

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"

Серія: «Механіко-технологічні системи та комплекси»

№ 11(1120)2015

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків
© НТУ «ХПІ», 2015

Вісник Національного технічного університету "ХПІ"

Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси.
– Х.: НТУ „ХПІ» – 2015р. - №11(1120) –220 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ №5256 від 2 липня 2001 року

Збірник виходить українською та російською мовами.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових Фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого постановою президії ВАК України від 26 травня 2010 р. №1 – 05/4. (Бюлетень ВАК України №6, 2010 р., стор. 3, №20).

Координаційна рада:

Л. Л. Товажнянський, д-р техн. наук, проф. (**голова**);

К. О. Горбунов, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А. П. Марченко, д-р техн. наук, проф.; Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.; Є. Є. Александров, д-р техн. наук, проф.; А. В. Бойко, д-р техн. наук, проф.; Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.; М. Д. Годлевський, д-р техн. наук, проф.; А. І. Грабчснко, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Д. Дмитриєнко, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.; В. В. Спіфанов, канд. техн. наук проф.; Ю. І. Зайцев, канд. техн. наук, проф.; П.О. Качанов, д-р техн. наук, проф.; В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.; С. І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.; В. М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.; В. І. Кравченко, д-р техн. наук, проф.; Г. В. Лісачук, д-р техн. наук, проф.; О. К. Морачковський, д-р техн. наук, проф.; В. І. Ніколаєнко, канд. іст. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; В. А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.; М. І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.; Г. М. Сучков, д-р техн. наук, проф., Ю. В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф., М. А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія

Відповідальний редактор: Дьомін Д. О., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

Відповідальний секретар: Костик В. О., канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»;

Члени редколегії: Акімов О. В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Березуцький В. В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Дмітрік В. В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Дудніков А. А., канд. техн. наук, ПДАА, Полтава, Заблоцький В. К., д-р техн. наук, ДДМА, Краматорськ, Заміховський Л. М., д-р техн. наук, ІФТУНГ, Івано-Франківськ, Євстратов В. О., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків, Погрібний М. А., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Пономаренко О. І., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків, Соболь О. В., д-р фіз.-мат. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Шоман О.В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Jozef Voynarovsky, проф., Сілезького політехнічного інституту, Польща, Rab Nawaz Lodhi, проф. Bahria University Islamabad Pakistan, Пакистан, Меркер Е. Е., д-р техн. наук, проф., Старооскольський технологічний інститут – філія Національного дослідницького технологічного інституту «Московський інститут сталі і сплавів», Росія

Рекомендовано до друку вченою радою НТУ „ХПІ"

Протокол № 2 від « 24 » лютого 2015 р.

Т. Б. ЯНКО, зав. лаб., ДП «ДНДП Інститут титану», Запоріжжя

ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА МІКРОСТРУКТУРИ ГУБЧАСТОГО ТИТАНУ, ОТРИМАНОГО ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ КОМПЛЕКСНОГО ЛЕГУВАННЯ АЛЮМІНІЄМ ТА ВАНАДІЄМ

Проведено дослідження хімічного складу та мікроструктури титану губчастого, що було отримано за технологією комплексного легування алюмінієм та ванадієм, із заданим вмістом легувальних елементів на рівні хімічного складу сплаву VT-6. На основі хімічного, мікроструктурного та енергодисперсійного аналізу встановлено, що розроблена технологія дозволяє отримувати титан губчастий із вмістом основних легувальних елементів (алюмінію та ванадію), який задовольняє хімічному складу сплаву VT-6.

Ключові слова: мікроструктура, легувальні елементи, титан, алюміній, ванадій, відновлення, сплав, технологія, порошок

Вступ. Необхідність економії матеріальних ресурсів та зниження собівартості продукції вимагає від підприємств-виробників та переробників титану та сплавів на його основі, вдосконалення існуючих технологій, а також впровадження нових високоефективних рішень.

Для забезпечення необхідних властивостей та механічних характеристик сплавів на основі титану використовують елементи-домішки.

Більше половини титанових сплавів використовується в промисловості (рис. 1).

Аерокосмічна галузь також потребує значної кількості високоякісних сплавів. Титан та його сплави також активно використовуються

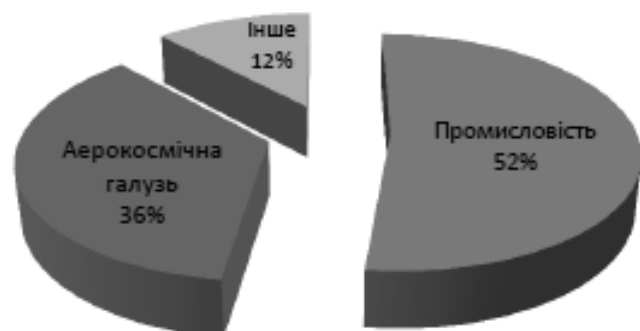


Рис. 1 – Світове споживання титанового прокату по галузях [1]

в медицині, будівництві, хімічній промисловості, металургії та інших.

Майже три чверті титанових сплавів припадає на сплави системи Ti-Al-V типу VT-6 (6Al-4V) (рис. 2). Отже, перспективним напрямком розробки технологій отримання саме таких сплавів титану.

Особливо актуальним постає це питання з огляду на поширення адитивних технологій, оскільки вони потребують титанових сплавів високої якості, що мають рівномірний розподіл легувальних елементів, а також високу собівартість.

Вихідним матеріалом для більшості адитивних технологій є порошкові композиції чистих металів та сплавів., Саме сплав VT-6 (6Al-4V, Grade5, SAT-64, T-A6V, Ti-Al-V) із вмістом алюмінію на рівні 6 % та ванадію – 4 % є найбільш розповсюдженим серед титанових сплавів, що використовуються в технології прототипування. [1, 3].

Більшість виробників сплавів використовують технологію легування за

допомогою лігатур, що зумовлює проблематику нерівномірності розподілу легувальних елементів. Найчастіше проблема вирішується багаторазовим переплавом, що значно підвищує собівартість продукції.

Також в незначній кількості використовують електрохімічні способи для отримання сплавів. Головним недоліком цих способів є значні витрати електроенергії та високі вимоги до матеріалів апаратного оформлення процесу [4].

Аналіз технологій виробництва сплавів показав, що необхідно зменшувати кількість високо витратних операцій, пов'язаних з усередненням хімічного складу та підвищенню однорідності механічних характеристик в обсязі матеріалу.

Основним способом отримання порошків титанових сплавів типу VT-6 є диспергування розплавів титанових сплавів [1,2]. Технологія виробництва порошкових титанових сплавів включає отримання титану губчастого, змішення його з лігатурами та переплавлення, і, зрештою, розпилення розплаву титанового сплаву.

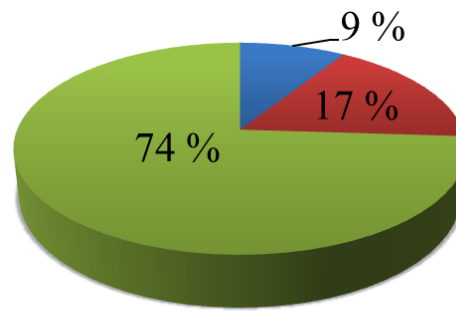
Головною проблемою одержання сплавів титану із заданими системами легування є складність керування вмістом легувальних елементів та їх рівномірним розподілом в обсязі матеріалу. Вирішення цих проблем можливе при одержанні сплавів на основі титану губчастого із заданим вмістом легувальних елементів.

На сьогодні проблему рівномірності розповсюдження легувальних компонентів, а також з метою попередження в готових сплавах частинок нерозплавленої лігатури, ліквідації легувальних елементів, неметалевих включень вирішують багаторазовим переплавом. Проте, це значно підвищує вартість порошків титанових сплавів.

Таким чином, можна зазначити, що така технологія є достатньо складною та високовитратною.

Легування губчастого титану в процесі відновлення може сприяти вирішенню цих проблем. Відомі способи легування титану губчастого киснем, ванадієм, алюмінієм та іншими [4-9]. Однак, майже відсутніми є дані щодо отримання титану губчастого, легованого декількома металами одночасно, що потребує розширення уявлень про легування губчастого титану та розробки нових технологій його отримання.

Вирішення проблеми великої кількості складних і витратних операцій отримання порошків титанових сплавів, та зниження собівартості можливе за



■ Жароміцні β -сплави ■ Інше ■ Комерційний титан та 6Al-4V

Рис. 2 – Споживання основних типів титанових сплавів [2]

умови використання губчастого титану комплексно та рівномірно легованого безпосередньо в процесі відновлення.

Мета роботи. Метою роботи є проведення досліджень хімічного складу та мікроструктури титану губчастого, отриманого за технологією комплексного легування алюмінієм та ванадієм із заданим вмістом легувальних елементів на рівні хімічного складу сплаву ВТ-6.

Методика, обладнання та результати проведених досліджень. Для проведення досліджень було використано зразки титану губчастого, що було отримано на лабораторних установках за звичайною технологією магнієтермічного відновлення тетрахлориду титану магнієм, а також титану губчастого, легованого алюмінієм та ванадієм, за вдосконаленою технологією магнієтермічного відновлення суміші тетрахлоридів титану та ванадію.

Схема вдосконаленої технології комплексного легування титану наведено на рис. 3.

Температура в процесі відновлення становила – 800...850 °С.

Тиск в реакторі відновлення – 100...135 кПа

Температура в процесі вакуумної дистиляції становила 900...1010 °С.

Залишковий тиск в апараті при завершенні процесу сепарації – 32 Па.

Вигляд кричної частини блоків титану губчастого, легованого алюмінієм та ванадієм, після очищення вакуумною сепарацією та кричної частини блоків титану губчастого нелегованого представлено на рис. 4, а, б.

Як видно з рис. 3 зовнішній вигляд кричної частини блоків титану губчастого, що було отримано на лабораторній установці магнієтермічного відновлення, як легованого алюмінієм та ванадієм, так і нелегованого не має істотних відмінностей, структура – від крупно дендритної до мілко волокнистої.



Рис. 3 – Схема вдосконаленої технології комплексного легування титану

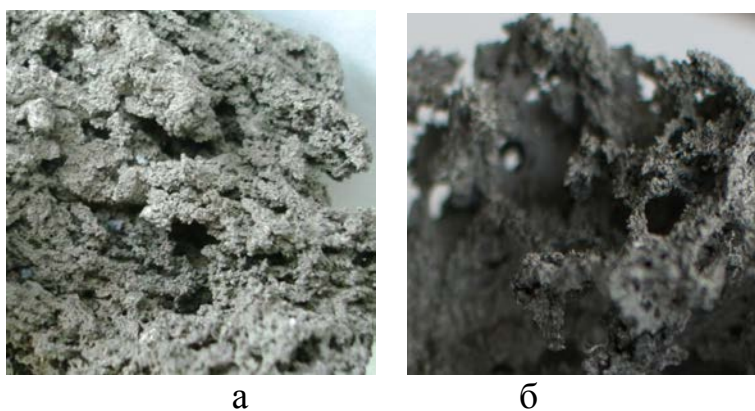


Рис. 4 – Зовнішній вигляд кричної частини блоку титану губчастого: а – нелегований; б – легований алюмінієм та ванадієм

Для визначення якості титану губчастого з кричної частини отриманих блоків титану губчастого відбирались проби для аналізу в них вмісту легувальних елементів та домішок азоту, вуглецю та хлору.

