациентов с умеренным стенозом (от 30% до 70%) [2, 3].

Большое клиническое значение имеет выявление нестабильных бляшек, склонных к разрывам. Многие разрывы бляшек протекают асимптомно [4, 5]. В небольшом исследовании А.Р. Burke et al. (2001) из 142 мужчин, умерших от внезапной сердечной смерти, у 61 % были обнаружены признаки уже заживших разрывов бляшек, которые никак не проявлялись клинически [4].

Часто нестабильные бляшки незначительно стенозируют сосуд. Поэтому они могут быть невидимы при рентгеноконтрастной ангиографии или неинвазивном УЗИ, но являются причиной острых ишемических событий, таких как инфаркт миокарда, инсульт и внезапная смерть. Показано, что такие бляшки содержат много липидов (липидное ядро) и имеют тонкую и изъязвленную фиброзную шапочку [2 – 5].

На процесс формирования и разрушения атеросклеротической бляшки существенно влияют гидродинамические потоки в кровеносных сосудах. В связи с этим существует необходимость систематического исследования тонких гидродинамических и механических явлений в стенозном сосуде.

В соответствии с теорией гидродинамики следствием сужения сосуда является существенная неоднородность потока, то есть изменение его свойств в области стеноза и непосредственно за ним. При этом при перемещении вдоль сосуда могут существенно изменяться не только величина давления и скорости крови, но и сам характер потока. Качественно речь идет о том, что ламинарный на входе стеноза и на проксимальном (ближнем к сердцу) склоне бляшки поток может трансформироваться в турбулентный поток на дистальном (дальнем от сердца) склоне бляшки, а затем снова переходить в ламинарный режим на некотором удалении от бляшки. Усредненные за период сердцебиений значения давления и скорости в каждом сечении удовлетворительно описываются законом Бернулли [6].

Однако описание пространственно-временной (пространственно-частотной) динамики скорости и давления кровотока в сечении стенозного сосуда в зависимости от продольной координаты сечения в известной авторам литературе отсутствует. Между

тем эти сведения необходимы при решении задач взаимодействия пульсирующего кровотока со стенкой сосуда, например, для получения условий возбуждения бляшки потоком. В этой связи, в частности, представляет большой интерес тонкая структура нормированного амплитудного спектра давления кровотока в области стеноза.

Целью работы является расчет пространственно-частотного спектра давления кровотока в области стеноза и построение его модели.

Последующая часть статьи организована следующим образом. В первом разделе приведена краткая характеристика задачи «взаимодействие поток – структура» как современного подхода к исследованию гидромеханики стенозного сосуда, во втором разделе формулируется задача взаимодействия поток – структура для конкретной модели стеноза, результаты расчетов методом конечных элементов и краткая оценка их адекватности содержатся в третьем разделе. На этой основе в четвертом разделе выполняется построение модели пространственно-частотного спектра давления кровотока в области стеноза. В заключение в пятом разделе формулируются некоторые выводы из исследования и возможные применения полученных результатов.

1. Гидромеханика стенозного сосуда как задача «взаимодействие поток – структура»

С точки зрения механики исчерпывающим подходом к описанию гидромеханических процессов в стенозном сосуде является рассмотрение этих динамических явлений как результата взаимодействия потока крови и упругого тела слоистой формы (сосуда с бляшкой), что принято называть взаимодействием поток-структура (ВПС) [7 – 9]. Решение задач ВПС сводится к совместному решению задачи гидродинамики и задачи структурной механики при соответствующем выборе граничных и начальных условий. При этом в качестве правой части уравнений движения упругого тела используется давление потока жидкости на его поверхности, полученное в результате решения уравнений гидродинамики (Навье-Стокса). В свою очередь, смещение поверхности тела приводит к изменению гидродинамических условий, что влечет изменение характера потока жидкости. Таким образом, в задачах ВПС имеет место временная обратная связь субъектов взаимодействия.

Характерной особенностью задач ВПС в крупном сосуде со стенозом является совокупность нескольких факторов, дополнительно существенно усложняющих решение: криволинейная форма поверхности сосуда в области стеноза; нелинейные упругие (гиперупругие) свойства бляшки; неоднородность (по крайней мере, двухслойность: липидное ядро и фибриновый козырек) структуры бляшки; нестационар-

ность потока, обусловленная пульсирующим характером сердцебиений. Эти обстоятельства не позволяют использовать для решения задач ВПС в стенозном сосуде аналитические методы; единственным средством решения таких задач являются численные методы. Среди них наибольшее распространение в последнее время получили различные модификации метода конечных элементов (МКЭ).

В работе [10] авторами сообщалось о создании основанного на подобной методологии имитационного моделирующего стенда (ИМС) стенозного сосуда с использованием пакета COMSOL Multiphysics. Стенд представляет собой информационно-вычислительное обеспечение разработки перспективной информационно-измерительной системы диагностики состояния атеросклеротической бляшки. Отмечается, что полученные с помощью ИМС результаты моделирования в целом согласуются с опубликованными в мировой медицинской печати материалами исследований других авторов и позволяют использовать ИМС как автоматизированный генератор корректных данных о соответствующих процессах в стенозном сосуде.

2. Моделирование гидродинамических явлений в сосуде со стенозом методом конечных элементов

В статье рассматривается осесимметричная геометрия стеноза, приведенная на рис. 2.

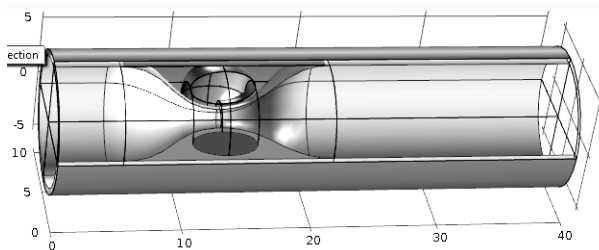


Рис. 2. Модель сосуда со стенозом.

Кровоток на входе стенозного участка сосуда предполагается ламинарным, ньютоновским, вязким и несжимаемым. В этом случае задача ВПС сводится к системе уравнений Навье-Стокса для полей скорости \vec{v} и давления p жидкости (1), связанных с уравнением неразрывности жидкости (2), и уравнения движения упругого тела для вектора смещений поверхности (3):

$$\rho \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \rho F - \text{grad} p + \mu \nabla^2 \vec{v}, \quad (1)$$

$$\text{div} \vec{v} = 0, \quad (2)$$

$$\mathbf{L} \cdot \vec{\sigma} = \frac{1-\mu^2}{E} \left[-\frac{1}{h} \vec{N} + \rho_s \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{\sigma} \right], \quad (3)$$

где t – время, ρ и μ – плотность и динамическая вязкость крови, F – плотность массовых сил, ∇^2 – опе-

ратор Лапласа, ρ_s – плотность бляшки, E и h – модуль Юнга и толщина бляшки, $\vec{\sigma} = (u, v, w)^T$ – вектор смещений, $\vec{N} = (p_x, p_y, q)^T$ – внешняя нагрузка, R – радиус просвета сосуда, $\mathbf{L} = \|\|L_{ij}\|\|$, $i, j = 1, 2, 3$ – матричный дифференциальный оператор:

$$L_{11} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1-\mu}{2R^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2},$$

$$L_{22} = \frac{1-\mu}{2} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2},$$

$$L_{33} = \frac{1}{R^2} + \frac{h^2}{12} \left(\frac{\partial^4}{\partial x^4} + \frac{2}{R^2} \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial \theta^2} + \frac{1}{R^4} \frac{\partial^4}{\partial \theta^4} \right),$$

$$L_{12} = L_{21} = \frac{1+\mu}{2R} \frac{\partial^2}{\partial x \partial \theta}, \quad L_{13} = L_{31} = -\frac{\mu}{R} \frac{\partial}{\partial x},$$

$$L_{23} = L_{32} = -\frac{1}{R^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}.$$

При моделировании ВПС используется произвольная формулировка Лагранжа-Эйлера для взаимной связи сил жидкости с деформациями тела вдоль поверхности раздела сред [11]. Поток на входе модели на ее левой границе предполагается полностью сформировавшимся потоком Пуазейля с временной зависимостью давления, соответствующей волновым формам кровотока в общей сонной артерии человека [12]. Пиковое давление составляет 24 кПа (180 мм рт.ст.), что предполагает гипертензию. Выходной поток на правой границе задается давлением $p = 0$. Граничные условия для входного и выходного потоков приведены на рис. 3. На остальных границах выполняется условие отсутствия скольжения, то есть жидкость предполагается неподвижной относительно этих границ.

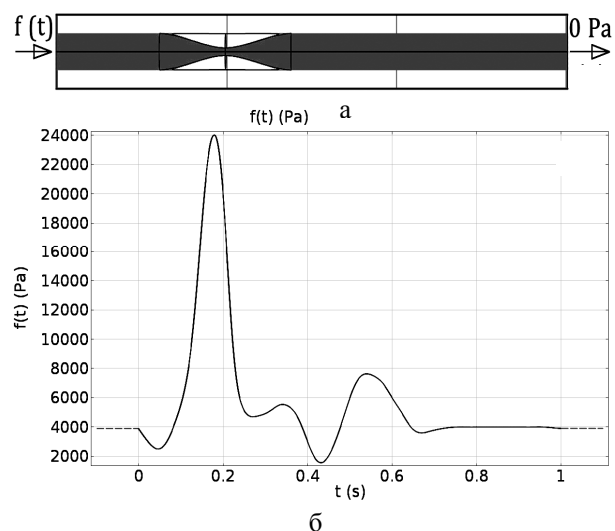


Рис. 3. Граничные условия на входе и выходе модели: а – общий вид, б – временная зависимость периодически пульсирующего входного давления крови (показан единственный сердечный цикл)

3. Результаты моделирования

Конкретные параметры модели соответствуют типичным характеристикам человеческих тканей, размеры сосуда и бляшки взяты из работ [2, 13]. Установлены следующие характеристики крови: плотность 1050 кг/м^3 , вязкость $0.0035 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Характеристики фибринового козырька: модуль Юнга 10^5 Па , коэффициент Пуассона 0.45 , плотность 1800 кг/м^3 . Характеристики липидного тела: модуль Юнга 10^3 Па , коэффициент Пуассона 0.45 , плотность 1300 кг/м^3 . Размеры сосуда: диаметр 10 мм , длина 40 мм . Размер бляшки: максимальная толщина (в сечении максимального сужения просвета) 4 мм , длина 16 мм , удаление бляшки от начала сосуда (левого торца модели) 5 мм . Размер липидного тела

эллипсоидального сечения: высота 3 мм , ширина 5 мм с центром в точках на удалении 13 мм по оси x и от стенки сосуда – 2 мм . Для имитации пораженного стенозом сосуда была смоделирована бляшка, занимающая $> 70\%$ просвета сосуда.

Динамика скорости кровотока в области стеноза и за ним в целом соответствует имеющимся представлениям. На рис. 4 стрелками показано осевое сечение распределения скорости потока в некоторый момент времени. Длина стрелки и ее направление отражают величину и направление скорости крови в соответствующей точке сосуда. Характерно увеличение модуля скорости при сужении просвета и наличие области циркуляции (турбулентности) после прохождения бляшки.

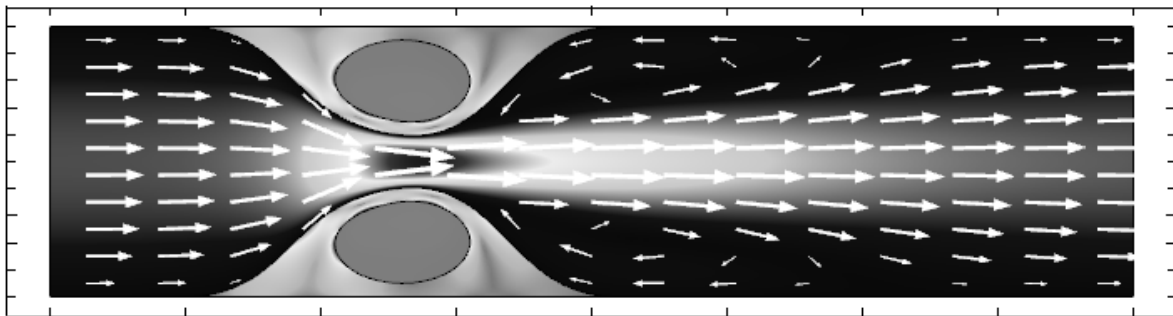


Рис. 4. Распределение скорости потока (случай появления обратной составляющей скорости при сильном стенозе)

Для последующего анализа берутся данные в контрольных точках на оси сосуда и на поверхности бляшки или стенки сосуда (в местах, где нет бляшки). Точки выбираются на поперечных сечениях сосуда с шагом 0.1 мм (всего 400 точек). Данные представляют собой временные последовательности отсчетов скорости и давления в пределах одного сердечного цикла, рассчитанные с частотой дискретизации 1024 Гц .

На рис. 5 приведены эпюры давления на оси сосуда и на поверхности бляшки. В целом, графики очень похожи, а абсолютная разница уровней дав-

ления в точках одного сечения, взятых на оси и на стенке сосуда, составляет не более 1800 Па , что при максимальном давлении $24\,000 \text{ Па}$ не превосходит $7,5\%$. Как следует из графиков, на удалении 13 мм от начала сосуда как на оси сосуда, так и на поверхности бляшки начинает образовываться область пониженного давления. Эта область формируется в результате увеличения скорости потока в месте сужения просвета, что соответствует закону Бернулли. Область пониженного давления за бляшкой вызывает формирование вихрей потока непосредственно за бляшкой (рис. 4).

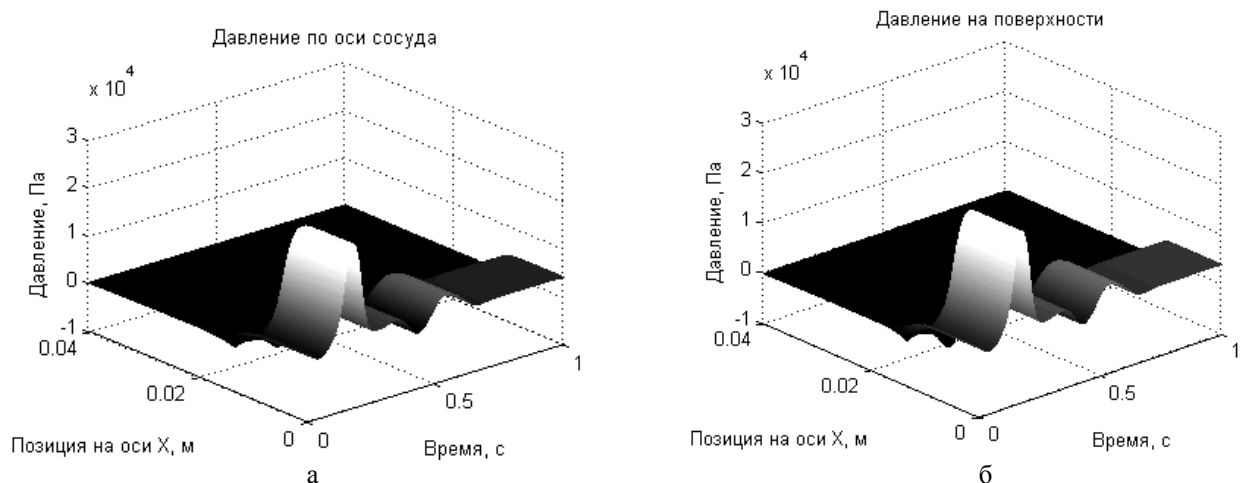


Рис. 5. Пространственно-временное распределение давления пульсирующего кровотока а – на оси сосуда, б – на поверхности бляшки и стенки сосуда

Для исследования динамики давления кровотока в частотной области формировались нормированные спектры давления в каждом поперечном сечении. На рис. 6 приведены контурные графы нормированных спектров $S(x, f)$ анализируемых последовательностей давления на оси (рис. 6 а) и на поверхности бляшки/сосуда (рис. 6 б) в пределах одного сердечного цикла. В обоих случаях наблюдается скачкообразное уширение спектров после прохождения бляшки в сечении около 15 мм. Дополнительно контуры этих спектров по уровню 0.25 приведены на рис. 7.

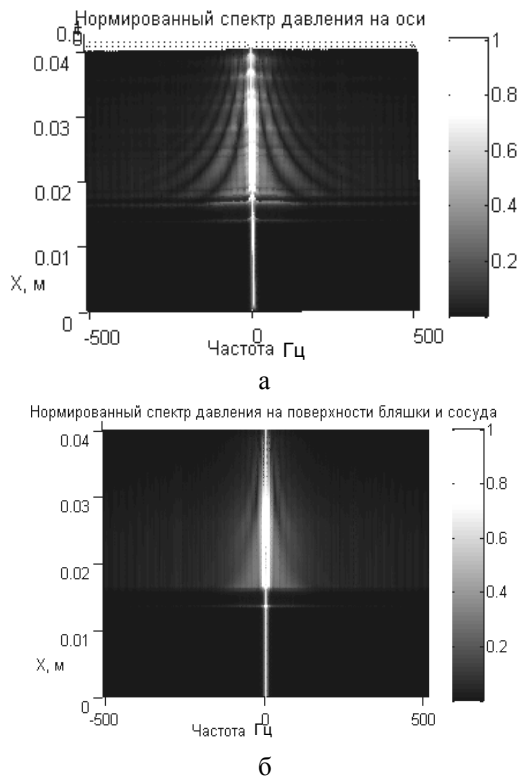


Рис. 6. Спектры давления: а – на оси сосуда, б – на поверхности бляшки и сосуда

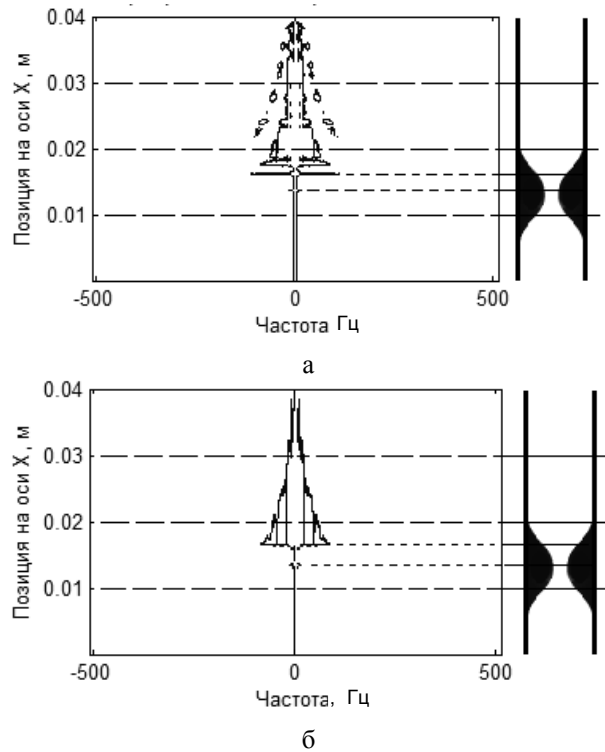
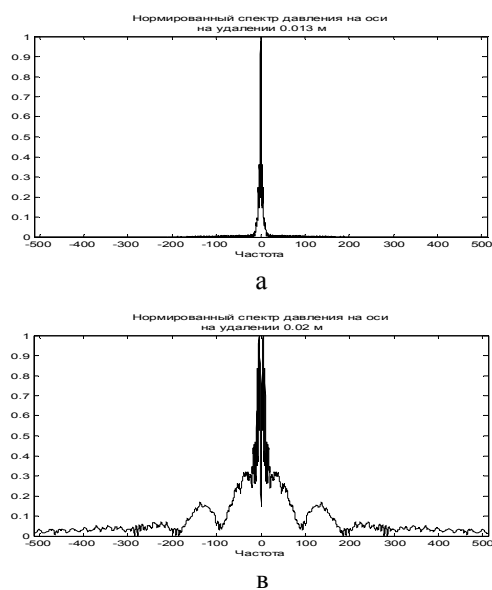
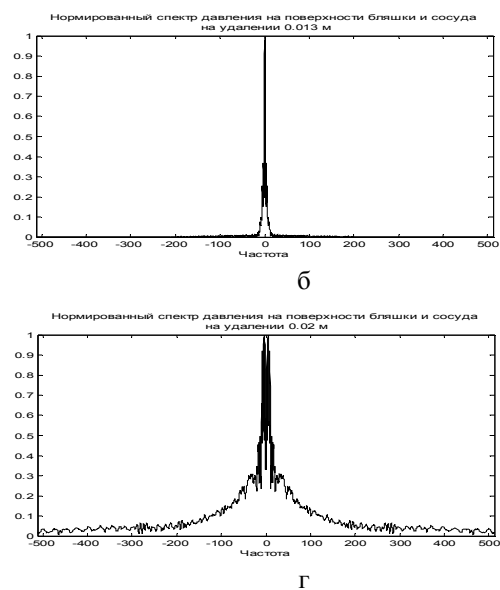


Рис. 7. Контур спектра по уровню 0.25: а – на оси, б – на поверхности бляшки
Справа – контур бляшки.

Перед основным уширением спектров осевого и поверхностного давления наблюдается пульсация – предвестник в области максимального сужения просвета (т.е. в сечении 13,6 – 13,8 мм от начала сосуда). До уширения осевой и поверхностный спектры практически совпадают. При оценке спектров было выполнено интерполирование данных путем дополнения нулями исходной последовательности перед преобразованием Фурье до десятикратного увеличения числа отсчетов [14].

На рис. 8 показаны формы спектра для нескольких сечений.



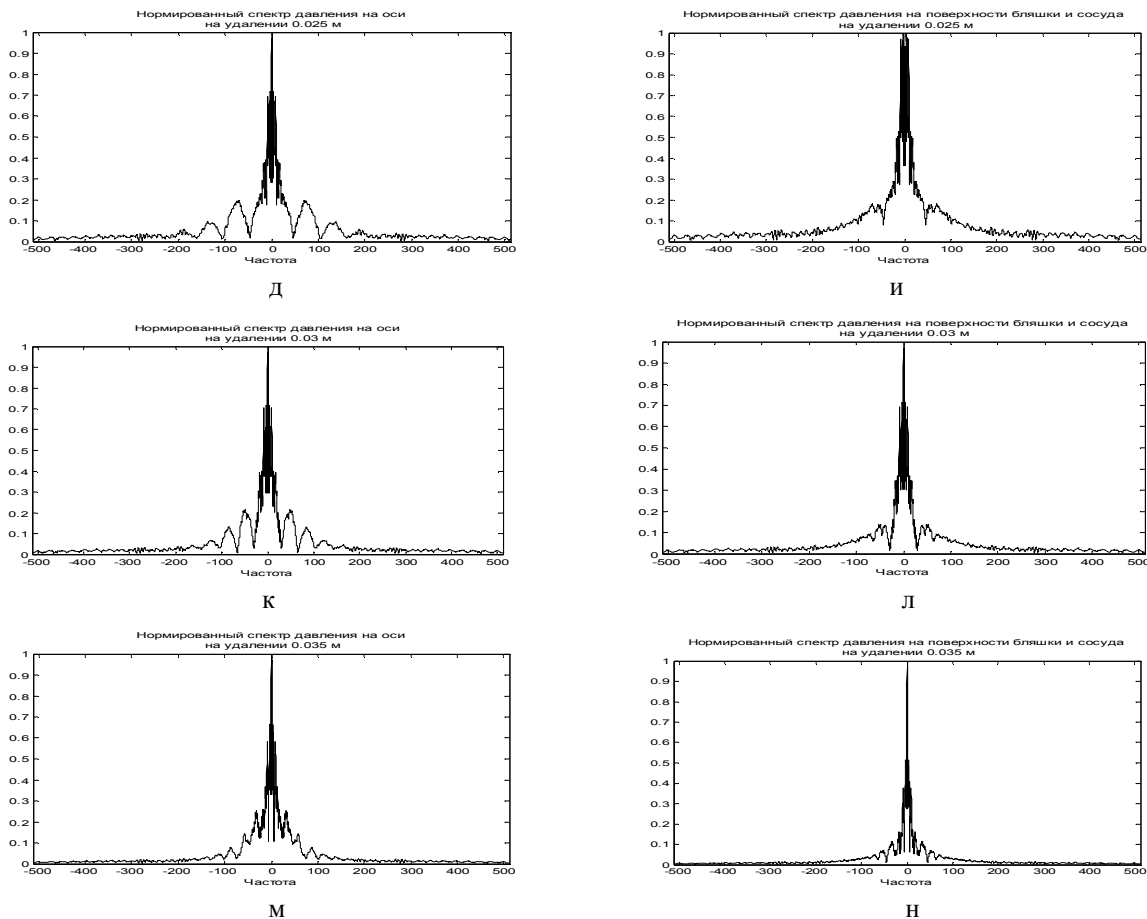


Рис. 8. Нормированные амплитудные спектры давления кровотока за один сердечный цикл в поперечных сечениях сосуда со стенозом на удалении от начала модели 13, 20, 25, 30 и 35мм соответственно:
 а, в, д, к, м – спектры осевого давления; б, г, и, л, н – спектры поверхностного давления
 (частота всюду приведена в Герцах)

4. Модель пространственно-частотного спектра давления кровотока в стенозном сосуде

Как следует из результатов расчета, нормированный амплитудный спектр в каждом поперечном сечении при $x = \text{const}$ на оси носит лепестковый, а на поверхности сосуда – близкий к безлепестковому характер. Исследование эволюции нормированного спектра давления $S(x, f)$ вдоль оси сосуда выполняется путем оценки в каждом сечении его средней ширины и формы. Средняя ширина спектра оценивается среднеквадратической шириной (СКШ) [14]:

$$F_0(x) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} f^2 |S(x, f)|^2 df}{\int_{-\infty}^{\infty} |S(x, f)|^2 df} \quad (4)$$

Результаты расчета СКШ на оси и у поверхности стенки сосуда приведены на рис. 13.

Динамика СКШ нормированного спектра давления кровотока в окрестности бляшки имеет им-

пульсный характер. Отмечается резкое увеличение СКШ (18...20 раз на интервале 3...4 мм), сменяющееся медленным спадом до начального значения. Сопоставление графика СКШ с сечением сосуда показывает, что центр фронта импульса СКШ соответствует точке перегиба дистального склона бляшки.

Протяженность спада (0,085 м) более чем в пять раз превосходит протяженность бляшки (0,016 м). Характерно общее совпадение динамики СКШ нормированного спектра давления на оси и у стенки сосуда; отличия касаются только деталей: у осевого давления на интервале переключения (симметрично относительно его центра) наблюдаются две мощные пульсации, тогда как у поверхностного давления только одна.

На рис 9, б вместе с результатами расчета СКШ для осевого давления в пакете COMSOL приведена модельная кривая, полученная на основе аппроксимации этих зависимостей логистической кривой $L(x) = 1 / (1 + e^{-x})$, которая хорошо описывает всюду гладкую функцию включения с конечным временем переключения.

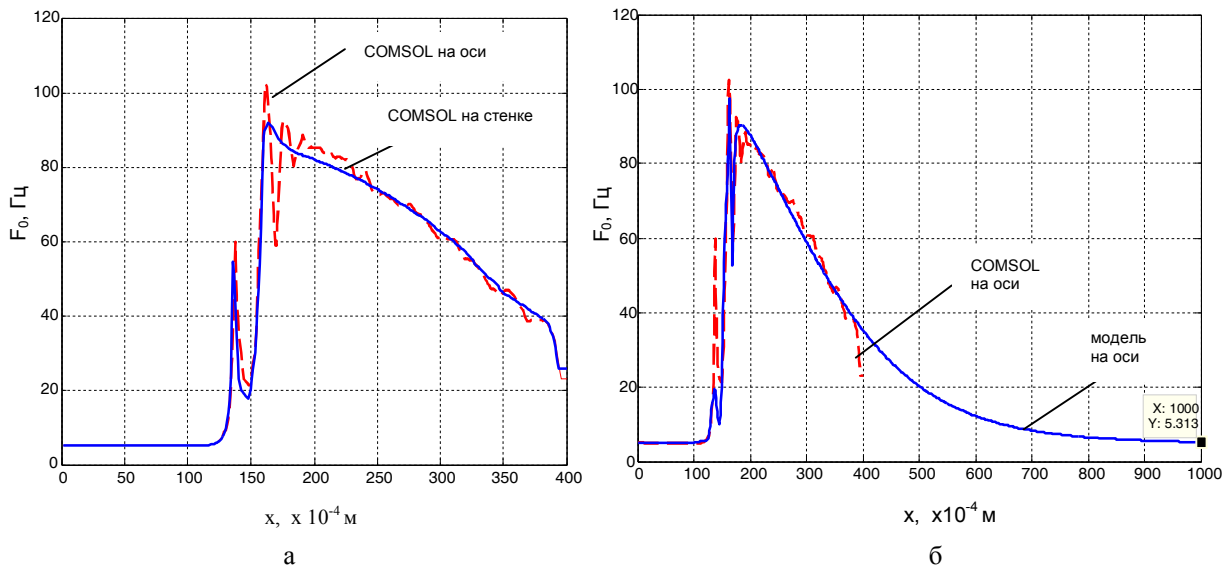


Рис. 9. СКШ нормированного спектра давления кровотока F_0 в зависимости от продольной координаты поперечного сечения x :
 а – результаты расчета по данным COMSOL для осевого и поверхностного давления,
 б – сравнение расчетной кривой и логистической модели для спектра осевого давления

Это свойство логистической кривой позволяет в дальнейшем использовать модели на ее основе при различных методах аналитического исследования, в частности, в дифференциальных уравнениях.

Синтезированная двойная логистическая модель СКШ давления имеет вид

$$F_0(x) = F_{00} + aL(c_1(x - x_{10})) \times [1 - L(c_2(x - x_{20}))] \times \left(1 - \sin(d_1(x - x_{11})) \cdot e^{-h_1(x-x_{11})^2} - \sin(d_2(x - x_{12})) \cdot e^{-h_2(x-x_{12})^2} \right), \quad (5)$$

где F_{00} – СКШ давления до стеноза (стационарный спектр давления ламинарного потока).

Первый логистический множитель в (5) моделирует уширение спектра (фронт импульса СКШ), второй – этап его сужения, то есть стационаризации (спад импульса СКШ), а множитель в круглых скобках – пульсации фронта. Величины x_{ij} задают характерные точки модели на продольной оси: x_{10} и x_{20} – координаты центров фронта и спада импульса СКШ, x_{11} и x_{12} – координаты пульсаций фронта. Остальные параметры – коэффициенты модели, определяемые МНК для каждого конкретного случая. Качество подгонки высокое: в рассматриваемом случае коэффициент детерминации превосходит 0,98.

Модельная кривая на рис. 9 б) продлена за пределы расчетного участка до достижения стационарного режима. Резкий спад СКШ в окрестности

$x = 4$ см обусловлен краевыми эффектами при моделировании в COMSOL и рассматривается как погрешность вычислений. Сопоставление положения и протяженности импульса уширения спектра давления с характером скорости кровотока (рис. 4) позволяет установить совпадение области уширения спектра давления с областью турбулентности потока за стенозом, что полностью соответствует существующим представлениям и рассматривается как свидетельство адекватности разработанной модели. Детальный анализ тонкой структуры спектра на основе рис. 6, 7 приводит к аппроксимации лепесткового спектра осевого давления функцией sinc

$$S(x, f) = \frac{\sin \pi f T(x)}{f T(x)}, \quad (6)$$

а безлепесткового спектра поверхностного напряжения – экспонентой

$$S(x, f) = \exp(-|f|T(x)), \quad (7)$$

где в качестве параметра используется величина, равная удвоенной обратной СКШ в этом сечении $T(x) = 2 / F_0(x)$, определяемая моделью СКШ (5).

Выражения (5), (6), (7) представляют собой модель пространственно-частотного спектра нормированного давления кровотока в стенозном сосуде.

Заключение

1. Кровоток в стенозном сосуде получен как решение задачи ВПС методом конечных элементов с помощью пакета COMSOL Multiphysics.

2. Характер изменений скорости потока по результатам расчета описывается схемой «ламинарный – турбулентный – ламинарный» и в целом соот-

ветствует известным результатам гидродинамики, как и спад давления за стенозом.

3. Спектр давления характеризуется существенной пространственной неоднородностью – скачкообразным уширением в 18...20 раз в окрестности точки перегиба дистального склона стеноза с последующим плавным сужением до исходного уровня. По данным спектрального анализа давления протяженность нестационарного участка превосходит протяженность стеноза примерно в пять раз, что согласуется с протяженностью нестационарного участка кровотока по данным анализа скорости. В пределах каждого поперечного сечения ширина спектра остается постоянной, а форма изменяется от лепестковой на оси к безлепестковой на поверхности сосуда (бляшки).

4. Получена высококачественная логистическая модель среднеквадратической ширины спектра давления и основанная на ней модель пространственно-частотного спектра давления в целом, применимые на всем стенозном участке сосуда. Нормированный пространственно-частотный спектр в каждом поперечном сечении имеет форму синка на оси и экспоненциальную на поверхности сосуда. Модель допускает дифференцирование и другие аналитические операции.

5. Разработанная модель может быть использована для описания давления кровотока при выводе условий возбуждения вибраций на поверхности бляшки.

Список литературы

1. Wayne Rosamond et. all Heart Disease and Stroke Statistics—2007 Update: A Report From the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee // *Circulation*. – 2007. – №115. – P. 69-171.
2. Zhi-Yong Li, Simon P.S. Howarth, Tjun Tang and Jonathan H. Gillard. How Critical Is Fibrous Cap Thickness to Carotid Plaque Stability? A Flow-Plaque Interaction Model // *Stroke*. – 2006. – №37. – P. 1195-1199.
3. Jessica N. Redgrave, MRCP; Patrick Gallagher, PhD; Joanna K. Lovett, D Phil; Peter M. Rothwell, PhD.

Critical Cap Thickness and Rupture in Symptomatic Carotid Plaques The Oxford Plaque Study // Stroke. – 2008. – № 39. – P. 1722-1729.

4. Бовтюшко П.В. Атеросклеротическая бляшка в регионарных сосудистых бассейнах общей сонной и бедренной артерий как маркер субклинического атеросклероза / П.В. Бовтюшко, С.Л. Гришаев, А.Е. Филиппов // *Медицинские науки*. – 2012. – № 8. – С. 285-288.
5. Ультразвуковое исследование сердца и сосудов / О.Ю. Атьков, Т.В. Балахонова, С.Г. Горохова ; под ред. О.Ю. Атькова. — М. : Эксмо, 2009. — 400 с.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. – Издание 5-е. – М., 2001. – 736 с. («Теоретическая физика», т. 6).
7. Вибрации в технике. Справочник. Под ред. Челомея В.Н., т. 2. – М., Машиностроение, 1979. – 351 с.
8. Вольмир А.С. Оболочки в потоке жидкости и газа: задачи гидроупругости / А.С. Вольмир. – М., Наука, 1979. – 320 с.
9. H.-J. Bungartz, M. Schäfer, eds. *Fluid-structure Interaction: Modelling, Simulation, Optimization*, Springer-Verlag, 2006.
10. Статкус А.В. Имитационный моделирующий стенд для исследования взаимодействия потока структура в стенозном сосуде с использованием метода конечных элементов / А.В. Статкус, А.С. Сергиенко, А.С. Сафонов // Труды 5 Международного радиоэлектронного форума «Прикладная электроника. Состояние и перспективы развития (МРФ-2014)», т. 3, Конференция «Проблемы биоинженерии. Наука и технологии». – Харьков, ХНУРЭ, 2014. – С. 118 – 120.
11. Справочная система программы COMSOL Multiphysics. *Fluid-Structure Interaction*. – 2013. – 16 с.
12. D.W. Holdsworth, C.J.D. Norley, R. Frayne, D.A. Steinman and B. K. Rutt, "Characterization of common carotid artery blood-flow waveforms in normal human subjects," *Physiol. Meas.*, vol. 20, pp. 219–240, 1999.
13. Samuel Alberg Kock and Jens Vinge Nygaard. *Carotid Plaque Stresses // Modelling and Simulation*. I-Tech Education and Publishing. – 2008. – P. 147-165.
14. Марпл.-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С.Л. Марпл.-мл.; Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. — 584 с.

Поступила в редколлегию 30.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.М. Порошин, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.

МОДУЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ТИСКУ ПУЛЬСУЮЧОГО КРОВОТОКУ В СТЕНОЗНІЙ СУДИНІ

А.В. Статкус, О.С. Сафонов, О.С. Сергієнко

Досліджується просторова динаміка тиску кровотоку у крупній судині, що уражена стенозом. Поле тиску одержано як рішення задачі «взаємодія потік – структура» методом кінцевих елементів. Підтверджено факт суттєвої просторової неоднорідності полю тиску в області стенозу. Запропоновані високоточна аналітична модель середньоквадратичної ширини спектру тиску та побудована на її основі модель просторово-частотного спектру тиску в цілому.

Ключові слова: атеросклеротична бляшка, стеноз, гідродинаміка, модель, просторово-частотний спектр.

MODELING AND ANALYSIS OF PULSATILE BLOOD FLOW PRESSURE DYNAMICS FOR STENOSED VESSEL

A.V. Statkus, A.S. Safonov, A.S. Sergienko

Spatial dynamics of blood flow pressure in large vessel corrupted with stenosis is studied. The pressure field was obtained as solution to flow – structure interaction problem using the finite elements. The fact of significant inhomogeneity of the pressure field in stenosed area is confirmed. The accurate analytic model for the pressure mean-squared band width as well as the space-frequency pressure spectrum model are proposed.

Keywords: atherosclerotic plaque, stenosis, hydrodynamics, model, space-frequency spectrum.

Моделювання в економіці, організація виробництва та управління проектами

УДК 004.7

О.В. Барабаш, Г.В. Шевченко

Державний університет телекомунікацій, Київ

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТАРГЕТИНГОВОГО РОЗМІЩЕННЯ РЕКЛАМИ ПРИ НЕПЕРЕРВНОМУ РЕКЛАМУВАННІ

Розглядається задача відбору оптимальної кількості реклами на різних Інтернет-ресурсах. Відображено необхідність знаходження об'єму рекламних повідомлень, який потрібно розмістити на різних майданчиках в межах допустимого бюджету, з метою максимізувати досяжність до цільової аудиторії. Тут в якості майданчиків були розглянуті різні Інтернет-ресурси і різні формати реклами. Цінові (затратні) аспекти для різних форматів рекламних оголошень були визначені шляхом спостережень. Задача сформульована як задача цільового програмування з багатокритеріальними випадковими обмеженнями.

Ключові слова: випадкова величина, випереджуючі пріоритети, метод експертних оцінок, стохастичне програмування, цільова функція.