Усереднений вміст домішок та легувальних елементів у пробах блоків титану губчастого дослідних процесів представлений в табл. 1.

Таблиця 1 – Усереднений вміст (мас. част., %) домішок та легувальних елементів у пробах блоків титану губчастого дослідних процесів

Матеріал	V	Al	C	Cl	N
Титан губчастий нелегований	–	–	0,030	0,54	0,20
Титан губчастий легований алюмінієм та ванадієм	4,01	5,46	0,037	0,72	0,27
Сплав ВТ-6 [10]	3,5..5,3	5,3...6,8	до 0,1	–	до 0,05

Аналізи вмісту домішок та легувальних елементів у пробах титану губчастому виконувались в Центрі сертифікаційних випробувань кольорових металів, стандартних зразків та метрологічного забезпечення аналітичного контролю ДП «ДНДП Інститут титану». При цьому аналіз вмісту домішки азоту виконували титрометричним методом (ДСТ 9853.1-96), аналіз вмісту хлору – турбодіметричним методом (ДСТ 9853.4-96), аналіз вмісту вуглецю – кулонометричним методом (ДСТ 9853.3-96). Вміст легувальних елементів алюмінію та ванадію визначали титрометричними методами (ДСТ 19863-91).

Як видно з табл. 1, за результатами хімічного аналізу, було досягнуто вмісту основних легувальних компонентів (V та Al), що задовольняв хімічному складу сплаву ВТ6. Щодо інших домішок, їх збільшений вміст можна пояснити малими розмірами лабораторних установок на яких були отримані дослідні зразки титану губчастого.

Порівняння структур титану губчастого, легованого алюмінієм та ванадієм, із нелегованим губчастим титаном підтвердило факт рівномірного проникнення легувальних елементів в титанову основу, що виявлялося у формуванні мікроструктури, характерної

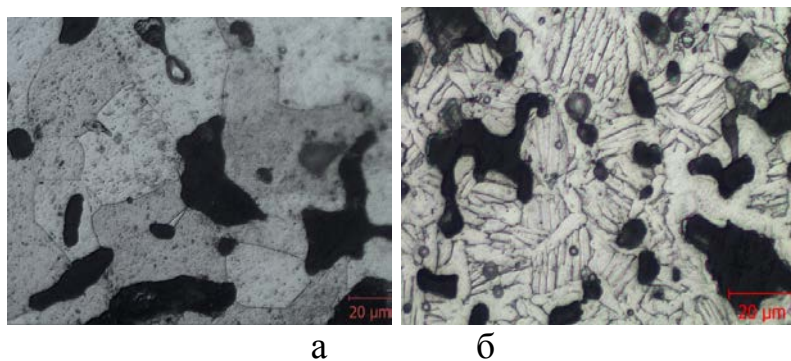


Рис. 5 – Мікроструктура легованого та нелегованого титану губчастого, $\times 500$: а – нелегований; б – легований алюмінієм та ванадієм

для легованих титанових сплавів. Так, мікроструктура нелегованого титану губчастого складалася із поліедричних зерен α -фази, між якими розташовувались численні пори (рис. 5, а). Натомість, мікроструктура легованого губчастого титану мала пластинчасту будову α -фази, по границям α -пластинок розташовувались тонкі прошарки β -фази, утвореної ванадієм (рис. 5, б).

Таким чином мікроструктурним аналізом встановлено, що титан губчастий,

отриманий за технологією комплексного легування, має рівномірне проникнення легувальних елементів (алюмінію та ванадію) в титанову основу, що є характерним для структури двофазових сплавів.

Результати рентгеноспектрального мікроаналізу (РСМА) титану губчастого, легованого алюмінієм та ванадієм показані на рис. 6, а – г. Більшому вмісту елемента відповідає більш інтенсивний колір та піки на кривих інтенсивності відповідно лінії сканування. Отже, енергодисперсійним рентгеноспектральним мікроаналізом розподілу легувальних елементів в титані губчастому, легованому алюмінієм та ванадієм, підтверджено знаходження та рівномірний розпо-

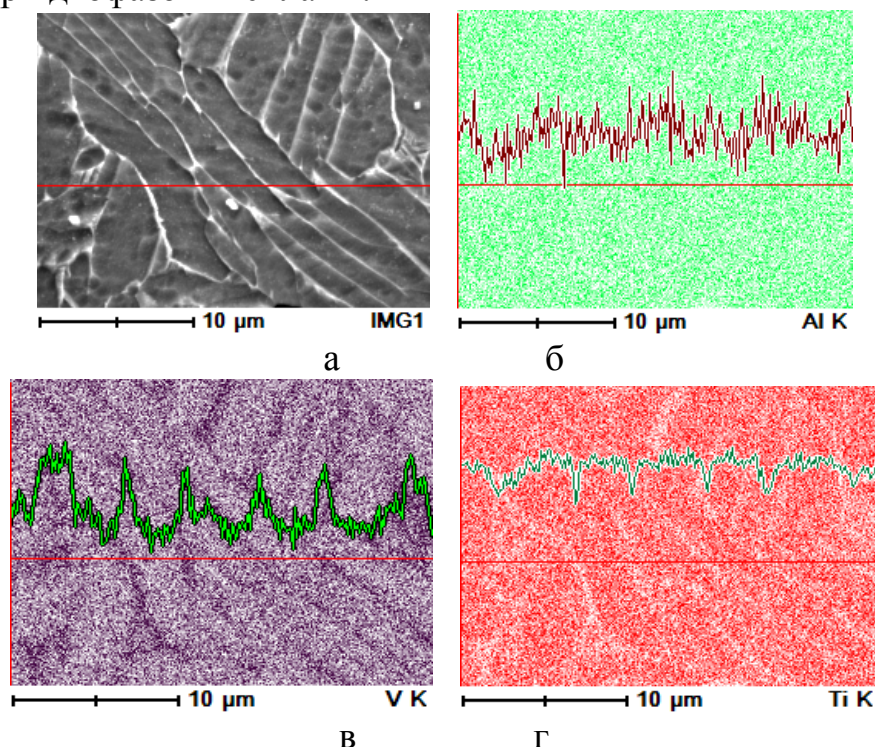


Рис. 6 – Енергодисперсійний рентгеноспектральний мікроаналіз розподілу легувальних елементів в титані губчастому, легованому алюмінієм та ванадієм $\times 5000$: а – мікроструктура вздовж лінії сканування; б – вміст алюмінію; в – вміст ванадію; г – вміст титану

діл легувальних елементів в структурних складових титану губчатого.

Висновки. За результатами дослідження встановлено, що розроблена технологія дозволяє отримувати титан губчастий із вмістом основних легувальних компонентів (алюмінію та ванадію), який задовольняє хімічному складу сплаву ВТ-6, а структура є характерною для двофазних сплавів.

Хімічний, мікроструктурний та енергодисперсійний аналіз дають можливість рекомендувати титан губчастий, що було отримано за технологією комплексного легування алюмінієм та ванадієм, для виробництва титанових сплавів для потреб адитивних технологій.

Список літератури: 1. Roskill report. Titanium Metal: Market Outlook to 2018. Sixth Edition, 2013 // Copyright © Roskill Information Services Ltd. ISBN 978 0 86214 595 8. 2. TITANIUM 2008: development of international titanium industry, preparation technology and applications [Liu B, Liu YB, Yang X, Liu Y.]. - Materials Science Eng. Pow. Metall 2008. - № 14 (2). – 67–73 p. 3. Довбыш, В. М. Аддитивные технологии и изделия из металла [Електронний ресурс] / В. М. Довбыш, П. В. Забеднов, М. А. Зленко. – Режим доступу: nami.ru/upload/AT_metall.pdf 4. Kitaoka, K. Market development of titanium in Japan and the future prospect [Text] / K. Kitaoka // Mater Forum, 2005. -С 29-30 5. Давыдов, С. И. Получение титана с заданным содержанием кислорода [Текст] / С. И. Давыдов, В. Г. Шевченко, А. В. Овчинников и др. // Теория и практика металлургии. – 2010. – № 5-6. – С. 6 – 10. 6. Давыдов, С. И. Удосконалення технології одержання титану з заданим вмістом кисню [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.16.02 / Давыдов Сергій Іванович ; Запорізька держ. інженерна акад. - Запоріжжя, 2010. - 22 с. 7. Чепрасов, А. И. Получение титано-ванадиевых лигатур из ванадий-содержащих

полупродуктов титанового производства [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.16.03 / А. И. Чепрасов. – М.: МИСиС, 1983. – 27 с. **8.** Новые процессы и материалы порошковой металлургии титана: сб. научн. трудов Ин-т Титана / *гл. ред. А. Н. Петрунько.* - Запорожье, 1992. – 83 с. **9.** А.с. СССР, 448243 / Способ получения сплавов титана / *Б.С. Гамелкин, И.М. Чепрасов;* заявл. 30.03.73, опубл. 30.10.74, Бюл. № 40. **10.** Марочник стали и сплавов [Электронный ресурс] – Режим доступа http://www.splav.kharkov.com/mat_start.php?name_id=1298.

Bibliography (transliterated): **1.** Roskill report (2013). Titanium Metal: Market Outlook to 2018. Sixth Edition. Copyright. Roskill Information Services Ltd. ISBN 978 0 86214 595 8. **2.** Liu, B, Liu, Y. B. , Yang, X, Liu, Y. (2008). TITANIUM 2008: development of international titanium industry, preparation technology and applications - Materials Science Eng. Pow. Metall, 14(2):67–73. **3.** Dovbysh, V. M., Zabednov, P. V., Zlenko, M. A. (2013). Additivnye tehnologii I izdelija iz metalla. Available at: nami.ru/upload/AT_metall.pdf **4.** Kitaoka K. (2005). Market development of titanium in Japan and the future prospect. Mater Forum, 8, 29-30. **5.** Davudov, S. I., Shevchenko, V. G., Ovchinnikov, A. V. (2010). Polychenie titana s zadannym soderganiem kisloroda. Teoria i praktika metallurgii, 5-6. 6 – 10. **6.** Davudo, S. I. (2010) Udoshkonalennia tehnologii odergannia tytanu z zadannym vmistom kysniu (Dissertation Abstract, Zaporizhia), 22 p. **7.** Cheprasov, A. I. (1983). Polychenie titano-vanadievyyh ligature iz vanadij-sodergashshih poluproduktov titanovogo proizvodstva (Dissertation Abstract, Moscow). **8.** Petrunko, A. N. (1992). Novye process I materialy poroshkovoj metallurgii titana: In Petrunko AN (eds.) Titanium institute, Zaporozhye, 83. **9.** Gamelkin, B. S., Cheprasov, I. M. (1973). Sposob poluchenija titanovykh spлавov. С.с. USSR, 448243. **10.** Marochnik stali I сплавov. Available at: http://www.splav.kharkov.com/mat_start.php?name_id=1298.

Надійшла (received) 11.02.2015

УДК 621.315

Р. Н. ВОЛЯР, канд. техн. наук, доц., ЗГИА, Запорожье

ВЫБОР МАТЕРИАЛА КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ПЛАВКИ КРЕМНИЯ

В работе рассматривается взаимодействие материалов контейнера (графита, алунда и кварца) с расплавом кремния. Выполненные термодинамические расчеты подтвердили высокую реакционную способность расплава кремния со всеми контейнерными материалами. Для организации промышленного производства кристаллов кремния рекомендуется использовать кварцевые тигли полученные из природного кварца или синтетическим путем.

Ключевые слова: контейнер, тигель, кремний, монокристалл, плавка, термодинамика.

Введение. Благодаря своим уникальным свойствам, неограниченным природным запасам исходного сырья, коммерческой доступности, технологичности процессов выращивания и механической переработке на пластины монокристаллический кремний остаётся главным и преобладающим среди всех полупроводниковых материалов в приборостроении и электронной технике [1].

Процесс получения полупроводникового кремния можно разделить на три этапа. Первый этап предусматривает карботермическую переработку кварцевого сырья с выплавкой технического кремния. Второй этап - это получение поликристаллического кремния полупроводникового качества. Третий этап включает выращивания монокристаллов кремния методом Чохральского с заданной структурой и распределением примесей.

Производство полупроводникового кремния является чрезвычайно рентабельной отраслью промышленности, так как позволяет получать высокие прибыли при выпуске конечной продукции. Этот относительно дешевый материал по отношению к другим материалам занимает лидирующее место по многим

© Р. Н. ВОЛЯР, 2015

параметрам особенно, таким как коэффициент полезного действия полученного солнечного элемента к его себестоимости [2].

Возможность получения практически всех марок монокристаллического кремния методом Чохральского оставляет за этим методом преимущество производства монокристаллов для изготовления солнечных элементов. Создавая новые установки для выращивания монокристаллов не только больших размеров (диаметр, длина), но и улучшая их качество оставляет за этим методом первое место по производству полупроводниковых материалов [3].

Выбор материала контейнера является ответственным процессом при организации плавки кремния. Это связано с тем, что для обеспечения высокой степени чистоты расплава необходимо исключить взаимодействие материала контейнера и расплава кремния. Расплав кремния имеет очень высокую реакционную способность с различными металлами и их окислами. Взаимодействие расплава кремния с металлами приводит к образованию силицидов металлов, а взаимодействие с окислами приводит к образованию сложных кремний-металл-кислородных соединений. Особенно значительно загрязняется расплав при выращивании монокристалла кремния большого диаметра и длины, так как при этом время контакта расплава с контейнером увеличивается, что приводит к увеличению количества примесей, переходящих в расплав [4-6].

При выращивании монокристаллов кремния по методу Чохральского к материалам контейнера, по мимо высокой степени чистоты, предъявляются также требования по механической прочности, геометрическим размерам, содержанию газовых включений и др. В настоящее время широко используется кварц для изготовления контейнеров (тиглей) для плавки кремния. Ведущими фирмами по производству таких контейнеров в мире являются: «Toshiba Ceramics», «Japan Super Quartz Corporation» (Япония), «GE» (США), «Heraeus» (Германия), «Saint-Gobain» (Франция), «Shin-Etsu» (КНР) [7].

Кроме кварца при изготовлении контейнеров для плавки кремния большое распространение получили покрытия из различных материалов. Это дает возможность снизить себестоимость тигля за счет снижения затрат на его изготовление. Контейнер изготавливается не из дорогостоящего материала, а наносится лишь покрытие на внутреннюю его поверхность. Как пример применяют способ нанесения защитного покрытия на внутреннюю поверхность кварцевого тигля путем обработки внутренней поверхности контейнера смесью газов H_2 , CO и H_2O при массовом соотношении компонентов, соответственно, 2:28:18 при температуре 1150...1200 °С в течение 1 часа, после чего контейнер подвергают термообработке при температуре 1150...1200 °С в течение 1 часа в атмосфере воздуха до получения плотного покрытия. Это позволяет получать покрытие диоксида кремния толщиной 150...200 мкм, имеющее однородную поверхность без дефектов роста на внутренней поверхности кварцевых контейнеров [8].

В последнее время исследователями выполняется значительный объем работ по использованию нитрида кремния SiN в качестве контейнера для расплава кремния или в качестве покрытия на кварцевый тигель. Однако получение такого соединения в настоящее время затруднено из-за сложности технологии его получения, что препятствует его широкому применению в промышленных процессах.

В работе [9] проведен термодинамический анализ взаимодействия различных конструкционных материалов с расплавом кремния. Выполненные автором расчеты показали, что наиболее устойчивыми соединениями к расплаву кремния являются оксид, нитрит и карбид кремния.

Поэтому поиск контейнерного материала для выращивания монокристаллов кремния не является окончательно решенной задачей и остается актуальным в настоящее время.

Цель работы. Провести термодинамический анализ химической устойчивости различных материалов к взаимодействию с расплавом кремния и выбрать оптимальный для использования в качестве контейнера (тигля) для выращивания монокристалла.

Для достижения поставленной цели необходимо провести термодинамический анализ взаимодействия выбранных материалов контейнера с расплавом кремния и изучить поведение материала контейнера с расплавом кремния в процессе выращивания монокристалла.

Обсуждение результатов. В качестве контейнерных материалов для расплава кремния были рассмотрены следующие материалы: графит, алунд и кварц. Расчеты проводились при помощи программного комплекса HSC Chemistry, от температуры плавления кремния до 2083 К. Дальнейшее увеличение интервала исследуемых температур было нецелесообразно так как плавление кремния ведут при температуре на 200...250 градусов выше температуры кристаллизации кремния.

На примере германия, в производстве которого используется контейнер из графита рассмотрим применение для расплава кремния контейнер из графита.

Если для германия не происходит взаимодействие расплава с графитом (рис. 1а), то расплавленный кремний практически сразу начинает реагировать с графитом с образованием карбида кремния (рис. 1б) [10, 11], по реакции

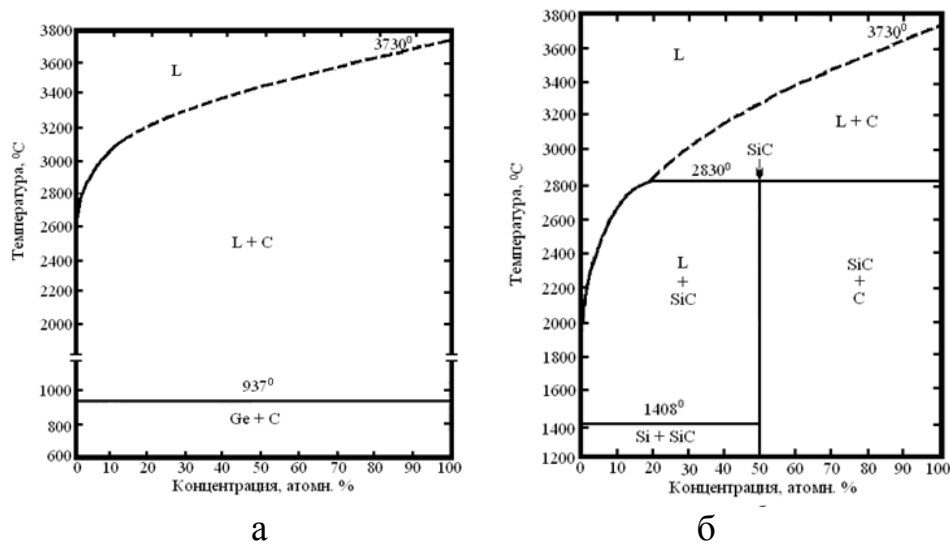


Рис. 1 – Диаграммы состояния [10,11]: а – германий – углерод, б – кремний – углерод



Термодинамически реакция взаимодействия кремния с углеродом описывается уравнением зависимости изобарного потенциала от температуры

$$\Delta G_T = -97036 + 8,1T. \quad (2)$$

Графически эта зависимость приведена на рис. 2.

Как видно из рис. 2 наибольшая возможность образования карбида кремния происходит при температуре близкой к температуре плавления кремния. Образовавшийся карбид кремния создает шлак на поверхности расплава кремния, что препятствует выращиванию монокристалла при его кристаллизации с заданными структурными характеристиками.

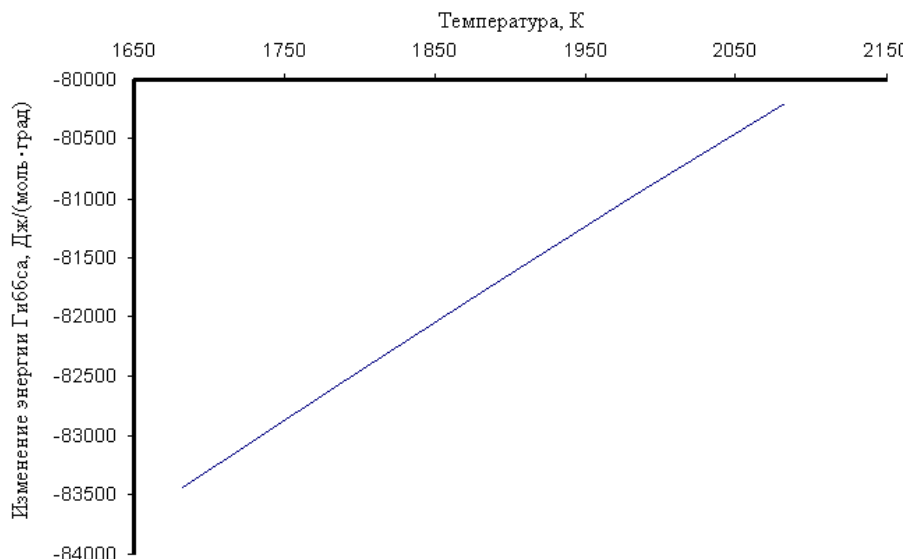


Рис. 2 – Зависимость изобарного потенциала реакции (1) от температуры

Так же происходит загрязнение кристалла примесью углерода, что негативно сказывается на качестве полупроводниковых приборов, изготавливаемых из такого кремния.

В случае применения алунда в качестве материала контейнера, при взаимодействии расплава кремния и алунда происходит образование окислов алюминия и алюмосиликатов различной конфигурации. Термодинамическую оценку возможных реакций взаимодействия расплава кремния с оксидом алюминия можно представить следующим



Графически эти зависимости приведены на рис. 3.



Графически эти зависимости приведены на рис. 4.

Как видно из рис. 3 возможность образования оксидов кремния по реакциям (3) и (4) минимальна. Однако в расплаве кремния возможно образование SiO_2 (реакции (3) и (4), который в дальнейшем будет взаимодействовать с материалом алундового тигля. Возможность реакций (5) и (6) достаточно высока (рис. 4), что так же, как и использование графита в качестве контейнера приводит к образованию шлаковых включений в виде алюмосиликатов (силлиманита и муллита) на поверхности расплава кремния и к нарушению условий выращивания монокристалла с установленными структурными характеристиками и электрофизическими параметрами.