Вступ

Реклама відіграє важливу роль у розвитку виробництва і економіці держави в цілому. Рекламні бюджети великих корпорацій вимірюються мільярдами доларів, і рекламодавці вимагають достовірних доказів їх виправданості. Оскільки основною метою виробничої діяльності є отримання прибутку, то всі аспекти діяльності компанії, в тому числі і реклама, повинні сприяти досягненню цієї мети. Отже, реклама, яка на початку свого існування розглядалась як необхідні витрати на інформування покупців, тепер набуває функції генератора прибутку. Вчені почали вивчати ефективність реклами, аналізуючи співвідношення між прибутком і рекламними витратами [1, 2]. Багато вчених прийшли до висновку, що поняття «інвестиція» більш точно висловлює економічну складову реклами. Дуже важливо, щоб реклама досягала потенційних споживачів і не охоплювала аудиторію, яка не купуватиме продукцію [3]. Крім того важливою є оптимізація розподілу рекламного бюджету компанії з метою максимізації досяжності до цільової аудиторії. Таргетинг (адресність реклами) – маркетинговий механізм, використання якого дозволяє виділяти з загальної аудиторії цільову категорію (потенційних споживачів) і демонструвати їй рекламні повідомлення [4].

Для будь-якого підприємства важливим є постійне і неперервне рекламування. Отже, на сьогоднішній день, актуальною є розробка математичної моделі таргетингового розміщення реклами з метою максимізації досяжності до цільової аудиторії.

Постановка задачі в загальному вигляді. Математичну модель таргетингового розміщення

реклами доцільно представити у вигляді оптимізаційної задачі з мінімізацією цільової функції та сукупністю обмежень. Якщо параметри обмежень задачі, або параметри цільової функції є випадковими величинами (містять випадкові компоненти), то оптимізаційна задача є задачею ймовірнісного характеру і розв'язується за допомогою методів стохастичного програмування. Ймовірнісний характер завдань планування часто пояснюється неповнотою інформації про їх умови або для точного вирішення складної детермінованої задачі, потрібний занадто великий обсяг обчислень. Тоді доцільно звести задачу до ймовірнісної, хоча вся інформація відома. Обсяг обчислень при цьому істотно скорочується.

Досить часто застосовують двоетапні лінійні моделі стохастичного програмування. Особа, яка приймає рішення, на першому етапі виконує певні дії (встановлюється певний оптимальний план, задача є детермінованою і її результатом є вектор з детермінованими компонентами), після яких відбуваються випадкові події, що впливають на результат рішення першого етапу. На другому етапі може бути прийнято коригуюче рішення, що компенсує будь-які небажані наслідки рішення першого етапу у відповідності до реальних умов. Оптимальним розв'язком такої моделі є єдине рішення першого етапу і множина коригуючих рішень, що визначають, дію, яку необхідно виконати на другому етапі у відповідь на кожний випадковий результат.

Модель цільового програмування (ЦП) дозволяє брати до уваги одночасно декілька критеріїв в задачах про вибір найбільш прийняттого рішення у множині допустимих рішень. Тобто, ЦП розроблено таким чином, щоб знайти розв'язок, який мінімізує

відхилення між рівнем досягнення критеріїв і цілей, встановлених для них. У випадку перевищення критерію відхилення вважається додатним (позитивним), у випадку недосягнення мети відхилення вважається від'ємним (негативним). Модель формулюється таким чином, що реклама повинна досягти тих, хто є потенційним споживачем продукту і не досягати тих, хто ними не є. Задача моделюється як задача цільового програмування з випадковими обмеженнями, оскільки параметри досяжності (до цільової групи) розглядаються як випадкові величини. Передбачається, що випадкові величини, які відповідають досяжності, є величинами з відомими математичним сподіванням і середнім квадратичним відхиленням. Параметр, що відповідає досяжності, може бути визначеним шляхом знаходження ідеального розв'язку та закону за яким змінюються значення параметра.

Аналіз останніх публікацій. Модель цільового програмування запропонована в роботах [1, 2]. В статтях [3, 5] висвітлено можливості практичного застосування цієї моделі. Після цього вона стала популярною і її використання розповсюдилось в різних областях, таких як: управління водними резервуарами, управління твердим браком, бухгалтерія і фінансовий аспект управління фондами, маркетинг [5], контроль якості, людські ресурси, виробництво, перевезення і вибір місцезнаходження [6], космічні дослідження, телекомунікації [4], сільське господарство і лісгосподарство і авіація.

Аналогічні наукові дослідження були виконані [7], де розглядається роль реклами в наданні інформації про існування продуктів та їх характеристики. У роботі [8] поширено цю практику на ринки з горизонтальною диференціацією та проаналізовано вплив інформаційних рекламних повідомлень на ринкову конкуренцію і забезпечення різноманітності продукції. Попередні роботи в області прийняття рішення досліджували рекламну політику опираючись на сукупні функції відгуку. Наприклад, в [9] автор аналізує оптимальну політику пульсуючої реклами для різних типів функцій відгуку, в роботі [8] автори досліджували оптимальні цінову і рекламну політику фірми для даної конкретної моделі попиту, таких як моделі [10], тобто моделі реклама-продаж в безперервному часі. Нарешті, в [9] представлені результати ряду ринкових експериментів по вимірюванню змін продажів у відповідь на рекламу і зміни цін. Стурбованість підприємств і фірм з приводу марнотратства реклами та необхідність її кращого цілеспрямування пов'язана з сучасними ринками, які представляють як фрагментацію вже існуючих медіа засобів, так і безліч нових рекламних носіїв. Проте немає достатньої кількості досліджень, які вивчають здатність фірм зосередитися на певних сегментах споживчого ринку, або адресувати рекламу саме для них.

Метою статті є розробка стратегії оптимального розміщення реклами в Інтернеті на основі моделі ЦП, яка б дозволяла максимізувати досяжність до цільової аудиторії. У зв'язку з цим вирішується задача вимірювання ефективності реклами на різних носіях. У випадку розміщення реклами в Інтернеті можна точно виміряти появу реклами і відгук на неї. Як наслідок, можна визначити кількість інвестицій в рекламу і прибуток від неї.

Викладення основного матеріалу

Загальна форма моделі цільового програмування:

$$\bar{a} = \{g_1(\bar{n}, \bar{p}), g_2(\bar{n}, \bar{p}), \dots, g_k(\bar{n}, \bar{p})\} \rightarrow \min,$$

таким чином, щоб $f_1(\bar{x}) + p_1 - p_i = b_i$, $\bar{x}, \bar{n}, \bar{p} \geq 0$, де $g_k(\bar{n}, \bar{p})$ є лінійною функцією дев'ятизмінних.

Розмірність \bar{a} представляє кількість k рівнів випереджуючого пріоритету; b_i представляє рівень бажаності, пов'язаний з критерієм $f_1(\bar{x})$. Змінні p_i , p_i вказують відповідно на негативні і позитивні відхилення рівня досягнення $f_1(\bar{x})$ від очікуваного (бажаного) рівня. Цільові або бажані рівні, призначені для різних критеріїв, можуть бути імовірнісними, де при прийнятті рішення остаточно невідомі їх значення.

Розглядається задача відбору оптимальної кількості реклами на різних Інтернет-ресурсах. Бажано знайти об'єм рекламних повідомлень, який потрібно розмістити на різних майданчиках в межах допустимого бюджету, для того, щоб максимізувати бажану досяжність до цільової аудиторії. Тут в якості майданчиків були розглянуті різні Інтернет-ресурси і різні формати реклами. Цінові (затратні) аспекти для різних форматів рекламних оголошень були визначені шляхом спостережень. Задача була сформульована як задача цільового програмування з багатокритеріальними випадковими обмеженнями. Надана методологія розв'язання задачі багатокритеріального програмування з випадковими обмеженнями. Спочатку обираються критерії для визначення цільової аудиторії. Оскільки метою є рекламування інноваційних технологій в сфері Інтернет-послуг, то основними критеріями споживачів мають бути: місячний прибуток – більше ніж 4000 грн., статус – кваліфікований спеціаліст, офісний робітник, топ-менеджмент, регіон – Київ та область, вік – 25-44, частота – кожний день і місця використання Інтернету – в офісі та вдома. Наступним кроком є встановлення відносної важливості обраних критеріїв [11, 12].

Критерій місячний прибуток матиме вагу W_1^1 ; вага критерію статус W_2^1 ; критерій регіон матиме вагу W_3^1 ; вага критерію вік W_4^1 ; аналогічно ваги критеріїв частота та місце використання Інтернету мають вагу W_5^1 і W_6^1 відповідно. Ці значення відносної важливості засновані на попередніх даних

управлінських рішень. Значення критеріїв були отримані за допомогою методів аналізу ієрархій [13].

Для здійснення вибору цільової мережі і бюджету, необхідно зафіксувати рекламний бюджет і оптимально його розподілити. Нехай загальний бюджет, що виділяється на рекламування в мережі, дорівнює M_1 . Рекламна інформація має бути розміщена на різних важливих сайтах і рішення приймається згідно наступних пунктів: кількість відвідувачів сайту, кількість доступних видів таргетингу, можливість бачити результати та коригувати хід рекламної кампанії. На підставі цих критеріїв з метою розміщення реклами було обрано 4 банерні мережі та 4 окремі сайти (в

подальшому Сайт 1, Сайт 2, Сайт 3, Сайт 4 та Мережа 1, Мережа 2, Мережа 3, Мережа 4).

Нехай $c_{r1}^1, c_{r2}^1, \dots, c_{r4}^1$ – вартість одного рекламного оголошення в кожній з мереж, r – означає номер, що відповідає формату рекламного оголошення (графічний банер, флеш банер, топлайн, текстове оголошення, бекграунд відповідно). Тобто, r приймає значення від 1 до 5. Нехай $K_1^1, K_2^1, \dots, K_4^1$ – кількість показів протягом доби.

Матриця профілю відвідувачів заснована на випадковій вибірці розміру 1000 в чотирьох обраних мережах представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Матриця профілю відвідувачів

	Мережа 1	Мережа 2	Мережа 3	Мережа 4
Прибуток	P_{11}^1	P_{12}^1	P_{13}^1	P_{14}^1
Статус	P_{21}^1	P_{22}^1	P_{23}^1	P_{24}^1
Регіон	P_{31}^1	P_{32}^1	P_{33}^1	P_{34}^1
Вік	P_{41}^1	P_{42}^1	P_{43}^1	P_{44}^1
Частота виходу в мережу	P_{51}^1	P_{52}^1	P_{53}^1	P_{54}^1
Місце виходу в мережу	P_{61}^1	P_{62}^1	P_{63}^1	P_{64}^1

Тут p_{ij}^1 – відсоток відвідувачів Мережі j , які задовольняють i -му критерію.

Нехай x_{rk}^1 для $r=1,2,\dots,5$, $k=1,2,3,4$ є змінними рішення, які відповідають кількості рекламних оголошень в різних мережах. Якщо a_i^1 ($i=1,\dots,4$) означають досяжність до цільової аудиторії рекламного оголошення в відповідних мережах, то

$$a_i^1 = (W_1^1 p_{1i}^1 + W_2^1 p_{2i}^1 + W_3^1 p_{3i}^1 + W_4^1 p_{4i}^1 + W_5^1 p_{5i}^1 + W_6^1 p_{6i}^1) k_i^1, \quad i = \overline{1,4}. \quad (1)$$

Таким чином, цільова функція в цьому випадку може бути представлена у наступному вигляді:

$$Z = \sum_{r=1}^5 (a_1^1 x_{r1}^1 + a_2^1 x_{r2}^1 + a_3^1 x_{r3}^1 + a_4^1 x_{r4}^1) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{r=1}^5 (c_{r1}^1 x_{r1}^1 + c_{r2}^1 x_{r2}^1 + c_{r3}^1 x_{r3}^1 + c_{r4}^1 x_{r4}^1) \leq M_1,$$

$$x_{r1}^1 \geq t_{r1}^1, \quad x_{r1}^1 \leq u_{r1}^1, \quad x_{r2}^1 \geq t_{r2}^1, \quad x_{r2}^1 \leq u_{r2}^1, \quad (2)$$

$$x_{r3}^1 \geq t_{r3}^1, \quad x_{r3}^1 \leq u_{r3}^1, \quad x_{r4}^1 \geq t_{r4}^1, \quad x_{r4}^1 \leq u_{r4}^1,$$

$$x_{rk}^1 \geq 0, \quad r = 1, 2, 3, 4, 5, \quad k = 1, 2, 3, 4,$$

де t_{rk}^1 – мінімальна кількість рекламних оголошень різного формату в кожній з чотирьох мереж. Аналогічно, u_{rk}^1 – максимальна кількість рекламних оголошень різного формату в відповідних мережах.

Нехай Сайт 1, Сайт 2, Сайт 3, Сайт 4 є відібраними професійними сайтами і пошуковими системами. Критеріями відбору були популярність та

кількість цільової аудиторії. Є п'ять різних рекламних пакетів, які обираються в залежності від важливості та кількості відвідувань. Припускається, що ціна рекламного оголошення залежить від пакету. Припускається також, що в різні часові проміжки на різних сайтах повинно бути розміщено певну мінімальну та максимальну кількість рекламних оголошень. Обмеження кількості реклами в різні проміжки часу на різних сайтах слід розглядати як різні цілі. Мінімальна і максимальна кількість рекламних оголошень на різних сайтах в різних пакетах визначається менеджерами на основі їх досвіду також попередніх рекламних компаній.

В табл. 2 наведено профіль відвідувачів для різних сайтів і різних часових пакетів s , де s від 1 до 5.

Нехай c_{si}^2 – середня кількість відвідувачів сайтів в часовий проміжок s .

В табл. 2 q_{ij}^{2s} – відсоток відвідувачів Сайту j , які задовольняють i -му критерію.

Нехай $c_{s1}^2, c_{s2}^2, \dots, c_{s4}^2$ – вартість одного рекламного оголошення на кожному з сайтів, s – означає номер, що відповідає часовому пакету. Нехай бюджет, на рекламу на окремих сайтах і пошукових системах дорівнює M_2 . Якщо $a_{si}^2, i=1,\dots,4$ означають досяжність до цільової аудиторії рекламного оголошення на відповідних сайтах і розраховуються за формулами (1), а x_{sk}^2 для $s=1,2,\dots,5$, $k=1,2,3,4$ є змінними рішення, які відповідають кількості рекламних оголошень на кожному із сайтів, в кожному пакеті,

Матриця профілю відвідувачів

	Сайт 1	Сайт 2	Сайт 3	Сайт 4
Прибуток	q_{11}^{2s}	q_{12}^{2s}	q_{13}^{2s}	q_{14}^{2s}
Статус	q_{21}^{2s}	q_{22}^{2s}	q_{23}^{2s}	q_{24}^{2s}
Регіон	q_{31}^{2s}	q_{32}^{2s}	q_{33}^{2s}	q_{34}^{2s}
Вік	q_{41}^{2s}	q_{42}^{2s}	q_{43}^{2s}	q_{44}^{2s}
Частота виходу в мережу	q_{51}^{2s}	q_{52}^{2s}	q_{53}^{2s}	q_{54}^{2s}
Місце виходу в мережу	q_{61}^{2s}	q_{62}^{2s}	q_{63}^{2s}	q_{64}^{2s}

то математичне формулювання задачі матиме такий вигляд:

$$Z_2 = \sum_{s=1}^5 (a_{s1}^2 x_{s1}^2 + a_{s2}^2 x_{s2}^2 + a_{s3}^2 x_{s3}^2 + a_{s4}^2 x_{s4}^2) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{s=1}^5 (c_{s1}^2 x_{s1}^2 + c_{s2}^2 x_{s2}^2 + c_{s3}^2 x_{s3}^2 + c_{s4}^2 x_{s4}^2) \leq M_2,$$

$$x_{s1}^2 \geq t_{s1}^2, x_{s1}^2 \leq u_{s1}^2, x_{s2}^2 \geq t_{s2}^2, x_{s2}^2 \leq u_{s2}^2, \quad (3)$$

$$x_{s3}^2 \geq t_{s3}^2, x_{s3}^2 \leq u_{s3}^2, x_{s4}^2 \geq t_{s4}^2, x_{s4}^2 \leq u_{s4}^2,$$

$$x_{sk}^2 \geq 0, s = 1, 2, 3, 4, 5, k = 1, 2, 3, 4,$$

де t_{sk}^2 – мінімальна кількість рекламних оголошень в різних часових пакетах на кожному з чотирьох сайтів. Аналогічно u_{sk}^2 – максимальна кількість рекламних оголошень в різних часових пакетах на різних сайтах.

Таким чином, багатоцільову детерміністичну задачу, що об'єднує обидві вищевикладені задачі, можна сформулювати таким чином:

$$Z_1 = \sum_{r=1}^5 (a_1^1 x_{r1}^1 + a_2^1 x_{r2}^1 + a_3^1 x_{r3}^1 + a_4^1 x_{r4}^1) \rightarrow \max,$$

$$Z_2 = \sum_{s=1}^5 (a_{s1}^2 x_{s1}^2 + a_{s2}^2 x_{s2}^2 + a_{s3}^2 x_{s3}^2 + a_{s4}^2 x_{s4}^2) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{r=1}^5 (c_{r1}^1 x_{r1}^1 + c_{r2}^1 x_{r2}^1 + c_{r3}^1 x_{r3}^1 + c_{r4}^1 x_{r4}^1) \leq M_1,$$

$$\sum_{s=1}^5 (c_{s1}^2 x_{s1}^2 + c_{s2}^2 x_{s2}^2 + c_{s3}^2 x_{s3}^2 + c_{s4}^2 x_{s4}^2) \leq M_2. \quad (4)$$

Для розв'язання багатоцільової детерміністичної задачі (4), поставленої вище, на основі структури випереджуючих пріоритетів була розроблена модель цільового програмування з випадковими обмеженнями.

Після введення змінних відхилення в бюджетні цільові обмеження (4) модель цільового програмування виглядатиме таким чином:

$$\sum_{r=1}^5 (c_{r1}^1 x_{r1}^1 + c_{r2}^1 x_{r2}^1 + c_{r3}^1 x_{r3}^1 + c_{r4}^1 x_{r4}^1) + n_3 - p_3 = M_1, \quad (5)$$

$$\sum_{s=1}^5 (c_{s1}^2 x_{s1}^2 + c_{s2}^2 x_{s2}^2 + c_{s3}^2 x_{s3}^2 + c_{s4}^2 x_{s4}^2) + n_4 - p_4 = M_2,$$

де n_3, n_4, p_3, p_4 – відповідні негативні і позитивні змінні відхилення для обох цілей. Мінімізація перевищення цілей бюджету забезпечує задоволення цих цілей. Цілі бюджетного обмеження потрібно повністю задовольнити і, як наслідок, вони повинні мати вищий пріоритет. Формулювання в термінах цільового програмування критеріїв мінімальної і максимальної кількості після введення змінних відхилення в (2) і (4) виглядає таким чином:

$$x_{r1}^1 + n_{r3} - p_{r3} = t_{r1}^1, x_{r1}^1 + n_{r3} - p_{r3} = u_{r1}^1,$$

$$x_{r2}^1 + n_{r4} - p_{r4} = t_{r2}^1, x_{r2}^1 + n_{r4} - p_{r4} = u_{r2}^1,$$

$$x_{r3}^1 + n_{r5} - p_{r5} = t_{r3}^1, x_{r3}^1 + n_{r5} - p_{r5} = u_{r3}^1,$$

$$x_{r4}^1 + n_{r6} - p_{r6} = t_{r4}^1, x_{r4}^1 + n_{r6} - p_{r6} = u_{r4}^1,$$

$$x_{s1}^2 + n_{s7} - p_{s7} = t_{s1}^2, x_{s1}^2 + n_{s7} - p_{s7} = u_{s1}^2,$$

$$x_{s2}^2 + n_{s8} - p_{s8} = t_{s2}^2, x_{s2}^2 + n_{s8} - p_{s8} = u_{s2}^2,$$

$$x_{s3}^2 + n_{s9} - p_{s9} = t_{s3}^2, x_{s3}^2 + n_{s9} - p_{s9} = u_{s3}^2,$$

$$x_{s4}^2 + n_{s10} - p_{s10} = t_{s4}^2, x_{s4}^2 + n_{s10} - p_{s10} = u_{s4}^2.$$

Тут $n_{ri}, n_{ri}, p_{ri}, p_{ri}$ є негативними та позитивними змінними відхилення.

Для знаходження детерміністичного еквіваленту для критерію досяжності потрібно виконати наступні дії. Нехай A_1 і A_2 – бажані рівні досяжності першої і другої цільових функцій. Ці бажані рівні можна отримати знайшовши ідеальні розв'язки окремо для першого і другого критеріїв. Максимізацію критерію досяжності можна записати як задачу цільового програмування з випадковими обмеженнями, в якій ймовірність того, що розрахункове значення досяжності до бажаної групи людей буде більше, ніж ідеальний розв'язок (оціночне цільове значення для досяжності) більше, або рівним α або β (деяка прийнятна область значень ймовірності).

$$P\left(\sum_{r=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{rk}^1 x_{rk}^1 \geq A_1\right) \geq \alpha,$$

$$P\left(\sum_{s=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{sk}^2 x_{sk}^2 \geq A_2\right) \geq \beta,$$

де A_1 і A_2 – оціночні значення досяжності.

$$P \left[\frac{\sum_{r=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{rk}^1 x_{rk1}^1 - M(A_1)}{\sqrt{D(A_1)}} \geq \frac{A_1 - M(A_1)}{\sqrt{D(A_1)}} \right] =$$

$$= P \left[\frac{A_1 - M(A_1)}{\sqrt{D(A_1)}} \leq \frac{\sum_{r=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{rk}^1 x_{rk1}^1 - M(A_1)}{\sqrt{D(A_1)}} \right] \geq \alpha,$$

тут $\frac{A_1 - M(A_1)}{\sqrt{D(A_1)}}$ – стандартне нормальне відхилення

із середнім значенням 0 і дисперсією 1.

Нехай e – значення стандартної нормальної змінної при якому $\Phi(e) = \alpha$. Тоді

$$\Phi \left[\frac{\sum_{r=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{rk}^1 x_{rk1}^1 - M(A_1)}{\sqrt{D(A_1)}} \right] \geq \Phi(e) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\sum_{r=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{rk}^1 x_{rk1}^1 - M(A_1)}{\sqrt{D(A_1)}} \geq e \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sum_{r=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{rk}^1 x_{rk1}^1 - M(A_1) - e\sqrt{D(A_1)} \geq 0.$$

Аналогічно, у випадку випадкових обмежень для другого критерію досяжності

$$\sum_{s=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{sk}^2 x_{sk}^2 - M(A_2) - f\sqrt{D(A_2)} \geq 0.$$

Перетворивши ці нерівності у рівняння за допомогою змінних відхилення, отримуємо наступні цільові рівняння:

$$\sum_{r=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{rk}^1 x_{rk1}^1 + n_1 - p_1 = M(A_1) + e\sqrt{D(A_1)},$$

$$\sum_{s=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{sk}^2 x_{sk}^2 + n_2 - p_2 = M(A_2) + f\sqrt{D(A_2)},$$

де e та f – такі значення стандартних нормальних відхилень, для котрих $\Phi(e) = \alpha$, $\Phi(f) = \alpha$.

Для цієї моделі була розроблена така структура випереджуючих пріоритетів.

Пріоритет 1. Обмеження максимальної кількості рекламних оголошень на різних майданчиках було розташовано в першому пріоритетному рівні, оскільки будь-яке значення величини досяжності до цільової групи можливо, досягти тільки збільшуючи кількість рекламних оголошень. Тоді повинні бути деякі критерії вищого пріоритету ніж критерій досяжності, який потрібно обмежити, щоб досягти будь-якого рівня значення.

Пріоритет 2. Бюджетні цілі як для мереж, так і для окремих сайтів.

Пріоритет 3. Для того, щоб максимізувати критерій досяжності, потрібно мінімізувати недодосяжність як критерію (5), так і (6) на третьому пріоритетному рівні.

Пріоритет 4. Мінімальна кількість рекламних оголошень на різних майданчиках. Ці критерії задовольняються завдяки мінімізації недодосягнення всіх цілей на четвертому пріоритетному рівні.

Таким чином, після об'єднання критеріїв початкову багатокритеріальну задачу цільового програмування (2) можна записати таким чином:

Знайти x_{rk}^1, x_{sk}^2 , такі, щоб:

мінімізувати

$$P_1 \left\{ \begin{aligned} &\sum_{r=1}^5 (p_{r3} + p_{r4} + p_{r5} + p_{r6} + p_{r7}) + \\ &+ \sum_{s=1}^5 (p_{s8} + p_{s9} + p_{s10} + p_{s11} + p_{s12}) \end{aligned} \right\}, P_2(p_3 + p_4),$$

$$P_3(n_1 + n_2), P_4 \left\{ \begin{aligned} &\sum_{r=1}^5 (n_{r3} + n_{r4} + n_{r5} + n_{r6} + n_{r7}) + \\ &+ \sum_{s=1}^5 (n_{s8} + n_{s9} + n_{s10} + n_{s11} + n_{s12}) \end{aligned} \right\},$$

так, щоб

$$\sum_{r=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{rk}^1 x_{rk1}^1 + n_1 - p_1 = M(A_1) + e\sqrt{D(A_1)},$$

$$\sum_{s=1}^5 \sum_{k=1}^4 a_{sk}^2 x_{sk}^2 + n_2 - p_2 = M(A_2) + f\sqrt{D(A_2)}$$

при обмеженнях

$$\sum_{r=1}^5 (c_{r1}^1 x_{r1}^1 + c_{r2}^1 x_{r2}^1 + c_{r3}^1 x_{r3}^1 + c_{r4}^1 x_{r4}^1) + n_3 - p_3 = M_1,$$

$$\sum_{s=1}^5 (c_{s1}^2 x_{s1}^2 + c_{s2}^2 x_{s2}^2 + c_{s3}^2 x_{s3}^2 + c_{s4}^2 x_{s4}^2) + n_4 - p_4 = M_2,$$

$$x_{r1}^1 + n_{r3} - p_{r3} = t_{r1}^1, x_{r1}^1 + n_{r3} - p_{r3} = u_{r1}^1,$$

$$x_{r2}^1 + n_{r4} - p_{r4} = t_{r2}^1, x_{r2}^1 + n_{r4} - p_{r4} = u_{r2}^1,$$

$$x_{r3}^1 + n_{r5} - p_{r5} = t_{r3}^1, x_{r3}^1 + n_{r5} - p_{r5} = u_{r3}^1,$$

$$x_{r4}^1 + n_{r6} - p_{r6} = t_{r4}^1, x_{r4}^1 + n_{r6} - p_{r6} = u_{r4}^1,$$

$$x_{s1}^2 + n_{s7} - p_{s7} = t_{s1}^2, x_{s1}^2 + n_{s7} - p_{s7} = u_{s1}^2,$$

$$x_{s2}^2 + n_{s8} - p_{s8} = t_{s2}^2, x_{s2}^2 + n_{s8} - p_{s8} = u_{s2}^2,$$

$$x_{s3}^2 + n_{s9} - p_{s9} = t_{s3}^2, x_{s3}^2 + n_{s9} - p_{s9} = u_{s3}^2,$$

$$x_{s4}^2 + n_{s10} - p_{s10} = t_{s4}^2, x_{s4}^2 + n_{s10} - p_{s10} = u_{s4}^2,$$

n та p з різними нижніми індексами є негативними і позитивними змінними відхилення і більшими, або такими, що дорівнюють нулю.

Висновки

В даній статті було розглянуто задачу про використання різних майданчиків для розміщення

реклами. Припускалось, що рекламні оголошення досягнуть максимальної кількості потенційних клієнтів. Було розроблено багатоцільову модель з невідзначеністю щодо досяжності до цільової аудиторії. Параметр, що пов'язаний з досяжністю, розглядався як випадкова величина з відомими математичним сподіванням і середнім квадратичним відхиленням. Була розроблена модель цільового програмування з випадковими обмеженнями. Бажаний рівень цілей був обраний їх ідеальним розв'язком. Задачу було розв'язано за допомогою методу випереджуючих пріоритетів. Була повністю досягнута мета для перших трьох пріоритетів і частково задовільнено мету четвертого пріоритету. Основна мета, що полягає в максимізації досяжності до цільової аудиторії як для мереж, так і для окремих сайтів, була повністю досягнута. В повному обсязі було виконано бюджетні обмеження. Але мета мінімізації кількості рекламних повідомлень була досягнута лише частково.

Дана модель може бути використана в інтерактивному режимі завдяки зміні рівня бажаної досяжності у відповідності до вимог особи, яка приймає рішення. Якщо потрібно врахувати час між появою рекламних оголошень, то відповідну модель можна розглядати як модель динамічного програмування.

Список літератури

1. Charnes A. *Deterministic equivalents for optimizing and satisfying under chance constraints* / A. Charnes, W.W. Cooper // *Operations Research* 11, 1963. – P. 18-39.
2. Charnes A. *Optimal estimation of executive compensation by linear programming* / A. Charnes, W.W. Cooper, R. Ferguson // *Management Sciences* 1, 1955. – P. 138-151.
3. Charnes A. *A goal programming model for media planning* / A. Charnes, W.W. Cooper, J.K. DeVoe, D.B. Learner // *Management Science* 14, 1968. – P. 422-430.

4. De Kluver C.A. *Hard and soft constraints in media scheduling* / C.A. De Kluver // *Journal of Advertisement Research* 18, 1978. – P. 27-31.

5. Lee N.K. *An MCDM model for media selection in the dual consumer / industrial market* / N.K. Lee, Chang Won, Kim, Ji Hee // *European Journal of Operational Research* 166, 2005. – P. 255-265.

6. Fruchter G.E. *Dynamic promotional budgeting and media allocation* / G.E. Fruchter, S. Kalish // *European Journal of Operational Research* 111 (1), 1998. – P. 15-27.

7. Keown A.J. *Integer goal programming in advertising media selection* / A.J. Keown, C.P. Duncan // *Decision Sciences* 10, 1979. – P. 577-592.

8. Klein B. *The role of market forces in assuring contractual performance* / B. Klein, K.B. Leffler // *Journal of Political Economy*. – 1981. – Vol. 89. – No 4. – P. 615-641.

9. Mitra. *Toward a Reconciliation of Market Power and Information Theories of Advertising Effects on Price Elasticity* / Mitra, Anusree, J.G. Jr. Lynch // *Journal of Consumer Research*. – 1995. – No. 21. – P. 644-659.

10. Narasimhan, Chakravarthi. *Competitive Promotional Strategies* / Narasimhan, Chakravarthi // *Journal of Business*. – 1988. – No. 61. – P. 427-449.

11. Zgurovsky M.Z. *Group Incomplete Paired Comparisons with Account of Expert Competence* / M.Z. Zgurovsky, V.G. Totsenko, V.V. Tsyganok // *Mathematical and Computer Modelling*. – 2004, Febr. – Vol. 39, N 4-5. – P. 349-361.

12. Циганок В.В. *Комбінаторний алгоритм парних порівнянь зі зворотним зв'язком з експертом* / В.В. Циганок // *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. – 2000. – Т. 2. – № 2. – С. 92-102.

13. Экспериментальное исследование методов получения кардинальных экспертных оценок альтернатив. Ч. I. *Методы без обратной связи с экспертом* / В.Г. Тоценко, В.В. Циганок., П.Т. Качанов и др. // *Проблемы управления и информатики*. – 2003. – № 1. – С. 34-48.

Надійшла до редколегії 6.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Кравченко, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТАРГЕТИНГОВОГО РАЗМЕЩЕНИЯ РЕКЛАМЫ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ РЕКЛАМИРОВАНИИ

О.В. Барабаш, Г.В. Шевченко

Рассматривается задача отбора оптимального количества рекламы на разных Интернет-ресурсах. Отображается необходимость нахождения объем рекламных объявлений, которые нужно разместить на разных площадках в пределах допустимого бюджета для того, чтобы максимизировать охват целевой аудитории. В качестве площадок в статье рассматривались различные интернет ресурсы и разные формы рекламы. Ценовые аспекты для разных форматов рекламных объявлений определялись путем наблюдений. Задача сформулирована, как задача целевого программирования с многокритериальными случайными ограничениями.

Ключевые слова: случайная величина, упреждающие приоритеты, метод экспертных оценок, стохастическое программирование, целевая функция.

MATHEMATICAL MODEL OF TARGETING ADVERTISEMENT ALLOCATION UNDER CONTINUOUS ADVERTISING

O.V. Barabash, G.V. Shevchenko

In order to solve the problem of strategic decision-making on the duality market high-tech products, a mixed integer goal programming model is developed to facilitate the advertising media selection process. The problem of selecting the optimal number of advertisements in various media was considered. It is necessary to find the volume of advertising, which is to be placed in various websites, within acceptable budget to maximize reach to the desired target audience. The media considered in this paper are different internet resources and different forms of advertisements. The cost aspects for the different advertisement formats were identified due considerations. The problem was formulated as a multy-objective chance constraints goal programming model.

Keywords: the random variables, the reach to the target audience, determination of the priorities, analysis of the hierarchies, stochastic programming.

Л.М. Віткін¹, С.М. Лапач², О.Р. Ролько³

¹ Міністерство економічного розвитку та торгівлі України, Київ

² Національний технічний університет «КПІ», Київ

³ ТОВ «Черкаська продовольча компанія», Черкаси

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНОЇ МІРИ БЕЗПЕЧНОСТІ

У статті проаналізована система оцінювання якості продукції з використанням віртуальної міри якості. Запропонована вдосконалена математична модель системи оцінювання безпечності харчових продуктів з використанням віртуальної міри безпечності.

Ключові слова: безпечність продуктів, рівень безпечності, профіль безпечності, віртуальна міра безпечності, система управління, система управління безпечністю харчових продуктів.

Вступ

Постановка проблеми. В основі сучасного уявлення про якість харчових продуктів (ХП) лежить принцип максимальної задоволеності потреб споживача у безпечній продукції, яка вироблена в безпечних умовах праці. Сьогодні підтвердження відповідності продукції здійснюється двома шляхами: декларування якості продукції підприємством та сертифікація продукції незалежною організацією. Такий підхід не задовольняє сучасних вимог щодо забезпечення високого рівня безпечності ХП, що може привести до негативних наслідків. Згідно з [1], безпечність ХП — поняття, що ХП, не спричинить шкоди споживачеві, якщо його приготовлено та/або спожито в їжу відповідно до його використання за призначеністю. Для практичного оцінювання безпечності продукції користуються показниками безпеки, які є кількісними оцінками вмісту небезпечних чинників в харчових продуктах, які, згідно з [1], є біологічний хімічний або фізичний агент у харчовому продукті, або стан харчового продукту, що потенційно може спричинити негативний вплив на здоров'я людини. Згідно з [2] вводиться нове поняття параметри безпечності.

Сьогодні існує методологічне забезпечення вимірювання окремих характеристик (властивостей) продукції. Методологічне забезпечення кількісного оцінювання безпечності ХП в комплексному розумінні цього терміну практично відсутнє, навіть за умови, що значення стандартизованих характеристик виміряні достатньо достовірно.

Метою будь-якого вимірювання є отримання кількісної достовірної інформації стосовно об'єкта вимірювання. Основою будь-якого вимірювання є порівняння вимірюваної величини з мірою [3]. Специфікою кваліметричних вимірювань є відсутність конкретних фізичних мір якості тієї чи іншої продукції,

що становить основну проблему реалізації цих вимірювань. Кваліметричний підхід базується на визначенні комплексного показника та його одиничних складових.

Предметом вивчення науки кваліметрії є кількісне оцінювання якості продукції, а результатом вимірювання — рівень якості продукції. Теорія кваліметрії через специфічність об'єкта дослідження (продукції) розвинута недостатньо. Розвиток теоретичних основ кваліметрії є актуальним та має науково-практичний інтерес.

Зв'язок роботи з науковими завданнями. «Угода про асоціацію та зону вільної торгівлі між Україною та Європейським Союзом (ЄС)», ратифікованою Верховною Радою України 16.09.2014 р.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Авторами [4] розроблено і проаналізовано методологію побудови системи оцінювання якості продукції та її відповідності встановленим вимогам із використанням віртуальної міри якості, сформованої на основі базового профілю якості та зваженої евклідової моделі багатовимірної шкалювання. Система дає можливість отримати однозначну та об'єктивну оцінку рівня якості досліджуваної продукції.

Авторами [5] розглянуто основні проблеми теорії кваліметричних вимірювань, зокрема: питання теорії вимірювання якості продукції, теорії міри якості та синтезу багатовимірних кваліметричних шкал. Проаналізовано шляхи їх розв'язання.

Вимірювання безпечності ХП науковцями країн світу ще не досліджено. Для вирішення проблеми безпечності на підприємстві харчової промисловості необхідні додаткові дослідження. Вирішенню цієї задачі присвячена робота авторів.

Мета статті. Розроблення методологічного забезпечення кваліметричних вимірювань під час комплексного оцінювання безпечності ХП. Підвищення рівня безпечності ХП.

Основна частина

Кваліметрія — розділ метрології, наука щодо принципів і методів кількісного оцінювання властивостей досліджуваного об'єкта [6]. Усі методи, які застосовуються у кваліметрії, поділяються на дві групи:

1). Диференціальні, застосовувані у процесі оцінювання одиничних показників і вибору найвагоміших із них.

Переваги методу: порівняння окремих показників якості з їх базовим значенням проводиться роздільно.

Недоліки методу:

– різниця між отриманим і базовим значеннями показників одних властивостей об'єкта може бути більшою, для других — меншою, що робить неможливим зробити висновок щодо рівня безпечності ХП як цілісного об'єкта;

– не враховується рівень впливу різних факторів на об'єкт, їх вагомість, у випадку великої їх кількості.

2). Комплексні, які поєднують велику кількість одиничних показників, і використовуються, у більшості випадків, під час оцінювання загальної характеристики об'єкта [4].

Комплексне оцінювання можна розглядати, як двоетапний процес, у якому на першому етапі відбувається оцінювання одиничних показників досліджуваного об'єкта, а на другому — оцінювання складних показників та їх згортка до оцінювання характеристики об'єкта у цілому.

Комплексний показник можна виразити двома способами:

– функціональною залежністю головного абсолютного показника P_v від вихідних одиничних абсолютних показників P_i , тобто $P_v = f(P_i)$;

– як середній зважений (арифметичний або геометричний) відносний показник $\overline{K_z}$ із вихідних одиничних показників K_i .

Якщо є вся необхідна інформація, використовують перший спосіб, який на практиці застосовується досить рідко, оскільки одиничні показники мають різну фізичну природу.

Переваги методу: врахування впливу окремих властивостей об'єкта на оцінювання рівня безпечності у цілому.

Недоліки методу: усереднення одиничних показників різної природи без індивідуального порівняння однорідних показників.

Кваліметричні вимірювання складаються із двох основних етапів [4]:

– вимірювання різних характеристик (властивостей) продукції: хімічний склад, механічних, електричних, просторових тощо;

– оцінювання якості продукції шляхом визначення рівня якості на основі отриманих результатів вимірювань її характеристик чи властивостей.

Такий підхід з позиції теорії вимірювань дозволяє вважати кваліметричні вимірювання непрямыми вимірюваннями.