Поэтому основным контейнерным материалом для выращивания монокристаллов остается кварц. Исходя из диаграммы состояния, рис. 5 [10,12],

взаимодействие расплава кремния с кварцем не приводит к образованию шлаковых включений, но происходит растворение кварца в расплаве.

В процессе выращивания монокристалла происходит растворение кварца и насыщение расплава кремния кислородом, как дополнительным легирующим элементом. Это связано с низкой скоростью растворения кварца расплавленным кремнием.

Реакцию растворения кварца расплавленным кремнием можно представить следующим уравнением [4]

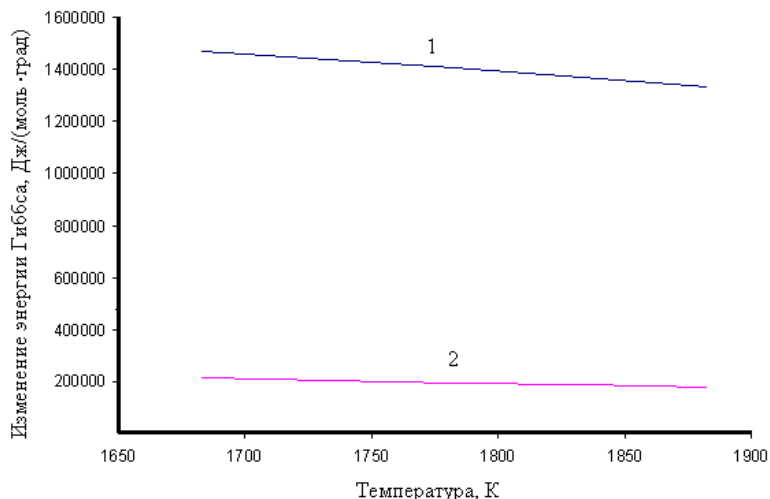


Рис. 3 – Зависимость изобарного потенциала: 1 – реакции (3), 2 – реакция (4) от температуры

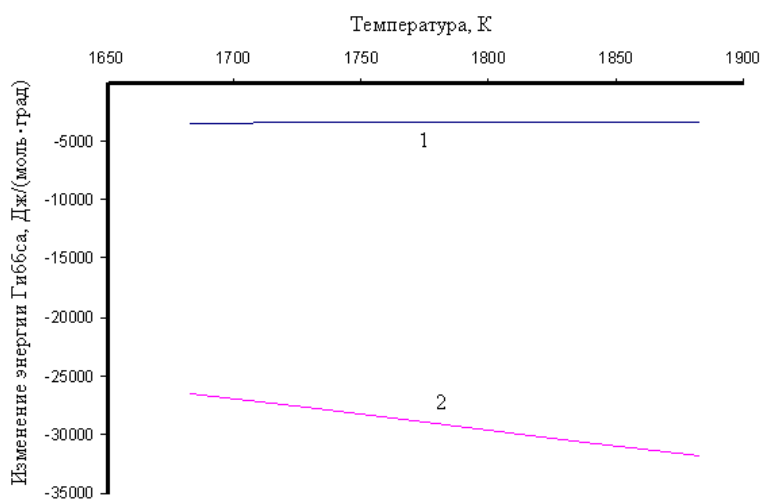


Рис. 4 – Зависимость изобарного потенциала: 1 – реакции (5), 2 – реакция (6) от температуры

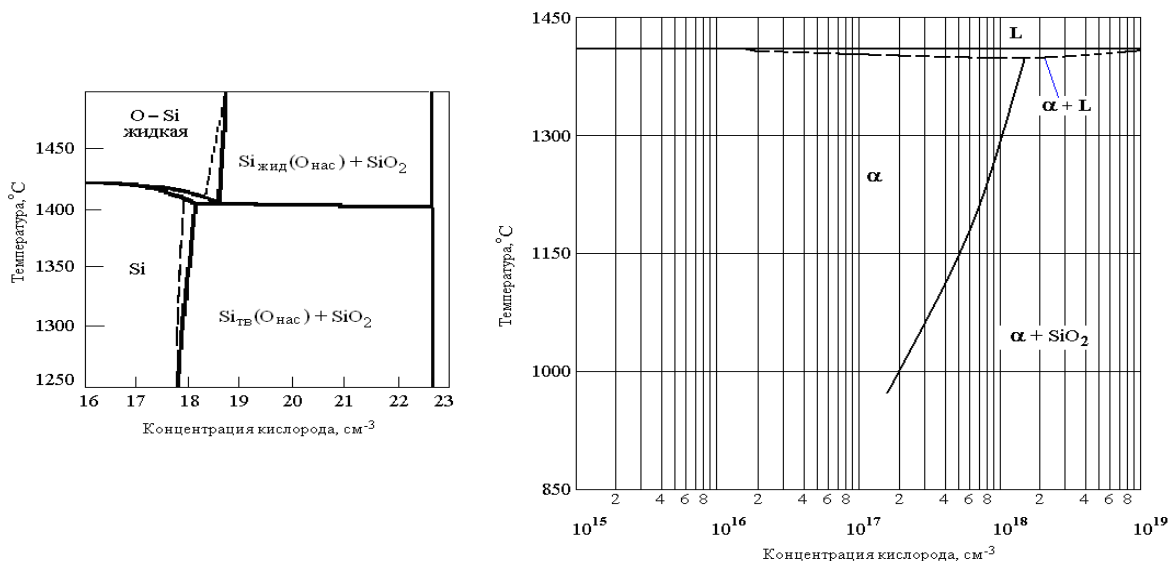
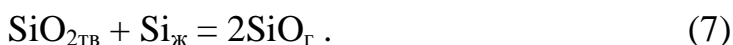


Рис. 5 – Диаграммы состояния кремний – кислород [10,12]

Изменение стандартного термодинамического потенциала для этой реакции имеет вид

$$\Delta G_T = 667,6 - 0,3148T. \quad (8)$$

Анализ этой зависимости показывает, что величина изменения изобарного потенциала почти до температуры кипения имеет значения близкие к нулю откуда следует что химическое взаимодействие мало вероятно, рис. 6. Но на практике происходит медленное растворение кварца расплавом кремния, что описано авторами в работе [4]

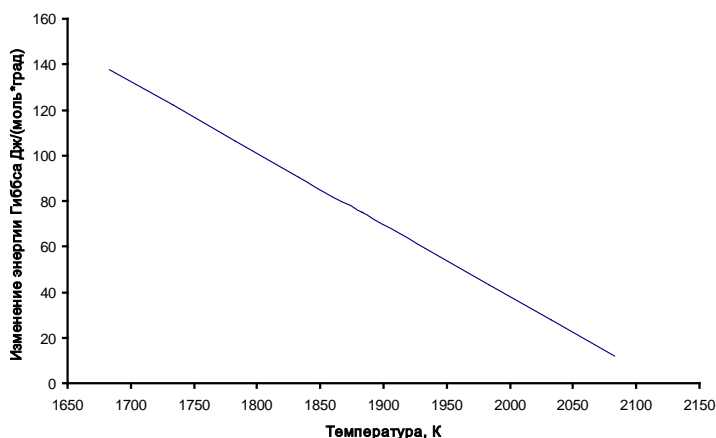


Рис. 6 – Зависимость изобарного потенциала реакции (7) от температуры

Использование кварца в качестве материала контейнера с термодинамической точки зрения обеспечивает возможность проведения процесса выращивания монокристалла из «чистого» расплава, то есть из расплава без шлакового покрытия.

Выводы. На основании выше изложенного нами принято целесообразным в качестве контейнерного материала для организация промышленного производства кристаллов кремния использовать кварцевые тигли полученные из природного кварца или синтетическим путем. Использование синтетических кварцевых тиглей является наиболее приемлемым как с точки зрения снижения поступления неконтролируемых легирующих веществ в расплав кремния, так и с технико-экономической точки зрения, поскольку изготовление синтетических кварцевых изделий дешевле, чем использование природного кварца.

Список литературы: 1. Червоний, І. Ф. Напівпровідниковий кремній: теорія і технологія виробництва : монографія [Текст] / І. Ф. Червоний, В. З. Куцова, В. І. Пожуєв, Є. Я. Швець, О. А. Носко, С. Г. Єгоров, Р. М. Воляр ; під заг. ред. І. Ф. Червоного. - Вид. 2-е, допр. і перер. - Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2009. - 488 с. - Бібліогр. : с. 446-484. (547 назв.). ISBN 978-966-8462-24-5. 2. Гасик, М. И. Электротермия кремния (физикохимия, технология) [Текст] / М. И. Гасик, М. М. Гасик. - Днепропетровск : Нац. металлург. акад. Украины, 2011. - 486 с. : ил. - Библиогр. : с. 436-469 (509 назв.). - Предм. указ. : с. 470-474. ISBN 978-966-2596-00-7. 3. Батенков, В. А. Электрохимия полупроводников [Текст] : учеб. пособие Изд. 2-е, допол. / В. А. Батенков ; Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002, - 162 с 4. Фалькевич, Э. С. Технология полупроводникового кремния [Текст] / Э. С. Фалькевич, Э. О. Пульнер, И. Ф. Червоний и др. ; Под ред. Э.С. Фалькевича. - М. : Металлургия, 1992. - 406 с. : ил. - Библиогр.: с. 399-407 (298 назв.). ISBN 5-229-00740-0 5. Медведев, С. А. Введение в технологию полупроводниковых материалов [Текст] : Учеб. пособие для вузов / С. А. Медведев. - М. : Высш. шк., 1970. - 503 с. : ил. - Библиогр. в конце глав. 6. Нашельский, А. Я. Производство полупроводниковых материалов [Текст] : учеб. пособие для подгот. рабочих и мастеров на пр-ве / А. Я. Нашельский. - 2-е изд., перерб. и доп. - М. : Металлургия, 1989. - 269 с. : ил. - Библиогр.: с. 270 (11 назв.). - ISBN 5-229-00247-6. 7. Критская, Т. В. Современные технологии кварцевых тиглей для металлургии монокристаллического кремния [Электронный ресурс] / Т. В. Критская, П. В. Кузьмин // Металургія . - 2014. - Вип. 1. - С. 136-142. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Metalurg_2014_1_24.pdf. 8. Способ нанесения защитного покрытия на внутреннюю поверхность кварцевого тигля: пат. 2527790 Рос. Федерация: МПК С30В 15/10 С30В 29/06 / О. А. Власов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Сибирский федеральный университет" - № 2013113197/05; заявл. 25.03.2013; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 25. - 6 с. : ил. 9. Львов, А. Ю.

Взаимодействие кварцевого стекла с расплавом высокочистого кремния [Текст] : автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. хим. наук: 02.00.01 / А. Ю. Львов. - Н. Новгород, 1993. - 22 с. : ил В надзаг.: Рос. АН, Ин-т химии высокочистых веществ. Библиогр.: с.19-20 (18 назв.), с.21-22 (5 назв.). **10. Глазов, В. М.** Физико-химические основы легирования полупроводников [Текст] / В. М. Глазов, В. С. Земсков ; АН СССР, Ин-т металлургии им. А. А. Байкова. - М. : Наука, 1967. - 371 с. : ил. - Библиогр.: с. 353-364 (638 назв.). - Предм. указ.: с. 365-367. **11. Лякишев, Н. П.** Диаграммы состояния двойных металлических систем [Текст] : справ.: В 3-х т. / Под общ. ред. Н.П. Лякишева. - М. : Машиностроение, Т. 1 / Н. П. Лякишев, О. А. Банных, Л. Л. Рохлин и др. - 1996. - 992 с. : ил. - Библиогр. в конце ст. - ISBN 5-217-02688-X. **12. Бабич, В. М.** Кислород в монокристаллах кремния [Текст]: монография / В. М. Бабич, Н. И. Блецкан, Е. Ф. Венгер. - Київ : Интерпрес, 1997. - 239 с. : ил. - Библиогр.: с. 223-239 (317 назв.). - ISBN 966-501-021-2

Bibliography (transliterated): **1. Chervonij, I. F. Kucova, V. Z., Pozhuev, V. I., Shvec, E. Ya., Nosko, O. A., Egorov, S. G., Volyar, R. M.** (2009). Napivprovidnikovij kremnij: teoriya i tehnologiya virobnictva : monografiya. *Pid zag. red. I. F. Chervonogo. Vid. 2-e, dopr. i perer. Zaporizhzhya: Vidavnictvo ZDIA*, 488. **2. Gasik, M. I., Gasik, M. M.** (2011). Elektrotermiya kremniya (fizikoximiya, tehnologiya). *Dnepropetrovsk: Nac. metalurg. akad. Ukrainy*, 486. **3. Batenkov, V. A.** (2002). Elektroximiya poluprovodnikov: ucheb. posobie Izd. 2-e, dopol. *Barnaul: Izd-vo Alt. n-ta*, 162. **4. Falkevich, E. S., Pulner, E. O., Chervonyj, I. F. i dr.** (1992). *Tehnologiya poluprovodnikovogo kremniya. Pod red. E.S. Falkevicha. Moscow: Metallurgiya*, 406. **5. Medvedev, S. A.** (1970). *Vvedenie v tehnologiyu poluprovodnikovyx materialov: Ucheb. posobie dlya vuzov. Moscow: Vyssh. shk.*, 503. **6. Nashelskij, A. Ya.** (1989). *Proizvodstvo poluprovodnikovyx materialov: ucheb. posobie dlya podgot. rabochix i masterov na pr-ve. 2-e izd., pererb. i dop.* - *Moscow: Metallurgiya*, 269. **7. Kritskaya, T. V., Kuzmin, P. V.** (2014). *Sovremennye tehnologii kvarcevyx tiglej dlya metallurgii monokristallicheskogo kremniya. Metallurgiya, 1*, 136-142. **8. Vlasov, O. A.** (2014). *Sposob naneseniya zashhitnogo pokrytiya na vnutrennyuyu poverkhnost kvarceвого tiglya : pat. 2527790 Ros. Federaciya: MPK C30B 15/10 C30B 29/06 / zayavitel i patentoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovaniya Sibirskij federalnyj universitet*", 25, 6. **9. Lvov, A. Yu.** (1993). *Vzaimodejstvie kvarceвого стекла s rasplavom vysokochistogo kremniya: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kand. xim. nauk: 02.00.01. N. Novgorod*, 22. **10. Glazov, V. M., Zemskov, V. S.** (1967). *Fiziko-ximicheskie osnovy legirovaniya poluprovodnikov. AN SSSR, In-t metallurgii im. A. A. Bajkova.* - *Moscow: Nauka*, 371. **11. Lyakishev, N. P., Bannyx, O. A., Roxlin, L. L. i dr.** (1996). *Diagrammy sostoyaniya dvojnux metallicheskich sistem: sprav.: V 3-x t. Pod obshh. red. N. P. Lyakisheva. Moscow : Mashinostroenie*, V1, 992. **12. Babich, V. M., Blecckan, N. I., Venger, E. F.** (1997). *Kislород v monokristallax kremniya: monografiya. Kyiv: Interpres*, 239.

Надійшла (received) 18.02.2015

УДК 66:661.49

О. В. СЕРГЕЕВА, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ УДХТУ, Днепропетровск;
А. А. ПИВОВАРОВ, д-р техн. наук, проф., зав. каф., ГВУЗ УДХТУ,
Днепропетровск

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ОБАБОТКЕ РАСТВОРОВ

В данной работе рассмотрены вопросы получения оксидных соединений металлов из водных сред при плазмохимической обработке в системе газ-жидкость. Выяснено, что в результате действия контактной низкотемпературной неравновесной плазмы на раствор выявлено значительно большее число факторов, благоприятствующих получению оксидных соединений металлов, чем при химических методах получения.

Ключевые слова: контактная низкотемпературная неравновесная плазма, заряженные частицы, гидроксиды, плазмохимическая обработка жидкости.

© О. В. СЕРГЕЕВА, А. А. ПИВОВАРОВ, 2015

Введение. Оксидные соединения металлов (преимущественно d-элементов) размерностью от нескольких микрометров до нанометров, часто используют для изготовления катализаторов, адсорбентов, для получения прессованных материалов, пигментов и т. п. [1, 2]. При этом процессы получения объектов близких к ультра- и наноразмерным можно подразделить в зависимости от агрегатного состояния среды, в которой образуются их структуры, на синтез в плазме, газе, жидкости, сверхкритической среде и в твердых матрицах. Принимая во внимание, что ультра- или нано- система может иметь несколько энергетически выгодных состояний, существует проблема точного массового воспроизведения структур. Ее решением является поиск путей оптимизации воздействий (химические, механические, тепловые, электромагнитные и т. д.), вид и интенсивность которых определяется при изучении процессов, их организации и самоорганизации [2].

Привлекательность использования плазмы для получения новых соединений, обработки различных сред, с целью изменения свойств, их улучшения или активации обрабатываемых веществ, привела к образованию целого пласта исследований, посвященных изучению свойств плазменного разряда и его воздействия на обрабатываемый материал [3]. Исследования затрагивают в первую очередь саму плазму, ее характеристики, состав, скорость расхода компонентов и выход образующихся веществ в гомогенной среде, и степень воздействия на обрабатываемый материал в случае гетерогенных сред. При рассмотрении плазмохимических процессов, протекающих в системе газ-жидкость, возникают проблемы, из-за необходимости рассматривать все процессы, протекающие в ней комплексно.

Анализ исследований и публикаций. Рассмотрим процесс плазмовимической обработки жидкости при пониженном давлении и возникновении столба контактной неравновесной плазмы при выведенном в газовую фазу аноде и катоде, заглубленном в жидкость. Стадии процесса: откачка газовой фазы из ректора до заранее заданного давления (обычно $(1-2) \times 10^4$ Па); подключение электродов и подача высокого напряжения; поджиг; непосредственно плазмохимическая обработка.

Рассмотрим более детально каждую стадию.

1. В реакторе обычно находится тот же воздух, что и в помещении. Т.о. при обычной откачке газа его состав остается прежним толь более разряженным. В жидкости при понижении давления происходит уменьшение количества растворенного в ней газа [4].

2. При подключении электродов в системе возникает электрическое поле высокого напряжения. Согласно результатов выполненных рядом исследователей работ по контактной и безконтактной активации жидкости (БАЖ) [5,6] при помещении жидкости или приложении к ней электрического или магнитного полей происходит ее активация, заключающаяся в получении термодинамических неравновесных жидкостей с микрокластерными структурами с измененным окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) практически без изменения их рН и химического состава. Возврат в исходное состояние: после прекращения воздействия наблюдается релаксация параметров БАЖ к равновесным значениям [5,6]. Автор работы [5] объясняет такую активацию возникновением вблизи анода

и катода устойчивых высокоэнергетических резонансных систем из осциллирующих диполей (два и более) – воды, OH^- [6]. В статике такие системы из диполей неустойчивы (эффект коллапса), но в динамике при резонансе проявляется эффект динамической стабилизации неустойчивых состояний [5]. Переменное электромагнитное поле от резонансной системы двух синхронно-осциллирующих диполей (СОД) [6] имеет узкий спектр частот (резонансный эффект) и быстро убывает $\sim 1/n^n$ (где $n > 3$). Таким образом, предполагается, что происходит распад более крупных кластеров, из которых состоит вода, на более мелкие кластеры. Согласно работе [5] максимум спектра излучений от СОД предположительно приходится на диапазон частот СВЧ, так как для OH^- характерные частоты вращательных переходов ~ 2 ГГц (длина волны $\lambda_0 = 18$ см). По данным, относящимся к классической кинетической теории Семенова–Хиншельвуда [7] при высоких напряженностях электрического поля в среде воздуха могут осуществляться реакции диссоциации O_2 , N_2 , а также рекомбинации $\text{O} + \text{O}_2 = 3\text{O}$ и $\text{N} + \text{N}_2 = 3\text{N}$. При этом соответствующие цепи могут разветвляться, т.е. при простом бимолекулярном столкновении, сопровождающемся исчезновением одной активной частицы, возникает несколько новых активных частиц атомов кислорода или азота.

3. Поджиг. Согласно [8] для тлеющего разряда выражение напряжения пробоя можно представить в виде:

$$Un = PL / \left(\frac{1}{D} \cdot \ln \left[\frac{CPL}{\ln \left(\frac{1}{\gamma} + 1 \right)} \right] \right) \quad (1)$$

где P – давление в газоразрядном промежутке, L – соответственно длина разрядного промежутка; C , D – константы уравнения ударной ионизации; γ – коэффициент вторичной ионизации

При этом в момент поджига наблюдается яркая вспышка, соответствующая реакции горения. Химические превращения в подобных неравновесных (в некоторых случаях взрывных) реакциях осуществляются двумя последовательными процессами, в каждом из которых образуется молекула продукта, а временно исчезнувший один из активных центров замещается дополняющим его центром. При этом, если скорость, с которой образуются активные частицы, превышает скорость их исчезновения, то концентрация активных частиц возрастает экспоненциально со временем, вплоть до достижения определенного стационарного значения.

4. Плазмохимическая обработка

Механизм образования частиц оксидов металлов включает бимолекулярные реакции мономерных ионов металлов или их кластеров [9] с образованием частиц критического размера. Скорость образования первичных частиц может быть описана уравнением Аррениуса [10]. Размер частиц оксидов металлов зависит как от исходной концентрации водорастворимых солей металлов, рН среды, так и от свойств среды, в которой образуются эти частицы [11]. Физические свойства границы плазма-раствор и характер активации химических процессов в растворе в сильной степени зависят от полярности электрода, расположенного в газовой фазе. В случае электролитного катода падение потенциала у поверхности раствора выше и более эффективно протекают окислительные процессы [12]. Воздействие

плазмы на поверхность жидкости осуществляется в результате ряда сложных, взаимосвязанных процессов энергетического, массового и зарядового обменов частиц плазмы с молекулами и частицами обрабатываемой жидкости. Результатом таких взаимодействий являются десорбция атомов и молекул с поверхности, распыление и испарение частиц жидкости, изменения структуры и фазового состояния. При плазменной обработке происходит взаимодействие жидкости с активными и неактивными частицами плазмы, имеющими высокую кинетическую или потенциальную энергию. Различают физическое и химическое взаимодействия частиц. При физическом взаимодействии частицы обладают в основном кинетической энергией, которая может превышать тепловую на несколько порядков величин. Заряженные частицы имеют также высокую потенциальную энергию – энергию рекомбинации. В связи с этим частицы приобретают способность при соударении с поверхностью жидкости физически выбивать ее частицы, молекулы и ионы. При химическом взаимодействии активные частицы имеют высокую потенциальную энергию, определяемую наличием ненасыщенных химических связей. Взаимодействие таких частиц с жидкостью ведет к формированию химических соединений [13].