«Віртуальна міра якості» — це відображення реальної фізичної міри якості, виражене математичними і програмними засобами [4]. Віртуальність виражається у сенсі віртуальної імітації певних функцій приладу математичними і програмними засобами. Автори [4, 5] застосували цей підхід для побудови системи оцінювання якості продукції.

Автори статті пропонують використати цей підхід для побудови системи оцінювання рівня безпечності ХП. Автори пропонують ввести новий науково-технічний термін «**віртуальна міра безпечності ХП — ВМБХП**».

Для означення терміну ВМБХП використаємо основні положення технології віртуальних вимірювальних приладів, як однієї із високих інформаційних технологій [7] і теорії множин, як відповідного розділу математики.

Суть технології віртуальних вимірювальних приладів полягає у комп'ютерній програмній імітації реальних фізичних вимірювальних приладів.

Отже, **ВМБХП** — це відображення реальної фізичної міри безпечності ХП, виражене математичними і програмними засобами.

З іншого боку, *безпечність* ХП визначається її об'єктивними особливостями, які можуть проявлятися під час розроблення, виготовлення, транспортування, зберігання та споживання ХП і можуть спричинити шкоду споживачеві [1].

Виходячи із вищесказаного, можна зробити висновок, що **ВМБХП** — певна множина (сукупність, об'єднання) деяких довільних об'єктів (елементів), об'єднаних за певними загальними для них властивостями (ознаками). Такими об'єктами (елементами) є одиничні абсолютні або відносні показники безпеки ХП.

Множини є предметом розгляду **теорії множин** [8], яка вивчає питання будови точкових множин у *n*-вимірному евклідовому просторі (де *n* — кількість координат), в якому і здійснюється оцінювання явища. Кількість одиничних показників дорівнює числу координат багатовимірного евклідового простору. Ці показники можуть мати різну фізичну природу та різні розмірності. Вони відображаються точками на відповідних координатах. Масштаби за окремими *j*-ми координатними осями є різними і визначаються коефіцієнтами вагомості відповідних одиничних абсолютних показників.

В [9] автори побудували оптимізаційну модель оцінювання ризику безпечності окремих видів продукції, використавши при цьому ідею введення метрики в простір цільових функцій [10].

Суть запропонованого підходу в тому, що кожному виду продукції з певним ступенем ризику ставиться у відповідність точка в багатовимірному просторі (точніше, у m -вимірному, де m – кількість факторів), координатами якої є параметри, що його описують. Простір нормовано в одиничний гіперкуб таким чином, що по кожній координаті рух від 0 до 1 відповідає зміні параметру від найкращого до найгіршого значення. Точка з координатами $\{1, 1, 1, \dots, 1\}$ завжди відповідає гіпотетичному найгіршому об'єкту, з максимальним рівнем ризику. Геометрична відстань від цієї вершини гіперкуба до точки, яка відповідає положенню конкретного об'єкта, відповідає віддаленості її від нормованого значення і може слугувати доповненням до величини комплексного показника об'єкта. Таким чином, ми маємо строго, формалізовану процедуру отримання комплексного критерію, що має ясну геометричну інтерпретацію. У випадку нерівнозначності різних параметрів при обчисленні відстаней достатньо в формулу обчислення відстані додати множники вагових коефіцієнтів, що відповідають значущості параметрів.

Нормування відбувається в залежності від того, як зміна фактора впливає на результуючу функцію. Для нормування вихідної змінної y_j (у випадку, якщо зміна фактора від мінімального до максимального рівня приводить до зниження ризику), використовується наступна формула

$$y'_{ju} = \frac{y_{j\max} - y_{ju}}{y_{j\max} - y_{j\min}} \quad (1)$$

У випадку, якщо зміна фактора від мінімального до максимального рівня приводить до збільшення ризику, використовується наступна формула

$$y'_{ju} = \frac{y_{ju} - y_{j\min}}{y_{j\max} - y_{j\min}} \quad (2)$$

де $y_{j\max}$ – максимальне можливе значення для j -го фактору, $y_{j\min}$ – мінімальне можливе значення для j -го фактору, y_{ju} – поточне значення j -го фактору, y'_{ju} – нормоване поточне значення.

Вибрані в роботі умовні рівні факторів: Н, С, В (табл. 1).

Таблиця 1

Значення рівнів факторів

Умовні позначення		Відповідає формулі (2)	Відповідає формулі (1)
Низький	Н	0	1
Середній	С	0,5	0,5
Високий	В	1	0

Відстань між ідеальною (найменш ризикованою) та поточною точкою визначається як евклідова з додаванням вагового коефіцієнту, що дозволяє ура-

хувати нерівнозначність досягнення оптимуму окремих критеріїв для загальної мети. Вона (відстань) обчислюється за формулою

$$L_u = \sqrt{\sum_{j=1}^m W_j^2 (y'_{ju} - 0)^2} \quad (3)$$

Тут L_u – відстань від ідеальної точки для u -го об'єкта; m – кількість факторів ризику; j – номер поточного фактору ризику; y'_{ju} – нормоване значення j -го фактору ризику для u -го об'єкта; W_j – ваговий коефіцієнт, що визначає значущість j -го фактору ризику, при цьому виконується умова $\sum_{j=1}^m W_j = 1$. 0 відповідає координатам ідеальної точки

в нормованих координатах.

Значення L_u змінюється від 0 (для найменш ризикованої продукції) до 1 (для найбільш ризикованої продукції).

Для визначення комплексного показника окремих видів продукції зручно користуватися величиною, що доповнює відстань до 1, а саме: $G_u = 1 - L_u$.

Значення G_u тим більше, чим ближче об'єкт до ідеальної точки. Це дозволяє отримати зручний для порівняння комплексний показник об'єктів: чим менший ризик – тим більше значення комплексного показника він має.

Задача визначення вагових коефіцієнтів при великій кількості факторів ризику є дуже складною. З одного боку, неточне завдання ваги зовсім змінює розраховані комплексні показники, з другого боку, при великій кількості параметрів – це задача по складності порівняння з самою побудовою комплексного показника. Як правило, при кількості параметрів, більшій ніж 3...4, навіть висококваліфікований спеціаліст має труднощі з цією задачею. Тому в таких випадках використовується процедура формалізованого визначення вагових коефіцієнтів, яка базується на попарному порівнянні значущості параметрів [11].

У кваліметрії розглянута вище множина деяких довільних об'єктів (елементів) має назву «профіль якості», який є сукупністю кількісних одиничних показників якості продукції.

Автори пропонують ввести новий науково-технічний термін «**профіль безпечності**», який є сукупністю кількісних одиничних показників безпеки ХП.

Класифікація профілів безпечності:

I група — базові профілі безпечності P_B , сформовані із базових показників безпеки ХП, числові значення яких встановлюють теоретичними розрахунками.

II група — оцінювані профілі безпечності P_o , сформовані із оцінюваних показників безпеки ХП, числові значення яких визначають експерименталь-

но шляхом вимірювання відповідних властивостей досліджуваного об'єкта.

Якщо порівняти оцінюваний профіль безпеки з базовим профілем безпеки, то отримаємо число, яке автори пропонують назвати **рівнем безпеки харчової продукції (РБХП)**, тобто, рівнем ризику споживача від споживання певної харчової продукції.

Базовий профіль безпеки ХП, сформований із одиничних базових абсолютних або відносних показників є *віртуальною мірою безпеки ХП*.

Побудова профілів безпеки ХП:

1. *Одиничні абсолютні показники*. Рівень безпеки ХП залежить від багатьох факторів, кожний із яких має різний вплив, який можна виразити через зважені коефіцієнти: абсолютний $P_{зв,j}$ і відносний $K_{зв,j}$, враховуючи коефіцієнти вагомості.

Отже, базовий профіль безпеки $\Pi_{р Б}$ формується як сукупність одиничних зважених базових абсолютних показників безпеки ХП: $P_{Б,зв,j}, j=1, \dots, n$;

$$\Pi_{р Б} = \{P_{Б,зв,1}; P_{Б,зв,2}; \dots; P_{Б,зв,n}\}, \quad (4)$$

$$P_{Б,зв,j} = P_{Б,j} \cdot \vartheta_j, \quad (5)$$

де: $P_{Б,j}$ – значення j -го одиничного базового абсолютного показника;

n – кількість одиничних показників;

ϑ_j – нормалізований коефіцієнт вагомості аб-

солютного показника $P_{Б,j}$, тобто $\sum_{j=1}^n \vartheta_j = 1$. Коефі-

цієнт вагомості ϑ_j визначається методом експертних оцінок.

Аналогічно формується оцінюваний профіль безпеки $\Pi_{ро}$.

2. *Одиничні відносні показники*. Базовий профіль безпеки $\Pi_{К Б}$ формується як сукупність одиничних зважених базових відносних показників: $K_{Б,зв,j}, j=1, 2, \dots, n$;

$$\Pi_{К Б} = \{K_{Б,зв,1}; K_{Б,зв,2}; \dots; K_{Б,зв,n}\}, \quad (6)$$

$$K_{Б,зв,j} = K_{Б,j} \cdot m_j, \quad (7)$$

де: $K_{Б,j}$ – значення j -го одиничного базового відносного показника;

n – кількість одиничних показників;

m_j – нормалізований коефіцієнт вагомості від-

носного показника $K_{Б,j}$, тобто $\sum_{j=1}^n m_j = 1$.

Значення одиничних відносних показників завжди лежать в межах $0 \leq K_j \leq 1$.

$$K_j = P_{о,j}/P_{Б,j}. \quad (8)$$

Аналогічно формується оцінюваний профіль безпеки $\Pi_{КО}$.

Методика визначення рівня безпеки ХП з використанням ВМБХП

Для визначення рівня безпеки **РБХП** використаємо зважену «евклідову модель» індивідуальних відмінностей, яка дозволяє отримати однозначну оцінку рівня безпеки ХП шляхом порівняння оцінюваного профілю безпеки ХП із базовим профілем, тобто із віртуальною мірою безпеки [4, 5].

Порівняння профілів $\Pi_{КО}$ і $\Pi_{К Б}$ здійснюється шляхом визначення різниць між відповідними одиничними зваженими оцінюваними показниками $K_{О,зв,j}$ і базовими $K_{Б,зв,j}$. Абсолютну відмінність $\Delta\Pi$ між цими показниками визначаємо як середнє квадратичне значення із суми квадратів отриманих різниць за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi &= \sqrt{\sum_{j=1}^n (K_{О,зв,j} - K_{Б,зв,j})^2} = \\ &= \sqrt{\sum_{j=1}^n m_j^2 (K_{О,j} - K_{Б,j})^2}. \end{aligned} \quad (9)$$

З аналізу формули (9) маємо, що $\Delta\Pi$ змінюється у діапазоні від 0 до 1, тобто $\Delta\Pi \in [0,1]$. Чим ближче значення $\Delta\Pi$ до нуля, тим ближчі значення оцінюваних показників до базових, а безпека ХП нижча. На основі отриманого значення $\Delta\Pi$ можна побудувати шкалу рівня безпеки ХП, згідно з якою:

$$РБХП = (1 - \Delta\Pi)100\%. \quad (10)$$

Отже, РБХП, визначений за розробленою методикою, змінюється від 0 до 100%. Шкала рівня безпеки ХП зображена на рис. 1. Схема системи оцінювання рівня безпеки ХП зображена на рис. 2.

$РБХП = 0$ — продукція не містить небезпечних чинників;

$0 < РБХП < 50$ — продукція містить небезпечні чинники, рівень безпеки ХП високий;

$50 \leq РБХП < 90$ — продукція містить небезпечні чинники, рівень безпеки ХП середній;

$90 \leq РБХП < 100$ — продукція містить небезпечні чинники, рівень безпеки ХП низький;

$РБХП = 100$ — продукція містить небезпечні чинники, вміст яких наближається до нормованого значення. Рівень безпеки ХП низький, наближається до граничного, необхідні термінові заходи.

Відповідно до методики реалізації кваліметричних вимірювань визначення рівня безпеки здійснюється двома етапами. На першому етапі вимірюються основні параметри безпеки ХП, які мають визначальний вплив на безпеку ХП і формується оцінюваний профіль $\Pi_{ро}$. На другому етапі здійснюється опрацювання результатів проведених вимірювань з метою визначення рівня безпеки.

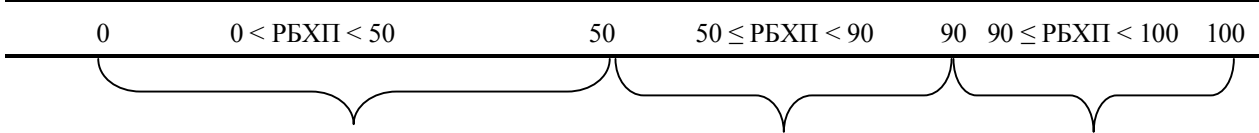


Рис. 1. Шкала рівня безпеки харчових продуктів в процентах

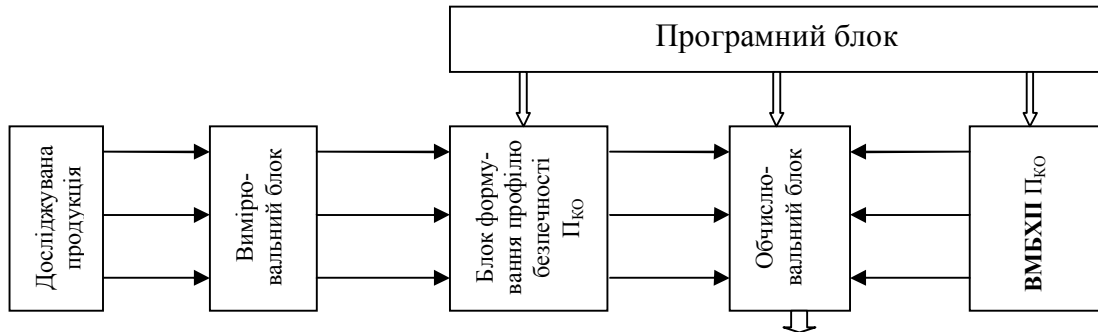


Рис. 2. Схема системи оцінювання рівня безпеки

На основі розглянутого вище методу автори пропонують розширене трактування поняття **безпеки продукції**, яке не обмежується сукупністю характеристик (параметрів) продукції, а розглядається як **ступінь відповідності відмінних властивостей продукції, встановленим (в законодавчому порядку, підприємством, контрактом) або реально прогнозованим вимогам споживачів та інших зацікавлених сторін.**

Результати дослідження

ТОВ «ЧПК» провело аналіз рівня безпеки окремих видів продукції за 2014 та 2015 роки: варено-копчені ковбаси: ковбаса «Московська» (табл. 2); сирокопчені ковбаси: ковбаса сирокопчена вищого сорту „Св’ятова” (табл. 3) та варені ковбаси (табл. 4).

Таблиця 2

Фактичний вміст небезпечних чинників в ковбасі «Московській»

Назва параметру безпеки та деяких показників якості в (мг/кг)	Нормоване значення показника	Фактичне середнє значення параметру безпеки та деяких показників якості та в номінальній катег. за 2014 р.		Фактичне середнє значення параметру безпеки та деяких показників якості за 2015 рік		Значення параметру безпеки та деяких показників якості в номінальних категоріях за 2015 рік		Значимість факторів ризику (вагові коефіцієнти)
		3	4	1 кв.	2 кв.	1 кв.	2 кв.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Хімічні чинники, небіл.:								
Мідь	5,0	2,5	С	3,5	3,6	В	В	0,001
Цинк	70,0	20	Н	28	30	Н	Н	0,001
Свинець	0,5	0,01	Н	0,03	0,03	Н	Н	0,020
Кадмій	0,03	0,01	Н	0,02	0,02	В	В	0,008
Миш’як	0,1	0	Н	0	0	Н	Н	0,181
Нітрит натрію	0,005	0,005	В	0,005	0,005	В	В	0,159
Афлотоксини, нітрозаміни, гормональні преп, пестициди, радіо акт. ел-ти, бк/кг:	Не допуск.	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,008
Цезій 137, стронцій 90	Не допуск.	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,005
	Не допуск.	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,085
	Не допуск.	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,007
	200	180	В	190	150	В	В	0,109
	20	10	С	10	18	С	В	0,105
Біологічні чинники:								
бактерії групи кишкової палички в 1 г, сульфїтредукуючі клостридії в 0,01 г, патогенні мікроорганізми в 25 г, стафілокок в 1 г, ГМО	Відсутні	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,058
	Відсутні	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,057
	Відсутні	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,041
	Відсутні	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,040
	Не біл. 0,9%	0	Н	0	0	Н	Н	0,001
Температура зберігання	Не біл. 6°C, біл. 1 міс.	5	В	5	5	В	В	0,109
Відносна вологість	від 75 - 78%	77	В	77	78	В	В	0,005

Таблиця 3

Фактичний вміст небезпечних чинників в ковбасі «Св'ятковій»

Назва параметру безпеки та деяких показників якості, в (мг/кг)	Нормоване значення показника	Фактичне середнє значення параметру безпеки та деяких показників якості та в номін. категор. за 2014 р.		Фактичне середнє значення параметру безпеки та деяких показників якості за 2015 рік		Значення параметру безпеки та деяких показників якості в номінальних категоріях за 2015 рік		Значимість факторів ризику (вагові коефіцієнти)
				1 кв.	2 кв.	1 кв.	2 кв.	
Хім. чинники, не біл.:								
Мідь	5,0	1,5	Н	1,0	0,8	Н	Н	0,001
Цинк	70,0	10	Н	12	10	Н	Н	0,001
Свинець	0,5	0,01	Н	0,01	0	Н	Н	0,020
Кадмій	0,03	0,01	Н	0,012	0	С	Н	0,008
Миш'як	0,1	0	Н	0	0	Н	Н	0,181
Нітрит натрію	0,005	0,005	В	0,005	0,005	В	В	0,159
Афлотоксини,	Не допуск.	Відс.	Н	Відс.	Відс.	Н	Н	0,008
Нітрозаміни,	Не допуск.	Відс.	Н	Відс.	Відс.	Н	Н	0,005
гормональні препарат.,	Не допуск.	Відс.	Н	Відс.	Відс.	Н	Н	0,085
пестициди, радіоактивні елементи, бк/кг:	Не допуск.	Відс.	Н	Відс.	Відс.	Н	Н	0,007
Цезій 137,	200	100	С	107	97	С	С	0,109
стронцій 90	20	7	Н	11	8	С	С	0,105
Біологічні чинники:								
бактерії групи кишкової палички в 1 г,	Відсутні	Відс.	Н	Відс.	Відс.	Н	Н	0,058
сульфітредукуючі клостридії в 0,01 г,	Відсутні	Відс.	Н	Відс.	Відс.	Н	Н	0,057
патогенні мікроорг. в 25 г,	Відсутні	Відс.	Н	Відс.	Відс.	Н	Н	0,041
стафілокок в 1 г	Відсутні	Відс.	Н	Відс.	Відс.	Н	Н	0,040
ГМО	Не біл. 0,9%	0	Н	0	0	Н	Н	0,001
Температура зберігання	t° не біл. 15°C не біл. 4 місяц	5	Н	5	6	Н	Н	0,109
Відносна вологість	від 75 - 78%	77	В	77	77	В	В	0,005

Таблиця 4

Фактичний вміст небезпечних чинників в варених ковбасах

Назва параметру безпеки та деяких показників якості, в (мг/кг)	Нормоване значення показника	Фактичне середнє значення параметру безпеки та деяких показників якості та в номін. категор. за 2014 рік		Фактичне середнє значення параметру безпеки та деяких показників якості за 2015 рік		Значення параметру безпеки та деяких показників якості в номінальних категоріях за 2015 рік		Значимість факторів ризику (вагові коефіцієнти)
				1 кв.	2 кв.	1 кв.	2 кв.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Хім. чинн., не біл.:								
Мідь	5,0	1,5	Н	1,5	0	Н	Н	0,001
Цинк	70,0	20	Н	20	8	Н	Н	0,001
Свинець	0,5	0,01	Н	0,01	0	Н	Н	0,020
Кадмій	0,03	0,01	Н	0,01	0	Н	Н	0,008
Миш'як	0,1	0	Н	0	0	Н	Н	0,181
Нітрит натрію	0,005	0,005	В	0,005	0,005	В	В	0,159
Афлотоксини,	Не допуск.	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,008
нітрозаміни,	Не допуск.	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,005
гормональні препарати,	Не допуск.	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,085
пестициди, радіоактивні елементи, бк/кг:	Не допуск.	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,007
Цезій 137,	200	70	Н	70	50	Н	Н	0,109
стронцій 90	20	10	С	10	12	С	С	0,105
Біологічні чинники:								
кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО, в 1г продукту	≤ 1.0*10;	1.0*10;	В	1.0*10;	1.0*10;	В	В	0,040
бактерії групи кишкової палички в 1 г,	Відсутні	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,048
сульфітредукуючі клостридії в 0,01 г,	Відсутні	Відс.	Н	Відсутні	Відсутні	Н	Н	0,047

Закінчення табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
патогенні мікропорганізми в 25 г, стафілокок в 1 г, ГМО	Відсутні Відсутні ≤ 0,9 %	Відс.і Відс. 0	Н Н Н	Відсутні Відсутні 0	Відсутні Відсутні 0	Н Н Н	Н Н Н	0,031 0,030 0,001
Температура зберігання	Від 0 до 6° С. Вищ.сорт – 72 год	5	77	5	3,5	В	С	0,109
Відносна вологість	від 75 - 78%.	В	В	77	76	В	С	0,005

Завдання дослідження: визначити продукцію з низьким та високим рівнем безпечності. Для цього необхідно отримати значення функції для всього інтервалу її теоретичного визначення: від 0 (мінімум ризику) до 1 (максимум ризику). Значимість факторів

ризик (вагові коефіцієнти) визначені методом експертного оцінювання, використовуючи попарні порівняння. Розрахунок значення ризику проведений за допомогою програми «Optime Choice». Результати моделювання ризику наведені в табл. 5 – 8.

Таблиця 5

Результати моделювання ризику в 2014 р.

	Мідь (мг/кг)	Цинк (мг/кг)	Свинець (мг/кг)	Кадмій (мг/кг)	Миш'як (мг/кг)	Нітрит натрію (мг/кг)	Цезій (мг/кг)	Стронцій 90 (мг/кг)	ГМО (мг/кг)	Температура зберігання, °С	Відносна вологість, %
Св'ятова	1,50	10	0,01	0,01	0	0,005	100	7	0	5	77
Варені	1,5	20	0,01	0,01	0	0,005	70	10	0	5	77
Московська	2,5	20	0,01	0,01	0	0,005	180	10	0	5	77
MIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	75
MAX	5	70	0,5	0,03	0,1	0,005	200	20	0,9	6	78
Вага	0,001	0,001	0,02	0,008	0,181	0,159	0,109	0,105	0,001	0,109	0,005
Ціль	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min

Таблиця 6

Результати пошуку оптимального об'єкту

Критерії	Мідь (мг/кг)	Цинк (мг/кг)	Свинець (мг/кг)	Кадмій (мг/кг)	Миш'як (мг/кг)	Нітрит натрію (мг/кг)	Цезій (мг/кг)	Стронцій 90 (мг/кг)	ГМО (мг/кг)	Темп. збер., °С	Відн. волог. %
Цілі	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
Вагові коефіцієнти	0,0014	0,0014	0,0286	0,0114	0,2589	0,2275	0,1559	0,1502	0,0014	0,1560	0,0073
Об'єкти	MIN		Варені ковбаси			Св'ятова		Московська		MAX	
Ефективність	1		0,3755			0,3749		0,2957		0	

Таблиця 7

Результати моделювання ризику в 2015 р.

	Мідь (мг/кг)	Цинк (мг/кг)	Свинець (мг/кг)	Кадмій (мг/кг)	Цезій (мг/кг)	Стронцій 90 (мг/кг)	Температура зберігання, °С	Відносна вологість, %
Св'ятова 1 кв.	1,5	20	0,01	0,01	70	10	5	77
Св'ятова 2 кв.	0,00	8	0	0	50	12	3,5	76
Московська 1 кв.	1,00	12	0,01	0,012	107	11	5	77
Московська 2 кв.	0,80	10	0	0	97	8	6	77
Варені 1 кв.	0,50	30	0,01	0,01	70	10	5	76
Варені 2 кв.	0	8	0	0	50	12	3,5	76
MIN	0	0	0	0	0	0	1	75
MAX	5	70	0,5	0,03	200	20	6	78
Вага	0,001	0,001	0,02	0,008	0,109	0,105	0,109	0,005
Ціль	min	min	min	min	min	min	min	min

Таблиця 8

Результати пошуку оптимального об'єкту в 2015 р.

Критерій	Мідь (мг/кг)	Цинк (мг/кг)	Свинець (мг/кг)	Кадмій (мг/кг)	Цезій (мг/кг)	стронцій 90 (мг/кг)	Температура зберігання, °С	Відносна вологість, %
Ціль	min	min	min	min	min	min	min	min
Вагові коефіцієнти	0,0028	0,0028	0,0559	0,0223	0,3044	0,2933	0,3045	0,0140
Об'єкти	MIN	Св'ятова 2 кв.	Варені 2 кв.	Св'ятова 1 кв.	Варені 1 кв.	Московська 2 кв.	Московська 1 кв.	MAX
Ефективність	1	0,5502	0,5502	0,4390	0,4388	0,3830	0,3448	0

Із проведеного дослідження можна зробити висновок, що рівень безпечності ковбаси «Св'яткова» зменшився в 2 кв. 2015 р. до 0,5502 (середній рівень) проти 0,3749 в 2014 р. (високий рівень), рівень безпечності варених ковбас зменшився відповідно з 0,3755 (високий рівень) до 0,5502 (середній рівень). Рівень безпечності ковбаси «Московська» зменшився в 1 кв. 2015 р. до 0,3830 проти 0,2957 в 2014 р., а в 2 кв. збільшився до 0,3448 і залишився на високому рівні.

Базовий профіль безпечності становить сукупність нормованих значень показника безпечності та деяких показників якості (наведені в табл. 2 – 4).

Оцінюваний профіль безпечності становить – фактичне середнє значення параметру безпечності та деяких показників якості за досліджуваний період (наведені в табл. 2 – 4).

Висновки

1. Одна з основних проблем безпечності ХП – неможливість створення її реальної (фізичної) зразкової міри, з якою можна було б порівнювати досліджувані об'єкти. Тому автори пропонують використати віртуальну міру безпечності, яка є теоретичним аналогом фізичної міри безпечності.

2. Як віртуальну міру безпечності автори пропонують використати базовий профіль безпечності досліджуваних об'єктів, сформований на основі сукупності нормованих значень показника безпечності та деяких показників якості досліджуваної продукції.

3. Запропонована методика побудови системи оцінювання безпечності ХП з використанням віртуальної міри безпечності повністю реалізує процедуру кваліметричних вимірювань і дозволяє визначити рівень безпечності ХП конкретного підприємства в певних умовах виробництва.

4. Запропонований підхід дозволяє визначити продукцію з високим і низьким рівнем ризику для здоров'я споживача.

5. Модель оцінки ризику можна поширити на операції: поставка продукції і продаж.

Список літератури

1. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT) : ДСТУ ISO 22000:2007. — [Чинний від 01.08.2007]. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 30 с. — (Національний стандарт України).
2. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо харчових продуктів» від 22.07.2014 р. № 1602-VII. [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1602-18>.
3. Метрологія. Терміни та визначення. ДСТУ 2681-94. — [Чинний від 1996-01-01]. — К.: Держстандарт України, 1994. — 68 с. — (Державний стандарт України).
4. Стадник Б. Система оцінювання якості продукції з використанням віртуальної міри якості / Б. Стадник, В. Мотало, А. Мотало // Стандартизація сертифікація, якість. — 2009. — № 2. — С. 48-55.
5. Мотало В. Аналіз основних проблем теорії кваліметричних вимірювань / В. Мотало, А. Мотало // Стандартизація сертифікація, якість. — 2011. — № 1. — С. 60-64.
6. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология: Учебник для вузов / И.Ф. Шишкин. — М.: Издательство стандартов, 1991. — 471 с.
7. Евдокимов Ю.К. LabVIEW для радиоинженеров: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW / Ю.К. Евдокимов, В.Р. Линдваль, Г.И. Щербанов. — М.: ДМК Пресс, 2007. — 400 с.
8. Колмогоров А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. — М.: Наука, 1981. — 543 с.
9. Віткін Л.М. Як визначити ступінь небезпеки продукції / Л.М. Віткін, С.М. Лапач // Стандартизація сертифікація, якість. — 2007. — № 3. — С. 48-54.
10. Лапач С.Н. Статистика в науке и бизнесе / С.Н. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич. — К.: Морион, 2002. — 640 с.
11. Лапач С.Н. Применение многокритериальной оптимизации для сравнения препаратов аналогов / С.Н. Лапач, А.В. Чубенко // Информационные технологии и программно-аппаратные средства в медицине, биологии и экологии. Материалы семинара, часть 3. — К.: Мединформ, 1998. — С. 38-40.

Надійшла до редколегії 2.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.П. Захаров, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Л.М. Виткин, С.Н. Лапач, О.Р. Ролько

В статье проанализирована система оценивания качества продукции с использованием виртуальной меры качества. Предложена усовершенствованная математическая модель системы оценивания безопасности пищевых продуктов с использованием виртуальной меры безопасности.

Ключевые слова: безопасность продуктов, уровень безопасности, профиль безопасности, виртуальная мера безопасности, система менеджмента, система менеджмента безопасностью пищевых продуктов.

SYSTEM OF THE FOOD SAFETY EVALUATION WITH USING OF VIRTUAL SAFETY MEASURE

L.M. Vitkin, S.N. Lapach, O.R. Rolko

The article analyses the system of the product quality evaluation with using of virtual quality measure. Offered the improved math model the system of the food safety evaluation with using of virtual safety measure.

Keywords: product safety, safety level, safety profile, virtual safety measure, management system, food safety management systems.

УДК 658.012.23

О.Е. Федорович, Ю.Л. Прончаков

Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РАЗВИВАЮЩЕГОСЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Ставится и решается задача обеспечения конкурентоспособности развивающегося предприятия путем выбора направления модернизации, связанного с новым инновационным видом продукции. Для представления распределенного производства используется современный логистический подход. При небольшом количестве альтернатив модернизации использован метод лексикографического упорядочивания вариантов. В случае большого количества возможных вариантов модернизации использован метод целочисленного линейного программирования с булевыми переменными.

Ключевые слова: конкурентоспособность, развивающееся предприятие, логистический подход, лексикографическое упорядочивание вариантов, оптимизация с булевыми переменными.

Введение

Реформирование экономики Украины связано с развитием высокотехнологических производств, обеспечивающих приоритет государства в наукоемких областях, а также возможность заинтересовать зарубежных инвесторов в проектах модернизации предприятий [1]. Основная цель реформирования наукоемких производств связана с освоением и выпуском конкурентоспособной продукции на мировых рынках.

Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой ставится и решается задача выбора и обоснования направления развития предприятия, связанного с выпуском новой конкурентоспособной продукции.

Постановка задачи исследования

Современный подход к организации производства связан с его логистическим представлением, в котором присутствует не только производственный цикл внутри предприятия, но и внешняя среда, обеспечивающая бесперебойную поставку энергии, материалов, комплектующих и в которую (рынок) направляется изготовленная продукция. Логистическое представление верхнего уровня соответствует логистической цепи (ЛЦ) «снабжение – производство – сбыт», которая заканчивается распределенным рынком сбыта высокотехнологической продукции [2]. Внешняя среда добавляет новые затраты, связанные с организацией транспортных перевозок, складированием и хранением различных производственных грузов. Кроме того внешняя среда оказывает большое влияние на конкурентоспособность продукции.

Для дальнейшего исследования введем показатели, которые необходимо использовать при выборе направления создания и производства новой техники:

1. Показатель конкурентоспособности, который характеризует возможность реализации продукции на рынке – K .

2. Показатель затрат, который оценивает финансовые расходы, связанные с организацией логистической цепи «снабжение – производство – сбыт» – W .

3. Показатель времени, который оценивает временные затраты по всей логистической цепи – T .

4. Показатель риска, который оценивает риск, связанный с реализацией проекта модернизации развивающегося предприятия – R .

Решение задачи исследования

Рассмотрим два возможных варианта исследования:

1. Количество возможных альтернатив (направлений) модернизации, связанных с освоением новых видов продукции невелико (не более десяти).

2. Количество возможных альтернатив достаточно большое.

В зависимости от количества возможных вариантов выбора направлений освоения новых видов продукции, будут использованы разные методы исследования.

При небольшом количестве возможных вариантов освоения новой продукции воспользуемся качественными оценками экспертов и методом лексикографического упорядочивания вариантов. Пусть эксперты вместе с руководством предприятия определили возможные виды новой продукции $i = 1, 2, \dots, n$. Для e_i -го вида продукции эксперты оценили конкурентоспособность, затраты, время и риск: K_i, W_i, T_i, R_i . При этом:

$$W_i = \sum_{j=1}^3 w_{ij},$$

$$T_i = \sum_{j=1}^3 t_{ij},$$

$$R_i = \sum_{j=1}^3 r_{ij},$$

где w_{ij} – затраты, связанные с реорганизацией j -го звена ЛЦ, при выборе i -го направления модернизации производства;

t_{ij} – время выполнения основных и вспомогательных операций для модернизации i -го направления, с учетом j -го звена ЛЦ;

r_{ij} – риск, связанный с проектом модернизации для i -го направления, с учетом j -го звена ЛЦ.

Оценки K_i, W_i, T_i, R_i будем представлять в виде качественных значений лингвистических переменных $x_{K_i}, x_{W_i}, x_{T_i}, x_{R_i}$.

Для x_{K_i} введем следующие уровни конкурентоспособности для оценки нового i -го вида продукции (направления модернизации):

$$\text{Конкурентоспособность} = \begin{cases} A - \text{очень высокая} \\ B - \text{высокая} \\ C - \text{удовлетворительная} \\ D - \text{низкая} \end{cases}$$

где A, B, C, D – буквы латинского алфавита, которые будут использоваться в лексикографическом упорядочивании для поиска рационального варианта (направление модернизации).

Для x_{W_i} введем следующие уровни затрат:

$$\text{Затраты} = \begin{cases} A - \text{низкие} \\ B - \text{удовлетворительные} \\ C - \text{высокие} \\ D - \text{очень высокие} \end{cases}$$

Для x_{T_i} введем следующие уровни времени выполнения основных и вспомогательных операций.

$$\text{Время выполнения} = \begin{cases} A - \text{короткое} \\ B - \text{удовлетворительное} \\ C - \text{большое} \\ D - \text{очень большое} \end{cases}$$

Для x_{R_i} введем следующие уровни риска выполнения проекта модернизации:

$$\text{Риск} = \begin{cases} A - \text{минимальный} \\ B - \text{удовлетворительный} \\ C - \text{большой} \\ D - \text{очень большой} \end{cases}$$

Учитывая, что критерии K, W, T, R противоречивы (улучшение одного из них может приводить к ухудшению других), рациональный выбор направления модернизации для перехода на новый вид вы-

пускаемой продукции связан с компромиссным решением. Для этого воспользуемся методом лексикографического упорядочивания вариантов.

Представим i -й вариант выбора направления модернизации для выпуска нового вида продукции в виде «слова», в котором, с учетом важности показателей, находятся качественные значения лингвистических переменных в виде букв латинского алфавита. Например:

$$B_{K_i}, C_{W_i}, B_{T_i}, C_{R_i}.$$

Здесь, на первом месте находится самый важный показатель – конкурентоспособность (высокая), на втором – затраты (высокие), на третьем – время выполнения основных и вспомогательных операций (удовлетворительное), на четвертом – риск реализации проекта (большой). Тогда множество возможных вариантов выбора направлений модернизации можно представить в виде списка «слов». Например, имеется 10 вариантов («слов») модернизации (выбора новой продукции) предприятия, которые были оценены экспертами с помощью букв латинского алфавита:

1. A, D, D, C
2. C, A, B, B
3. B, B, A, B
4. A, C, C, C
5. B, C, C, B
6. B, C, B, B
7. C, B, A, B
8. C, A, A, A
9. A, C, B, B
10. B, A, B, C.

Лексикографически упорядочим варианты («слова») с учетом важности показателей и значений лингвистических переменных. Такое упорядочивание соответствует расположению слов в обычном языковом словаре. Получим:

9. A, C, B, B
4. A, C, C, C
1. A, D, D, C
10. B, A, B, C
3. B, B, A, B
6. B, C, B, B
5. B, C, C, B
8. C, A, A, A
2. C, A, B, B
7. C, B, A, B.

На первом месте, исходя из заданной важности показателей, находится 9-й лучший вариант модернизации, у которого высокая конкурентоспособность, высокие затраты, удовлетворительные сроки выполнения проекта и удовлетворительный риск проекта. На последнем месте находится 7-й вариант модернизации с удовлетворительной конкурентоспособностью, высокими затратами, коротким сроком проекта и удовлетворительным значением риска.

Рассмотрим решение задачи для случая большого количества возможных альтернатив модернизации, связанной с переходом на новый вид продукции развивающегося предприятия. Воспользуемся методом целочисленного линейного программирования. Для этого введем булевы переменные:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если для } j\text{-го звена ЛЦ} \\ & \text{принят } i\text{-й проект модернизации} \\ 0 & \text{- в противном случае} \end{cases}$$

Тогда с учетом x_{ij} показатели K, W, T, R примут следующий вид:

$$K = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} k_{ij} x_{ij},$$

$$W = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} w_{ij} x_{ij},$$

$$T = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij} x_{ij},$$

$$R = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} r_{ij} x_{ij},$$

с учетом $\sum_{i=1}^{n_j} x_{ij} = 1$, для всех звеньев ЛЦ, $j = 1, 2, 3$, что

означает обязательный выбор одного направления модернизации для j -го звена ЛЦ, n_j – количество возможных направлений модернизации для j -го звена ЛЦ.

Необходимо обеспечить максимальную конкурентоспособность предприятия при выборе направления модернизации:

$$\max K, K = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} k_{ij} x_{ij},$$

ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА, ЩО РОЗВИВАЄТЬСЯ, НА ОСНОВІ ЛОГІСТИЧНИХ ВИМОГ

О.С. Федорович, Ю.Л. Прончаков

Ставиться й вирішується задача забезпечення конкурентоспроможності підприємства, що розвивається, шляхом вибору напрямку модернізації, пов'язаного з новим інноваційним видом продукції. Для подання розподіленого виробництва використовується сучасний логістичний підхід. При невеликій кількості альтернатив модернізації використовується метод лексикографічного впорядкування варіантів. У випадку великої кількості можливих варіантів модернізації використовується метод цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними.

Ключові слова: конкурентоспроможність, підприємство, що розвивається, логістичний підхід, лексикографічне впорядкування варіантів, оптимізація з булевими змінними.

IMPROVING OF GROWING ENTERPRISE COMPETITIVENESS ON THE BASIS OF LOGISTIC REQUIREMENTS

O.Ye. Fedorovich, Y.L. Pronchakov

The problem of how to provide the competitiveness of growing enterprise by choosing of the modernization direction related to the innovative product types is stated and solved. In order to represent the distributed manufacturing the advanced logistic approach is used. In case of a small number of modernization alternatives the method of lexicographical ordering of alternatives is used. In case of a large number of modernization alternatives the method of integral linear programming with Boolean variables is used.

Keywords: competitiveness, growing enterprise, logistics approach, lexicographical ordering of alternatives, optimization with Boolean variables.

с учетом заданных ограничений на остальные показатели:

$$W = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} w_{ij} x_{ij}, W \leq W',$$

$$T = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij} x_{ij}, T \leq T'$$

$$R = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{n_j} r_{ij} x_{ij}, R \leq R',$$

где W', T', R' – ограничения на затраты, время и риск выполнения проекта модернизации.

Заключение

Предложенный подход целесообразно использовать в планировании стратегического развития предприятия, когда необходимо обосновать конкурентоспособность нового изделия с учетом затрат, времени и риска проекта модернизации.

Список литературы

1. Федорович О.С. Наукові основи управління великомасштабними проектами та програмами розвитку машинобудування: моногр. [Текст] / О.С. Федорович, В.М. Ілюшко, Е.Ю. Рубін. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін.-т», 2015. – 200 с.

2. Ілюшко В.М. Геопространственные производственные системы. Часть 2. Размещение на земной поверхности, оптимизация магистральных систем, космический мониторинг: моногр. [Текст] / В.М. Ілюшко, О.Е. Федорович, Л.Д. Греков. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін.-т», 2014. – 206 с.

Поступила в редколлегию 27.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій

УДК 539.421:620.179.17

Е.А. Дармофал¹, М.І. Адаменко², Л.О. Левченко³

¹ Харківська державна академія фізичної культури, Харків

² Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків

³ Національний технічний університет України «КПІ», Київ

ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ БЕЗПЕКИ ПРАЦЮЮЧИХ ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ БАЗИ РЕОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЗЕМЛЕННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Проведений аналіз конструктивних особливостей сучасних систем електроживлення. Надані практичні, науково обгрунтовані рекомендації по вибору оптимальних з погляду електромагнітної безпеки і стабільності функціонування технічних засобів способів організації електроживлення з урахуванням характеру використовуваного устаткування.

Ключові слова: електромагнітна безпека, заземлення систем електроживлення.

Вступ

На сьогоднішній день головними критеріями при виборі систем електроживлення є електробезпечність (захист людей від ураження електричним струмом), пожежобезпечність (імовірність виникнення пожеж внаслідок коротких замикань), безпечність енергопостачання, ушкодження електрообладнання при коротких замиканнях, вартість монтажу та експлуатації силової електромережі. На практиці останні два критерії багато років розглядалися як пріоритетні. Електрична безпека була другорядною задачею і розглядала, в основному, ураження людей електричним струмом при контакті з відкритими провідними конструкціями, які з тієї чи іншої причини опинилися під напругою.

Постановка задачі. Останнім часом як фахівці-електротехніки, так і спеціалісти з безпеки праці та життєдіяльності звертають увагу на необхідність розглядати мережі електроживлення як вагомий чинник електромагнітного забруднення середовища як на виробництві, так і у побуті. Низка ґрунтовних досліджень [1, 2] довела, що мережі електроживлення є джерелом появи в середовищі магнітних та електричних полів гігієнічно значущих рівнів. Значною мірою це обумовлено зміною не тільки кількісних, але й якісних характеристик електрообладнання, увімкненого до силової електромережі, а саме – зростанням питомої ваги нелінійних електроспоживачів у загальному навантаженні на електромережу. Пропоновані заходи з підвищення електромагнітної безпеки [3] вирішують проблему частково і обмежують кількість технічних засобів з імпульсними блоками

живлення, задіяних у виробничих процесах та побуті. Проведені дослідження [4] показали, що амплітудні та частотні характеристики незбалансованих струмів та струмів витоку значною мірою залежать від способу монтажу силової електромережі і використання додаткових пристроїв нормалізації напруги. Таким чином, вибір системи електроживлення може суттєво впливати на електромагнітну обстановку у приміщеннях, що, у свою чергу, сприятиме підвищенню рівня електромагнітної сумісності технічних засобів, чутливих до електромагнітних впливів.

Метою роботи є аналіз конструктивних особливостей систем електроживлення і визначення оптимальної організації мережі електрозабезпечення окремих будівель з точки зору підвищення електромагнітної безпеки людей та електромагнітної сумісності технічних засобів.

Виклад основного матеріалу

Це потребує аналізу переваг та недоліків існуючих систем електроживлення (в основному – конструкцій заземлення нейтралі) у мережах електропостачання з лінійною напругою 380 В (до 0,4 кВ згідно з термінологією, прийнятою у Правилах улаштування електроустановок). Цими Правилами (ПУЕ), зокрема чинною в Україні їх шостою редакцією [5], організацію мереж електроживлення з напругою до 1 кВ поділяють на електроустановки з глухозаземленою нейтраллю та з ізольованою нейтраллю. Така градація не повністю задовольняє сучасний рівень розвитку електричної або електронної техніки, тому доцільним є розгляд систем, регламентованих сьомою редакцією ПУЕ (набула чинності в Російській федерації), яка

відповідає міжнародному стандарту, прийнятому міжнародною електротехнічною комісією (IEC) [6]. До того ж національний норматив [7] дозволяє монтаж у житлових будинках навіть сучасної забудови вбудованих та прибудованих трансформаторних підстанцій (з використанням сухих трансформаторів). Такі мережі можуть використовувати комбіновані системи заземлення нейтралі, передбачені вимогами IEC.

Згідно з номенклатурою IEC спосіб заземлення нейтралі та відкритих провідних елементів (які у нормальному стані не перебувають під напругою, наприклад – корпуси технічних засобів) позначається двома літерами: перша вказує на спосіб заземлення нейтралі джерела живлення (наприклад, силового трансформатора 6/0,4 кВ), друга – відкритих провідних елементів. У позначеннях використовуються перші літери французьких слів:

- T (terre-земля) – заземлено;
- N (neutre – нейтраль) – підключено до нейтралі джерела живлення;
- I (isolve) – ізолювано.

Номенклатура IEC передбачає три способи заземлення нейтралі та відкритих провідних елементів, а саме:

- TN – нейтраль джерела глухо заземлено, корпуси електрообладнання підключено до нейтрального провідника;
- TT – нейтраль джерела електроживлення та корпуси електрообладнання глухозаземлені (рис. 1);

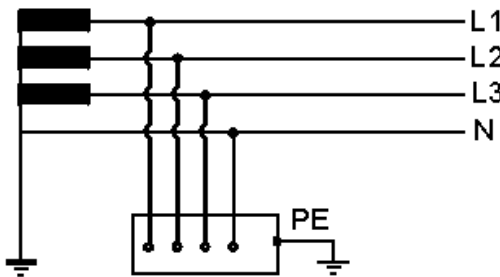


Рис. 1. Система організації мережі електроживлення за схемою TT

- IT – нейтраль джерела ізолювана або заземлена через прилади чи пристрої, які мають великий електроопір, корпуси електрообладнання глухозаземлені (рис. 2).

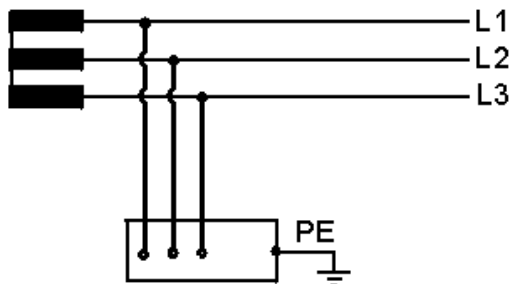


Рис. 2. Система організації мережі електроживлення за схемою IT

Системи організації електроживлення TN бувають таких типів:

- TN-C – (C – від слова combined – об'єднаний) уздовж усієї мережі електроживлення. Об'єднаний нульовий провідник позначається як PEN (protective earth neutral – захисна нейтраль, земля) (рис. 3);

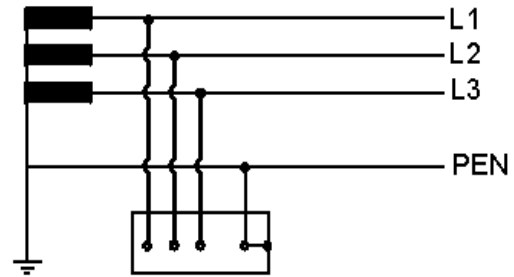


Рис. 3. Система організації мережі електроживлення за схемою TN-C

- TN-S – нульовий робочий провідник N та нульовий захисний провідник PE розділені (S-separated – роздільний) (рис. 4);

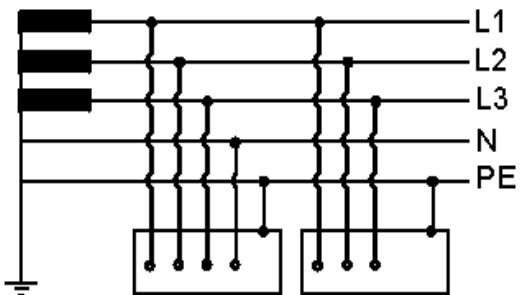


Рис. 4. Система організації мережі електроживлення за схемою TN-S

- TN-C-S – нульові робочий та захисний провідники об'єднані на головних ділянках електромережі у провідник PEN, а далі розділені на провідники N та PE (рис. 5).

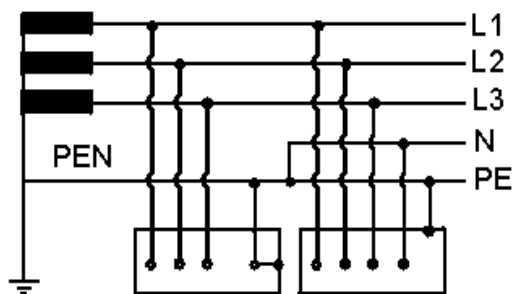


Рис. 5. Система організації мережі електроживлення за схемою TN-C-S

Експериментальні та теоретичні дослідження довали актуальність і доцільність розгляду рівнів електромагнітної безпеки людей, а також електромагнітної сумісності технічних засобів при використанні тих чи інших систем організації електроживлення виробничих та побутових електроприладів.

На сьогоднішній день в Україні найбільш поширеними системами організації електроживлення є системи, побудовані за системою TN-C. Електробезпеку у таких мережах при однофазних замиканнях на корпус забезпечуються запобігачами та автоматичними вимикачами. Такі системи впроваджувалися з часів, коли головною задачею було захист повітряних і кабельних ліній, а також приладів лінійних навантажувачів. Забезпечення електричної безпеки вважалося другорядною задачею, а електромагнітна безпека і сумісність взагалі не розглядалися і не регламентувалися. Для забезпечення електробезпеки при короткому замиканні (КЗ) у мережі напругою 220 В вимикання, згідно з [6], повинне виконуватися за 0,2 с. Проте спрацювання запобіжників та автоматичних вимикачів відбувається за умови високої кратності струмів КЗ (6-10 разів) відносно номінальних. Враховуючи низькі значення струмів КЗ через віддаленість навантажень від джерел та малий переріз кабелів час спрацювання значно збільшується.

Особливо небезпечними у мережах TN-C є обрив (відгоряння) нульового робочого провідника. У цьому випадку усі підключені за точкою обриву металеві занулені предмети опиняються під фазною напругою. Як показано у [4], використання імпульсних навантажень значно збільшує струми у нульових провідниках, що збільшує імовірність аварійних ситуацій. Найбільшим недоліком TN-C мереж є неможливість використання пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ), або RCD (residual current devices) згідно з класифікацією ІЕС. Однофазні КЗ в таких мережах викликають значне (до 40 %) перевантаження на неушкоджених фазах трифазної мережі. Такі перевантаження вкрай негативно впливають навіть на лінійні споживачі, а електронні технічні засоби виходять з ладу практично завжди.

Мережі TN-C характеризуються наявністю електромагнітних збурень навіть за умови нормального функціонування електромережі. Це пояснюється тим, що при протіканні робочого електричного струму нульовими провідниками має місце падіння напруги. Відповідно між різними точками нульового провідника виникає різниця потенціалів. Це викликає протікання струмів у провідних конструкціях будівель, оболонках силових та екранах телекомунікаційних кабелів і виникнення відповідних завад. Наявність великої кількості нелінійних споживачів (більше 15-20 % від загального навантаження) значно погіршує ситуацію через перевантаження нульового провідника як електричним струмом частотою 50 Гц, так і його третьою гармонікою [8].

Незбалансовані струми генерують у середовищі значні магнітні поля і знижують рівень електромагнітної сумісності обладнання. Такі недоліки описаної електромережі не можуть бути усунені за рахунок організаційно-технічних заходів, крім додаткового монтажу корпусного заземлення (логічної землі), що є бажаним при експлуатації комп'ютерної техніки.

Електромережі з TN-S способом заземлення нейтралі та відкритих провідних елементів є п'ятипровідниковими мережами (три фазних, нульовий робочий та нульовий захисний провідники). У таких мережах нульовий робочий та нульовий захисний дроти змонтовані окремо (гальванічно розділені). За такої організації силової електромережі при аваріях (наприклад, пробитті ізоляції та корпусу), як і у TN-C мережах виникає небезпечний потенціал. Проте у TN-S – системах можливе використання ПЗВ, які значно підвищують швидкість відключення ушкодженої ланки мережі і, як наслідок, підвищують рівень електробезпеки. У таких мережах обрив нульового робочого провідника не викликає появи фазної напруги на корпусах усіх ввімкнутих у мережу електроспоживачів. Щодо перенапруження та безперерійності електроживлення у разі виникнення нештатної ситуації, така мережа не відрізняється від систем TN-C.

Як показали дослідження, електромагнітна обстановка у приміщеннях і будівлях в цілому, де мережу електроживлення змонтовано з TN-S схемою, суттєво ліпша, ніж у будівлях з TN-C електромережами. Це пояснюється тим, що практично відсутні несанкціоновані відгалуження електричного струму на провідні елементи (струми витоку). Значно нижчі рівні незбалансованості струмів у робочих провідниках та пов'язані з ними магнітні поля. Порівнювання потенціалів окремих технічних засобів значно підвищує електромагнітну сумісність обладнання. Слід зауважити, що наявність п'ятого провідника та ПЗВ робить такі мережі дорожчими при первинному монтажі, але значно зменшує їх вплив на інформаційні кабелі, тобто дозволяє заощадити кошти на захисті комп'ютерних мереж від зовнішніх електромагнітних впливів.

З огляду на вимоги нормативу [7] доцільним є використання TN-C-S систем електроживлення, яким притаманні як недоліки, так і переваги обох.

Особливістю організації електромереж за схемою TT є те, що відкриті провідні елементи обладнання підключаються до заземлювача, незалежного від заземлювача джерела електроживлення. Для таких систем обов'язковим є використання ПЗВ. Використання TT-систем не забезпечує контактної електробезпеки, проте електричними струмами короткого замикання значно нижчі ніж у інших системах. Наприклад, якщо опори заземлення живлючого трансформатора 6/0,4 кВ та локального заземлення по 0,5 Ом, то навіть нехтуючи опорами трансформатора та кабелів, за однофазної напруги 220В струм однофазного замикання у TT-мережі складає 220А. З урахуванням усіх опорів кола цей струм буде ще нижчий. У TT-системах корпуси кількох електроспоживачів зазвичай об'єднано єдиним захисним провідником РЕ та підключені до загального заземлювача. У штатному режимі у захисному провіднику струм відсутній і потенціали у технічних засобів однакові, тобто рівні електромагнітних збурень та магнітні поля, пов'язані з електричними струмами промислової частоти, мінімальні.

Проте практика довела, що у реальних умовах експлуатації, особливо за наявності великої кількості заземлених металевих елементів у конструкціях будівель, мають місце струми витоку досить високих рівнів.

Таким чином, у окремих приміщеннях та будівлях в цілому генеруються магнітні поля промислової частоти. Формально, мережі ТТ з точки зору забезпечення електромагнітної безпеки людей та електромагнітної сумісності мають переваги відносно TN-C та TN-S – системами, проте на практиці це забезпечується тільки за умови високої якості монтажу та технічного обслуговування. Мережі електроживлення ІТ мають ізольовану від землі нейтраль, або заземлену через значний опір (до кількох кОм). Захисні провідники розділені з нейтральними. Електробезпеку таких мереж при однофазному замиканні на корпуси електрообладнання найбільш висока. Це пояснюється малою величиною струмів короткого замикання (кілька ампер). Крім того електробезпека підвищується за рахунок використання ПЗВ.

Мережі ІТ відрізняються високою безперебійністю електропостачання. Виникнення однофазного замикання не вимагає швидкого відключення.

Електромагнітні збурення у мережах ІТ незначні через невеликі значення незбалансованих струмів навіть за виникнення нештатних ситуацій. Проте для обслуговування таких мереж треба мати персонал високої кваліфікації, який швидко виявить та ліквідує замикання. Така робота потребує наявності спеціального обладнання – генератора нестандартних частот або чутливого вимірювача незбалансованих струмів. Недоліком ІТ-систем є обмеження на масштабування мереж через те, що нові підключення збільшують електроструми однофазного замикання.

Висновки

Проведений аналіз та обстеження мереж електроживлення, організованих за різними схемами, дозволяють дійти висновку, що не існує універсального, найбільш прийняттого рішення щодо монтажу та експлуатації силової електромережі. Електромагнітна безпека людей та електромагнітна сумісність технічних засобів обумовлюється, у першу чергу, характером обладнання навантаження.

За умови підключення до електромережі лінійних електроспоживачів (80-85% загального навантаження) цілком можливе використання мереж побудованих за схемою TN-C. При цьому слід суворо дотримуватися значень опорів занулення, регламентованих чинними нормативними актами.

При підключенні до електромережі значної кількості нелінійних споживачів (більш 15-20% загального навантаження на мережу) задовільні рівні електромагнітної безпеки людей та електромагнітної сумісності технічних засобів забезпечуються використанням TN-S – систем. Якщо комп'ютерну техніку об'єднано у локальну мережу, слід монтувати додатковий контур заземлення для порівнювання по-

тенціалів корпусів технічних засобів. У будівлях з вбудованими та прибудованими трансформаторними підстанціями як з точки зору електромагнітної безпеки, так і стабільності функціонування технічних засобів, доцільно використовувати електромережу виконану за схемою TN-C-S.

Системи ТТ слід розглядати як такі, що призначені для тимчасового (мобільного) використання та у мережах, які потребують постійного розширення. При реальних умовах експлуатації через наявність струмів витоку електромагнітна безпечність таких систем не може бути гарантована.

Обладнання, призначене для виконання важливих робіт, і таке, що потребує безперебійного живлення, слід підключати до електромереж, змонтованих за ІТ-схемою. Електромагнітна безпека людей та стабільність функціонування технічних засобів (особливо сучасної комп'ютерної техніки) забезпечується за умови неперервного контролю стану електричних та комп'ютерних мереж (своєчасне виявлення струмів витоку, незбалансованих струмів та струмів екранами інформаційних кабелів).

Враховуючи короткостроковий досвід експлуатації в Україні електромереж сучасних конструкцій і реальний стан загальної енергосистеми, перспективним уявляється збирання та узагальнення інформації щодо раптових змін електромагнітної обстановки у будівлях різного призначення, відмов технічних засобів та вироблення рекомендацій щодо користування чинної нормативної бази з проектування, монтажу та експлуатації електричних мереж.

Список літератури

1. *Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ* / О.А. Григорьев, В.С. Петухов и др., // *Новости электротехники*. – 2002. – № 6. – С. 23-28.
2. *Магнітне поле 50 Гц як потенціалний фактор ризику житлового середовища багатифункціональних житлових комплексів* / В.Я. Акіменко, та ін. // *Гігієна населених місць*. – К.: УГМЕ АМН. – 2007. – Вип. 50. – С. 178-186.
3. *Підвищення рівня безпеки праці користувачів інформаційно-технічних комплексів* / В.А. Глива, О.Г. Вільсон, У.О. Азнаурян, Л.О. Левченко, У.М. Ковтун // *Вісник НТУУ «КПІ»*. – К.: ЗАТ «Техновибух», 2007. – Вип. 15. – С. 68-73.
4. *Петухов В.С. Электромагнитная экология. TN-C система – виновник ухудшения* / В.С. Петухов // *Новости электротехники*. – 2005. – №1. – С. 14-19.
5. *Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие правила. Изд. шестое, перераб. и доп.*
6. *IEC 60364 Electrical installation of buildings.*
7. *ДБН В.2.5-23-2003 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.*
8. *Магнітні поля невиробничого походження і засоби зменшення їх впливу на людей при експлуатації автоматизованих систем* / В.А. Глива, О.Г. Вільсон, У.О. Азнаурян, Л.О. Левченко // *Гігієна населених місць*. – К.: ІГМЕ АМН, 2007. – Вип. 50. – С. 186-189.

Надійшла до редколегії 2.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТАЮЩИХ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ БАЗЫ РЕОРГАНИЗАЦИИ ЗАЗЕМЛЕНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Э.А. Дармофал, Н.И. Адаменко, Л.А. Левченко

Проведен анализ конструктивных особенностей современных систем электропитания. Даны практические, научно обоснованные рекомендации по выбору оптимальных с точки зрения электромагнитной безопасности и стабильности функционирования технических средств способов организации электропитания с учетом характера используемого оборудования.

Ключевые слова: электромагнитная безопасность, заземление систем электропитания.

INCREASE OF ELECTROMAGNETIC SAFETY WORKINGS BY CREATION OF BASE OF REORGANIZATION OF GROUNDING OF SYSTEMS OF POWER SUPPLY

E.A. Darmofal, N.I. Adamenko, L.A. Levchenko

The analysis of structural features of the modern systems of power supply is conducted. Given practical, scientifically grounded recommendations on the choice optimum from point of electromagnetic safety and stability of functioning of hardwares of methods of organization of power supply taking into account character of in-use equipment.

Keywords: electromagnetic safety, grounding of the systems of power supply.

УДК 628.316

І.А. Єрмакович¹, Н.М. Самойленко², С.О. Смірнова³

¹Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

³Український науково-дослідний інститут екологічних проблем, Харків

ЗНИЖЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ ЗА РАХУНОК ПРОВЕДЕННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ РЕЧОВИН В СТИЧНИХ ВОДАХ

У статті досліджується проблема антропогенного забруднення природної води фармацевтичними речовинами, що потрапляють у водні об'єкти зі стічними водами. Описується розроблений метод очищення стічних вод від розглянутих речовин, заснований на електрохімічній деструкції речовин у стічних водах перед їх надходженням в міську каналізаційну мережу. Наводиться приклад розрахунку екологічного ефекту від запропонованого методу очищення для р. Лопань нижче скиду стічних вод Диканівських очисних споруд.

Ключові слова: поверхневі води, фармацевтичні речовини, лікарні, стічні води, електрохімічна деструкція, моделювання, моніторинг.

Вступ

Одним з найважливіших чинників екологічної безпеки та здоров'я населення є якість природної води, що використовується для господарсько-питних, комунально-побутових та рибогосподарських потреб. Проблемою економічно розвинутих країн є техногенне навантаження на водні об'єкти з боку промисловості та комунальних підприємств. Особливе занепокоєння викликає забруднення водних об'єктів фармацевтичними речовинами (ФР). Дані сполуки важко піддаються біологічній деструкції і накопичуються у навколишньому середовищі. Навіть незначні їх концентрації у воді (10^{-6} - 10^{-9} г/л) негативно впливають на водну флору та фауну, а також на здоров'я людини при водокористуванні [1, 2].

На даний час в Україні ще недостатньо уваги приділяється дослідженням забруднення поверхневих вод фармацевтичними речовинами. Разом з тим, у країнах ЄС існує нормативна база, яка передбачає жорсткий контроль вмісту ФР у природній воді (табл. 1) [3].

Таблиця 1

Нормативні вимоги забезпечення екологічної безпеки природних водних об'єктів, що забруднені ФР

Речовина	Норматив, г/л
17альфа-етинілестрадіол	$3,5 \times 10^{-11}$
17бета-естрадіол	4×10^{-10}
Диклофенак	1×10^{-7}

У табл. 1 приведено список пріоритетних фармацевтичних речовин в галузі водної політики згідно Водної Рамкової Директиви Європейського союзу (2000/60 / ЕС), а також нормативні вимоги по забезпеченню екологічної безпеки природних водних об'єктів, що забруднені фармацевтичними речовинами.

Більшість використаних ФР від 5 до 95% у незмінному вигляді екскретується з організму людини та зі стічними водами поступає на муніципальні очисні споруди. Такі речовини практично не піддаються деградації активним мулом очисних споруд і транзитом надходять до водних об'єктів [4 – 6]. Найбільш небезпечними є стічні води лікарняних закладів, у тому числі й військових госпіталів, у

яких одночасно лікується велика кількість хворих і, відповідно, утворюються великі об'єми концентрованих стоків. Загалом потенційна небезпека стічних вод лікарень у 15 разів перевищує аналогічну для муніципальних стоків. При цьому ще одним видом забруднення стічних вод лікарень є наявність у них патогенної флори - збудників інфекційних чи паразитарних хвороб [7].

Виходячи з цього, актуальною екологічною задачею є розробка заходів по запобіганню надходження до муніципальних очисних споруд (та у подальшому до водних об'єктів) ФР та їх сумішей, що утворюються в умовах лікарських закладів. Тому доцільним є проведення попередньої очистки і знезараження стічних вод перед їх скидом у міську каналізацію. Універсальним способом очистки може стати електрохімічна деструкція ФР, яка дозволить в єдиному процесі очистити стічні води від даного роду речовин, а також знешкодити воду від збудників хвороб [8].

Мета статті полягає в обґрунтуванні доцільності проведення електрохімічної деструкції ФР у стічних вод для зниження антропогенного забруднення поверхневих водних об'єктів, що приймають стічні води.

Основна частина

Метод очищення стічних вод від ФР з використанням електрохімічної деструкції полягає в обробці рідини в електролітичній комірниці з нерозчинними в умовах анодної поляризації електродами (Pt, RuO₂). Для здійснення електролізу необхідна наявність у воді хлорид-іонів певної концентрації, відповідний підбір анодного матеріалу і певні режимні параметри обробки. Процес може проводитися при таких параметрах: сила струму: 0,19-0,59 А (RuO₂/Pt); напруга: 31,5 V (RuO₂/Pt). Глибина мінералізації органічних речовин, тобто руйнування органічних молекул, при цьому визначається як катодними відновленнями і анодними окисленнями, так і об'ємними реакціями під впливом продуктів електролізу у самому розчині (ОН, Н₂, Cl₂, НСlО). Як показують результати дослідження, що проводились по обробці таким способом розчинів з вмістом 5 ФР, які не піддаються біологічній очистці, ступінь їх розкладу складає 100%. Концентрація кишкової палички при цьому падає з 106 КОЕ/см³ до 0, що свідчить про виражений бактерицидний ефект [7, 9].

Розрахунок маси кожної ФР у стічних водах, що відводяться до каналізації за рік, розробляється згідно двох умов: при лікуванні хворих у стаціонарі та нестационарному режимі. Для першої умови маса ФР визначається за формулою

$$M_p = \sum_{i=1}^{N_A} E_i^A \cdot D_i^A \cdot h_i^A + \sum_{i=1}^{N_{II}} E_i^{II} \cdot D_i^{II} \cdot h_i^{II} + \sum_{i=1}^{N_{\Phi}} E_i^{\Phi} \cdot D_i^{\Phi} \cdot h_i^{\Phi}, \quad (1)$$

де M_p – річна маса ФР, що надходить у стічні води лікарень; $E_i^A, E_i^{II}, E_i^{\Phi}$ – щорічне споживання і-го фармпрепарату відповідно в ампульній, пігулковій формах та у флаконах; $D_i^A, D_i^{II}, D_i^{\Phi}$ – кількість діючої речовини відповідно у і-й ампулі, таблетці, флаконі; $h_i^A, h_i^{II}, h_i^{\Phi}$ – коефіцієнт виведення і-го препарату з організму відповідно для фармречовини, що міститься в ампулах, пігулках, флаконах.

Розрахунок річної маси ФР у стічних водах при лікуванні захворювань у нестационарному режимі ведеться за формулою

$$M_p = (Q_v \cdot D_v + Q_d \cdot D_d) \cdot R, \quad (2)$$

де Q_a та Q_d - середня кількість дорослих та дітей, яка прикріплена до однієї поліклініки; R – поправочний коефіцієнт, що враховує епідемічний поріг, сезонні хронічні захворювання та припис лікарського препарату; D_a та D_d - кількість діючої речовини у одній ампулі, таблетці або флаконі для дорослих та дітей.

Був проведено приблизний розрахунок можливого екологічного ефекту від впровадження запропонованого методу очистки для умов м. Харкова, наприкладі фармацевтичної речовини диклофенак. Розглядався вміст цієї речовини, що надходить зі стічними водами до Диканьовських очисних споруд. У якості вихідних даних для розрахунку концентрації ФР у міських стічних водах при нестационарному лікуванні використовувались: чисельність населення м. Харкова – 1431 тис. чол., середня кількість людей, яка прикріплена до однієї поліклініки – 24634 дорослих (Q_a), 8656 – дітей (Q_d), а також проектна потужність Диканьовських очисних споруд на рівні 700 тис. м³/доб.

За вищезазначеними даними з урахуванням добової концентрації призначення фармацевтичних препаратів для дітей та дорослих, а також коефіцієнту їх виведення з організму, виконані розрахунки добової концентрації ФР у стічних водах, що надходять до очисних споруд.

Комплекс біологічної очистки «Диканьовський» обслуговує 6 з 9 основних адміністративно-територіальних районів у м. Харкові. Приблизно 40 міських державних стаціонарних медичних закладів приходяться на 6 цих районів, що відводять свої стічні води на Диканьовські очисні споруди.

Згідно з розрахунковими даними, які базуються на щорічній потребі споживання лікарських засобів (ЛЗ) у Харківській обласній клінічній лікарні (860 ліжок), диклофенак поступає з лікарняними стічними водами у міську каналізаційну мережу у кількості 8,575 г/доб [7]. За аналогією призначення ЛЗ хворим стоки з міської клінічної лікарні швидкої та невідкладної медичної допомоги № 4 ім. проф. А. І. Мещанінова (на 1000 ліжок), наприклад, будуть містити 9,970 г/доб, а з лікарні на 500 ліжок - 4,986 г/доб.

Таким чином, фактичними потребами населення в ФР, добова маса диклофенака, що надходить до

очисних споруд складає 241,6 г. Середня витрата води р. Лопань вище випуску стічних вод взята на рівні 2,2 м³/с.

Результат розрахунку наступний. При відсутності очистки стічних вод від ФР розрахункова концентрація диклофенака в воді р. Лопань нижче за течією випуску стічних вод Діканьовських очисних споруд дорівнює:

$$C = \frac{241,6 \text{ г / добу}}{700000 \text{ м}^3 / \text{добу} + 2,2 \cdot 3600 \cdot 24 \text{ м}^3 / \text{добу}} = \\ = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ г / м}^3 = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ г / л.}$$

Дана концентрація перевищує допустимий норматив (1 10⁻⁷ г/л) приблизно у три рази.

При очищенні 60 % стічної води лікарень в рамках всього міста (що є економічно реальним на сьогоднішній день) концентрація диклофенаку в стічних водах, що надходять на Діканьовські очисні споруди, суттєво. Розрахункова концентрація ФР в річковій нижче за течією випуску стічних вод в цьому разі буде складати

$$C = \frac{241,6 \cdot 0,4 \text{ г / добу}}{700000 \text{ м}^3 / \text{добу} + 2,2 \cdot 3600 \cdot 24 \text{ м}^3 / \text{добу}} = \\ = 1,08 \cdot 10^{-4} \text{ г / м}^3 = 1,08 \cdot 10^{-7} \text{ г / л,}$$

що приблизно відповідає встановленому нормативу.

ВИСНОВОК

Згідно теоретичних досліджень та проведеного розрахунку якості води р. Лопань, можна стверджувати про можливість зниження антропогенного забруднення річкової води фармацевтичними речовинами за рахунок їх електрохімічної деструкції в стічних водах, що надходять до міської каналізаційної мережі.

Напрямок подальших досліджень є аналогічні розрахунки з урахуванням сезонних змін гідрологічного режиму водотоків та річної нерівномірності захворювань населення.

СНИЖЕНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЗА СЧЕТ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

И.А. Ермакович, Н.Н. Самойленко, С.А. Смирнова

В статье исследуется проблема антропогенного загрязнения природной воды фармацевтическими веществами, попадающими в водные объекты со сточными водами. Описывается разработанный метод очистки сточных вод от рассматриваемых веществ, основанный на электрохимической деструкции веществ в сточных водах перед их попаданием в городскую канализационную сеть. Приводится пример расчета экологического эффекта от предлагаемой очистки для р. Лопань ниже сброса сточных вод Диканевских очистных сооружений.

Ключевые слова: поверхностные воды, фармацевтические вещества, сточные воды, электрохимическая деструкция, моделирование, мониторинг.

REDUCTION OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON WATER BODIES BY THE PERFORMING ELECTROCHEMICAL DESTRUCTION OF PHARMACEUTICAL SUBSTANCES IN WASTEWATERS

I.A. Ermakovich, N.M. Samoilenko, S.O. Smirnova

The article investigates the problem of anthropogenic pollution of natural water by pharmaceutical substances that go into the water bodies with sewage. The developed method of wastewater treatment from considered substances based on the electrochemical destruction of these substances in wastewater before their getting into the municipal sewer system is described. An example of the environmental effects calculation from the proposed treatment for river Lopan of downstream sewage discharge of Dikanevskiy wastewater treatment plant is given.

Keywords: surface waters, pharmaceuticals substances, sewage waters, electrochemical destruction, modelling, monitoring.

Список літератури

1. Самойленко Н.М. Очистка стічних вод від фармацевтичних забруднювачів протизапальної та гормональної дії // Н.М. Самойленко, І.А. Єрмакович // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Гірництво». – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – Вип. 27. – С. 132-139.
2. Ермакович И.А. Влияние фармацевтических препаратов и их производных на окружающую среду // Н.Н. Самойленко, И.А. Ермакович / Вода и экология: проблемы и решения. – 2014. – № 2. – С. 78 – 87.
3. Falås P. Occurrence and reduction of pharmaceuticals in the water phase at Swedish wastewater treatment plants / P. Falås, H.R. Andersen, A. Ledin, J. la Cour Jansen // Water Science and Technology. – 2012. – № 66. – С. 783-791.
4. Samoilenko N. Analysis of studies in the field of wastewater pollution by pharmaceutical contaminants / N. Samoilenko, I. Yermakovych // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія : Екологія. – 2014. – № 1140, вип. 11. – С. 101-106.
5. Lindqvist N. Occurrence of acidic pharmaceuticals in raw and treated sewages and in receiving waters / N. Lindqvist, T. Tuhkanen, L. Kronberg // Water Research. – 2005. – № 39. – С. 2219–2228.
6. Carballa M. Comparison of predicted and measured concentrations of selected pharmaceuticals, fragrances and hormones in Spanish sewage / M. Carballa, F. Omil, J.M. Lema // Chemosphere. – 2008. – Т. 72. – С. 1118–1123
7. Ермакович И. А. Использование электрохимической деструкции для обезвреживания сточных вод лечебных учреждений / Н.Н. Самойленко, И. А. Ермакович // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 70. – с. 18 - 21.
8. Basha C.A. Participation of Electrochemical Steps in Treating Tannery Wastewater / C.A. Basha, P.A. Solomon, M.Velan, N. Balasubramanian, R.L. Kareem // Industrial Engineering Chemistry Research. – 2009. – № 48. – С. 9786 - 9796.
9. Samoilenko N. Hospitals sewage treatment by method of electrochemical oxidation / N. Samoilenko, I. Yermakovych // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХНУБА, 2015. – 1(79). – С. 183-186.

Надійшла до редколегії 1.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків.

УДК 004.386:351.862.4

П.П. Кропотов¹, В.В. Бегун², В.Ф. Гречанінов¹¹ Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Київ² Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Київ

СТВОРЕННЯ СУЧАСНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ БЕЗПЕКИ – АКТУАЛЬНА ДЕРЖАВНА ТА НАУКОВА ЗАДАЧА

Розглянуто стан і проблеми системи моніторингу безпеки в Україні та її відмінності від систем розвинутих країн. Аналізуються функції в залежності від цілей, сам процес моніторингу розглядається як складова інформаційної технології безпеки. Запропоновано створення тривірневої системи моніторингу. Розглянуто будову критеріїв безпеки за принципами ризик-орієнтованого підходу, алгоритми аналізу інформації, концепцію нової системи та питання ведення бази даних і бази знань з питань безпеки.

Ключові слова: безпека, моніторинг, ризик, модель, інтерфейс, алгоритм.

Вступ

1. **Стан проблеми.** Сутність і призначення системи моніторингу безпеки та прогнозування (СМБ) полягають у спостереженні, контролі і передбаченні небезпечних процесів та явищ природи, техносфери, зовнішніх дестабілізуючих та інших факторів, які є джерелами надзвичайних ситуацій (НС), а також динаміки розвитку ситуацій, якщо НС сталася, визначення масштабів з метою вирішення завдань щодо мінімізації її поширення. Методичне керівництво і координація діяльності системи моніторингу і прогнозування НС на державному рівні має здійснюватися Державною службою України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Прогноз ризиків НС на території країни в цілому здійснює ДСНС у взаємодії з іншими центральними органами виконавчої влади. Разом з цим, на цей час моніторинг і прогнозування НС в Україні здійснюються на рівні регіональних, галузевих або інших самостійних підсистем, не об'єднаних у єдиний інформаційно-аналітичний комплекс. Загальнодержавну систему моніторингу джерел НС та їх прогнозування у державі не створено [1]. Сучасний стан розвитку суспільства показує зростаючу тенденцію впровадження технічних, інформаційних і програмних ресурсів як інструментальних механізмів підтримки інноваційного розвитку, що має бути відображено у СМБ, тощо.

У той же час кожен регіон України, ДСНС України та її територіальні органи мають достатню кількість технічних ресурсів: сучасні комп'ютери та мережі. Існує ситуаційний центр СБУ [2], що має системи відображення інформації на основі ГІС технологій, створене та відпрацьоване програмне забезпечення системи підтримки прийняття рішень (СППР) [2]. Всі ці елементи і є атрибутами сучасних систем моніторингу і прогнозування. Більш того, ще за часів початку формування Міністерства надзвичайних ситуацій України (МНС), була система моні-

торингу, яка функціонувала у межах єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДСЦЗ). Але у зв'язку з загальними зовнішніми та внутрішніми причинами ця система знаходиться у неробочому стані. Тобто, проблема створення сучасної СМБ в Україні, на наш погляд, є в тому, щоб об'єднати існуючий науковий потенціал з проблем безпеки [2 – 4] на основі сучасної парадигми ризик-орієнтованого підходу (РОП) [5], визначитися з основними функціями і задачами СМБ саме з інформаційної точки зору.