Измерения катодного падения потенциала в тлеющем разряде с электролитным катодом дают значения от 200 - 400 В при больших токах и до 800 В при малых токах. Это превышает обычные значения нормального катодного падения потенциала в тлеющем разряде пониженного давления. Величина анодного падения может достигать 200 В, что значительно больше соответствующих значений для тлеющего разряда с металлическими электродами [14]. Бомбардировка поверхности раствора ионами, ускоренными в области приповерхностного скачка потенциала, вызывает образование химически активных частиц по механизму, сходному с радиационно-химическим. В случае водных растворов основными первичными активными частицами являются радикалы H^+ , OH^- и сольватированные электроны. Ионы, инжектируемые из зоны плазмы могут рекомбинировать с ионами растворителя, приводя к образованию радикалов. Возможность этого процесса определяется энергетической эффективностью сольватации инжектированных ионов. Выход сольватированных электронов и радикалов OH^- при действии тлеющего разряда на воду и водные растворы равен согласно [15] 3,3 моль/Фарадей и (6,5 – 9,4) моль/Фарадей, соответственно. Основным устойчивым окислителем, генерируемым в водных и смешанных растворах электролитов под действием плазмы разных типов разряда как при атмосферном, так и при пониженном давлении является пероксид водорода H_2O_2 . Выходы по току кислорода и водорода, наблюдавшиеся в тлеющем и контактном разрядах при всех условиях значительно превышают единицу.

В спектре излучения плазмы разряда с жидкостными электродами при всех условиях наблюдаются линии атомов водорода, полосы радикалов OH^- , молекулярного азота и NO (при использовании воздуха в качестве исходного плазмообразующего газа). При использовании растворов солей в спектре излучения появляются линии атомов соответствующих металлов [16]. Плазма разряда неоднородна в осевом направлении. Компонентный состав плазмы у катода и анода сильно различен. В процессе обработки полностью разделить физическое и химическое взаимодействия, указать какой-либо один процесс,

отвечающий за эффект плазменного воздействия, невозможно. Каждый из процессов несет в себе элементы другого. Результат обработки, обусловлен одновременным воздействием на жидкость различных факторов и определяется параметрами создаваемой плазмы. Однако в реальных процессах плазменной обработки можно выделить преимущественный механизм, определяющий эффективность их протекания. Например: пероксид водорода образуется в результате димеризации радикалов OH^\cdot в количестве пропорциональном прошедшему количеству электричества. При его накоплении в растворе протекают реакции разложения, что приводит к установлению стационарной концентрации H_2O_2 .

Целью данной работы является оценка процессов протекающих при плазмохимической обработке жидких сред в процессе получения оксидных соединений металлов в виде частиц ультра- и нано- размерностей.

Анализ физико-химических процессов, протекающих при плазмохимической обработке металлосодержащих растворов. При получении ультра- и наночастиц необходимо учитывать их неустойчивость и высокую реакционную способность, которые могут привести к агрегации частиц, потере необходимых свойств при взаимодействии с окружающей средой, изменить их структуру. Это может понизить уровень качества эксплуатационных характеристик.

При получении частиц оксидов металлов (преимущественно d-элементов) из водного раствора большое значение играет рН среды. Например, для меди характерно образование аквакомплексов, которые мало растворимы в воде и выпадают из раствора в виде поликомплексов с различным содержанием координированных молекул воды в них, которое в значительной мере зависит от рН среды. Концентрация ионов меди в растворе в равновесии с осадком зависит от степени гидратированности ионов меди в осадке и для гидроксида меди (II) может быть описана выражениями [7]:

$$\lg[\text{Cu}^{2+}] = 9.21 - 2\text{pH} \quad (3)$$

$$\lg[\text{HCuO}_2^-] = -17.52 + \text{pH} \quad (4)$$

$$\lg[\text{CuO}_2^{2-}] = -30.67 + 2\text{pH} \quad (5)$$

Данные выражения позволяют рассчитать концентрацию гидроксиокомплексов меди, в зависимости от рН среды, как в водном растворе, так и в частицах дисперсии, выпавших из него. При этом на первой стадии образования частиц гидроксида или оксида меди происходит формирование растворимых или малорастворимых полиионов гидроксида меди. Для ионов серебра, образующих в водных растворах устойчивые долго сохраняющие стабильность гидратированные ионы: $\text{Ag}[(\text{H}_2\text{O})_2]^+ = 2\text{H}^+ + (\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^-)$, что обусловлено свойством полярных молекул воды взаимодействовать друг с другом за счет межмолекулярных, диполь-дипольных взаимодействий и водородных связей. В результате, молекулы воды формируют вокруг ионов Ag^+ гидратированный водный слой, способный экранировать противоположно заряженные ионы от взаимодействия, поэтому они приобретают повышенную устойчивость в водных растворах. При плазмохимической обработке водных растворов наночастицы получают восстановлением катионов металлов в растворе, в условиях, благоприятствующих последующему формированию малых металлических кластеров или агрегатов. В общем виде уравнение реакции восстановления ионов металлов может быть записано в виде:



где, M^{n+} – ион металла, $[Red]$ – восстановитель, M_0 – нуль-валентный металл, $[Ox]$ – продукт окисления восстановителя.

Поведение металлической частицы в растворе в общем случае определяется разностью ΔE окислительно-восстановительного потенциала частицы и соответствующего потенциала раствора. Когда $\Delta E > 0$ наблюдается рост частиц, при $\Delta E < 0$ – их растворение, а при $\Delta E = 0$ - состояние неустойчивого равновесия. Чем правее в ряду напряжения находится металл и чем выше электрохимический потенциал восстановителя, тем легче и быстрее протекает реакция. Восстановление зависит от условий проведения реакции: подбор пары окислитель-восстановитель и их концентраций, температуры, рН среды, также существенное влияние оказывают диффузионные и сорбционные характеристики. Таким образом, установлена последовательность физико-химических процессов, протекающих при плазмохимической обработке металлосодержащих растворов:

1. Электрический пробой межфазного промежутка с образованием электропроводящего канала и выделением доли энергии на поверхности жидкости. Часть энергии идет на разложение воды, при котором образуются радикалы-окислители (О, ОН). Основная энергия идет на образование и переход в газовую фазу частиц-носителей заряда, УФ-излучение и активацию частиц и молекул.

2. Частицы металла реагируют с водой и радикалами – окислителями с образованием высших и низших гидроксидов. Параллельно происходят процессы взаимодействия частиц металла с анионами и катионами соли по реакциям, зависящим от природы иона и металла. Далее происходят вторичные процессы: окисление гидроксидов растворенным кислородом; гидролиз ионов с образованием соответствующих оксидов и гидроксидов; адсорбция отрицательно заряженных ионов на поверхности продуктов окисления металлов; выделение водорода на металлической поверхности катода; восстановление металлов из гидроксидов до оксидов и металлов; образование пероксидных соединений в результате димеризации радикалов ОН и восстановление металлов пероксидными соединениями.

Выводы

1. Выяснено, что в результате плазмохимической обработки действует значительно большее число факторов, благоприятствующих получению оксидных соединений металлов, чем при химических методах получения.

2. Систематизация процессов плазмохимического синтеза, изучение механизмов реакций даёт возможность решить многие проблемы, связанные с моделированием, проектированием технологических процессов и созданием материалов с заданными свойствами.

Список литературы: 1. Шахнов, В. А. Наноразмерные структуры: классификация, формирование и исследование [Текст] / В. А. Шахнов, Ю. В. Панфилов, А. П. Власов [и др.] // – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 100 с. 2. Власов, А. И. Основы моделирования микро- и наносистем [Текст] / А. И. Власов, А. В. Назаров // – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 142 с. 3. Кутепов, А. М. Растворы и плазма [Текст] / А.М. Кутепов, А.Г. Захаров, А. И Максимов // Наука в России, №5(107), 1998, С. 11-13. 4. Евстратова, К. И. Физическая и коллоидная химия [Текст] /

К. И. Евстратова // – М.: Высш. шк., 1990. – 487с. **5.** Широносков, В. Г. Резонанс в физике, химии и биологии [Текст] / В. Г. Широносков // Ижевск.: «Удмуртский университет», – 2000. – 92 с. **6.** Широносков, В. Г. Задача двух магнитных диполей с учетом уравнений движений их спинов [Текст] / В. Г. Широносков // Изв. вузов Физика, – 1985. – т. 28, № 7. – С. 74 – 78. **7.** Кисленко, В. Н. Формирование частиц оксида меди в водном растворе поливинилпирролидона [Текст] / В. Н. Кисленко, Л. П. Олейник // Укр. хим. журн. 2008. Т. 74, № 4 С. 67-70. **8.** Максимов, А. М. Свойства катодной области низковольтных разрядов атмосферного давления с электролитными электродами [Текст] / А. М. Максимов, А. В. Хлюстова // Химия высоких энергий, – 2009. – т. 43, № 6. – С. 562 – 565. **9.** Larson, M. A. Solute clustering in supersaturated solutions [Text] / M. A. Larson, J. Garside // - Chem. Eng. Sci., 1986, Vol. 41, № 5, pp. 1285-1289. **10.** Mullin, J. W. Crystallization [Text] / J. W. Mullin // Ed. G. Butterworth-Heinemann. - Oxford, 1993. - Ch. 5. - P. 172. **11.** Кисленко, В. Н. Кинетика растворения меди в растворе полиакриловой кислоты и пероксида водорода [Текст] / В. Н. Кисленко, Р. М. Верлинская // Коллоид. журн. - 2003. - Т. 65, № 3. - С. 356-359. **12.** Димитров, В. И. Простая кинетика [Текст] / В. И. Димитров // Новосибирск, 1982.- 438с. **13.** Артамонов, А. Г. Математическое моделирование и оптимизация плазмохимических процессов [Текст] / А. Г. Артамонов, В. М. Володин, В. Г. Авдеев // - М.: Химия, 1989.- 224с. **14.** Beckstedte, M. Density functional theory calculations for poly-atomic systems: electronic structure, static and elastic properties and ab initio molecular dynamics [Text] / M. Beckstedte, A. Kley, J. Neugebauer, M. Scheffler // Comp. Phys. Commun. 1997. V. 107. - P. 187-205. **15.** Baldereschi, A. Mean-value point in the Brillouin zone [text] / A. Baldereschi // Phys. Rev. 1973. - P. 5212-5215. **16.** Fuchs, M. Ab initio pseudopotentials for electronic structure calculations of poly-atomic systems using density-functional theory [Text] / M. Fuchs, M. Scheffler // Computer Physics Communications, 1999, 119, P. 67-98.