2. **Відмінності від розвинутих країн, які мають бути усунуті.** На міжнародному рівні пріоритетні напрями дій у цій сфері відзначені Хіозькою рамковою програмою дій на 2005-2015 рр., яка спрямована на створення потенціалу протидії небезпекам природного походження та відповідним екологічним і техногенним ризикам. Цей документ прийнято на Всесвітній конференції зі зменшення небезпеки лих (відбулась 18-22 січня 2005 року в м. Кобе, префектура Хіого, Японія), він передбачає 5 пріоритетних напрямів діяльності у цій сфері:

забезпечення пріоритетності питань зниження ризику природних та техногенних небезпек у діяльності державних органів влади;

виявлення, оцінка та моніторинг факторів ризику виникнення лих та покращання раннього попередження;

широке використання знань, інновацій та навчання для створення безпечних умов і поліпшення системи реагування;

зниження основних факторів ризику виникнення надзвичайних ситуацій;

підвищення готовності сил реагування до дій в умовах лиха.

У більшості Європейських країн склалася досить розвинута й ефективна система органів, сил і засобів цивільної оборони (ЦО) або цивільного захисту (ЦЗ). Вона вирішує завдання забезпечення

захисту і виживання населення, економічного потенціалу та соціальної структури держави як у мирний час, під час різних лих, аварій і катастроф, так і в умовах воєнного стану. Звісно, має місце повна автоматизація процесів на основі сучасних комп'ютерних технологій [6].

Наближення вітчизняного законодавства у сфері техногенної та природної безпеки до вимог Європейського союзу (ЄС) передбачено, зокрема, і Угодою про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, на 2014-2017 рр. Одним із ключових проектів ЄС у цій сфері стала програма із запобігання, готовності та реагування на катастрофи природного та техногенного характеру для країн Східного партнерства PPRD East, головним бенефіціаром якої в Україні є ДСНС України [6].

Основна частина

3. **Визначення моніторингу в залежності від цілей.** Діяльність з моніторингу і прогнозування НС є багатоплановою та багатofункціональною. Вона здійснюється багатьма організаціями (установами) з використанням різних методів і засобів. Так, наприклад, моніторинг і прогноз подій гідрометеорологічного характеру здійснюються ДСНС України, до компетенції якої належить реалізація державної політики у сфері гідрометеорологічної діяльності, та яка, крім того, веде моніторинг стану і забруднення атмосфери, води, ґрунту [1].

Сейсмічні спостереження і прогноз землетрусів у країні здійснюються системою сейсмологічних спостережень і прогнозу землетрусів, до якої входять установи і системи спостереження Національної академії наук, Міноборони і Мінрегіону.

Особливістю системи моніторингу (контролю) безпеки в Україні є також наявність великої кількості потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) та об'єктів підвищеної безпеки (ОПН) [1]. Тобто, маємо $M = \{1, 2, \dots, m\}$ учасників процесу моніторингу, причому m залежить від рівня управління безпекою, та $\Phi = \{1, 2, \dots, \phi\}$ функцій (завдань) моніторингу для кожної підсистеми. Зауважимо, що деякі функції дублюються різними підсистемами. Іншими особливостями СМБ є фактична відсутність сучасного інформаційного забезпечення системи, а також політичні аспекти (нестабільність влади, високий рівень корупції). Головними невідповідностями методологій (стратегій) державного нагляду (контролю) вимогам сьогодення є принципово неправильна постановка завдання регулювання безпеки та практична відсутність економічного механізму саморегулювання.

Відповідно до Закону України «Про основні засади державного нагляду» здійснення державного нагляду повинне відбуватися шляхом оцінок ступеня ризику від здійснення господарської діяльності.

Ризик – кількісна міра небезпеки, що визначається функцією двох змінних: імовірності небажаної події та розміру збитків від неї: $R = P \times U$. Завдання контролю (моніторингу) безпеки має бути представлено як алгоритм перевірки випадкової величини у реальному часі:

$$R(t) = P(t, x_i) \times U(P, Y_i), \quad (1)$$

де $P(t, x_i)$ – імовірність можливих небажаних подій (аварій); $U(P, Y_i)$ – можливі наслідки (збитки) від цих подій; x_i – групи показників (змінних індикаторів), які характеризують підприємство і обставини ймовірних небажаних подій (аварій).

Наслідки $U(P, Y_i)$ залежать від події, яка може трапитися та інших внутрішніх і зовнішніх факторів Y_i , зокрема, часу доби, пори року, погодних умов тощо. Тобто кінцевим результатом моніторингу має бути узагальнений розрахунковий параметр – ризик. Але ж в реальності цього немає, розрахунки та оцінки ризику не проводяться: немає ні методик, ні відповідного програмного забезпечення. Усі існуючі державні служби контролю безпеки проводять інспекції і оцінки безпеки на якісному рівні за трибальною шкалою: низький, середній, високий ризик. Інспекції не здатні ефективно виконувати свої функції через недостатні знання технологічних процесів і ризиків. Один і той же інспектор має перевіряти різні типи підприємств: металургійний комбінат, гірничо-збагачувальний комбінат, хімічний комбінат, АЗС, залізничний вокзал тощо.

4. **Моніторинг як складова інформаційної технології безпеки (ІТБ).** Моніторинг є однією зі складових елементів системи управління безпекою в ринкових умовах, що описано в [2, 4, 15]. Має бути як внутрішній моніторинг (моніторинг і контроль підприємства), так і моніторинг (контроль) зовнішній.

Внутрішній моніторинг (контроль) підприємства проводиться з метою перевірки дотримання вимог встановлених норм ризику для персоналу, населення та довкілля і має здійснюватися спеціалізованим підрозділом об'єкта. Під час його здійснення необхідно постійно контролювати (перевіряти) виробничі процеси та умови зберігання шкідливих і небезпечних речовин. Має також виконуватися функція повідомлення (оповіщення) про відхилення параметрів безпеки від допустимих норм. Якщо на об'єкті є N небезпечних речовин, умови зберігання контролюють $K1$ систем та L небезпечних процесів, які контролюють $K2$ систем. Складовою систем $K(K1, K2)$ є оператор системи оповіщення та запобігання поширенню НС.

Розглянемо, що має відноситися до параметрів безпеки (ПБ) – вектора допустимих значень вхідних параметрів $[X]$. Згідно з загальними уявленнями, це параметри, які підвищують ризик, але ризик є загальним параметром, що потребує розрахунку і залежить від параметрів виробництва $[Y]$. Якщо відомі допустимий ризик $[R]$, то на основі формул залежності (1) можна викреслити й граничні параметри безпеки

ки – **критерії безпеки** $[X_i] \in [X]$. Звичайно, потрібне рішення зворотної задачі, яка слідує з рівняння (1), а саме: на основі відомих допустимих значень ризику $[R]$ та постульованих наслідків $U = \text{const}$ з (1) отримуємо рівняння відносно $[X_i]$, а саме:

$$[R] = P([X_i]) * U. \quad (2)$$

Потрібне чітке представлення критеріїв $[X_i]$ при створенні сучасної системи моніторингу. Оскільки законодавчо та нормативно прийнятий ризик $[R]$ не визначено, то, відповідно й ПБ не визначені, що робить неможливим рішення рівняння (2). Ця обставина дозволяє (примушує) створювати відомчі накази [7] про всякі заборони, які не завжди обґрунтовані, але на думку їх авторів зменшують ризик. Зв'язок з ризиком цих вимог не доведено, але заборона частіше створює проблеми у функціонуванні підприємств, що у підсумку може призводити до корупційних угод інспектора та господаря. В [8] теж є нечіткі визначення критеріїв безпеки, наведені критерії типу: «гарантування захисту життя та власності (ст.7)», або «створюється небезпека виникнення НС» або «відомості про надзвичайні ситуації, що прогножуються або виникли, з визначенням їх класифікації, меж поширення і наслідків, а також про способи та методи захисту від них». Такі критерії безпеки, які нечітко визначені не дозволяють створити автоматизовані СМБ. Під час внутрішнього моніторингу об'єкт проводить **самооцінку** процесів ідентифікації ризиків та виконання плану реагування на ризики, проводиться оцінка ефективності заходів для зниження ризиків та величини залишкового ризику і його прийнятність. Самооцінка безпеки, як показує досвід АЕС, є ефективною процедурою підтримки належного рівня безпеки і, на наш погляд, може бути успішно задіяна з належною методичною підтримкою й у сфері техногенної безпеки.

Ще декілька слів про поняття *постульовані наслідки*: $U = \text{const}$. З досвіду відома більшість наслідків аварій: розгерметизація реакторної установки – це ризик опромінення; розгерметизація ємності хімічно небезпечної речовини – ризик отруєння; розлив нафтопродуктів – ризик пожеж і т.ін. На основі принципу «запобігання» безпеки, очевидно, потрібно не допускати саме цих первинних (небезпечних) подій, які й уявляємо як *постульовані наслідки* U_i . Саме їх імовірність краще моделювати та розраховувати, а на основі цього моделювання визначати критерії безпеки $[X_i]$. Це виправдано, оскільки дозволяє реалізувати принцип «запобігання» ще на більш ранній стадії виникнення та розвитку аварії. Звісно, моделювання процесів та розрахунки ризику за умови, *якщо подія сталася*, теж необхідні. Такі оцінки дозволяють правильно прийняти рішення в умовах аварії.

Зовнішній моніторинг (контроль) у такому разі має проводитися виключно за параметрами (індикаторами), які важливі для безпеки регіону розташування ОПН, безпеки персоналу, населення та довкілля, а саме:

- чи планується управління ризиками,
- чи є кількісна оцінка (самооцінка) ризиків,
- чи задовольняються при цьому умови прийнятного ризику,
- чи реалізуються сплановані заходи зменшення ризику,
- чи виконуються основні вимоги законодавства.

Саме у такому значенні зовнішній моніторинг більше відповідає процесам державного нагляду (контролю). Оскільки ризик є комплексною та індивідуальною розрахунковою характеристикою об'єкта, то для кожного об'єкта мають бути розроблені заходи щодо зменшення ризику. Алгоритм розробки цих заходів є складовою моделі оцінок ризику [9]. Ці моделі саме і надають змогу визначити оптимальний (максимальний) проміжок часу між інспекціями T_m за умови неперевищення ризику для працюючого персоналу, населення та довкілля. При цьому слід врахувати ризики від усіх небезпек за тією ж умовою неперевищення допустимого рівня ризику:

$$\text{Max}(T_m) : R_a < [R_d], \quad (3)$$

де R_a – *поточне (оціночне) значення ризику*.

Коротко задачу оптимізації часу між інспекціями T_m перевірок об'єктів O_I з множині усіх об'єктів регіону L математично можна представити так [9]:

$$\langle O_I \rangle \in L; O_I : R_I = F(T_m); A \in L; R_a = \sum R_I; \quad (4)$$

$$\text{Max}(T_m) : R_a < [R_d].$$

В державному стандарті контролю якості води [11] визначення T_m залежить від кількості споживачів джерела води – можливих негативних наслідків – постраждалих, тобто значень ризику у неявному виді. Чим більша кількість потенційних споживачів (постраждалих – U_b), тобто більше значення ризику, тим частіше мають бути перевірки. У граничному випадку ($U_b > 500000$) – щоденно. Інтервал перевірок визначено директивним методом. На нашу думку, вимоги щодо його дотримання не виконують з причин дуже великих витрат на їх здійснення. Також не виконується й максимальний інтервал – 1 місяць для джерел, де мала кількість споживачів ($U_b < 12$) – сільський колодязь. З досвіду відомо, що в останньому випадку перевірки проводяться на вимогу або на прохання споживачів. Цей приклад корисний з погляду на можливість виконання вимог моніторингу: завищенні вимоги призводять до зворотного ефекту втрати контролю. Як приклад, пропонуємо розглянути СМБ, створену у ядерній галузі, де основні принципи СМБ, його програмно-технічного комплексу (ПТК) вже впроваджені. Ці принципи прописані також у чинній загальній нормативно-технічній документації (НТД) [4]. Основні з них:

уніфікація технічного та програмного забезпечення;

об'єднання інформаційних підсистем даних окремих напрямів моніторингу для комплексної оцінки інформації;

впровадження єдиних уніфікованих форм надання і збереження даних та інформації, створеної на їх основі;

відкритість інформаційних систем для широкого загалу користувачів.

Отже, ПТК має складатися з таких підсистем: збору даних, комунікаційного забезпечення, первинної обробки даних та аналітичної роботи з інформацією, картографічного відображення інформації, представлення інформації операторам та особам, що приймають рішення (ОПР), ведення та обслуговування баз даних (БД), системи оповіщення тощо. У такому виді СМБ дійсно стає основою запобігання НС [3], рис. 1.

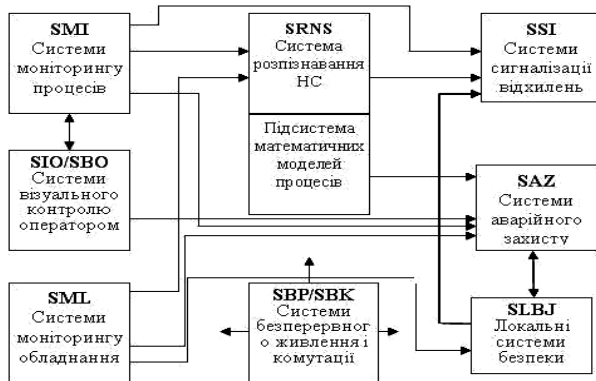


Рис. 1. Системи моніторингу у складі системи запобігання НС

Як бачимо, системи внутрішнього моніторингу (лівий стовпчик) є початком усіх процесів запобігання НС. Зрозуміло, що складність систем має бути залежною від рівня небезпечності об'єктів.

5. **Рівні моніторингу.** Як доведено у недавніх наукових дослідженнях [3, 10], СМБ має бути тривірневою, відповідно до системи управління. Отже, у зв'язку зі зміною системи управління безпекою [5], створення сучасної СМБ – це актуальна задача, яка не має достатньої наукової підтримки. Деякі пропозиції, навіть такі, що виходять від науковців, мають або загальний або футуристичний характер, не враховують реальні обставини та можливості держави. Найбільш реальна пропозиція СМБ [3] представлена на рис. 2, хоча вона була розроблена для моніторингу пожежної безпеки. На нашу думку, це вірно й для загальних параметрів безпеки, техногенної безпеки тощо. СМБ містить три рівні, які у структурі системи реалізовані у вигляді страт. Кожна страта об'єднує моделі об'єктів моніторингу певного рівня. На вхід мікрострати подається множина X показників стану безпеки об'єктів моніторингу, зокрема, характеристики причин (буде надійно працювати за умови об'єктивної (правдивої) інформації, що надходить). На вхід макрострати подається множина Y показників, які потрібні для управління цього рівня. На вхід метастрати подається множина Z показників впливовості факторів, що характеризуються показниками X . Елементами кожної страти є моделі, за допомогою яких множина вхідних показників відображається на множину вихідних показників цих страт. У такому виді СМБ дійсно стає основою запобігання НС [3],

рис. 1. Особа, яка приймає рішення (ОПР), має можливість завчасно приймати рішення на основі повної інформації про об'єкти, що спостерігаються.

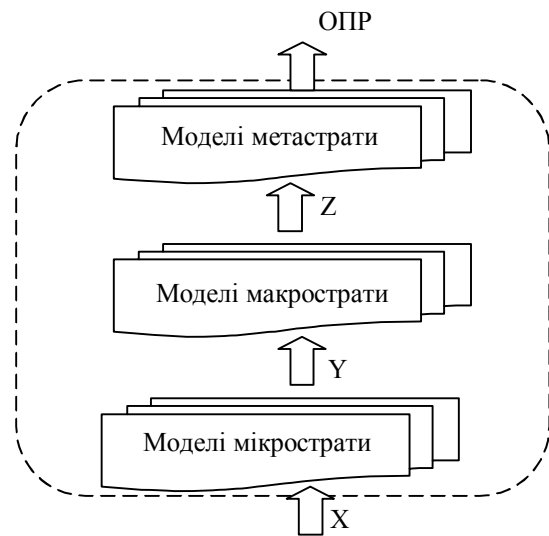


Рис. 2. Функціональна схема тривірневого перетворення інформації моніторингу

Майже за таким принципом, тільки в більш спрощеному (не автоматизованому) виді в державі уже діють деякі системи моніторингу. Так, у національній доповіді [1] описані державна система моніторингу довкілля (ДСМД) та національна система протиепідемічного нагляду, що діють на основі відповідних урядових рішень. Описані також результати аналізу стану довкілля, водних ресурсів, ґрунту, які перевірялися державною санітарно-епідеміологічною службою (СЕС). Оскільки останні системи (ДСМД і СЕС) відносяться до систем з повільно змінними процесами, результати роботи систем можуть використовуватися й для виконання функції «запобігання». Зрозуміло, що ці системи працюють у «ручному» режимі, але в Україні існують і автоматизовані системи. Це, в першу чергу, автоматизована система контролю радіаційної обстановки (АСКРО) навколо АЕС, хоча в підрозділах СЕС і є система радіологічного контролю [1]. Звісно, система АСКРО є найбільш інформаційно модернізованою, відповідає сучасним світовим вимогам до таких систем. Інформація про стан радіаційного забруднення в зоні АЕС контролюється автоматично у постійному режимі, проходить безперервну обробку та автоматично передається на більш високі рівні, аж до ОПР. З 2004 р. в Україні активно проводиться також робота по впровадженню на ПНО систем раннього виявлення (СРВ) НС, які повинні працювати в автоматичному режимі. Однак ця робота гальмується з причин, на наш погляд, недостатньої методичної і теоретичної підготовки. Як вже йшлося, функції моніторингу Φ залежать від типу об'єкта та вектора $[X_i]$ вхідних параметрів, число параметрів і має бути мінімальним, крім того, мають бути чітко визначені моделі відповідних страт: M_1, M_2, M_3 (рис. 2). Для кожного типу ПНО має бути визначений відповідно рис. 2 алгоритм перетворень інформації за схемою:

$$X \rightarrow M1 \rightarrow Y \rightarrow M2 \rightarrow Z \rightarrow M3 \rightarrow \text{ОПР}. \quad (5)$$

Мають бути визначені не тільки моделі M1, M2, M3, але й вектори інформації усіх рівнів, для чого потрібно визначитися з критеріями безпеки на кожному рівні.

6. **Критерій безпеки.** При оцінці рівня техногенної та природної безпеки держави необхідно враховувати багато критеріїв потенційної небезпеки територій, індивідуальний ризик смертності, критерій матеріального захисту від НС, кожен з яких, у свою чергу, враховує цілий ряд інших критеріїв. Наприклад у стандарті [11] якість води перевіряється майже сотнею параметрів (індикаторів). Але існують і комплексні параметри $Q(X)$, які є якоюсь комбінацією окремих індикаторів. Якщо будь-який індикатор X_i перевищує встановлені норми, вода вважається небезпечною для здоров'я або обмеженою для використання, тобто у загальному виді маємо такий критерій якості (безпеки):

$$Q(X) \leq [Q(X)], \quad X_i \leq [X_i], \quad (6)$$

де у правих частинах нерівностей мають бути допустимі рівні критеріїв безпеки на загальний параметр Q та окремі індикатори X_i . Зрозуміло, що кількість критеріїв має бути обмеженою. До речі, хоча в даному випадку мова йде про критерій якості, ми отожднюємо цей критерій з критерієм безпеки, що зрозуміло на інтуїтивному рівні: споживання неякісної води призводить або може призвести до небажаних проблем зі здоров'ям. Отже, порівнюючи рівняння (6) і (3), які тотожні, можна зробити висновок стосовно загальної будови критеріїв безпеки.

Отже, загальні та інформаційні вимоги до критеріїв повинні бути такими:

- чітко визначений зв'язок з безпекою;
- обґрунтовано ступінь достовірності і природності в якості індикатора безпеки;
- визначено вплив на загальний критерій безпеки (ризик) окремих індикаторів;
- знайдено залежність (функція) зведення окремих індикаторів до загального критерію.

Оскільки загальний критерій – ризик R стає параметром моніторингу, інформація про його визначення має бути в моделях перетворення (5) у виді функціональної залежності за формулою (1). Визначення поточного значення R на основі імовірнісного моделювання для складних систем описано у [9], отже це пряма задача. Для визначення критеріїв безпеки нижчого рангу потрібне рішення рівняння (2) відносно X_i , тобто розв'язування зворотної задачі, враховуючи наведені вимоги. Алгоритм цього рішення можливо навести для загального випадку лише у символічному виді. Розглянемо приклад параметрів безпеки АЗС. До параметрів безпеки відносимо параметри ідентифікації: загальну кількість нафтопродуктів X_1 , їх розташування у ємностях X_2 , умови зберігання X_3 , відстані до об'єктів турботи X_4 , навченість персоналу X_5 та ін. Усі індикатори X_i , у свою чергу, складаються з більш конкретних параметрів. Напри-

клад, якщо на АЗС є п'ять ємностей то ми повинні контролювати X_3 для кожної з п'яти ємностей. Крім того, само поняття «УМОВИ – X_3 » теж складне, воно містить декілька параметрів: підземне – наземне розташування (суттєво впливає на ризик R), тип ємностей (об'єм, матеріал та рік виготовлення, тип проекту та ін.), наявність запобіжних пристроїв та інші особливості, які добре відомі професіоналам галузі. Отже, неможливо контролювати усі умови та параметри X_i під час моніторингу. Очевидно, потрібно шукати параметри безпеки більш високого рівня навіть на рівні нижчої страти. Можна запропонувати, наприклад, концентрацію C_i парів нафтопродуктів у повітрі біля кожної ємності та на заправних майданчиках авто. Цей параметр C_i дійсно вказує на небезпеку виникнення вибуху чи пожежі при негерметичності обладнання чи розливу пального. Але якщо розлив відбувся, концентрація C_i наростає дуже швидко, часу на прийняття рішень, особливо літом, не вистачить. Тобто, якщо обрати параметром моніторингу безпеки швидко змінний параметр C_i , то потрібно бути робити і швидкодіючу систему автоматичного захисту, наприклад, систему пожежогасіння. З цього прикладу стає зрозумілим, що визначення критеріїв безпеки має відбуватися на основі моделювання ризику та підтверджуватися досвідом фахівців [9]. Очевидно, критерії безпеки з точки зору запобігання НС мають бути більше «попереджувальними», концентрувати увагу ОПР задовго до виникнення навіть розливів (подія U_1), тому що й причини розливів виникають з невиконання деяких вимог з безпеки X_x . Отже, якщо масив $[U]$ визначає можливі наслідки аварійних станів, що можуть статися, то саме моделювання події U_1 – проливу дасть відповідь про параметри безпеки X_i , що впливають на появу цієї події і, найбільш важливі з них за критерієм важливості (Бірінбаума чи Фусели-Весели) можуть бути обрані як критерії безпеки для СМБ. Як висновок, критерії безпеки мають визначатися розрахунком, який погоджується з досвідом.

Другий приклад раціонального визначення критерію безпеки також візьмемо з АЕС [12]. Мова про викиди радіоактивних речовин при роботі на потужності, які контролюються постійно так званою системою АСКРО та іншими системами безпеки.

Допустимий газоаерозольний викид Запорізької АЕС встановлено таким чином, щоб забезпечити неперевищення квоти ліміту дози (40 мкЗв/рік) для населення на межі санітарно-захисної зони за рахунок усіх шляхів формування дози з урахуванням місцевих метеорологічних параметрів. Величина допустимого викиду не залежить від кількості енергоблоків, які знаходяться в експлуатації. Величину допустимого викиду не буде перевищено, якщо виконуються обидві з таких нерівностей:

$$a - \sum_{i=1}^3 \frac{B_i}{\text{ПВ}_i} \leq 1; \quad b - \sum_{i=2}^{16} \frac{\bar{B}_i}{\text{ПВ}_i} \leq 1 \quad (7)$$

де B_i – фактичний добовий викид i -го радіонукліда (групи радіонуклідів, нормованої як один вид забру-

днення); \bar{B}_i – середній мза календарний місяць добовий викид i -го радіонукліда (групи радіонуклідів); PB_i – допустима границя (*предел – рос.*) викиду i -го радіонукліда (групи радіонуклідів).

Невиконання хоча б однієї з нерівностей (7) означає перевищення величини допустимого викиду.

Підсумовування у формулі (7а) здійснюється за трьома групами радіонуклідів: ДЖН – довгоживучі нукліди, ІРГ – інертні радіоактивні гази і радіоїод (перші три рядки таблиці).

Підсумовування у формулі (7б) здійснюється за п'ятнадцятьма радіонуклідами (групам радіонуклідів), наведеними в окремій таблиці (від інертних радіоактивних газів (ІРГ), ізотопів металів – продуктів розпаду ядерного палива до ^3H (тритію); з підсумовування виключаються ДЖН. Структура критерію безпеки у виді нерівностей (7) використовується дуже часто, майже в усіх випадках впливу однотипних небезпечних факторів. До речі, за всі роки експлуатації ЗАЕС не було випадків перевищення допустимих викидів, звичайно, реальні викиди складають декілька відсотків допустимих викидів.

З наведених прикладів зробимо висновки, які характеризують критерії безпеки: КБ мають бути всебічно обґрунтовані та офіційно затверджені. КБ повинні періодично переглядатися з метою врахування новітніх досліджень та міжнародних рекомендацій. Завищені вимоги, або ще гірше, неправильна структура КБ може призвести до надмірних, необґрунтованих мір захисту (витрат підприємств), з другого боку занижені критерії безпеки призводять до професійних захворювань та ін.

Отже, локальні системи безпеки K_1 і K_2 повинні давати сигнал про відхилення індивідуальних параметрів небезпечних технологій $[X_i]$ та можливі зміни комплексного параметра. Системи K_1 і K_2 відповідно до сучасних уявлень відносяться до I рівня мікрострати, мають бути визначені ПБ, що передаються на верхні рівні.

7. **Алгоритм аналізу інформації.** Вже йшлося про моделі M_1 , M_2 , M_3 перетворення інформації (5), саме в цих моделях і працюють алгоритми аналізу (перетворення) інформації. Основне завдання аналізу – розпізнавання аварійної ситуації, яка може призвести до НС. За результатом аналізу визначається ступінь наближення критерію безпеки до допустимого рівня (6). Мають бути задані заздалегідь діапазони наближення та їх ознаки до повідомлень. Звернемося до досвіду АЕС. Для параметрів, що контролюються напряму, наприклад, рівень теплоносія у парогенераторах $H_{ПГ}$ установлюється проектом (на основі модельних розрахунків) уставки попереджувальної (ПС) і аварійної сигналізації (АС): $H_{ПГ}(ПС) = H_1$ та $H_{ПГ}(АС) = H_2$, звісно $H_1 > H_2$. Тобто, якщо з деяких причин рівень теплоносія знижується (дуже небезпечна подія!), то спрацьовує попереджувальна сигналізація, оператор з'ясує причини події та приймає рішення щодо подальших дій (на АЕС впроваджені

автоматичні порадики, дають підказку, але оператор рішення приймає сам). Але якщо спрацьовує аварійна сигналізація, спрацьовує і автоматичний захист і АС, тобто в залежності від **важливості** критерію безпеки і його поточного значення алгоритм аналізу безпеки визначає **повідомлення про небезпеку**. На переконання авторів, зразком аналізу інформації та автоматизованого захисту є система моніторингу і запобігання НС в галузі атомної енергетики Франції. Це може бути прийнято за еталон при створенні єдиної системи моніторингу та прогнозування розвитку НС в державі, їх попередження завдяки управлінню ризиками.

8. **Виведення повідомлень на різних рівнях.** Мета цього кроку моніторингу – своєчасне попередження при загрозах персоналу, ОПР тощо, а також проживаючого населення про можливу небезпеку. Мають бути варіанти в залежності від рівня управління та страти моніторингу. По-перше, не всі відхилення критеріїв безпеки ΔX_i мають проходити на більш високі рівні (страсти). Так, у вищенаведеному прикладі про зниження рівня теплоносія в парогенераторі рішення приймає оператор, і населенню, та навіть керівництву АЕС, зовсім не потрібно про це знати. Але якщо при цьому спрацював аварійний захист з останом реактора, маємо наслідки для АЕС – принаймні зменшення прибутку, та можливі наслідки для населення, якщо аварійна ситуація отримала подальшого розвитку.

Найбільш універсальним форматом виведення повідомлень у сучасному світі є кольорова гама: червоний, жовтий, зелений, білий колір відповідно до рівня загрози (ризик): високий, помірний, низький, знехтуваний ризик [13]. Це стосовно верхніх страт, на мікростраті оператору краще прямо вказувати відхилення критерію безпеки ΔX_i та надавати підказку про подальші дії. Зауважимо, що всі аварійні ситуації та дії з їх безпечного припинення мають бути проаналізовані у ПЛАСах та деклараціях з безпеки, тому у всіх випадках виведення повідомлень маємо суто інформаційну задачу, рішення якої залежить від софту об'єкта.

9. **Прогнозування стану об'єкта та можливого розвитку ситуацій – основна задача моніторингу безпеки НС.** Звичайно [1, 8], фахівці з безпеки ставлять функції моніторингу і прогнозування поряд, але це не зовсім так. Звернемося до прикладу збільшення рівня теплоносія в парогенераторах АЕС. Оператору важливо знати саме факт події, що відбулася та алгоритм своїх подальших дій. Але якщо подія розвивається до рівня НС, наприклад, великий пролив хімічно небезпечної речовини (ХНР), то у такому випадку потрібні моделі прогнозування розповсюдження небезпечних концентрацій ХНР в залежності від умов навколишнього середовища, погодних умов тощо. Тобто функції прогнозування важливі щодо прийняття рішень після того, як НС сталася. Для виконання цієї функції система повинна мати моделі розвитку НС та технічні засоби попередження населення [9].

Інша мова про моніторинг поточного стану безпеки в умовах НС. Тут більш доречно, на наш погляд, термінологія «розвідка ситуації», тому що у такому випадку ставиться мета дослідження уже зараженої території. Оскільки кількість небезпечних об'єктів дуже велика, забезпечення автоматизованого збору даних фактично з усієї території неможливе через великі затрати. Повинні бути декілька мобільних лабораторій у регіональних центрах, ця вимога фактично виконана, такі лабораторії вже існують.

10. **Ведення бази даних (БД) і бази знань (БЗ).** Інформація з НС має зберігатися та використовуватися на усіх рівнях управління у БД та БЗ. Але, відповідно до діючих в Україні відомчих наказів різних сфер безпеки, порушення технологічних процесів на потенційно небезпечних об'єктах (ПНО) взагалі не визначаються, а НС розслідуються недостатньо повно (без з'ясування кореневих причин). Частіше в існуючих БД усіх відомств коренева причина взагалі не вказана. Чинна методологія аналізу НС і НВ, а також їх причин, не відповідають нагальним потребам безпеки і міжнародним стандартам. Це також було доведено міжнародними експертами за програмою PPRD у 2013 році. Проаналізовано рівень автоматизованої підтримки в Україні процесів моніторингу та аналізу НС у різних сферах безпеки. З'ясовано, що в сучасних технологіях автоматизована підтримка обмежена задачами збирання та елементарної обробки первинної інформації, причому усі дані розташовані у відомчих БД, які не завжди узгоджуються між собою, не існує процедур перевірки їх відповідності. БД, що є у різних галузях, як правило, закриті не тільки від «широкого загалу користувачів», а й від інформаційних систем інших галузей. При цьому події, що кваліфікуються як НС, відображені у різних БД недостатньо, без висвітлення та аналізу корінних причин та з суттєвими помилками щодо їх класифікації [15]. Це робить наявну інформацію майже непридатною для управління безпекою в державі. Тому має бути визначено не тільки перелік параметрів БД, що передаються на різних рівнях, моделі розрахунків узагальнених параметрів безпеки, як того вимагає технологія РОП, але й хто і яким чином надає інформацію, за чії кошти саме створюються СМБ та її елементи, враховуючи умови приватної власності

Потрібно удосконалювати, змінювати чинні класифікатори НС та НВ і, відповідно, БД. Пропонуємо розробити нові методики аналізу причин НС та НВ на основі нових інформаційних технологій та існуючих БД, адже завжди потрібно з'ясувати кореневі причини і розробляти дієві та ефективні заходи щодо запобігання повторного їх прояву за методикою ASSET. За основу нововведень можуть бути взяті аналогічні технології ядерної галузі, де світовий досвід впроваджено з середини 90-х років. Усі БД з НС та НВ, пожежної безпеки та інших відомств з безпеки потрібно об'єднати в одну національну БД з безпеки (НБДБ). На відміну від існуючих, НБДБ

повинна мати більш повну інформацію з НС і НВ, кореневі та безпосередні причини небажаних подій і коригуючі заходи на причини тощо. Ця оновлена НБДБ повинна відповідати кращій світовій практиці, мати достатнє інформаційне навантаження, задовольняти усі сфери безпеки та галузі виробництва.

11. **Концепція системи.** Як вже йшлося, у тому чи іншому виді СМБ існує у кожній галузі виробництва: існують методики визначення показників безпеки, регламенти перевірок, визначені (нормовані) припустимі рівні майже усіх небезпек. Але як вже було сказано, процеси моніторингу слабо інформатизовані, частіше проводяться у «ручному» режимі, загальний показник безпеки не визначається, не моделюються процеси виникнення небезпек. Це, у свою чергу, не дозволяє розробити заходів щодо запобігання ризиків на їх ранньому етапі виникнення. Проблема створення сучасної СМБ в Україні є в тому, щоб об'єднати існуюче наукове напрацювання на основі сучасної парадигми ризик-орієнтованого підходу (РОП) [5] та інформаційних технологій, *визначатися з основними функціями і задачами СМБ* в різних галузях і сферах безпеки саме з інформаційної точки зору. Це перше і головне, *розробка критеріїв безпеки* для окремого об'єкта і галузі в цілому – це друга важлива задача і етап створення СМБ. Пропонується напрацювання, що є в галузях, використати як цеглинки для створення сучасної СМБ, що дасть змогу пройти з прискоренням алгоритм її розробки – це третій основоположний принцип концепції. Перелік підсистем СМБ можна знайти в багатьох працях, але, як правило, вони обмежуються наведеними вище загальними принципами [4], які повторюються у різних сферах безпеки за галузевими принципами. Тому підсистеми СМБ мають бути типовими для об'єктів галузі відповідно рис. 1 за попереднє визначеними *критеріями безпеки* – це наступні принципи концепції. Не існує цілісної СМБ, яка могла б стати основою для прийняття рішень на державному, регіональному та об'єктовому рівнях. За раніше наведеними прикладами [4, 11, 12] має бути розроблений *регламент функціонування системи*, який буде відповідати чинному законодавству та сучасним ІТ. Такі принципи створення страти першого рівня. Наступні страти повинні створюватися на основі сучасних *ситуаційних центрів* та систем підтримки прийняття рішень (СППР) [2] на їх основі. Тут мають бути певний перелік математичних моделей, відповідне програмне забезпечення з сучасним доступним для розуміння інтерфейсом [16].

Висновки

В умовах економічної кризи та одночасного зростання рівня небезпеки розбудова єдиної державної системи моніторингу та прогнозування можливих НС має визначатися як пріоритетний напрям фінансування державою через ДСНС.

Центральним постійно діючим органом управління має стати центр моніторингу та прогнозування

НС (ситуаційний центр ДСНС), утворення якого передбачено Загальнодержавною цільовою програмою захисту населення і територій від НС техногенного та природного характеру на 2013 – 2017 рр. [1], яке так і не розпочалося за браком коштів.

Система моніторингу безпеки європейського рівня, яку необхідно створити в Україні найближчим часом, має відповідати сучасним принципам інформаційного забезпечення системи державного рівня, бути єдиною для усіх сфер безпеки та об'єднувати існуючі інформаційні та технічні ресурси різних галузей. Розробка та впровадження такої системи – це складна задача професіоналів в галузі з інформаційних технологій та фахівців ДСНС.

З цією метою потрібно найближчим часом підготувати для подання на розгляд Верховної Ради доповнення до Кодексу ЦЗ щодо створення СМБ та направити до Кабінету Міністрів України доповнення до ПКМ №11 від 09.01.2014. В цих доповненнях конкретизувати організаційну структуру, склад критеріїв безпеки, склад та порядок функціонування механізмів усіх ланок СМБ у системі ДСНС, вимоги завдання і відповідальність усіх суб'єктів діяльності СМБ.

Список літератури

1. Стан техногенної та природної безпеки в Україні в 2015 році. Звіт МНС та НАН. [Електрон/ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html.
2. Ситуаційні центри. Теорія і практика. НАН України. – ІПММС. – К., 2009. – 347 с.
3. Гречанинов В.Ф. Інформаційні технології аналізу стану техногенної безпеки та планування протидії надзвичайним ситуаціям: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата техн. наук: 05.13.06 / В.Ф. Гречанинов. – К., 2014. – 22 с.
4. РД 211.0.8.107-05 Методичні рекомендації з питань створення систем моніторингу довкілля регіонального рівня, затверджені наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 16.12.2005 N 467.
5. Про схвалення «Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та при-

родного характеру» // Розпорядження КМ України від 22 січня 2014 р. № 37-р. – К., 2014.

6. Програма предотвращения, готовности и реагирования на техногенные и природные катастрофы, финансируемая ЕС в Восточном регионе ENPI (PPRD-East). Политика оценки рисков / угроз для восточного региона (ENPI). – Брюссель, 2012. – 72 с.

7. Інструкція щодо вимог пожежної безпеки під час проектування автозаправних станцій. Затверджено Наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи 06.12.2005 N 376.

8. Кодекс цивільного захисту України. Законодавство України [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

9. Бегун В.В. Решение задачи определения текущего уровня риска (мониторинга) с применением алгоритмов МГУА / В.В. Бегун, В.В. Литвинов Моделирование-2012. ИПМЕ ім. Г.Е. Пухова. – К., 2012. – С. 92-97.

10. Голуб С.В. Методология створення автоматизованих систем багаторівневого соціоекологічного моніторингу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.13.06 / С.В. Голуб. – К., 2008. – 35 с.

11. ДСанПіНом 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

12. Регламент радиационного контроля при эксплуатации объектов ОП Запорожская АЭС. – 00.РБ.ХО.Рз.01.А. – 2010 – 267 с.

13. СТП 0.41.066-2006. Системы оценки уровня эксплуатации безопасности и технического состояния АЭС с ВВЭР. ГП НАЭК «Энергоатом». – К., 2006.

14. Воробієнко П.П. Системи оцінювання цивільного захисту: навчальний посібник / П.П. Воробієнко, С.І. Белюсов. – Одеса: ОНАС ім. О.С. Попова, 2012. – 76 с.

15. Гречанинов В.Ф. Функції управління і нагляду в ризик-орієнтованому підході до управління безпекою / В.Ф. Гречанинов, В.В. Бегун // Математичні машини і системи. – К.: ІПММС, 2014. – №1. – С. 159-170.

16. Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз критичних інфраструктур / В.Ф. Гречанинов, В.В. Бегун, В.П. Клименко, О.П. Яцук // Науковий вісник Укр.НДІПБ. – 2015. – №1(31). – С. 125-134.

Надійшла до редколегії 3.09.2015

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук., проф. В.П. Клименко, Інститут проблем математичних машин та систем НАН України, Київ.

СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ – АКТУАЛЬНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ И НАУЧНАЯ ЗАДАЧА

П.П. Кропотов, В.В. Бегун, В.Ф. Гречанинов

Рассмотрены состояние и проблемы системы мониторинга безопасности в Украине, ее отличия от систем развитых стран. Анализируются функции в зависимости от целей, сам процесс мониторинга рассматривается как составляющая информационной технологии безопасности. Предложено создание трехуровневой системы мониторинга. Рассмотрены строение критериев безопасности на принципах рискориентированного подхода, алгоритмы анализа информации, концепция новой системы, вопросы ведения базы данных и базы знаний по вопросам безопасности.

Ключевые слова: безопасность, мониторинг, риск, модель, интерфейс, алгоритм.

DEVELOPMENT OF MODERN SYSTEM FOR SECURITY MONITORING IS URGENT STATE TASK

P.P. Kropotov, V.V. Begyun, V.F. Grechaninov

The article considers the state of the security monitoring (SM) system, its problems, and differences of SM system in Ukraine from SM systems in developed countries. The functions of the SM system are analysed in dependence of the aims, while the monitoring process itself is considered as a part of information security technology. The creation of three-tier SM system is proposed. The structure of security criteria is considered basing on the principles of risk-oriented approach and on the analysis of algorithms. The concept of the new SM system is considered together with practical questions regarding the maintenance of database and knowledge base on the security issues.

Keywords: security, monitoring, risk, model, interface, algorithm.

Актуальні питання навчання

УДК 007:519.81:378

Н.С. Бакуменко

Національний аерокосмічний університет імені Н.Е. Жуковського «ХАІ», Харків

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

В данной статье рассматривается возможность применения регрессионных методов анализа для оценки эффективности обучения в высших учебных заведениях (вузах). Для оценивания уровня подготовки специалистов абсолютных оценок может быть недостаточно, поскольку они не отражают вклад учебного заведения в процесс обучения. Важным является оценивание уровня знаний и умений как на входе, при поступлении в вуз, так и по окончании учебы. Оценивание динамики изменений показателей учебных достижений и сравнение с данными других вузов позволяет сделать выводы об уровне подготовки специалистов. В работе предлагается использовать модель, которая базируется на методе регрессионного анализа.

Ключевые слова: *регрессионный анализ, модель добавочной оценочной стоимости (VMA), эффективность функционирования, процесс обучения, высшие учебные заведения.*

Введение

Оценивание эффективности обучения в вузах является актуальной задачей, поскольку часто рейтинговые показатели [1] не отображают реальной картины учебного процесса в вузе. Если при поступлении абитуриенты имели высокий средний балл, и при выпуске имеют те же показатели, что в вузе, где средний балл абитуриентов был достаточно низким, то не корректно судить об уровне подготовке в вузе.

В настоящее время оцениванию эффективности обучения в средних и высших учебных заведениях уделяется много внимания. Разработано ряд методов и моделей, которые базируются как на статистических подходах, так интеллектуальных методах анализа данных. Однако, большинство методов не учитывают множества факторов и не дают достоверных оценок о качестве учебного процесса. Поэтому, актуальной является задача поиска и разработка таких методов, которые позволят оценить эффективность процесса обучения и получить сравнительную оценку высших учебных заведений.

Целью данной работы является анализ методов и моделей, применяемых для оценивания эффективности функционирования высших учебных заведений и обоснования возможности применение методов регрессионного анализа для решения данной задачи.

1. Анализ методов и моделей оценки эффективности процесса обучения

Эффективность, наряду с результативностью, является одним из показателей качества процесса. Согласно стандарту ИСО 9001-2001 эффективность процесса отражается в соотношении достигнутых результатов к используемым ресурсам [2]. Существуют различные эконометрические методы оценки эффективности [3], которые широко используются в производственном менеджменте и оценке организационных структур управления. Данные методы основаны на оценивании границы эффективности, которая рассчитывается исходя из производственной функции [4]. Методы анализа эффективности делятся на параметрические и непараметрические.

В параметрических методах граница эффективности задается изначально на основе эталонных показателей, определенных экспертным путем. Недостатком данного метода является то, что заданная предварительно производственная функция может не отображать реальных экономических условий. Например, оценить эталонные значения работы вуза в постоянно-изменяющихся рыночных условиях, при условии, что большинство параметров деятельности вуза отображаются в категориальных (качественных) шкалах, является достаточно проблематичным. К параметрическим методам относятся методы стохастической (SFA – stochastic frontier approach) и толстой границы (TFA – thick frontier approach), а

также метод свободного распределения (DFA – distribution-free approach). Эти методы получили широкое распространение в экономике, но применение их для оценивания образовательных учреждений не является эффективным.

В непараметрических методах показатели эффективности определяются методами линейного программирования. Граница эффективности строится на основе различных моделей метода обволакивающей поверхности (DEA – data envelopment analysis). Метод DEA в последнее время получил широкое применение для анализа эффективности функционирования вузов, в частности для построения рейтинга без использования мнений экспертов при оценивании важности показателей деятельности вуза; для анализа эффективности работы преподавателей; для ранжирования студентов по уровню их учебных достижений и др. [5, 6]. Достоинства этого подхода заключаются в одновременном учете всех затрат и результатов, а также возможности построения эффективной границы, которая точно соответствует имеющимся данным. Однако данный метод чувствителен к выбросам; существует необходимость анализа большого количества объектов для получения устойчивых результатов.

При оценивании эффективности обучения применяют ряд подходов, основанных на использовании Байесовских сетей (BKT – Bayesian Knowledge Tracing, Bayesian network) [7] и факторных моделей (AFM – Additive Factor Models, PFM – Performance Factor Models) [8, 9]. Данные подходы позволяют построить модель обучаемого и оценить эффективность процесса обучения индивидуально для каждого студента. Однако, эти модели не учитывают ряд факторов, отражающих среду обучения. Например, структура байесовской сети отражает структуру знаний студентов, и является инструментом, с помощью которого можно выносить суждения и оценки относительно уровня готовности студентов. Для таких же целей служат модели AFM и PFM, которые позволяют делать выводы о повышении уровня подготовки обучаемых, но не дают ответ на вопрос об эффективности процесса обучения.

Интересным является опыт использования различных моделей линейной регрессии при оценивании добавочной образовательной стоимости (VAM – value-added measure) для оценивания эффективности обучения в средних школах Польши. Концепция VAM заключается в том, что для каждого выпускника вычисляется разница между реальной итоговой оценкой по результатам обучения и соответствующей ей ожидаемой оценкой. Ожидаемый результат для каждого обучающегося рассчитывается как средний результат всех итоговых оценок выпускников, которые имели одинаковые баллы при поступлении. Показатель VAM каждого обучающегося за

период обучения является основой для оценивания добавочной образовательной стоимости класса, группы или учебного заведения в целом. Можно сказать, что в основе оценивания эффективности функционирования учебного заведения лежит прогресс каждого обучающегося.

Следует отметить, что показатель VAM является относительной оценкой и не позволяет в полной мере оценить качество подготовки специалиста в вузе. Показатель VAM необходимо использовать вместе с абсолютными показателями учебных достижений, а также отслеживать динамику их изменения. Также следует учесть, что данный метод дает большую погрешность при оценивании эффективности малых групп или при большом интервале разброса показателей учебных достижений, поскольку расчетные модели строятся на основе параметрических методов регрессионного анализа, которые требуют соблюдения условий большой численности популяций и нормальности законов распределения случайных величин. Также для получения достоверных оценок требуются «чистые» исходные данные, т.е. оценивание уровня учебных достижений по предметам следует проводить в виде независимых тестирований (например, ВНО – внешнего независимого оценивания).

Несмотря на указанные недостатки, результаты использования метода VAM для оценивания эффективности функционирования учебных заведений в Польше показали свою эффективность [10, 11]. В процессе проведения исследований с 2002 по 2011 год были рассчитаны показатели эффективности функционирования лицеев, гимназий и техникумов, которые дали много полезной информации как для руководителей учебных заведений, так и для общественности.

2. Регрессионные модели относительного уровня подготовки

Перед рассмотрением применения метода VAM следует отметить тот факт, что применение данного метода должно ограничиваться популяцией обучающихся только по схожим направлениям, например, не следует сравнивать между собой студентов медицинских, гуманитарных и технических вузов. Они имеют изначально разный уровень подготовки даже по схожим направлениям и значительно отличается содержательная часть дисциплин подготовки и итоговых экзаменов.

Поэтому, все рассуждения касаются схожих направлений обучения, например, студентов, обучающихся по направлению компьютерные науки или программная инженерия, направлению социология или философия и т.д.

Рассмотрим математическую модель относительного повышения уровня знаний студентов вуза

по аналогии с моделью VAM, предложенной в [10], но с учетом факторов, оказывающих влияние на студентов высшего учебного заведения

Для каждой группы C_{jg} учащихся j -го учебного заведения в период обучения g , показатель добавочной образовательной стоимости VAM θ можно представить как разность между текущим q_{ijg} и прогнозируемым значением

$$P(q_{ijg} | q_{ijg-r}, x_{ijg}, s_j)$$

уровня знаний i -го ученика:

$$\theta_{C_{jg}} = \frac{1}{n_C} \sum_{i \in C_{jg}} [q_{ijg} - P(q_{ijg} | q_{ijg-1}, S_{ijg}, R_C)],$$

где $P(q_{ijg} | q_{ijg-1}, S_{ijg}, R_j)$ – предсказанная оценка каждого i -го студента;

q_{ijg} – значение уровня подготовки i -го студента j -го учебного заведения за весь период обучения g , с учетом достижения данным студентом определенного уровня знаний на предыдущем этапе обучения q_{ijg-1} ;

S_{ijg} – вектор характеристик студента, которые оказывают существенное влияние на образовательный процесс (значимые факторы, которые можно определить используя известные статистические методы);

R_C – вектор переменных, определяющий условия обучения, расходы на образования, социальную среду обучающихся в данной группе.

Для расчета показателя VAM применяется метод основанный на линейной регрессионной модели. Данная модель является наиболее изученной в эконометрике. В основе регрессионного анализа лежит предположение о том, что зависимость между значением факторного признака (x) и средним значением результативного (\tilde{y}) может быть представлена в виде функции $\tilde{y} = f(x)$. В предложенном методе рассматривается зависимость между входными и выходными значениями – измеренными знаниями студентов, полученными в определенный промежуток времени.

Предсказанная оценка q_{ijg} основана на информации об учебных достижениях учащегося на более ранней стадии образовательного процесса q_{ijg-1} и других факторах S_{ijg} , которые считаются значимыми в разрезе подготовки студентов в вузе (к этим факторам можно отнести личные, демографические, гендерные и др. факторы).

Выделим два внутренних фактора – характеристики ученика, основанные на биометрических и

психометрических данных и один внешний – влияние материально-технического обеспечения вуза.

Таким образом, уровень подготовки учащегося представляется в виде следующей зависимости:

$$q_{ij} = \alpha + \beta S_{1ij} + \gamma S_{2ij} + R_j + \varepsilon_{ij},$$

где α, β, γ – постоянные параметры;

$i = 1, \dots, n_j$, где n_j – количество студентов в рассматриваемой группе;

$j = 1, \dots, m$, где m – количество групп.

В данной модели не будем рассматривать внешний фактор как фиксированный эффект. Если количество учащихся в выборке становится достаточно большим, то для получения надежных оценок параметров представляет интерес выразить данный фактор в виде линейной функции от переменной: уровень материально-технического обеспечения будет равен δR_j плюс погрешность уровня ζ_j .

Тогда мы получим следующий вид модели:

$$q_{ij} = \alpha + \beta S_{1ij} + \gamma S_{2ij} + \delta R_j + \zeta_j + \varepsilon_{ij},$$

где ζ_j – случайная величина с нормальным законом распределения, с нулевым математическим ожиданием и дисперсией $\sigma_\zeta^2 > 0$, не коррелирующая с ε_{ij} .

С помощью данной формулы можно показать существование положительной ковариации σ_ζ^2 и, как следствие, положительной корреляции показателей q_{ij} в пределах одного вуза.

Основной проблемой является оценка параметров модели α, β, γ , который чаще всего вычисляются с использованием метода наименьших квадратов (МНК). Существование положительной корреляции между остатками в пределах одного вуза нарушает второе предположение стандартной модели регрессии МНК, а именно, что существует нулевая корреляция между ошибками ε_{ij} , которые соответствуют разным значениям объясняющих переменных. Поэтому для оценки параметров МНК может быть неэффективным.

Ещё одним методом оценки параметров регрессионной модели, является обобщенный метод наименьших квадратов (GLS – Generalised Least Squares). ОМНК применяют, когда неизвестна ковариационная матрица случайных ошибок, т.е. на практике вместо ковариационной матрицы используется её некоторая оценка.

Для решения данной регрессионной модели можно использовать итерационный ОМНК (Iterative Generalised Least Squares IGLS) [12].

Основные допущения модели:

– однородность и нормальный характер распределения единиц, подлежащих изучению методами корреляционно-регрессионного анализа;
 – достаточное количество наблюдений;
 – независимость друг от друга факторов, которые выделены для исследования.

Описанная линейная регрессионная зависимость позволяет с достаточно высокой точностью оценить показатель VAM, как показал опыт Польши [10], однако в рамках применения в вузе не следует забывать об ограничениях, накладываемых на процесс формирования данных.

Выводы

Таким образом, в данной работе проанализированы существующие методы оценки эффективности, используемые для оценивания процесса обучения в учебных заведениях.

Рассмотрен метод VAM, использование которого позволяет оценить относительный вклад учебного заведения в подготовку обучающегося.

Предложен вид регрессионной модели для анализа добавочной образовательной стоимости студента вуза.

Список литературы

1. Студенческий портал Украины. Рейтинг ВУЗов: Лучшие ВУЗы Украины [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://mir-studenta.com/rejting-vuzov> (дата обращения 22.09.2015).
2. Ефимова В.В. Управление процессами [Текст]: учебн. пособие / В.В. Ефимова, М.В. Самсонова. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – С. 7-11.
3. Маглаперидзе А. Методология исследования возможностей повышения эффективности процессов КТТ [Текст] / А. Маглаперидзе, С. Попов, В. Храпкина // Теорія

і практика інтелектуальної власності. – 2009. – №2. – С. 60-65.

4. Анализ эффективности функционирования сложных систем [Текст] / В.Е. Кривоножко, А.И. Пропой, Р.В. Сеньков, И.В. Родченков, П.М. Анохин // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2-7.

5. Добряк В.С. Модель оценки компетентности преподавателей высшего учебного заведения на основе метода охвата данных / В.С. Добряк, М.С. Мазорчук // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2011. – №3(51). – С. 80-83.

6. Мазорчук М.С. Математическая модель построения рейтинга ВУЗов на основе метода обволакивающей поверхности [Текст] / М.С. Мазорчук, В.С. Добряк, М.А. Слепичева // Информационные технологии в управлении сложными системами: сб. докл. науч. конф., 24 июня 2011 г. – Д., 2011. – С. 382-385.

7. Corbett A.T. Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge [Text] / A.T. Corbett, J.R. Anderson. – UMUAI, 1994. – 4(4). – P. 253-278.

8. Cen H. Is Over Practice Necessary? – Improving Learning Efficiency with the Cognitive Tutor through Educational Data Mining. In Proc. [Text] / H. Cen, K. R. Koedinger, B. Junker. – AIED, 2007. – P. 511-518.

9. Pavlik P.I. Performance Factors Analysis – A New Alternative to Knowledge Tracing. In Proc. / P.I. Pavlik, H. Cen, K.R. Koedinger. – AIED, 2009. – P. 531-538.

10. Jakubowsky M. Implementing Value-Added Models of School Assessment. Working paper. Series/Report no.: EUI RSCAS; 2008/06; European Forum (2006-07), 2008. – 22 p.

11. Мильяник А.И. Додана освітня вартість. Польський досвід [Текст] / А.И. Мильяник // Вісник ТІМО: тестування і моніторинг в освіті. – 2011. – № 1. – С. 46-48.

12. Магнус Я.Р. Эконометрика. Начальный курс: Учеб. – 6- изд., перераб. доп. [Текст] / Я.Р. Магнус, П.К. Катыхиев, А.А. Пересецкий – М.: Дело, 2004. – 576 с.

Поступила в редколлегию 23.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук Р.М. Трищ, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ НА ОСНОВІ МЕТОДУ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

Н.С. Бакуменко

У даній статті розглядається можливість застосування регресійних методів аналізу для оцінки ефективності навчання у вищих навчальних закладах (ВНЗ). Для оцінювання рівня підготовки фахівців абсолютних оцінок може бути недостатньо, оскільки вони не відображають внесок навчального закладу в процес навчання. Важливим є оцінювання рівня знань та вмінь як на вході, при вступі до ВНЗ, так і по закінченню навчання. Оцінювання динаміки зміни показників навчальних досягнень та порівняння з даними інших ВНЗ дозволяє зробити висновки про рівень підготовки фахівців. У роботі пропонується використовувати модель, яка базується на методі регресійного аналізу.

Ключові слова: регресійний аналіз, модель додаткової оціночної вартості (VMA), ефективність функціонування, процес навчання, вищі навчальні заклади.

ASSESSMENT OF STUDENTS EDUCATION EFFICIENCY IN HIGHER SCHOOLS BASED REGRESSION ANALYSIS

N.S. Bakumenko

This article describes the main approaches and models for assessment of professional level of competence, and suggests criteria for evaluating the effectiveness of competencies. We propose a mathematical model for the staff selection based on the analysis of competencies prototypes. To substantiate consistent decision-making in the management of personnel proposed to use the concept of Pareto dominance. The problem under consideration belongs to the class of multiobjective optimization. To overcome the complexity of calculating the function criteria the fuzzy inference algorithm is used.

Keywords: regression analysis, the model value-added measure (VMA), effective functioning, the educational process, high schools.

УДК 681.324:623.618(06)

С.В. Дуденко, В.В. Калачова, С.В. Алексєєв, М.М. Колмиков

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

СТРУКТУРИЗАЦІЯ ВИДІВ ТЕСТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЇХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРИ РОЗРОБЦІ КОМПЛЕКСУ ПРОГРАМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНСТРУЮВАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ

Актуальною задачею, що стоїть як перед Харківським університетом Повітряних Сил (ХУПС), так і перед іншими вищими військовими навчальними закладами ЗС України, є підготовка висококваліфікованих військових фахівців. Одним з можливих шляхів її вирішення є якісне планування навчального процесу. Розклад навчальних занять є важливим інструментом процесу планування, який пов'язує в єдину систему різноманітні ланки й елементи навчання та регламентує навчальну роботу її учасників. Автоматизація процесу конструювання розкладу дозволяє уникнути багатьох помилок механічного характеру, суб'єктивізму розробника розкладу та значно скоротити час, відведений на цю процедуру. У зв'язку з цим в ХУПС в поточний період ведеться розробка комплексу програм автоматизованої системи конструювання розкладу навчальних занять. Одним із заключних етапів розробки комплексу має стати тестовий контроль якості створеного програмного продукту. Застосування окремих видів тестування та їх сукупне використання під час контролю якості створеного програмного забезпечення дає можливість досягти максимального рівня відповідності готового продукту вимогам замовника.

Ключові слова: розклад навчальних занять, якість програмного забезпечення, техніка тестування «чорного ящика» і «білого ящика», структурне та функціональне тестування.

Вступ

Постановка проблеми. Чітка організація навчального процесу у вищому військовому навчальному закладі є гарантом успіху підготовки висококваліфікованих військових фахівців та може бути досягнута лише при якісному його плануванні. Одним з найбільш відповідальних, трудомістких і складних завдань планування навчального процесу є складання семестрових розкладів навчальних занять (екзаменів). Трудомісткість завдання складання розкладу зумовлена участю багатьох представників різних ланок управління і забезпечення навчального процесу при підготовці, обробці і використанні великої кількості нормативної, навчальної, методичної документації та іншої інформації [1 – 3]. Тому великі часові витрати, помилки та суб'єктивізм – є тим неповним переліком недоліків, що змушує звертатися до наукоємних інформаційних технологій, які в змозі звести до мінімуму існуючі проблеми шляхом автоматизації процесу конструювання розкладу занять та створення відповідного комплексу програм.

Заключним етапом розробки комплексу програм автоматизованої системи конструювання розкладу є тестування на працездатність створеного програмного забезпечення (ПЗ). Метою тестового контролю є виявлення якомога більшої кількості помилок і недоліків ще до введення додатку в активну експлуатацію, з ціллю подальшого їх усунення та досягнення максимальної якості та оптимальності програмного коду.

Сьогодні на ринку програмного забезпечення присутня велика кількість програмних продуктів,

що реалізують процедуру тестування. Завдяки використанню в них різних видів тестування результати контролю якості теж різняться – програмний код має різний рівень оптимальності. У зв'язку з цим, питання аналізу особливостей різних видів тестування та їх структурування, відкривають шлях до обґрунтованого вибору одного з цих продуктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомості щодо впровадження новітніх інформаційних технологій у навчальний процес в вищих військових навчальних закладах ЗС України докладно розкрито в [1 – 3]. Основні види та методики тестування представлені в [4 – 6]. Основні принципи здійснення тестового контролю якості програмних продуктів наведено в [7 – 9].

Формулювання мети статті. Проведення аналізу особливостей різних видів тестування та їх структурування ставить на меті надання тестувальникам та розробникам комплексу програм автоматизованої системи конструювання розкладу занять можливості здійснення обґрунтованого вибору програмного засобу для проведення його тестування, який буде враховувати всі вимоги замовника та гарантує досягнення максимальної якості і оптимальності програмного коду.

Виклад основного матеріалу досліджень

Комплекс програм автоматизованої системи конструювання розкладу занять для ХУПС розробляється як клієнт-серверний додаток, який буде функціонувати у локальній мережі ВВНЗ. Його клієнтська частина реалізує графічний інтерфейс користу-

вача для внесення й обробки даних щодо визначених функціональних задач комплексу. Серверна частина представлена безпосередньо фізичною базою даних та СУБД, які забезпечують необхідний рівень надійності та функціональності.

Основними етапами створення комплексу програм автоматизованої системи конструювання розкладу занять є аналіз предметної області; вибір методів, алгоритмів, інструментальних засобів і технологій; розробка програмних модулів; перевірка функціонування та працездатності створеного програмного продукту шляхом тестування.

Процедура тестування представляє собою перевірку відповідності між реальною і очікуваною поведінкою програми, що здійснюється на кінцевому наборі тестів з метою виявлення в ній помилок. Після виправлення розробником дефекту, знайденого тестувальником в протестованому програмному продукті, має бути проведено повторне тестування, з метою підтвердження факту виправлення помилки та перевірки працездатності продукту після внесених змін.

За даними, опублікованим Національним інститутом стандартів (NIST 2002 RTI Project 7007.011), основна кількість помилок в продукті – 70%! – закладається на стадії вироблення вимог і побудові дизайну. А виявляються переважна більшість дефектів або в процесі тестування (близько 60%), або вже при експлуатації (21%). При цьому питома вартість виправлення дефектів швидко росте по мірі просування продукту до стадії експлуатації. Так, в статті "Software Defect Reduction Top 10 List", опублікованій в IEEE Computer, доведено, що вартість виправлення дефекту після введення системи в експлуатацію удвічі перевищує аналогічну вартість на стадії тестування продукту, і більш ніж в тисячу разів – в період вироблення вимог до продукту.

Всі існуючі види тестування (Т) програмного забезпечення за цілями їх проведення можуть бути класифіковані так, як представлено на рис. 1 [4 – 6].

Функціональне тестування проводиться за допомогою самого інтерфейсу програми, щоб проказати, що функції програми виконуються, вхідні дані сприймаються належним чином, вихідні дані генеруються правильно. Все це перевіряється безвідносно до внутрішньої логічної структури програми, тільки на підставі функціональних вимог до програмного продукту і вимог до окремих його властивостей. Тобто функціональне тестування виконується для перевірки конкретних вимог. Воно підходить для постійного процесу тестування, в якому кожна функція тестується після свого створення, а також постійно повторно тестується по ходу інтеграції нових функцій для виявлення регресійних помилок.

Класифікацію видів тестування програмного забезпечення можна проводити і за різними напрямками [7 – 9] (рис. 2). Компонентне (модульне), інтеграційне та системне тестування ПЗ відносять до тесту-

вання за ступенем ізольованості компонентів, яке характеризує також рівень тестування програмного продукту. Для модульного тестування характерним є здійснення перевірки мінімально можливого для тестування компоненту (наприклад, окремого класу або функції) самим розробником ПЗ. При інтеграційному ж тестуються інтерфейси між компонентами, підсистемами або системами. За наявності резерву часу на даній стадії тестування ведеться ітераційно, з поступовим підключенням подальших підсистем.



Рис. 1. Класифікація видів тестування за цілями

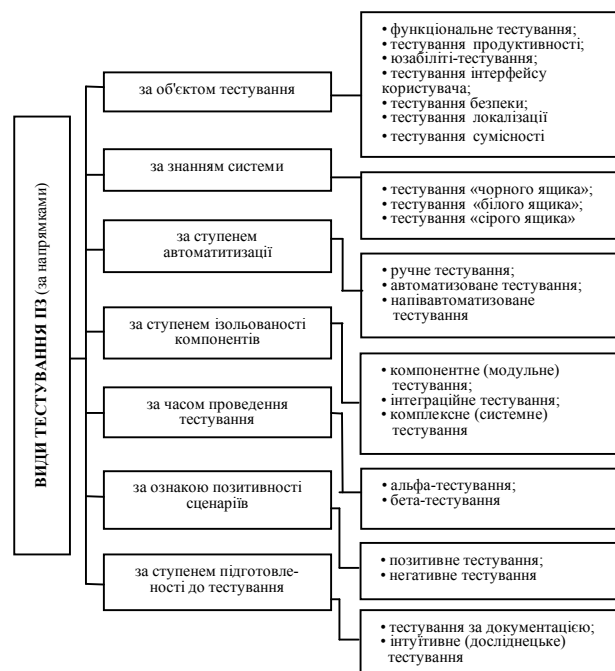


Рис. 2. Класифікація видів тестування за напрямками

Під час проведення комплексного (системного) тестування проводиться тестування всієї системи, яке дозволяє переконатися, що функціональні і нефункціональні вимоги дотримуються. Це тестування виконується всією командою, тобто в ньому беруть участь розробники, тестувальники і бізнес-аналітики. Воно може вважатися за «тестування перед прийманням замовником» і дозволяє гарантувати, що все працює

так, як треба. Бажано проводити комплексне тестування в середовищі, близькому до того, в якому система буде працювати. Альфа і бета-тестування відносяться до системного тестування. Альфа-тестування імітує реальну роботу з системою штатними розробниками або реальну роботу з системою потенційними користувачами (замовниками). Найчастіше альфа-тестування проводиться на ранній стадії розробки продукту, але в деяких випадках може застосовуватися і для закінченого продукту як внутрішнє приймальне тестування. Різновидами альфа-тестування є «димове», підтверджуюче, регресійне, прийомне тестування та тестування нової функціональності.

«Димові» тести використовуються в якості приймального тесту до запуску повноцінного тестування. Успішне проведення тестування цього виду дає деяку гарантію того, що система, що проходить тестування, не видасть катастрофічний збій. Під час здійснення регресійного тестування проводиться перевірка працездатності програмного продукту після внесених до нього після «димового» тестування змін, яка дозволяє переконатися, що, незважаючи на внесення цих змін (наприклад, виправлення помилок або додавання нової функціональності), старий код продовжує працювати - виправлення помилки, не привело до нових помилок. Набори регресійних тестів по можливості має сенс автоматизувати.

При застосуванні бета-тестування в деяких випадках виконується розповсюдження попередньої версії (у разі пропріетарного програмного забезпечення іноді з обмеженнями по функціональності або часу роботи) для групи осіб з тим, щоб переконатися, що продукт містить достатньо мало помилок. Іноді бета-тестування виконується для того, щоб отримати зворотній зв'язок про програмний продукт від його майбутніх користувачів. Часто для вільного/відкритого ПЗ стадія альфа-тестування характеризує функціональне наповнення коду, а бета-тестування стадію виправлення помилок. При цьому, як правило, на кожному етапі розробки проміжні результати роботи доступні кінцевим користувачам.

При тестуванні функціональної поведінки програми найчастіше звертаються до техніки "чорного ящика" (текст програми закритий для користування), під час застосування якої відбувається перевірка відповідності поведінки програми її зовнішній специфікації. Критерієм повноти тестування за цією технікою є перебір можливих значень вхідних даних. При структурному ж тестуванні програма розглядається як "білий ящик" (тобто її текст відкритий для користування) і тестування коду проводиться з ціллю з'ясування логіки і коректності роботи його з погляду компілятора тієї мови, на якому вона складалася.

Техніка "сірого ящика" об'єднує методологію "чорного" та "білого ящиків" в єдине ціле. Вона включає знання внутрішніх структур даних та алгоритмів, які використовуються для створення тестів, але тестування виконується на рівні користувача або

"чорного ящика". Тут тестувальник складає більш ефективні тести, тому що знає, як компоненти, які лежать в основі, працюють та взаємодіють один з одним. Типовими прикладами тестів, виконаних за цією технікою, є дослідження граничних умов та повідомлень про помилки.

Техніки тестування «білого і чорного ящиків» припускають, що код виконується, а різниця полягає лише в тій інформації, якою володіє тестувальник. У обох випадках це динамічне тестування. При статичному тестуванні програмний код не виконується – аналіз програми відбувається на основі початкового коду, який вичитується вручну, або аналізується спеціальними інструментами. В деяких випадках аналізується не початковий, а проміжний код (такий як байт-код або код на MSIL).

Якщо є потрібність в перевірці продуктивності програмного продукту, має сенс перейти до тестування навантаження, метою якого є перевірка роботи системи з максимальним його значенням. Тестування навантаження зазвичай виконується в контрольованому лабораторному середовищі, що дозволяє проводити точну оцінку в умовах, що повторюються, але також може виконуватися в «польових» умовах, щоб отримати кількісну оцінку продуктивності системи в «реальному світі».

Іноді найбільший ефект від тестування досягається шляхом застосування такого його різновиду як дослідницьке (пошукове, інтуїтивне) тестування, проводячи яке тестувальник не має конкретних тестових сценаріїв, а тестує головним чином для того, щоб досліджувати можливості програмного забезпечення і виявити невідомі помилки. Тут метою є дізнатися і зрозуміти програмне забезпечення і його можливості. В ході цього виду тестування тестувальник також намагається продумати всі можливі сценарії, в яких можуть виникнути збої. Дослідницьке тестування є тим єдиним типом тестування, яке допомагає виявити помилки, які мають високі шанси залишитися непоміченими при використанні інших стратегій тестування.

Спроба підвищити швидкість проведення тестувальних робіт, збільшити вірогідність виявлення дефектів та знизити собівартість тестування напругу зв'язана з автоматизацією цього процесу. Тому ручне та напівавтоматичне тестування має сенс застосовувати лише для перевірки роботи програмних додатків з невеликим обсягом програмного коду, а в інших випадках треба звертатися до автоматизованих тестів.

Висновки

Проведений аналіз існуючих видів тестування та їх структурування дали можливість сформулювати перелік контрольних заходів для перевірки працездатності комплексу програм автоматизованої системи конструювання розкладу занять, що розробляється в Харківському університеті Повітряних Сил. Була доведена доцільність застосування більшості з

наведених видів тестування під час контролю якості розробленого програмного продукту. Таким чином, можна стверджувати, що застосування різних видів тестування є гарантією того, що готовий продукт буде відповідати вимогам замовника або перевершувати їх. Жоден вид тестування не дозволяє поодинокі отримати повний контроль працездатності програмного продукту. Тільки сукупне використання декількох видів тестування допомагає команді розробників і зацікавленим особам отримати високий рівень якості всього проекту. Тести можуть записуватися як вручну, так і автоматично. У будь-якому випадку тести повинні повторюватися, щоб можна було оцінювати прогрес і покращення в ході розробки. Також слід прагнути до високого ступеня автоматизації і використовувати ручне тестування лише там, де має найбільший сенс використовувати людську оцінку і інтерпретацію.

Список літератури

1. Біла книга 2012. ЗС України. – К. Видання МОУ, 2013. – 78 с.
2. Наказ Міністра освіти України від 02.06.1993 р. №161 "Про затвердження положення про організацію навчального процесу у вищих навчальних закладах".
3. "Інструкція про організацію освітньої діяльності у вищих військових навчальних закладах Збройних Сил України та військових навчальних підрозділах вищих навчальних закладів України", затверджена наказом Мініс-

тра освіти і науки України та Міністра оборони України від 13.04.2005 р. № 221/217.

4. Гленфорд Майерс. Искусство тестирования программ, 3-е издание = *The Art of Software Testing, 3rd Edition* / Гленфорд Майерс, Том Баджетт, Кори Сандлер. – М.: «Диалектика», 2012. – 272 с. – ISBN 978-5-8459-1796-6.

5. Лайза Криспин. Гибкое тестирование: практическое руководство для тестировщиков ПО и гибких команд = *Agile Testing: A Practical Guide for Testers and Agile Teams* / Лайза Криспин, Джанет Грегори. – М.: «Вильямс», 2010. – 464 с. – (Addison-Wesley Signature Series). – 1000 экз. – ISBN 978-5-8459-1625-9.

6. Канер Кем. Тестирование программного обеспечения. Фундаментальные концепции менеджмента бизнес-приложений / Канер Кем, Фолк Джек, Нгуен Енг Кек. – К.: ДиаСофт, 2001. – 544 с. – ISBN 9667393879.

7. Калбертсон Роберт. Быстрое тестирование / Калбертсон Роберт, Браун Крис, Кобб Гэри. – М.: «Вильямс», 2002. – 374 с. – ISBN 5-8459-0336-X.

8. Сеницын С.В. Верификация программного обеспечения / С.В. Сеницын, Н.Ю. Налютин. – М.: БИНОМ, 2008. – 368 с. – ISBN 978-5-94774-825-3.

9. Бейзер Б. Тестирование чёрного ящика. Технологии функционального тестирования программного обеспечения и систем / Б. Бейзер. – СПб.: Питер, 2004. – 320 с. – ISBN 5-94723-698-2.

Надійшла до редколегії 20.08.2015

Рецензент: д-р фіз.-мат. наук, проф. С.В. Смеляков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

СТРУКТУРИЗАЦИЯ ВИДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ И АНАЛИЗ ИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ

С.В. Дуденко, В.В. Калачева, С.В. Алексеев, М.Н. Колмыков

Актуальной задачей, которая стоит как перед Харьковским университетом Воздушных Сил (ХУВС), так и перед другими высшими военными учебными заведениями Вооруженных Сил Украины, является подготовка высококвалифицированных военных специалистов. Одним из путей ее решения является качественное планирование учебного процесса. Расписание занятий является важным инструментом процесса планирования, который связывает в единственную систему разнообразные звенья и элементы процесса обучения и регламентирует учебную работу ее участников. Автоматизация процесса конструирования расписания позволяет избежать многих ошибок механического характера, субъективизма разработчика расписания и значительно сократить время отведенное на эту процедуру. В связи с этим в ХУВС в текущий период ведется разработка комплекса программ автоматизированной системы конструирования расписания учебных занятий. Одним из заключительных этапов разработки комплекса должен стать тестовый контроль качества созданного программного продукта. Применение отдельных видов тестирования, а также совместное их использование во время проверки качества созданного программного обеспечения дает возможность достичь максимального уровня соответствия готового продукта требованиям заказчика.

Ключевые слова: расписание учебных занятий, качество программного обеспечения, техника тестирования «черного ящика» и «белого ящика», структурное и функциональное тестирование.

STRUKTURIZATION OF TESTING TYPES AND THEIR FEATURES ANALYSIS FOR DEVELOPMENT OF THE EMPLOYMENTS CURRICULUM CONSTRUCTING OF AUTOMATED SYSTEM PROGRAMS COMPLEX

S.V. Dudenko, V.V. Kalachova, S.V. Aleksyeyev, M.M. Kolmykov

Actuality task, which stands both before the Kharkov university of Aircrafts and before other higher soldiery educational establishments of Military Powers of Ukraine, is preparation of highly skilled soldiery specialists. One of ways of its decision is the high-quality planning of educational process. A curriculum of employments is the important instrument of planning process which binds in the unique system various links and elements of teaching process and regulates educational work of its participants. Automation of process of constructing of time-table allows to avoid many errors of mechanical character, subjectivism of developer of time-table and considerably to shorten time taken on this procedure. In this connection in KHUVS development of complex of the programs of the automated system of constructing of curriculum of lessons is conducted in a current period. Test control of quality of the created software product must one of final design of complex times become. Application of separate types of testing, and also their sharing during test of quality of the created software enables to attain the maximal level of conforming to of the prepared product the requirements of customer.

Keywords: curriculum of lessons, quality of software, technique of testing of «black box» and «white box», structural and functional testing.

УДК 004.9

Д.С. Мироненко

ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», Маріуполь

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ С МНОГОУРОВНЕВОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

В статье рассмотрена многоуровневая архитектура автоматизированной системы тестирования знаний студентов, описан механизм удаленного доступа к данным на основании технологии DataSnap, приведены возможности разработанной информационной технологии и преимущества от её использования в учебном процессе университета.

Ключевые слова: тестирование, архитектура, технология DataSnap, клиент, компонент, сервер приложений.

Введение

Постановка проблемы. На сегодняшний день перед высшими учебными заведениями Украины стоит актуальная задача повышения качества подготовки специалистов [1]. Основополагающими причинами являются: уменьшение количества абитуриентов (демографический спад), конкурентная борьба между вузами, а также ориентация системы образования на сближение с европейскими стандартами, в которых особое внимание уделяется вопросам контроля качества высшего образования.

Повышение качества возможно при условии использования инновационных форм преподавания и контроля успеваемости студентов. На кафедре «Компьютерные науки» ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет» широкое распространение получили тестовые методы оценки качества знаний. Компьютерное тестирование применяется для решения широкого спектра задач [2]:

- тестирование и контроль знаний студентов по различным дисциплинам;
- проведение тестов на кураторских часах (психологических, социологических, логических, выявление точек зрения группы студентов);
- проведение переаттестаций сотрудников по охране труда;
- определение уровня подготовки учащихся школ по ряду дисциплин и психологических тестов, в том числе профориентационных (выбор профессии);
- проведение опросов на конкурсах, конференциях и олимпиадах, проводимых кафедрой;
- контроль теоретических знаний и практических навыков преподавателей колледжей, приобретенных ими в процессе повышения квалификации;
- контроль знаний студентов заочной и дистанционной форм обучения.