Bibliography (Transliterated): **1.** Shachnow, C. A., Panfilov Y. C., Vlasov A. P. [and others] (2008). Nanoscale structures: classification, formation and research. *Moscow state technical University*, 100. **2.** Vlasov, A. I., Nazarov A. C. (2011). Fundamentals of modeling of micro - and nanosystems. - M. : *Moscow state technical University*, 142. **3.** Kutepov, A. M., Zakharov A., Maximov A. I. (1998) Solutions and Plasma. *Science in Russia*, №5 (107), 11-13. **4.** Evstratova, K. I. (1990). Physical and colloid chemistry.- M: *The High. HQ.*, 487. **5.** Shironosov V. G. (2000). Resonance in physics, chemistry and biology. *Izhevsk. "Udmurt University,"* 92. **6.** Shironosov, V. G. (1985). The Goal of two magnetic dipoles considering the equations of motions of their spins. *WPI. universities Physic*, 28, 7, 74 - 78. **7.** Kislenco, C. N., Oleinik, L. P. (2008). The formation of particles of copper oxide in an aqueous solution of polyvinylpyrrolidone. *RBM. chem. Journe*, 4, 67-70. **8.** Maksimov, A. M., Khlystova, A. C. (2009). Properties of the cathode region of the low-voltage discharges in atmospheric pressure with an electrolytic electrodes. *High energy chemistry*, 43, 6, 562 - 565. **9.** Larson, M. A., Garside, J. (1986). Solute clustering in supersaturated solutions. *Chem. Eng. Sci.*, 41, 5, 1285-1289. **10.** Mullin, J. W. (1993). Crystallization. *Ed. G. Butterworth-Heinemann. - Oxford*, 5, 172. **11.** Kislenco, C. N., Verlinsky, R. M. (2003). The kinetics of dissolution of copper in the solution of polyacrylic acid and hydrogen peroxide. *Colloid. Journe*, 65, 3, 356-359. **12.** Dimitrov, V. I. (1982). Simple kinetics Novosibirsk, 438. **13.** Artamonov, A. G., Volodin, V. M., Avdeev, V. G. (1989). Mathematical modeling and optimization of chemical processes. M.: *Chemistry*, 224. **14.** Beckstedte, M., Kley, A., Neugebauer, J. and Scheffler, M. (1997). Density functional theory calculations for poly-atomic systems: electronic structure, static and elastic properties and ab initio molecular dynamics. *Comp. Phys. Commun*, 107, 187-205. **15.** Baldereschi, A. (1973). Mean-value point in the Brillouin zone. *Phys. Rev.* 7, 5212-5215. **16.** Fuchs, M., Scheffler, M. (1999). Ab initio pseudopotentials for electronic structure calculations of poly-atomic systems using density-functional theory. *Computer Physics Communications*, 119, 67-98.

Надійшла (received) 21.02.2015

САПРЫКА А. В., д-р техн. наук, проф., ХНУГХ, Харків

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В данной статье сделан анализ надежности осветительного комплекса. Современный комплекс наружного освещения города представляет собой сложную систему, надежность которой определяется способностью объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования.

Ключевые слова: надежность, наружное освещение, анализ, осветительная установка, базовым комплектом, энергопотребление, статистический ряд

Введение. В современных условиях одним из наиболее актуальных аспектов развития общества на перспективу являются проблемы мегаполисов и групповых систем расселения. Полученные данные показывают, что если в настоящее время только в одном городе мира численность населения превышает 20 млн. человек – Токио, то к 2025 г. их будет уже 5 (Сан-Паулу, Мунбайи, Москва и Мехико). Однако суперконцентрация людей, разрастание транспортных систем, развитие инженерной инфраструктуры оказались факторами, способствующими в современном виде к усугублению негативных кризисных ситуаций почти во всех развитых и развивающихся странах, что в свою очередь, выдвигает новые требования к электроснабжению и электросбережению. Одним из главных технико-экономических показателей качества технических устройств, в том числе и осветительных комплексов, является надежность. Проблема надежности электрических сетей и систем – одна из первоочередных проблем электроэнергетики [1].

Для перспективного развития наружного освещения необходимо внедрение нового поколения светотехнического оборудования, которое позволит значительно сократить энергопотребление и снизить затраты на обслуживание, а также повысить безопасность в работе. Как показано в работах [2,3], замена в Украине 30 % ламп накаливания на светодиодные источники света предоставит возможность сэкономить до 14 млрд. кВт. ч. электроэнергии. Надежная работа осветительных комплексов имеет немаловажное значение в общем балансе электропотребления, поэтому моделирование надежности работы излучающих устройств является актуальным.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. В Украине специальные исследования, направленные на изучение надежности освещения особенно в современных осветительных приборах, проводились довольно редко. Известно, что оценка надежности базируется на обширном статистическом материале и моделях надежности, которые позволяют прогнозирование изменения уровня надежности во времени и оценивать влияние ремонтно-профилактических работ на показатели надежности. Анализ последних публикаций [2-10] выявил необходимость проведения исследования современных источников света.

Цель и задачи исследования. Целью работы является анализ надежности комплекса наружного освещения и светодиодных излучающих устройств с учетом графика циклической работы осветительных приборов и помесичной температуры.

Исследование надежности осветительного комплекса. Современный комплекс наружного освещения города представляет собой наиболее сложную систему, надежность которой определяется способностью объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования. Процесс изменения параметров рабочего режима в системе наружного освещения является, как правило, случайным. В соответствии с электрической схемой наружного освещения, из всей совокупности оборудования и элементов конструкции можно выделить технологическую цепь, которую условно назовем базовым комплектом (БК) системы наружного освещения (рис. 1). В процессе эксплуатации городских сетей были сделаны

наблюдения за временем восстановления освещения после отказов в работе БК.

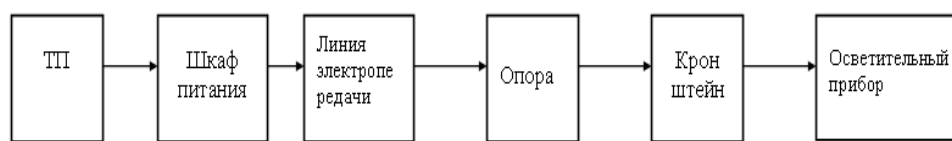


Рис. 1 – Структурная схема базового комплекта системы наружного освещения

Результаты

наблюдений приведены в табл. 1. Предварительный анализ показал, что длительность восстановления имеет широкий диапазон изменения, что соответствует ремонту различных по сложности элементов БК.

Длительность ремонта на трансформаторной подстанции существенно больше, чем ремонт остальных элементов БК, поэтому для выявления статистических закономерностей целесообразно исключить из совокупности наблюдений значения времени восстановления большие 5 часов. Таким образом, объем выборки составил 49 значений.

Для дальнейших исследований нами был построен статистический ряд. Диапазон изменения случайной величины разбит на шесть интервалов ($k=6$). Статистический ряд оформлен в виде табл. 2.

В соответствии с данными статистического ряда была построена гистограмма и график статистической функции распределения.

Статистическая обработка результатов измерения и первичный анализ полученных результатов не позволяет в полной мере описать случайный процесс. Необходимо определить числовые характеристики случайных величин и подобрать соответствующий закон распределения.

Оценка гистограммы, графика статистической функции распределения и анализ статистических параметров совокупности случайных чисел позволяет выдвинуть гипотезу о принадлежности ее к экспоненциальному закону распределения, поэтому рассмотрим вопрос о согласовании теоретического и статистического распределения.

Проведем проверку гипотезы с помощью критерия Пирсона χ^2 . В результате получаем $\chi^2=2,237$, что с вероятностью 0,5 позволяет принять гипотезу. Кроме

того, анализ частичных значений χ^2 позволяет утверждать, что наибольшие расхождения приходятся на интервалы, содержащие незначительное количество точек. В результате получаем $\chi^2=2,237$, что с вероятностью 0,5 позволяет принять гипотезу. Кроме того, анализ частичных значений χ^2 позволяет утверждать, что наибольшие расхождения приходятся на интервалы, содержащие незначительное количество точек.

Таблица 1 – Результаты наблюдений за временем восстановления освещения

№	τ_i , мин.	№	τ_i , мин.	№	τ_i , мин.	№	τ_i , мин.	№	τ_i , мин.	№	τ_i , мин.
1	305	12	40	23	1370	34	90	45	25	56	25
2	270	13	40	24	210	35	15	46	75	57	145
3	590	14	1155	25	1230	36	30	47	55	58	40
4	80	15	165	26	95	37	130	48	20	59	885
5	80	16	1080	27	160	38	40	49	20	60	90
6	75	17	120	28	140	39	980	50	20	61	55
7	120	18	290	29	1000	40	325	51	20	62	70
8	60	19	140	30	165	41	10	52	40		
9	65	20	10	31	15	42	120	53	45		
10	20	21	1010	32	70	43	95	54	575		
11	20	22	1031	33	195	44	75	55	15		

Таблица 2 – Статистический ряд

Границы интервалов	0,1667; 0,944	0,944; 1,722	1,722; 2,5	2,5; 3,278	3,278; 4,056	4,056; 4,834
Количество точек	22	13	7	4	1	2
Частота	0,449	0,269	0,143	0,081	0,02	0,04

Результаты статистической обработки представлены в табл. 3.

В соответствии с проведенными расчетами, примем среднее время восстановления τ равным среднему выборочному $\tau=1,3639$ часов.

Таблица 3– Результаты статистической обработки наблюдений за временем восстановления

№	Наименование параметра	Значение
1.	Объем выборки N	49
2.	Минимальное значение τ_{\min} , час	0,1667
3.	Максимальное значение τ_{\max} , час	4,834
4.	Размах, час	4,6667
5.	Среднее выборочное, час	1,3639
6.	Дисперсия, час ²	1,2407
7.	Среднеквадратическое отклонение, час	1,1138

В качестве параметра экспоненциального распределения восстановления используется интенсивность восстановления μ , которая связана со средним временем восстановления τ следующим соотношением и в рассматриваемом нами случае $\mu=0,7332$.

$$\mu = \frac{1}{\tau} \quad (1)$$

Тогда вероятность восстановления элемента за время от 0 до t вычисляется по формуле

$$G(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (2)$$

Вторым важным показателем надежности БК является частота отказов.

Опыт эксплуатации БК показывает, что частота отказов в рассматриваемый период для определенного типа осветительного прибора при одинаковой длине линии электропередачи, остается постоянной. Однако такого рода сочетания встречаются довольно редко и наблюдение за их отказами не может дать объективную оценку частоты отказов. Следовательно, частота отказов БК – это расчетная величина.

Определение частоты отказов БК для совокупности последовательно включенных элементов осуществляется по формуле

$$\omega_{БК} = \sum_{i=1}^5 \omega_i, \quad (3)$$

Наибольшую трудность вызывает оценка величины частоты отказов осветительного прибора ω_5 , поскольку она в значительной мере зависит от качества электрической энергии в городских осветительных сетях и не может быть принята в соответствии со справочными данными.