Указанные задачи, а также количество респондентов (студентов), обуславливают необходимость разработки автоматизированной системы тести-

рования знаний (АСТЗ). АСТЗ позволит быстро, объективно и точно производить оценивание результатов процесса обучения у больших групп студентов, анализировать результаты тестирования для получения представления о знаниях конкретного студента или группы в целом.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследования в области автоматизации тестирования знаний направлены на: разработку методик управления качеством тестового контроля знаний [3 – 5], анализу опыта использования АСТЗ [6 – 10], структуре (архитектуре) распределенных автоматизированных обучающих и тестирующих систем [11 – 12].

Цель статьи – установить актуальность автоматизации процесса тестирования знаний студентов; обосновать выбор многоуровневой архитектуры АСТЗ и дать характеристику организации удаленного доступа к данным на основании технологии DataSnap; провести исследование преимуществ от использования разработанного приложения в учебном процессе.

Изложение основного материала

Выбор архитектуры АСТЗ обусловлен организацией проведения контрольных мероприятий (тестирования) и спецификой доступа к компьютерам пользователей системы (преподавателей и студентов).

Пополнение банков тестовых заданий по дисциплинам преподаватели осуществляют посредством стационарных компьютеров, находящихся на кафедре или в компьютерных аудиториях университета, а также при помощи портативных устройств (личные ноутбуки, нетбуки и т.п.), подключающихся к intranet сети университета посредством Wi-Fi точек доступа.

Таким образом, преподаватель с любого из вышеперечисленных устройств имеет доступ к инструментам назначения тестирования или редактора вопросов, при прохождении соответствующей авторизации.

Тестирование может проходить как во время занятий, так и после занятий в удобное для студентов время. Студентам предоставляется три попытки для сдачи теста. Конечная оценка ставится либо как средний балл по всем результативным попыткам, либо по максимальному баллу. Компьютерные аудитории территориально удалены друг от друга (находятся в разных корпусах университета). То есть доступ студентов к АСТЗ обеспечивается с любого компьютера подключенного к intranet сети университета. При этом студент должен входить в АСТЗ под персональным именем и паролем.

В целом в один и тот же момент времени одновременно могут проходить тестирование по отдельным дисциплинам, редактирование перечня вопросов по другим, просмотр и печать результатов тестирования, анализ ответов на вопросы. Наличие большого числа удаленных клиентов (студентов и преподавателей) делает традиционные схемы (файл-серверные, клиент-серверные) малоэффективными.

Для реализации данных бизнес процессов была выбрана многоуровневая (multi-tier) архитектура многопользовательского приложения [13]. Суть многоуровневой архитектуры в том, что помимо сервера баз данных и приложений-клиентов дополнительно присутствует сервер приложений. На рис. 1 представлены три уровня архитектуры: уровень данных, бизнес уровень, уровень представления данных.

Уровень данных отвечает за хранение данных. В лаборатории компьютерных сетей кафедры выделен отдельный ПК, на котором установлен активный SQL-сервер – FireBird 2.0. Клиентские ПК непосредственно не имеют никакой связи с этим уровнем.

Бизнес-уровень предназначен для получения данных с уровня данных, выполнения основных манипуляций с данными, и служит посредником между клиентами и уровнем данных. На этом уровне находятся сервера приложений.

Уровень представления данных находится на клиентских ПК, на нем полученные данные отображаются в компонентах вывода.

АСТЗ разрабатывалась в EmbarcaderoRAD Studio XE2, среда разработки Delphi XE2. Для организации многоуровневой архитектуры использовалась технология Data Snap (в старых версиях Delphi эта технология называлась MIDAS–Multi-tier Distributed Applications Services – Серверы многозвенных распределенных приложений) [14]. Выбор данной технологии обусловлен следующими преимуществами.

Централизованная бизнес-логика. Сегодня учебный процесс в университете – это сложная динамическая система, в которой либо появляются новые бизнес-процессы, либо старые претерпевают изменения. В обычных файл-серверных или клиент-серверных приложениях, бизнес-логика располагается в клиентском приложении. При необходимости

изменения каких-то правил, необходимо переделывать клиентское приложение, затем распространить его на все клиентские ПК. В трехзвенном приложении эта бизнес-логика хранится на уровне сервера приложений, и при ее изменении клиенты сразу получают возможность работать по новым правилам, так как изменения проводятся только на одном компьютере.

Архитектура «тонкого» клиента. Массовое тестирование студентов требует именно «тонкого» клиента, когда на рабочей станции не нужно устанавливать никакого специального программного обеспечения. Например, если тестирование должны пройти одновременно 100 пользователей, то необходимо предварительно установить на 100 компьютеров клиентскую часть СУБД, необходимые библиотеки и настроить подключение к удаленной базе данных. В многозвенной архитектуре механизмы доступа к данным располагаются на сервере приложений. Только там нужно устанавливать эти драйверы, клиентские же машины не нуждаются в них. Такой подход не только облегчает распространение приложений, но и позволяет в качестве клиентских ПК использовать не дорогие компьютеры (что для университета также является актуальным).

Возможность подключения большого количества клиентов.

Модель «портфеля» (brief case model), которая подразумевает возможность отложенной обработки данных. К примеру, если преподавателю необходимо в выходные дни подготовить вопросы для контрольного тестирования по некоторой дисциплине, то для этой работы придется прибыть в университет, иначе он не сможет получить доступа к данным. В многоуровневой модели имеется возможность сохранить на переносном ПК все необходимые данные в виде локального файла. Дома можно загрузить этот файл, и провести необходимую работу с данными. Затем, прибыв в университет, можно перенести эти изменения в реальную базу данных.

Снижение трафика сети. Низкие требования к скорости канала между клиентскими ПК и серверами приложений. За счет возможности отложенной обработки данных значительно снижается нагрузка на сеть. АСТЗ позволяет обеспечить все необходимые функциональные возможности для разработки тестовых заданий, организации проведения индивидуального и массового тестирования, адекватно оценить уровень подготовки студентов, прошедших тест, оценить качество самого теста, а также отдельных тестовых заданий (рис. 2).

Пользователями АСТЗ являются преподаватели, студенты и администратор системы. Разработано два сервера приложений: сервер приложений преподавателя, сервер приложений студента и три клиентских приложения: АРМ «Студент», АРМ «Пре-

подаватель», АРМ «Администратор». АРМ «Администратор» и АРМ «Преподаватель» используют один сервер приложений преподавателя, так как администратором системы является преподаватель кафедры, но с дополнительными полномочиями. Для этого в АРМ «Администратора» предусмотрены расширенные функциональные возможности, к примеру, регистрация новых групп студентов, регистрация преподавателей, управление правами, закрепление предметов за преподавателями и т.д. Функциональные возможности соответствующих АРМ представлены на рис. 2.

Механизм удаленного доступа к данным в АСТЗ на основании технологии DataSnap

Серверы приложений инкапсулируют большую часть бизнес-логики распределенного приложения и обеспечивают доступ клиентов к базе данных. Основной частью серверов приложений является удаленный модуль данных (Remote Data Module). Он является платформой для размещения не визуальных компонентов доступа к данным и компонентов-провайдеров (рис. 3). Размещенные на нем компоненты соединений, транзакций и компоненты, ин-

капсулирующие наборы данных, обеспечивают трехзвенное приложение связью с сервером БД.

Для передачи данных между серверами приложений и клиентами используется интерфейс IApp Server, предоставляемый удаленным модулем данных. IApp Server интерфейс использует компоненты-провайдеры TData Set Provider на стороне сервера и компоненты TClient Data Set на стороне клиента. Каждому набору данных (таблице, запросу), предназначенному для передачи клиентам, поставлен в соответствие один компонент TData Set Provider.

Обмен данными между сервером приложений и «тонкими» клиентами обеспечивается динамической библиотекой Midas.dll, которая зарегистрирована на компьютерах серверов приложений. Windows автоматически загружает сервер приложений, когда начинает работать клиент.

Все клиентские соединения используют единый экземпляр сервера (Instancing-Multiple Instance). Соединение распределяется по отдельным потокам, для каждого клиента создается собственный поток (Threading Model-Apartment). Данный тип соединения представлен на рис. 4.

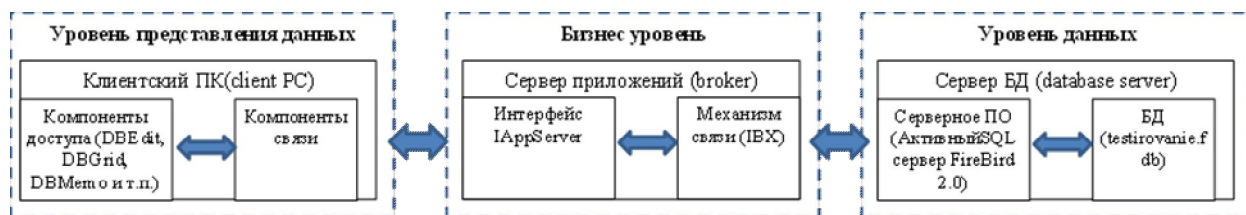


Рис. 1. Трехуровневая модель

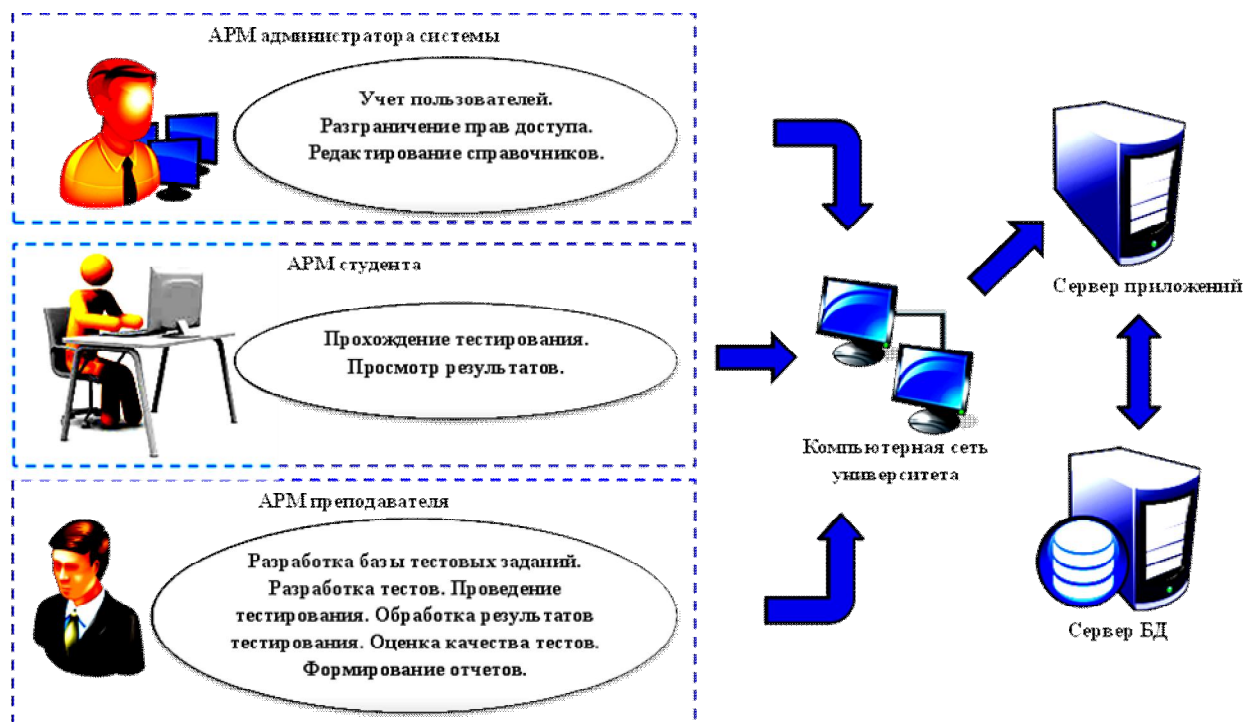


Рис. 2. Структура АСТЗ

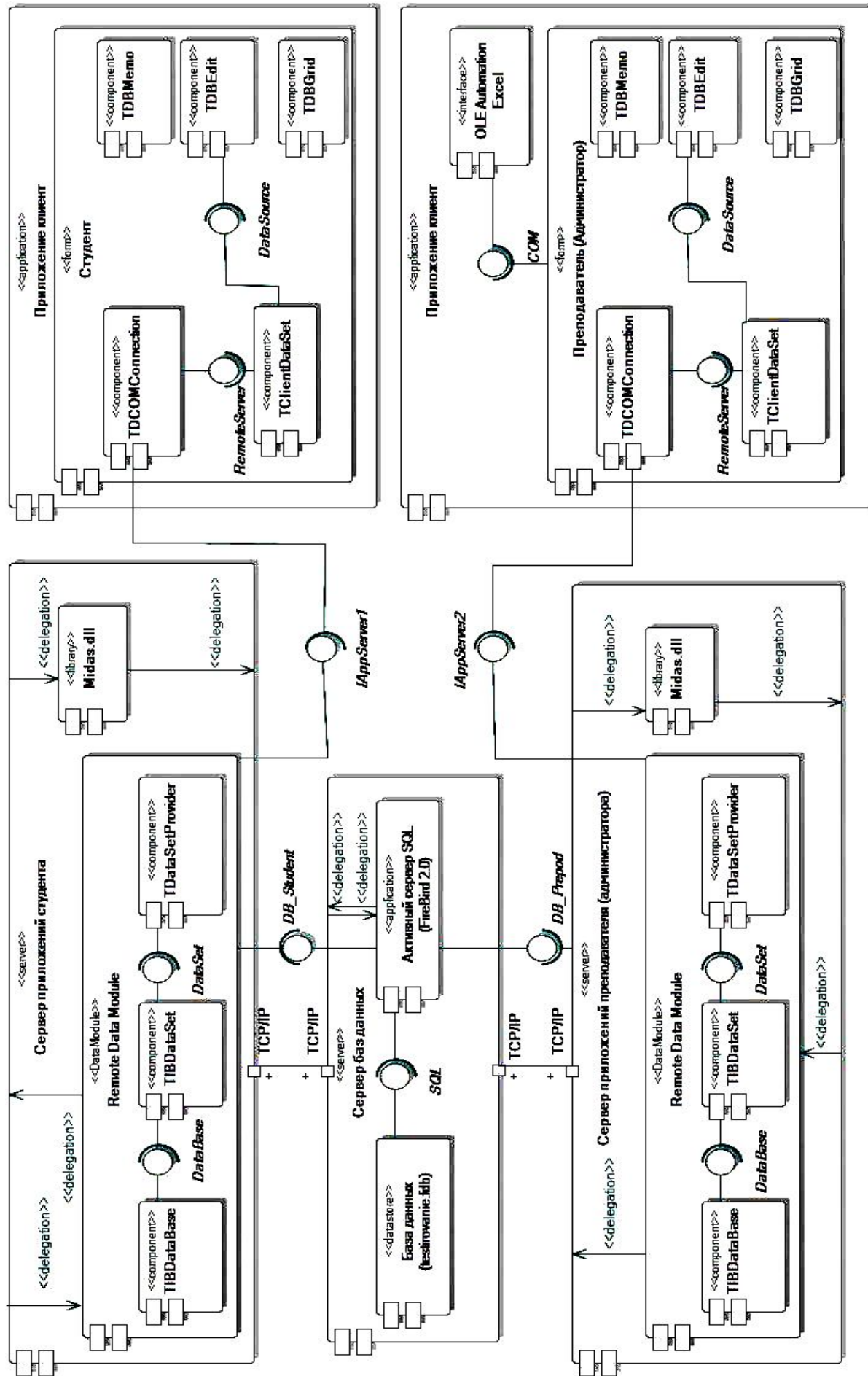


Рис. 3. Диаграмма компонентов АСТ3

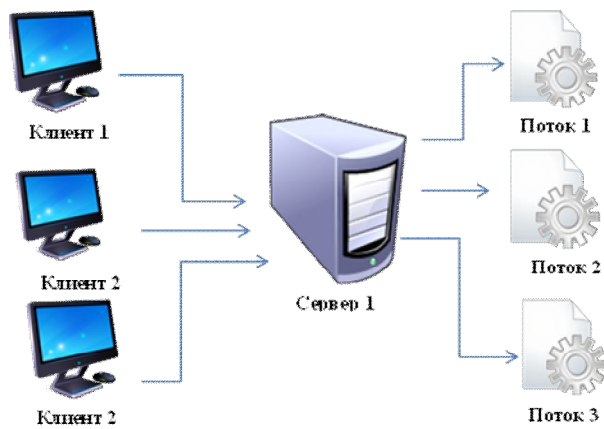


Рис. 4. Поведение сервера приложений

Для передачи пакетов данных между компонентом-провайдером и клиентским набором данных (между клиентом и сервером) существует транспортный канал, обеспечивающий физическую передачу данных. В АСТЗ для организации транспорта в рамках локальной сети организован транспорт посредством компонента TDCOM Connection на основе технологии Distributed Component Object Model (DCOM) – распределенной компонентной модели объектов. Компонент TDCOM Connection обеспечивает базовую защиту и аутентификацию, используя стандартную реализацию соответствующих служб в Windows. В рамках технологии DCOM используется раннее связывание, а также обратные вызовы и компоненты Connection Points.

Серверы приложений взаимодействует с сервером БД, используя технологию Inter Base Express (IBX) доступа к данным. В качестве активного SQL сервера был выбран – FireBird 2.0.

Выбор FireBird обусловлен тем, что он абсолютно бесплатен, не требователен к ресурсам, компактен, имеет многоверсионную архитектуру (параллельная обработка оперативных и аналитических запросов), может поддерживать работу одновременно нескольких сотен пользователей. В Firebird очень сильный блок программирования на стороне сервера – мощная языковая поддержка для хранимых процедур и триггеров на языке PSQL. Для администрирования баз данных Firebird предназначен удобный инструмент – IBExpert, который распространяется бесплатно для жителей стран СНГ.

Использование АСТЗ в учебном процессе

В настоящее время в АСТЗ разработано порядка 210 тестов, с которыми работают пять преподавателей кафедры, на сегодня протестировано 1060 студентов. Данные показатели постоянно растут. АСТЗ предполагает проведение контрольных мероприятий в процессе всего срока обучения студентов.

В начале обучения или семестра проводятся входные контроли, которые определяют уровень подготовки студентов по изучаемым дисциплинам естественнонаучного и профессионального циклов.

Автоматизированный анализ результатов в АСТЗ даёт возможность преподавателю определить педагогический подход к каждой студенческой группе и даже к каждому студенту.

Рейтинговые контроли проводятся при переходе от одной темы к другой или от одного учебного модуля к другому. Многие преподаватели проводят данные тестирования в конце занятий или при защите лабораторных работ. Сводные отчеты АСТЗ позволяет выявить темы, понимание которых у студентов вызвало затруднения. В результате преподаватель имеет возможность оперативно провести дополнительные занятия для снятия возникших вопросов и непонимания темы.

Модульные контрольные работы проводятся перед аттестациями и состоят в проверке учебной деятельности студентов по освоению сравнительно большего объема материала. Полученные оценки влияют на выставление «автомата» по экзамену.

Изучение дисциплины курса заканчивается, как правило, итоговым тестированием, результаты которого по решению кафедры могут быть приняты как соответствующие «зачету» или «удовлетворительной» экзаменационной оценке. В этом случае вопрос о более высокой оценке знаний студента решается на экзамене.

АСТЗ дает возможность преподавателю не только сэкономить время при проверке результатов тестирования студентов, но и провести расширенный их анализ. Сегодня аналитический аппарат системы позволяет получить статистические данные по правильным и неправильным ответам. По каждому вопросу теста можно узнать количество студентов, которые получили данный вопрос на тестировании, сколько из них ответили правильно или допустили ошибку. Результаты выражены в числовом и процентном отношении. Это позволяет проанализировать, какие вопросы или темы стоит углубленно проработать на занятиях, а какие не вызывают затруднений.

Обработка результатов тестирования представляется в виде различных форм отчетности (в аналитическом и графическом виде), с возможностью экспорта данных в различные форматы (.pdf, .xlsx, .rtf, .docx).

Выводы

Анализ форм повышения качества преподавания и контроля успеваемости студентов в высшей школе показал, что использование современных информационных технологий для автоматизации тестирования знаний является актуальной задачей.

Разработана автоматизированная система тестирования знаний студентов в среде разработки Delphi XE2. Установлено, что наиболее приемлемой архитектурой для АСТЗ студентов является трёхзвенная архитектурная модель программного комплекса, предполагающая наличие в нём трёх компо-

ентов: клиентского приложения, сервера приложения и сервера баз данных.

Обоснованы преимущества данной технологии, основными из них являются: централизованная бизнес-логика, архитектура «тонкого» клиента, модель «портфеля», снижение трафика сети и возможность подключения большого количества клиентов.

Приведена диаграмма компонентов АСТЗ, которая показывает разбиение программной системы на структурные компоненты и связи (зависимости) между компонентами. Рассмотрен механизм доступа к удаленным данным на базе технологии DataSnap, для чего описана организация сервера приложений и клиентского приложения, показаны преимущества организации сервера баз данных на основе СУБД FireBird 2.0.

Показаны возможности и преимущества от использования АСТЗ в учебном процессе, которые дают возможность преподавателю не только сэкономить время при проверке результатов тестирования студентов, но и провести расширенный их анализ.

Список литературы

1. Мельникова И.Н. Управление качеством подготовки специалистов в системе работы заведующего кафедрой / И.Н. Мельникова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 2 (151). – С. 163-168.
2. Нагаева И.А. Организация электронного тестирования: преимущества и недостатки / И.А. Нагаева // Интернет-журнал «Науковедение». – 2013. – №5 (18). [Электронный ресурс]. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/11Irvn513.pdf> (дата обращения 10.03.2015).
3. Різун Н.О. Методика розробки автоматизованої системи управління якістю тестового контролю знань / Н.О. Різун, Ю.К. Тараненко // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Х.: НТУ "ХПІ". – 2010. – № 31. – С. 145-152.
4. Белоус Н. Методика определения качества тестовых заданий, оцениваемых по непрерывной шкале / Н. Белоус, И. Куцевич, И. Белоус // International Book Series "Information Science and Computing". The paper is selected from XV th International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution". – Kyiv, 2009. – С. 127-133.
5. Максимова О.А. Технология комплексной экспертизы качества тестовых материалов для контроля учебных достижений обучающихся / О.А. Максимова //

Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2008. – № 10. – С. 140-146.

6. Шеханов Г.В. Автоматизированная система контроля знаний по математическому моделированию / Г.В. Шеханов // Молодой ученый. – 2015. – №11. – С. 461-464.

7. Юдалевич Н.В. Использование автоматизированных систем тестирования при работе со студентами / Н.В. Юдалевич // Ярославский педагогический вестник. Серия «Психолого-педагогические науки». – 2010. – № 2. – С. 163-166.

8. Федосова И.В. Классификация и анализ современных систем дистанционного обучения / И.В. Федосова, Д.С. Мироненко, С.В. Алёшин // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУ ПС, 2015. – Вип. 2(43). – С. 199-203.

9. Скоробогатов С.Ю. Автоматизированная система для проведения практических занятий по программированию / С.Ю. Скоробогатов // Инженерный журнал: наука и инновации: Электронное научно-техническое издание. – 2014. – №11 (35). [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/1330.html> (дата обращения 02.10.2015).

10. Алыкова А.Л. Особенности автоматизированного тестирования знаний студентов в области программирования / А.Л. Алыкова // Вестник ИГЭУ. – 2005. – №4. – С. 4-8.

11. Прончев Г. Б. Автоматизированная информационная система контроля знаний удаленного доступа / Г.Б. Прончев, Н.Г. Прончева, А.В. Гришков // Молодой ученый. – 2011. – №12. – Т.1. – С. 95-99.

12. Автоматизована система тестування, навчання та моніторингу. Пат. 43616 Україна: МПК G09B 7/00 / В.Д. Ціделко, Н.А. Яремчук, В.В. Шведова. Замовник та патентовласник: Національний технічний університет України "КПІ". – № 200902620, заявл. 23.03.2009, опубл. 25.08.2009, Бюл №16, 2009.

13. Eckerson Wayne W. Three Tier Client/Server Architecture: Achieving Scalability, Performance, and Efficiency in Client Server Applications / Wayne W. Eckerson // Open Information Systems. – 1995. – Vol. 10, no 1. – 3(20).

14. Data Snap Overview and Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://docwiki.embarcadero.com/RADStudio/XE7/en/DataSnap_Overview_and_Architecture (дата обращения 10.03.2015).

Поступила в редколлегию 6.10.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Гулаков, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ, ЯКА МАЄ БАГАТОРІВНЕВУ АРХІТЕКТУРУ

Д.С. Міроненко

У статті розглянута багаторівнева архітектура автоматизованої системи тестування знань студентів, описано механізм віддаленого доступу до даних на підставі технології DataSnap, наведені можливості розробленої інформаційної технології та переваги від її використання в навчальному процесі університету.

Ключові слова: тестування, архітектура, технологія DataSnap, клієнт, компонент, сервер додатків.

AUTOMATED SYSTEM FOR TESTING KNOWLEDGE OF STUDENTS WITH MULTITIER ARCHITECTURE

D.S. Mironenko

The article discusses the multi-tier architecture of automated system for testing knowledge of students, describes the mechanism of remote data access on the basis of DataSnap technology, describes the capability of information technology and the advantages from its use in the educational process of the university.

Keywords: testing, architecture, technology DataSnap, client, component, application server.

УДК 808.5:355

Т.О. Чернишова

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ДОЦІЛЬНІСТЬ УПРОВАДЖЕННЯ КУРСУ РИТОРИКИ В ПІДГОТОВКУ МАЙБУТНІХ ОФІЦЕРІВ

Статтю присвячено обґрунтуванню доцільності впровадження курсу риторики у підготовку майбутніх офіцерів. Доведено, що риторична освіченість стає важливою частиною загальної культури сучасної людини. Висвітлено особливості комунікативної компетентності офіцера в межах сучасного компетентнісного підходу до професійної військової підготовки. Накреслено ті мовленнєві компетенції, яких набуває майбутній офіцер під час вивчення навчальної дисципліни «Риторика». Охарактеризовано риси індивідуального ораторського стилю, який має виробити офіцер.

Ключові слова: риторика, риторична освіченість, комунікативна компетентність, ораторський стиль.

Вступ

Актуальність проблеми. Спалах риторичної активності в українському соціумі, який спостерігається ще з кінця ХХ століття та обумовлений складними процесами становлення й розвитку незалежної держави, позначився на переоцінці ролі риторики в системі вищої освіти. За словами першого в незалежній Україні професора-ритора з Київського національного університету імені Т.Г. Шевченка Г. Сагач, сьогодні «на повен зріст постала проблема підвищення якості освіти, перш за все за рахунок кардинальної зміни у ставленні до базових класичних наук давнього тривіуму, до якого належала риторика – наука і мистецтво публічної переконуючої комунікації, що становить фундамент професіоналізму вчителя, політика, юриста, дипломата, журналіста, менеджера та багатьох інших гуманітарних кадрів нової України: людей, які діють словом, – homo verbo agens (лат.)» [5, с. 16]. Риторична освіченість стає важливою частиною загальної культури сучасної людини, оскільки в інформатизованому суспільстві зростає кількість і популярність професій із посиленою комунікативною відповідальністю. Повноцінної і відповідної до вимог часу риторичної освіченості вимагають управлінська, дипломатична, юридична, наукова, освітянська й багато інших галузей. Важко назвати професії, де б майстерне володіння словом як універсальним інструментом думки і переконання було непотрібним, проте в багатьох галузях інтелектуальної діяльності (насамперед у педагогіці, юстиції, політиці, менеджменті тощо) це стає визначальною запорукою професійного успіху та обов'язковим атрибутом іміджу інтелігентного і компетентного фахівця.

Аналіз останніх джерел та публікацій. Інтерес до процесу викладання риторики у вищих навчальних закладах виявляли відомі українські науковці-ритори С. Абрамович, Ф. Бацевич, Н. Голуб, Г. Клімова, Т. Космеда, З. Куньч, Л. Мацько, О. Олійник, Г. Онуфрієнко, М. Требін та інші, чий вагомий внесок до розвитку досліджуваної галузі знань є базовим для їхніх наступників. До проблеми формування професійної

компетентності майбутніх фахівців у процесі навчання у вищому навчальному закладі звертаються І. Бондаренко, Н. Босак, М. Васильєва, С. Вітвицька, О. Вознюк, Л. Голованчук, І. Дроздова, О. Дубасенюк, А. Журавльова, Л. Карпова, С. Козак, М. Левківський, О. Мамчич, А. Маркова, Г. Мельниченко, Г. Мухамедзянова, О. Палій, Л. Петровська, О. Пометун, Л. Пуховська, С. Савельєва, Н. Саєнко, С. Сисоєва, Н. Талізінна, Л. Шевчук. Поняття комунікативної компетентності розглядаються в роботах О. Бодальова, Ю. Ємельянова, В. Кан-Калика, О. Киричука, Я. Коломинського, О. Крилова, Н. Кузьміної, І. Ладанова, А. Панфілової, В. Слатьоніна, В. Семіченко, Н. Тарасевич, Т. Яценко та ін.

Метою даною розвідки є обґрунтування доцільності впровадження курсу риторики у підготовку військових фахівців.

Виклад основного матеріалу

Ораторське мистецтво в усі часи визнавалося необхідною і складною творчістю, вважалося навіть «царицею мистецтв», таким сильним був його вплив на вирішення державних справ, на розум людей. «Заговори, щоб я тебе побачив», – виголосив колись Сократ, і вже протягом століть його висловлення не втрачає своєї актуальності. Адже самоідентифікація індивіда відбувається саме через мову; вміння володіти словом та формулювати думку є найціннішим умінням homo sapiens. Взагалі з давніх часів в українській освітній системі риторика була однією з основних гуманітарних дисциплін, зокрема Києво-Могилянська риторична школа виховала цілу плеяду риторів світового рівня: Є. Славинецького, Ф. Прокоповича, С. Яворського, Д. Туптала, Й. Галятовського, І. Гізеля, Г. Сковороду та ін. Славетний ректор академії Феофан Прокопович вбачав призначення риторки у вихованні суспільства, формуванні могутньої патріотичної думки, уславленні видатних державних мужів, хоробрих воїнів, щоб їх мирна благородна праця і ратний подвиг не стали заручниками забуття, а служили зразком для нащадків.

Національна доктрина розвитку освіти визначає пріоритетними напрямками державної політики в цій

галузі розширення українськомовного освітнього простору, утвердження національної ідеї, сприяння національній самоідентифікації, розвитку культури українського народу. Для досягнення зазначених цілей держава повинна забезпечувати виховання особистості, яка усвідомлює свою належність до українського народу, збереження та збагачення українських культурно-історичних традицій, виховання шанобливого ставлення до національних цінностей, однією з яких є українська мова. У зв'язку з цим в Україні спостерігається тенденція поступового відновлення того статусу риторики, який вона ще з часів Києво-Могилянської академії мала в освітянському просторі. «Освітній потенціал української риторики спроможний реалізувати провідні принципи сучасної освіти (гуманізації, гуманітаризації, демократизації і національного спрямування), засобами інтелектуально-естетичного впливу української мови формувати гармонійно розвинену, національно свідому особистість» [1, с. 3].

Риторична освіта впроваджується в середні освітні заклади, зокрема розділ риторики поступово вводиться до програми підготовки старшокласників з метою посилення практичного спрямування мовного курсу, а також піднесення мовленнєвої культури учнів. Процес впровадження та закріплення курсу риторики спостерігається в багатьох вищих навчальних закладах нашої держави. Навчальні дисципліни «Ораторське мистецтво», «Риторика», «Основи красномовства», «Основи практичної риторики» тощо дедалі більше включаються до циклу дисциплін професійно-практичної підготовки з метою підвищення комунікативної компетентності майбутнього фахівця, який повинен бути сильною «мовною особистістю», що володіє достатнім набором здатностей та вмінь щодо здійснення мовних учинків різного рівня складності, а також мати високу мовленнєву культуру. Доцільним і необхідним є введення подібних дисциплін і у практику навчання військових фахівців, особливо тих, кому призначено виконувати відповідальну місію виховання особового складу військовослужбовців.

Останнім часом актуалізувались питання запровадження компетентнісного підходу до професійної підготовки загалом та до професійної військової підготовки зокрема. Компетентнісний підхід у військовій освіті зорієнтований на формування особистості фахівця, що виражена в єдності його теоретичних знань, практичної підготовленості, здатності та високої мотивації здійснювати всі види професійної діяльності. У професійній підготовці майбутніх офіцерів стає важливим зосереджуватись «не на поінформованості курсантів, а на їх уміннях використовувати інформацію для вирішення проблем, що виникають у всіх видах професійної діяльності та сферах взаємовідносин» [2]. В межах такого підходу значно зростають вимоги до володіння навичками та вміннями мовленнєвої діяльності в конкретних професійних (повсякденних), ділових, наукових галузях та ситуаціях, а також навичками міжособистісної комунікації. Більшість учених вважа-

ють комунікативну компетентність як узагальнену комунікативну властивість особистості, що містить розвинені комунікативні здібності та сформовані вміння та навички міжособистісного спілкування, вагомою складовою професійної компетентності, яка має в кожному виді діяльності свою специфіку.

Професія офіцера тісно пов'язана з мовленням, більше того, характеризується «підвищеною мовленнєвою відповідальністю», як і будь-яка професія, пов'язана з управлінням людьми. Офіцерові доводиться і працювати індивідуально зі своїми підлеглими, і вести ділові переговори з представниками інших установ – тобто він повинен добре володіти навичками і міжперсонального, і ділового спілкування. Знання риторики дають можливість офіцерові виступати із яскравими й переконливими публічними промовами в різних жанрах з добре вивченого предмету і при цьому уміти коректувати форму цієї промови, а також тактику її виголошення відповідно до інтересів і настрою аудиторії. Риторика вчить готувати та проводити бесіди, слухати й чути співрозмовника, подавати доречні репліки, коректно вступати в розмову, доповнюючи і розвиваючи тему бесіди або аргументовано заперечуючи по суті предмету обговорення. Опанування основ мистецтва суперечки – еристики – дає змогу брати участь в дискусіях з дотриманням логічних законів і етико-психологічних правил. Як зазначає Л.М. Пелепейченко, «сучасний офіцер повинен уміти переконувати, апелюючи до свідомого сприйняття інформації. З огляду на це важливими є опанування законів подачі інформації, аргументації, максимум комунікації та їх практична реалізація» [4, с. 117]. В цілому офіцер має виробити індивідуальний ораторський стиль, який характеризується:

- усвідомленням потреби і виховання оригінального мовомислення;
- власною мовотворчою манерою, що виявляється в особливостях композиції промови, побудови фраз, схильності до вживання певних слів і словосполучень, окремих художніх засобів;
- певною поведінкою промовця в аудиторії; вмінням відчувати «центр» спілкування, вчасно перемикати увагу слухачів;
- мімікою та характерними жестами;
- технікою вимови і дикцією.

Слід зауважити, що професія офіцера в сучасних умовах гібридної війни Росії проти України повернула собі колишній престиж та стала однією з найактуальніших сучасних професій. Як ніколи раніше, бажання захищати Батьківщину, служити їй і робити це професійно стає свідомим бажанням багатьох молодих людей. Саме тепер, коли бойові дії знову стали сумною реальністю, актуалізується значення військової риторики, яка є мистецтвом надихання на ратні подвиги задля блага Вітчизни. Офіцерові необхідні навички створення таких промов, які б слугували засобом мобілізації чуттєво-емоційної сфери воїна та психологічної підтримки, формували впевненість у праведності

цілей боротьби, а також підтримували високий бойовий настрій особового складу. Офіцер повинен також уміти вести діалог із підлеглими з метою формування в останніх моральної життєвої позиції, патріотичного світогляду, вірності військовому обов'язку, які керували б підлеглими навіть в умовах неможливості отримання наказів у бойовій ситуації, які стрімко змінюється. Але для цього офіцерові потрібно вміти правильно побудувати промову, говорити водночас і чітко, й емоційно, оскільки у протилежному випадку промова офіцера перетвориться або на сухий інструктаж, або на порожню псевдопатріотичну балаканину.

Отже, активне впровадження до навчальних програм військових вишів такої дисципліни, як риторика, має вирішувати такі завдання: осмислення риторичної спадщини стосовно власних можливостей, конкретної ситуації спілкування; вироблення оригінального ораторського стилю; розширення духовно-інтелектуальних обріїв у контексті світової культури; формування ораторських навичок військовослужбовця. Риторична освіченість, яку отримує майбутній офіцер, допомагає розуміти потреби слухача, аудиторії; упевнено почувати себе в ситуаціях, коли необхідно повідомити, проаналізувати, підсумувати тощо; виголосити доповідь на широкий загал; оптимально організувати та креативно скерувати свою мисленнєво-мовленнєву діяльність; коректно й доцільно використати методи риторичної аргументації; відповідально ставитися до кожного слова, досягаючи високої культури мислення, мовлення і спілкування й посилюючи комунікативну інтуїцію.

Саме мовленнєве виховання в сучасних умовах вирішує завдання виховання людини, яка К.Д. Ушинському уявлялася метою освіти: «Цей вид виховання, звичайно, не має нічого спільного з випуском у життя просто офіцерів, інженерів, сільських господарів, учителів тощо. В кожному з них відчувається більшою чи меншою мірою фахівець, але занадто мало «людини». Між тим, має бути навпаки: виховання має утворити, оформити насамперед «людину» й уже потім, із неї, як з особистості розвинутої, моральної, неодмінно виробиться відповідний спеціаліст, який любить свою справу, відданий їй, ретельно вивчає її і тому здатний принести найбільшу користь в обраній галузі діяльності, відповідно до розмірів своїх природних обдарувань» [3].

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ КУРСА РИТОРИКИ В ПОДГОТОВКУ БУДУЩИХ ОФИЦЕРОВ

Т.А. Чернышова

Статья посвящена обоснованию целесообразности внедрения курса риторики в подготовку будущих офицеров. Доказано, что риторическая образованность становится важной частью общей культуры современного человека. Освещена особенность коммуникативной компетентности офицера в рамках современного компетентностного подхода у профессиональной военной подготовке. Очерчены те речевые компетенции, которые приобретает будущий офицер, изучая учебную дисциплину «Риторика». Охарактеризованы черты индивидуального ораторского стиля, который должен выработать офицер.

Ключевые слова: риторика, риторическая образованность, коммуникативная компетентность, ораторский стиль.

THE EXPEDIENCY OF INTRODUCTION OF RHETORIC IN THE PREPARATION OF FUTURE OFFICERS

T.O. Chernyshova

The article is sanctified to the ground of expediency of introduction of course of rhetoric in preparation of future officers. It is well-proven that rhetorical form becomes important part of general culture of modern man. The feature of communicative competence of officer is lighted up within the framework of modern competence approach at to professional military preparation. Those speech competences that is acquired by a future officer are outlined, studying educational discipline of «Rhetoric». The lines of individual oratorical style that must produce officer are described.

Keywords: rhetoric, rhetorical form, communicative competence, oratorical style.

Висновки

В сучасних умовах функціонування вищої (і вищої військової зокрема) освіти зростає значення викладання курсу риторики з метою виховання моральних і патріотичних особистісних складових людини, що в сумі зі знанням мови свідчитимуть про сформованість національно мовної особистості, носія елітарного типу культури. Військовослужбовці, особливо офіцерський склад, об'єктивно належать до категорії осіб, що перебувають у сфері «підвищеної мовленнєвої відповідальності», тому у систему їхньої професійної підготовки має бути обов'язково включена дисципліна, яка формує ефективне мовлення, – риторика. Майстерне володіння словом, тобто універсальним інструментом думки і переконання, є визначальною умовою професійного успіху офіцера та обов'язковим атрибутом іміджу кваліфікованого, компетентного й інтелігентного фахівця.

Список літератури

1. Голуб Н.Б. *Теоретико-методичні засади навчання риторики у вищих педагогічних навчальних закладах : автореф. дис. ... докт. пед. наук: спец. 13.00.02 «Теорія і методика навчання (українська мова)»* / Н.Б. Голуб. – К., 2009. – 38 с.
2. Діденко О.В. *Особливості впровадження компетентнісного підходу у професійну підготовку майбутніх офіцерів у ВНЗ [Електронний ресурс]* / О.В. Діденко // *Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України*. – 2014. – Вип. 3. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vnadps_2014_3_6.pdf.
3. Зверев С.Э. *Военная риторика в системе воспитания военнослужащих [Електронний ресурс]* / С.Э. Зверев // *Современные исследования социальных проблем*. – 2012. – № 9 (17). – Режим доступа : <http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/9/zverev.pdf>
4. Пелепейченко Л.М. *Роль мовної комунікації у підготовці курсантів вищих військових навчальних закладів МВС до виховної роботи з особовим складом* / Л.М. Пелепейченко, С.О. Іщенко // *Викладання мов у вищих навчальних закладах освіти на сучасному етапі : зб. наук. пр.* – 2012. – Вип. 21. – С. 110 – 119.
5. Сагач Г.М. *Риторика* / Г.М. Сагач. – К. : Видавничий Дім «Ін Юре», 2000. – 565 с.

Надійшла до редколегії 2.10.2015

Рецензент: д-р філос. наук, проф. О.Ю. Панфілов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

УДК 004.91

А.Т. Ярмолук

Хмельницький національний університет, Хмельницький

ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ АДАПТИВНИХ ОСВІТНЬО-ВИРОБНИЧИХ ТРАЄКТОРІЙ В ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В статті розглядаються проблеми організації сучасної системи професійної освіти. Побудовано моделі взаємодії вищих навчальних закладів та організацій-роботодавців на основі компетентнісного підходу. Спроектовано освітньо-виробничі траєкторії навчання фахівців, орієнтованих на сучасні вимоги ринку праці. Основними складовими таких траєкторій є студенти, ринок праці та університет.

Ключові слова: освітній процес, вимоги, ринок праці, компетенції.

Вступ

Одним з найважливіших завдань системи вищої професійної освіти є забезпечення економіки та виробництва кваліфікованими кадрами [1]. Освіта все більшою мірою стає специфічним товаром, що надається на ринку освітніх послуг. Специфічний характер цього товару визначається, насамперед, неоднорідністю його споживачів, в якості яких, виступають, з одного боку, безпосередньо громадяни, які навчаються в освітніх установах, з іншого – підприємства та організації-роботодавці, а з третього – суспільство в цілому. Вимоги, що пред'являються до утворення різними категоріями споживачів, взаємообумовлені, але можуть значно відрізнятися в конкретний часовий період. Тому модернізація освітньої системи має бути спрямована, насамперед, на організацію тісної взаємодії освіти, науки і виробництва, з врахуванням пріоритетних запитів ринку праці, підприємств і організацій-роботодавців при підготовці фахівців.

Основний матеріал

Освітній процес повинен бути побудований таким чином, щоб у найбільш повній мірі розвивати професійні і особистісні якості тих хто навчається і забезпечувати виконання наступних вимог:

– у студента після закінчення університету повинен бути сформований набір базових фундаментальних компетенцій, що дають уявлення про стан і основні напрямки розвитку науки і техніки в сфері, в якій отримана спеціальність;

– по закінченні університету у студента повинні бути сформовані компетенції загальнопрофесійного та спеціального характеру, що мають практичне застосування, вміння та навички, що дають йому можливість по закінченні вузу вести трудову діяльність на виробництві;

– у ході навчання студенту повинні бути надані умови для розвитку творчого та особистісного потенціалу, що створить основу для успішного професійного зростання;

– під час навчання в університеті студент повинен мати можливість адаптації до умов реального виробництва з метою мінімізації витрат часу на входження в трудову діяльність після закінчення навчання;

– фахівцям, які працюють на підприємстві або в організації-партнері університету, повинна бути надана можливість безперервного розширення і поглиблення компетенцій, отримання нових і актуалізації отриманих раніше знань і умінь.

Освітній процес, організований на базі взаємодії університету та роботодавців, повинен носити неперервний характер.

В цілому, поняття неперервної освіти допускає різне трактування. Найбільш часто в літературі [2, 3] неперервна освіта визначається як:

– освіта людини протягом усього життя (life long learning або LLL);

– освіта дорослих;

– неперервна професійна освіта.

Неперервна освіта, що реалізовується в рамках взаємодії ВНЗ і підприємств, найбільшою мірою відповідає третьому визначенню. У цьому випадку тому, хто навчається, надається можливість багаторазово брати участь в освітньому процесі. Після отримання першої вищої професійної освіти можна протягом всього життя підвищувати свій професійний рівень, розширювати і поглиблювати професійні знання і уміння.

В загальному вигляді траєкторію неперервної освіти, можна представити у вигляді сукупності взаємопов'язаних освітніх програм різних рівнів (рис. 1), які студент освоює послідовно (паралельно) з урахуванням особистої мотивації, здібностей, запитів ринку праці, наявних грошових коштів і т.д.

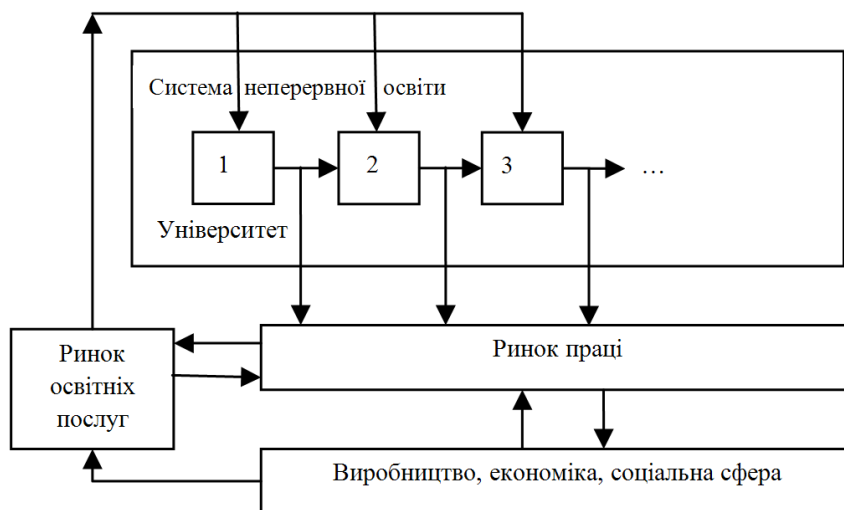


Рис. 1. Схема неперервної освіти
(1, 2, 3 ... – освітні програми різних рівнів: загальна освіта, початкова професійна освіта, середня професійна освіта, вища професійна освіта і т.д.)

Сучасна українська економіка вимагає від молодого фахівця, з одного боку, широкопрофільної різнобічної підготовки, що забезпечує йому можливість впевнено орієнтуватися у великих потоках інформації з метою пошуку кращих виробничих рішень, підвищення кваліфікації, прийняття найкращих управлінських рішень. З іншого боку, фахівець повинен мати вузькопрофільну підготовку, що дозволяє йому успішно справлятися з виробничими завданнями, характерними для цього напрямку.

Рішення такої проблеми може бути досягнуто за рахунок реалізації у вузі компетентнісного підходу до підготовки фахівців. Теоретико-методологічні аспекти компетентнісного підходу в освіті досліджували, зокрема, такі вчені, як І. Драч, Н. Бібік, Ю. Бойчук, І. Бех, О. Овчарук, О. Пометун, С. Ра-

ков, І. Родигіна, Н. Побірченко, В. Байденко, Е. Зер, І. Зимня, А. Хугорський, Ю. Татур, А. Субетто, Дж. Равен, С. Уїддет, W. Bottcher, Н. Pechar, R.W. White та інші.

На різних рівнях висловлюється думка про необхідність активного залучення представників роботодавців до підготовки фахівців в рамках компетентнісного підходу [4, 5]. Найбільш важливу роль роботодавці можуть зіграти на стадії розробки стандартів підготовки фахівців.

Процес формування компетентнісного фахівця, що відповідає потребам сучасної економіки в цілому і вимогам конкретного роботодавця (групи роботодавця) зокрема, представлений на рис. 2. Формування компетентнісного фахівця виконується для окремого напрямку підготовки або їх групи.

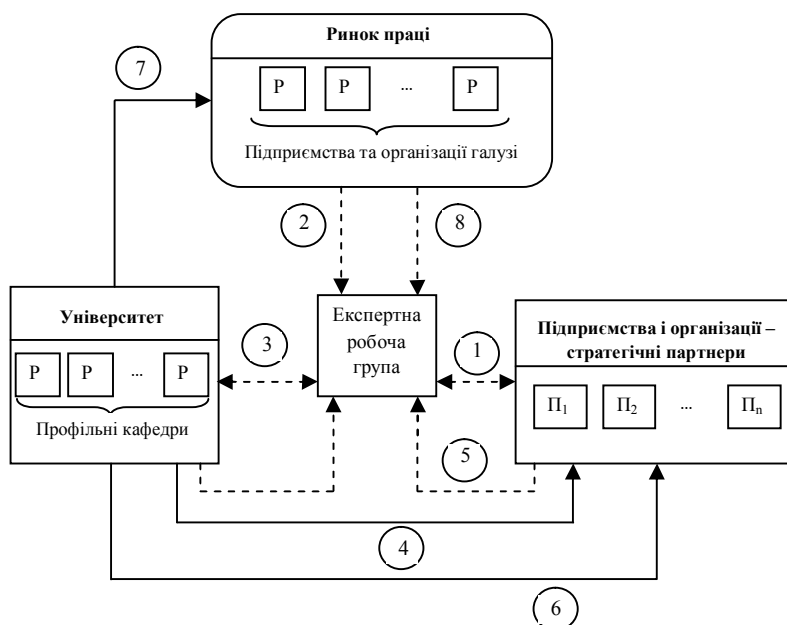


Рис. 2. Проєктування компетентнісного фахівця

На першому етапі (стрілка (1) на рис. 2) проводиться опитування підприємств-роботодавців, що входять в цільову фокус-групу: партнери університету, з якими укладені договори про довгострокове співробітництво. Метою опитування є визначення першочергових вимог до змісту набору знань, умінь, навичок і особистісних якостей молодого фахівця, що одержує дану спеціальність. Результати опитування стратегічних партнерів є основою для побудови компетентнісної моделі (КМ) фахівця для даного напрямку. Тут також використовуються результати масового анкетування підприємств відповідної галузі (стрілка (2) на рис. 2).

Розроблена КМ узгоджується з керівництвом профільних кафедр (стрілка (3) на рис. 2). КМ після узгодження з керівництвом підприємств-партнерів стає основою для проектування адаптованих навчальних планів і робочих програм профільних дисциплін. У процесі проходження всіх видів практик студентів (стрілка (4) на рис. 2) керівники підприємств оновлюють і актуалізують свої вимоги до компетентнісного випускника (стрілка (5)).

Подальша коригування проводиться за результатами трудової діяльності випускників університету (стрілки (6) і (7)), після подання роботодавцями відгуків про якість підготовки молодих фахівців (стрілка (8)).

Проведений аналіз ситуації в системі вищої професійної освіти, на ринках праці та освітніх послуг, у сфері співпраці вузів і організацій-

роботодавців дозволяє зробити висновок про актуальність проблеми організації системної взаємодії всіх суб'єктів, зацікавлених у підготовці кваліфікованих молодих кадрів для сучасної економіки. Роботи провідних вітчизняних дослідників свідчать про те, що в українських умовах ключовими елементами такої взаємодії повинні стати великі вузи, університети. Для цього вузам необхідно в ході своєї діяльності орієнтуватися, насамперед, на реальні (як поточні, так і перспективні) запити галузевих і регіональних ринків праці. При цьому запити повинні враховуватися як в цілому, так і на рівні окремих роботодавців, які є для університетів пріоритетними партнерами. В даний час ряд авторів на різних рівнях поступово формується думка про необхідність формування науково-освітньо-виробничого середовища. Таке середовище неминуче буде структуроване за регіональною та галузевою ознакою, в силу структурних і територіальних особливостей функціонування освітньої та виробничої сфери. Можна сказати, що лідируючі університети мають стати центрами сформованих навколо них галузевих і регіональних кластерів взаємодії, спрямованого на забезпечення економіки кадрами.

Тому в освітньому середовищі потрібно реалізувати систему управління освітнім процесом, орієнтовану на підвищення конкурентоспроможності випускників вузу на ринку праці і їх затребуваності у роботодавців [5]. Схему функціонування такої системи ілюструє рис. 3:

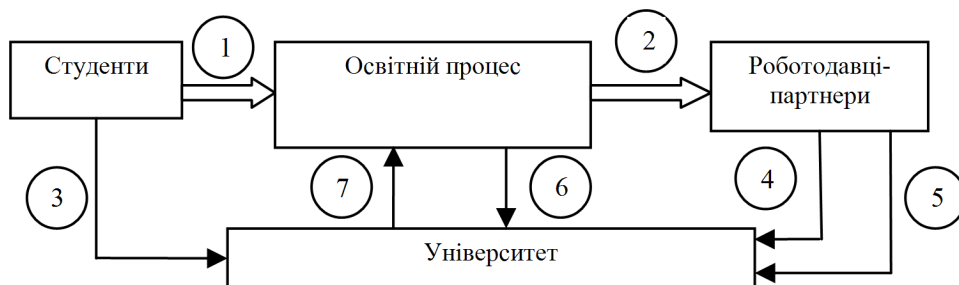


Рис. 3. Схема управління освітнім процесом в науково-освітньо-виробничому середовищі

Цифрами на рисунку позначені:

- 1 – вхідні кваліфікаційні характеристики студентів;
- 2 – вихідні кваліфікаційні характеристики студентів;
- 3 – інформація про уподобання студентів щодо майбутніх місць працевлаштування;
- 4 – оціночні ймовірності звільнення робочих місць;
- 5 – вимоги роботодавців до рівня підготовки студентів;
- 6 – оцінка ступеня відповідності вихідних кваліфікаційних характеристик випускників вимогам роботодавців;
- 7 – керуючі впливи.

В якості об'єкта управління в даній системі виступає освітній процес, який розглядається як послідовно-паралельне вивчення студентами деякого напрямку підготовки навчальних дисциплін, що входять в навчальний план. Управління освітнім процесом повинно здійснювати керівництво університету, оцінюючи якість підготовки своїх студентів, підтримуючи контакти з роботодавцями, збираючи та узагальнюючи інформацію про їхні вимоги. Вхідними параметрами освітнього процесу являються числові оцінки кваліфікаційних характеристик студентів, сформованих на момент початку навчання, які описуються набором

$$\bar{D}_i = \left\{ \bar{D}_i^1, \bar{D}_i^2, \dots, \bar{D}_i^M \right\},$$

де D_i^m – числова оцінка m -ї кваліфікаційної характеристики для i -го студента, $m = \overline{1, M}$, $i = \overline{1, St}$ (цифра 1 на рис. 3).

Вихідними характеристиками навчального процесу є значення фактично сформованих кваліфікаційних характеристик студентів по закінченню навчання

$$\overline{K}_j = \{ \overline{K}_j^1, \overline{K}_j^2, \dots, \overline{K}_j^M \},$$

де K_j^m – оцінка рівня m -ї кваліфікаційної характеристики для j -го робочого місця (цифра 2 на рис. 3).

Управління освітнім процесом здійснюється з урахуванням кількісних оцінок переваг студентів, щодо майбутніх місць працевлаштування (цифра 3 на рисунку). Для цього задається вектор $\overline{\beta} = \{ \beta_j^i \}$ – набір вагових коефіцієнтів, що відображають значущість j -го місця працевлаштування для i -го студента ($i = \overline{1, St}, j = \overline{1, N}$). З боку роботодавців на вхід системи керування надходять оцінки ймовірностей звільнення різних робочих місць $\overline{p} = \{ p_j \}$, $j = \overline{1, N}$ (цифра 4 на рис. 3). Також роботодавці надають університетові інформацію про числові оцінки рівня кваліфікаційних характеристик студентів, які відповідають вимогам, що запропоновані на робочих місцях:

$$\overline{K\varepsilon}_j = \{ K\varepsilon_j^1, K\varepsilon_j^2, \dots, K\varepsilon_j^M \},$$

де $K\varepsilon_j^m$ – числова оцінка вимог до величини m -ї кваліфікаційної характеристики для j -го робочого місця, $m = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}$ (цифра 5 на рис. 3).

В якості керуючих впливів виступають рішення про вивчення i -м студентом деякої g -ї навчальної дисципліни, $g = \overline{1, G}$, где G – загальна кількість навчальних дисциплін, які можуть вивчатися студентами (цифра 7 на рис. 3).

Набір рішень про вивчення студентами навчальних дисциплін може бути представлений у вигляді матриці

$$X = \{ x_{ig} \}, i = \overline{1, St}, g = \overline{1, G},$$

де $x_{ig} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } i \text{ – й студент вивчає } g \text{ – у навчальну} \\ \text{дисципліну,} \\ 0, \text{ в протилежному випадку.} \end{cases}$

В якості критерію ефективності роботи системи управління освітнім процесом виступає міра близькості вихідного набору кваліфікаційних характеристик \overline{K}_j до еталонних (затребуваних роботодавцями) значень кваліфікаційних характеристик $\overline{K\varepsilon}_j$.

Через R_{ij} позначимо ступінь відповідності вихідних кваліфікаційних характеристик i -х вимог, що пред'являються на j -му робочому місці. Загальний критерій ефективності системи управління освітнім процесом повинен бути орієнтований на забезпечення відповідності вихідного рівня підготовки всіх студентів до максимально можливого числа місць працевлаштування, тобто:

$$\sum_{i=1}^{St} \sum_{j=1}^N R_{ij} \rightarrow \max.$$

З урахуванням оціночних ймовірностей звільнення посад і оцінок значущості різних посад для фахівців можна записати:

$$\sum_{i=1}^{St} \sum_{j=1}^N \beta_{ij} \times p_j \times R_{ij} \rightarrow \max. \quad (1)$$

Значення параметрів R_{ij} використовуються університетом при прийнятті управлінських рішень (цифра 6 на рис. 3). Оцінка даних параметрів проводиться в задані моменти часу (наприклад – після закінчення кожного навчального семестру). За результатами оцінки параметрів R_{ij} в дані моменти часу університет приймає управлінські рішення з набору $X = \{ x_{ig} \}$. Слід зазначити, що вимоги роботодавців до рівня кваліфікаційних характеристик ($\overline{K\varepsilon}_j$) змінюються. Університет отримує інформацію про зміни вимог і враховує дані зміни при прийнятті управлінських рішень таким чином, щоб забезпечити виконання умови (1). Система управління освітнім процесом при цьому набуває характеру адаптивної самоналагоджувальної системи. Адаптація системи проводиться за рахунок прийняття рішень про вивчення студентами тих чи інших навчальних дисциплін, забезпечуючи максимально можливу відповідність їх вихідних кваліфікаційних характеристик вимогам роботодавців.

Позначимо $Z = \sum_{i=1}^{St} \sum_{j=1}^N \beta_{ij} \times p_j \times R_{ij}$ – величина

критерію ефективності функціонування системи управління освітнім процесом.

Чисельне значення параметра Z змінюється в міру вивчення студентами різних навчальних дисциплін. Крім того, в різні моменти часу змінюється величина параметра R_{ij} . Тоді процес навчання студентів в освітньому середовищі може бути представлений у вигляді деякої освітньої траєкторії, де кожному моменту часу, для якого проводиться оцінка параметрів R_{ij} відповідає певна величина критерію Z .

Схематично дана траєкторія представлена на рис. 4.

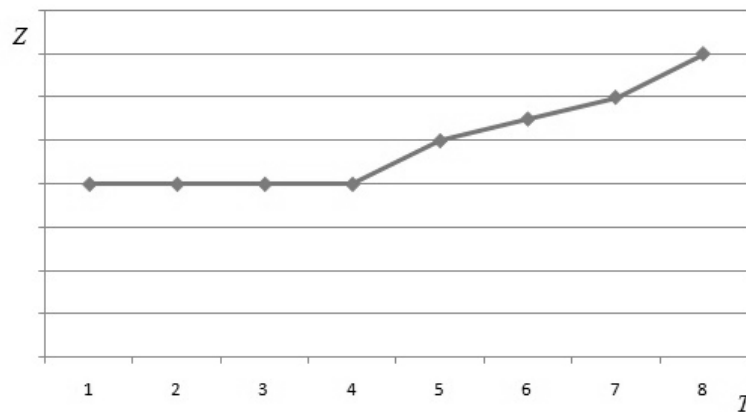


Рис. 4. Загальний вигляд освітньої траєкторії для групи студентів

На рис. 4 представлена траєкторія, яка передбачає оцінку відповідності кваліфікаційних характеристик студентів вимогам роботодавців в кінці кожного навчального семестру, розрахованої на 4 роки (8 семестрів).

Висновки

В цілому, завдання підготовки фахівців, що володіють повним комплексом необхідних знань, умінь і навичок, затребуваних як в поточний момент, так і в перспективі, може бути вирішена тільки на системній основі за участю, як закладів професійної освіти, так і компаній-роботодавців. Системна взаємодія вузів і роботодавців вимагає впровадження нових принципів організації освітнього процесу, зокрема – профілізації та індивідуалізації освітніх траєкторій.

Таким чином, сучасні ВНЗ в ході підготовки затребуваних фахівців повинні орієнтуватися з одного боку на запити економіки в цілому, з іншого – на потреби регіонального та галузевого ринку праці, і з третього – на вимоги конкретних роботодавців-партнерів.

Список літератури

1. Гончар О.І. Процеси формування трудового потенціалу України / О.І. Гончар, Т.Т. Шевчук // Вісник Хмельницького національного університету: Серія: Економічні науки. – 2009. – № 4. – Т. 1. – С. 22-25.
2. Тупицына И.Н. Образование в течение всей жизни (Life long learning, LLL) как реализация социальной роли высшего образования / И.Н. Тупицына, Л.П. Сон // Социальная политика и социология. – 2009. – № 1. – С. 260-273.
3. Welsh J.F. Faculty and administrative support for institutional effectiveness activities: a bridge across the chasm? / J.F. Welsh, J. Metcalf // The Journal of Higher Education, No.4, V.74, Jul/Aug 2003. pp. 445-468.
4. Побірченко Н.С. Компетентнісний підхід у вищій школі: теоретичний аспект / Н.С. Побірченко // Освіта та педагогічна наука. – 2012. – №3 (152). – С. 24-31.
5. Гринкруг Л.С. Модель взаємодії вуза з зовнішнім середовищем / Л.С. Гринкруг, В.С. Василенко. – М., 2010.

Надійшла до редколегії 14.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.В. Сорокати, Хмельницький національний університет, Хмельницький.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ АДАПТИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТРАЕКТОРИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

А.Т. Ярмоліук

В статье рассматриваются проблемы организации современной системы профессионального образования. Построена модель взаимодействия высших учебных заведений и организаций-работодателей на основе компетентностного подхода. Спроектированы образовательно-производственные траектории обучения специалистов, ориентированных на современные требования рынка труда. Основными составляющими таких траекторий являются студенты, рынок труда и университет.

Ключевые слова: образовательный процесс, требования, рынок труда, компетенции.

DESIGNING OPTIMAL ADAPTIVE EDUCATIONAL PRODUCTION TRAJECTORIES IN THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT

A. T. Yarmoliuk

The article deals with problems of the modern system of vocational education. The model of interaction between universities and employers organizations on the basis of competence approach. Designed educational production trajectory of training, oriented to the modern requirements of the labor market. The main components of these trajectories are students, the labor market and university.

Keywords: educational process, requirements, labor market, competence.

НАШІ АВТОРИ

- АДАМЕНКО** Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків,
Микола Ігорович доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
- АЛЕКСЄЄВ** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків,
Сергій Вікторович кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник НДІ
- БАБАЄВ** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків,
Іван Анатолійович студент
- БАКУМЕНКО** Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків,
Ніна Станіславівна кандидат технічних наук, доцент кафедри
- БАРАБАШ** Державний університет телекомунікацій, Київ,
Олег Володимирович доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
- БЕГУН** Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Київ,
Василь Васильович кандидат технічних наук, завідувач відділу
- БЄЛОВА** Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків,
Лілія Петрівна старший викладач кафедри
- БІЗОНІЧ** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків,
Дмитро Володимирович здобувач
- БІЛОВА** Харківська державна академія культури, Харків,
Тетяна Георгіївна кандидат технічних наук, доцент кафедри
- БОДРОВ** Державний університет телекомунікацій, Київ,
Сергій Володимирович здобувач
- БОДЯНСЬКИЙ** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків,
Євген Володимирович доктор технічних наук, професор, професор кафедри
- БОЖКО** ДП «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту України «Укрзалізничпроект»,
Володимир В'ячеславович Харків, кандидат технічних наук, помічник директора з наукового супроводу
- БОНДАРЕНКО** ММП «Екомікробіолог», Харків,
Володимир Михайлович кандидат медичних наук, генеральний директор
- БОЯРЧУК** Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків,
Артем Володимирович кандидат технічних наук, докторант кафедри
- ВАСИЛЬЄВ** Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь,
Валерій Михайлович інженер
- ВИСОЦЬКА** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків,
Олена Володимирівна кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри
- ВІТКІН** Київський університет економіки та права «Крок», Київ,
Леонід Михайлович доктор технічних наук, професор
- ГАВРИЛЕНКО** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків,
Світлана Юрївна кандидат технічних наук, доцент кафедри
- ГАРЮК** Харківська медична академія післядипломної освіти, Харків,
Олег Григорович кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри
- ГРЕЧАНІНОВ** Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Київ, УкрНДПЦЗ,
Віктор Федорович кандидат технічних наук, заступник начальника науково-дослідного центру цивільного захисту
- ДАВИДОВ** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків,
В'ячеслав Вадимович кандидат технічних наук, асистент кафедри
- ДАРМОФАЛ** Харківська державна академія фізичної культури, Харків,
Елеонора Анатоліївна викладач
- ДАХНО** Державний університет телекомунікацій, Київ,
Наталія Борисівна старший викладач кафедри
- ДМИТРИЄВ** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків,
Андрій Геннадійович кандидат технічних наук, старший науковий співробітник НДВ НЦ ПС
- ДУБНИЦЬКИЙ** Харківський навчально-науковий інститут ДВНЗ Університету банківської справи, Харків,
Валерій Юрійович кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
- ДУДЕНКО** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків,
Сергій Васильович кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник НДІ
- ДЯТЛОВ** Інститут проблем математичних машин і систем, Київ,
Євген Іванович аспірант
- ЕРЕМЄЄВ** Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь,
Володимир Сергійович доктор технічних наук, професор
- ЄРІЦЯН** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків,
Багіш Хачикович старший викладач
- ЄРМАКОВИЧ** Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ,
Ірина Анатоліївна провідний фахівець
- ЄРОХІН** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків,
Андрій Леонідович доктор технічних наук, професор, професор кафедри
- ЄРОХІН** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків,
Максим Андрійович студент
- ЄРЬОМІНА** Українська інженерно-педагогічна академія, Харків,
Наталія Сергіївна асистент

- ЖИРНОВ** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
- Володимир Віталійович КАЛАЧОВА** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, старший науковий співробітник НДЛ
- Вероніка Валеріївна КАРЛОВ** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник НДВ НЦ ПС
- Дмитро Володимирович КОВТОНЮК** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, доктор технічних наук, доцент, начальник кафедри
- Ігор Борисович КОЛМИКОВ** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник НДЛ
- Максим Миколайович КОНЮХОВ** Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, старший викладач
- Сергій Леонідович КОРИТЧЕНКО** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри
- Костянтин Володимирович КОТОВ** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, доктор технічних наук, доцент, начальник штабу – перший заступник начальника ХУПС
- Олексій Борисович КРОПОТОВ** Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Київ, начальник відділу
- Петро Петрович КУРЦЕВА** Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, кандидат технічних наук, доцент
- Лілія Борисівна ЛАПАЧ** Національний технічний університет України «КПІ», Київ, кандидат фізико-математичних наук, доцент
- Сергій Миколайович ЛЕВЧЕНКО** Національний технічний університет України «КПІ», Київ, кандидат економічних наук, доцент кафедри
- Лариса Олексіївна ЛИМАРЕНКО** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, аспірант
- В'ячеслав Володимирович ЛИТОВЧЕНКО** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, студент
- Андрій Олександрович ЛІННИК** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Олена В'ячеславівна ЛУБКО** Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, кандидат технічних наук, доцент
- Дмитро Вікторович ЛЮБАРСЬКИЙ** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, доктор технічних наук, доцент
- Борис Григорович МАЗУРОВА** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
- Оксана Олексіївна МИГУЩЕНКО** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, доктор технічних наук, доцент, проректор
- Руслан Павлович МИРОНЕЦЬ** Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Ірина Валеріївна МИРОНЕНКО** ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», Маріуполь, кандидат технічних наук, доцент
- Дмитро Сергійович МОРОЗОВА** Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри
- Анастасія Геннадіївна МУСІЄНКО** Державний університет телекомунікацій, Київ, доцент кафедри
- Андрій Петрович НАУМЕНКО** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник НДВ НЦ ПС
- Марина Володимирівна НЕЧИПОРЕНКО** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Аліна Сергіївна НІКОЛЕНКО** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, студент
- Максим Сергійович ОПРИШКІНА** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, кандидат технічних наук, доцент
- Марина Ігорівна ОСАДЧИЙ** Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, доктор педагогічних наук, професор
- Вячеслав Володимирович ПАВЛЕНКО** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, доктор технічних наук, доцент, начальник кафедри
- Максим Анатолійович ПЕРОВА** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри
- Ірина Геннадіївна ПЕЧЕРСЬКА** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, науковий співробітник кафедри
- Анна Іванівна ПЕЧЕРСЬКИЙ** Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, інженер
- Павло Іванович ПОБІЖЕНКО** Харківська державна академія культури, Харків, кандидат технічних наук, доцент
- Ірина Олександрівна ПОГРЕБНЯК** Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, студент
- Володимир Олександрович ПОЙМЕНОВА** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, студент
- Анна Олександрівна ПОНОЧОВНИЙ** Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри
- Юрій Леонідович**

- ПОРВАН** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри
- Андрій Павлович**
- ПРЕСНЯКОВА** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Дар'я Володимирівна**
- ПРОНЧАКОВ** Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків, кандидат технічних наук, декан факультету
- Юрій Леонідович**
- ПРОХОРОВА** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, студентка
- Тетяна Михайлівна**
- РЕБРОВА** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, кандидат технічних наук
- Олена Михайлівна**
- РОЛЬКО** ТОВ «Черкаська продовольча компанія», Черкаси, інженер з якості
- Ольга Романівна**
- РУБАН** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, доктор технічних наук, професор, професор кафедри
- Гор Вікторович**
- САКАЛО** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Євген Сергійович**
- САКАЛО** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, професор кафедри
- Сергій Миколайович**
- САМОЙЛЕНКО** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, кандидат технічних наук, доцент
- Наталія Миколаївна**
- САНЧІТ АДЖМАНІ** Компанія Сомніо Глобал, Детройт, США, інженер-розробник
- (Sanchit Ajmani)**
- СЕРПУХОВ** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник факультету
- Олександр Васильович**
- СІЛІН** Інститут радіофізики і електроніки НАН України, Харків, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник відділу
- Олександр Олегович**
- СМІРНОВА** Український науково-дослідний інститут екологічних проблем, Харків, аспірант
- Світлана Олександрівна**
- СОЛОНСЬКА** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, старший викладач
- Світлана Володимирівна**
- СПОДАРЕЦЬ** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, студент
- Олексій Михайлович**
- СТАТКУС** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри
- Андрій Віталійович**
- ТКАЧОВА** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Тетяна Сергіївна**
- ТОКАРЄВ** Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Михайло Миколайович**
- ФЕДОРОВИЧ** Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
- Олег Євгенович**
- ХАВІНА** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри
- Інна Петрівна**
- ХАРЧЕНКО** Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
- В'ячеслав Сергійович**
- ХИЖНЯК** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, ад'юнкт
- Андрій Сергійович**
- ХОДИРЄВ** Харківський навчально-науковий інститут ДВНЗ Університету банківської справи, Харків, старший викладач
- Олександр Іванович**
- ЦЕБРЮК** Національна академія гвардії України, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Іван Вікторович**
- ЧЕРНИШОВА** Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат філологічних наук, доцент кафедри
- Тайсія Олексіївна**
- ЧМОВЖ** Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри
- Віталій Віталійович**
- ЧУПРИНА** Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, доцент
- Анастасія Сергіївна**
- ШАРОВ** Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, кандидат педагогічних наук, доцент
- Сергій Володимирович**
- ШЕВЧЕНКО** Державний університет телекомунікацій, Київ, старший викладач кафедри
- Галина Володимирівна**
- ШЕВЧЕНКО** Науково-дослідний, проектно-конструкторський та технологічний інститут мікрографії, Харків, інженер-технолог I категорії
- Інна Іванівна**
- ЮР** Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Тетяна Васиївна**
- ЯКУНІН** Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, кандидат технічних наук, доцент
- Дмитро Ігорович**
- ЯРМОЛЮК** Хмельницький національний університет, Хмельницький, аспірант
- Альона Тарасівна**
- ЯРУТА** Харківська державна академія культури, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
- Віктор Олексійович**

Алфавітний покажчик

Адаменко М.І.	192	Ковтонюк І.Б.	31	Реброва О.М.	55
Алексеев С.В.	211	Колмиков М.М.	211	Рзаєв Хазайл	59
Бабаєв І.А.	153	Конюхов С.Л.	93	Ролько О.Р.	181
Бакуменко Н.С.	207	Коритченко К.В.	34	Рубан І.В.	6
Барабаш О.В.	12, 175	Котов О.Б.	39	Сакало Є.С.	146
Бегун В.В.	199	Кропотов П.П.	199	Сакало С.М.	105
Белова Л.П.	135	Курцева Л.Б.	45	Саланда І.П.	63
Бізониц Д.В.	34	Лапач С.М.	181	Самойленко Н.М.	196
Білова Т.Г.	116	Левченко Л.О.	192	Санчіт Аджмані	34
Бодров С.В.	12	Лимаренко В.В.	76	Сафонов О.С.	167
Бодяньський Є.В.	161	Литовченко А.О.	146	Сергієнко О.С.	167
Божко В.В.	16	Лінник О.В.	157	Серпухов О.В.	34
Бондаренко В.М.	116	Лубко Д.В.	108	Сілін О.О.	163
Боярчук А.В.	140	Любарський Б.Г.	50	Смірнова С.О.	196
Васильєв В.М.	93	Мазурова О.О.	87	Солонська С.В.	68
Висоцька О.В.	149	Мигущенко Р.П.	55	Сподарець О.М.	87
Віткін Л.М.	181	Мироненко Д.С.	215	Статкус А.В.	167
Гавриленко С.Ю.	125	Миронець І.В.	9	Ткачова Т.С.	105
Гарюк О.Г.	157	Морозова А.Г.	135	Токарев М.М.	73
Гігоян А.К.	19	Мусієнко А.П.	12	Федорович О.Є.	189
Гречанинов В.Ф.	199	Науменко М.В.	39	Хавіна І.П.	76
Давидов В.В.	125	Нечипоренко А.С.	157	Харченко В.С.	140
Дармофал Е.А.	192	Ніколенко М.С.	149	Хижняк А.С.	39
Дахно Н.Б.	23	Опришкіна М.І.	55	Ходирев О.І.	119
Дмитрієв А.Г.	39	Осадчий В.В.	93, 108	Цебрюк І.В.	34
Дубницький В.Ю.	119	Павленко М.А.	97	Чернишова Т.О.	221
Дуденко С.В.	211	Перова І.Г.	161	Чмовж В.В.	157
Дятлов Є.І.	128	Печерська А.І.	149	Чуприна А.С.	19
Єремєєв В.С.	93	Печерський П.І.	93	Шаров С.В.	108
Єрціян Б.Х.	50	Побіженко І.О.	116	Шевченко Г.В.	175
Єрмакович І.А.	196	Погребняк В.О.	135	Шевченко І.І.	112
Єрохін А.Л.	153, 157	Пойменова А.О.	149	Юр Т.В.	79
Єрохін М.А.	87	Поночовний Ю.Л.	140	Якунін Д.І.	50
Єрьоміна Н.С.	45	Порван А.П.	149	Ярмольок А.Т.	224
Жирнов В.В.	68	Преснякова Д.В.	101	Ярута В.О.	116
Калачова В.В.	211	Прончаков Ю.Л.	189		
Карлов Д.В.	28	Прохорова Т.М.	125		

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 11 (136)

Відповідальна за випуск *Н.О. Королюк*
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9500 від 13.01.2005 р.
Комп'ютерна верстка: *В.В. Кірвас*
Оформлення обкладинки: *І.В. Львіна*

Техн. редактор *В.В. Кірвас*

Коректор *Н.К. Гур'єва*

Підписано до друку 2.11.2015 Формат 60×84/8 Папір офсетний
Гарнітура «Times New Roman» Друк – різнограф Ум.-друк. арк. – 24,75 Обл.-вид. арк. – 23,02
Ціна договірна Наклад 150 прим. Зам. 1102-15

Видавництво Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 2535 від 22.06.2006 р.
Адреса видавництва: 61023, Харків-23, вул. Сумська, 77/79

Віддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Петров В.В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис № 2480000000106167 від 08.01.2009.

61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. (057) 778-60-34
e-mail: bookfabrik@rambler.ru