Поскольку показатели качества электрической энергии в городских сетях значительно отличаются от нормативных [3] и имеет место низкое качество источников света, применяемых в Украине, то опыт эксплуатации осветительных приборов в сетях наружного освещения коммунального предприятия “Горсвет” г. Харькова и исследования, проведенные профессором Кожушко Г.М. позволяют оценить величину частоты отказов осветительного прибора $\omega_5=1,25 \text{ год}^{-1}$.

Поэтому при оценке надежности комплекса наружного освещения необходимо учитывать реально существующее качество электроэнергии.

Физические процессы, происходящие в полупроводниковых приборах наружного освещения, существенно зависят от температуры окружающей среды. Вследствие этого, надежность работы светодиодных излучающих устройств, также зависит от температуры окружающей среды.

Экспериментальные исследования, проведенные Щербаковым В.Н., по программе длительных испытаний (life time) позволили получить данные об интенсивности отказов λ светодиодов на основе $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{P}$ в стандартном пластмассовом корпусе Т-1 $\frac{3}{4}$. Для получения аналитической зависимости интенсивности отказов λ от значений температуры окружающей среды проведем аппроксимацию данных методом наименьших квадратов и получим следующее аналитическое выражение

$$\lambda = 0,0000479e^{0,0381T} - 0,0000259 \quad (4)$$

Полученная аналитическая зависимость позволяет провести математическое моделирование и оценить вероятность отказа светодиодного излучающего устройства при различной температуре окружающей среды.

Будем полагать, что вероятность отказа светодиода подчиняется экспоненциальному закону распределения

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (5)$$

Для оценки вероятности безотказной работы светодиодных излучающих устройств при различной температуре окружающей среды в реальных условиях эксплуатации проведем моделирование на ПК работы этих устройств в течении

пяти календарных $R(t)$

лет и определим вероятности безотказной работы для соответствующих периодов времени.

В результате моделирования получим на рис. 2 график зависимости вероятности безотказной работы от времени.

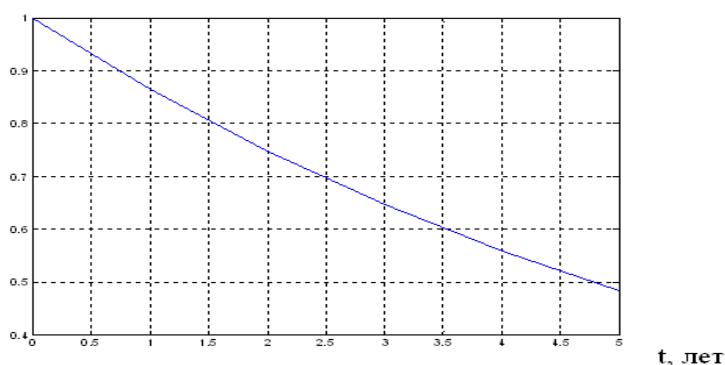


Рис. 2 – Зависимость вероятности безотказной работы от времени для среднегодовой температуры

Таким образом, модель с учетом графика циклической работы осветительных приборов и помесячной температуры дает возможность более точно оценить надежность работы светодиодных излучающих устройств.

Выводы. При оценке надежности комплекса наружного освещения мегаполиса необходимо учитывать реально существующее качество электроэнергии. Модель с учетом графика циклической работы осветительных приборов и помесячной температуры дает возможность более точно оценить надежность работы светодиодных излучающих устройств, научно-обоснованно организовать сроки технического обслуживания и прогнозировать уровни освещенности объектов в течение продолжительного промежутка времени.

Список литературы: 1. Гук, Ю. Б. Теория надежности в электроэнергетике [Текст] / Ю. Б. Гук - Л., Энергоатомиздат, 1990. - 207с. 2. Айзенберг, Ю. Б. Справочная книга по светотехнике [Текст] / Ю. Б. Айзенберг - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Знак, 2006. - 972 с. 3. Сапрыка, А. В. Современные технологии в осветительных системах мегаполиса [Текст] / А. В. Сапрыка - Харків, ХНУРЕ, 2010. -260с. 4. Рубцов, В. П. Моделирование в технике [Текст] / В. П. Рубцов, М. Я. Погребиский - М.: МЭИ, 2008. - 101с. 5. Коган, Л. М. Полупроводниковые светодиоды: современное состояние [Текст] / Л. М. Коган - Светотехника, 2000, №6. - С. 11-15. 6. Щербаков, В. Н. Исследование надежности и диагностика светодиодов на основе гетероструктур всех основных цветов [Текст] / В. Н. Щербаков // В сб. трудов 20 МНТК «Информационные технологии и моделирование приборов и техпроцессов в целях обеспечения качества и надежности». М: МГУПИ. 2006. Т. 3. - С. 65-74. 7. Сапрыка, А. В. Оценка экономического ущерба в осветительном комплексе мегаполиса с учетом качества электроэнергии [Текст] / А. В.

Сапрыка, Г. М. Кожушко, Ю. А. Басова, В. И. Римшин, С. В. Марков - «Естественные и технические науки», № 9-10(77) 2014. - С. 474-476. 8. Васильченко, В. И. Основные направления развития современных систем учета электроэнергии [Текст] / В. И. Васильченко, О. Г. Гриб, А. В. Сапрыка, А. В. Лелека - Матеріали I Всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування» 11-12 грудня 2014 р. Харків, НТУ «ХП», 2014. - С. 23-24. 9. Сапрыка, А. В. Обеспечение экологической безопасности городской среды на основе концепции энергосбережения в наружном освещении [Текст] / А. В. Сапрыка, Л. Ю. Ступишин - Известия Юго-Западного государственного университета. Серия «Техника и технологии». №2. 2012. - С 320-322. 10. Гриб, О. Г. Средства измерительной техники в электроэнергетике [Текст] / О. Г. Гриб и др. - Харьков, «Типография Мадрид», 2014. - 744 с.

Bibliography (transliterated): 1. Guk, Y. B. (1990) Theory of reliability in the power. L. Energoatomizdat. 207. 2. Eisenberg, J. B. (2006). Handbook for Lighting. 3rd ed., Rev. and add. Moscow: Mark. 972. 3. Sapryka, A. V. (2010). Modern technology in lighting systems metropolis. Kharkov: KhNURE. 260. 4. Rubtsov, V. P., Pogrebissky M. M. (2008). Simulation in Engineering - M. MEI. 101. 5. Kogan, L. M. (2000). Semiconductor LEDs: current state of. Light, № 6, 11-15. 6. Shcherbakov, V. N. (2006). Reliability research and diagnostic LEDs based on heterostructures of primary colors. Proc. works 20 IRTC "Information technology and simulation of devices and technological processes to ensure quality and reliability." M: MGUPI. T. 3. Pp. 65-74. 7. Sapryka, A. V., Kozhushko, G. M., Bass, Y. A., Rymshyn, V.I., Markov, S. V. Damage to the Economic Evaluation in osvetytelnom complex mehapolysa with uchetom qualities electricity. "Estestvennye and tehnycheskye science», № 9-10 (77) 2014. 474-476. 8. Vasil'chenko, V. I., The fungus, O. H., Sapryka, A. V., Stork, A. V. (2014). Main direction of development of account sovremennh electricity. Proceedings of the I All-Ukrainian scientific conference "Actual problems of automation and instrumentation". Kharkiv, NTU "KPI", 2014, 23-24. 9. Sapryka, A. V., Stupyshyn, L. Y. (2012) Obespechenye ekolohycheskoy horodskoy security environment based on a concept Energy Saving Lighting naruzhnej. Proceedings of the South-West state-owned University. Series "Technique and Technologies". №2, 320-322. 10. Mushroom, O. H. and others. (2014). Sredstva yzmerytelnoy technics in Electricity. Kharkiv, "Madrid Tipografiya", 744.

Надійшла (received) 25.02.2015

УДК 37.046

Л. М. МАЛЯРЕЦ, д-р эконом. наук, проф., зав. каф., ХНЭУ, Харьков;
Е. А. КОВАЛЕВА, канд. техн. наук, доц., преп., ХНЭУ, Харьков

СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕСТОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА. ЛИНЕЙНАЯ АЛГЕБРА»

Статья посвящена созданию интерактивных тестов, сущностью которых является сравнительно большая заинтересованность учащихся осуществлять тестирование в режиме диалога с компьютером и сразу получать результат, а не ждать, когда учитель проверит бумажные тесты. Процесс создания интерактивных тестов разделен на несколько этапов, каждый из которых подробно описан в данной статье.

Ключевые слова: высшая математика, линейная алгебра, интерактивный тест, оценивание, Adobe Captivate.

Введение. Линейная алгебра является одним из основных разделов учебной дисциплины «Высшая математика». После изучения данного раздела студент должен знать и оперировать следующими понятиями: матрица, определитель, системы линейных алгебраических уравнений и способы их решения.

© Л. М. МАЛЯРЕЦ, Е. А. КОВАЛЕВА, 2015

Одним из основных инструментов проверки знаний студентов ВУЗов, в том числе и по вышеуказанным темам, является тестирование. Для тестов, используемых в учебных целях, существуют общие правила и этапы разработки, описанные в работе [1]. Однако, это всего лишь общие формулировки, косвенно относящиеся как к техническим дисциплинам ВУЗов, так и к компьютерным интерактивным тестам в частности.

Общепризнанным фактом при создании именно компьютерных тестов является использование интерактивных электронных сред e-Learning. Их преимущества по сравнению с печатными аналогами являются очевидными [2]. Такой подход хоть и является наиболее актуальным, но в свою очередь требует от преподавателей ВУЗов знание помимо предметной области и в области разработки программного обеспечения.

На сегодняшний день проблеме тестирования обучающихся посвящено немало научных работ, таких как [3–7], в которых приведены различные классификации тестов, уделено внимание форме тестовых заданий [7, 8], рассмотрены основные функции тестирования, а так же указаны преимущества и недостатки тестирования по сравнению с другими формами контроля знаний [9, 10]. В других работах [11, 12] приведен детальный обзор существующих на сегодняшний день программ, с помощью которых создаются компьютерные интерактивные тесты. Однако, на взгляд авторов, эти работы носят лишь обзорный характер, не неся в себе практической значимости вообще, и для преподавателей ВУЗов в частности.

Поэтому авторы статьи предпринял попытку алгоритмизировать процесс создания интерактивных тестов для любых специальностей ВУЗов на конкретном примере теста по линейной алгебре.

Цель работы. Данная работа посвящена разработке интерактивного компьютерного теста с автоматическим подсчетом баллов по линейной алгебре в среде Adobe Captivate, который как охватывает все дидактические единицы, входящие в состав раздела линейной алгебры, так и полностью удовлетворяет техническим требованиям, предъявляемым к компьютерным тестам. Провести оценку тестовых заданий путем расчета основных характеристик теста.

Создание компьютерного теста по теме «Линейная алгебра». Исходя из постановки задачи было разработано 70 различных вариантов заданий (сценариев) по теме «Линейная алгебра». Все задания имеют различный вид, соответствующий встроенным типам вопросов программы Adobe Captivate, более подробно описанным в работе [13]. В свою очередь встроенные типы тестов Adobe Captivate полностью охватывают все возможные конструкции тестирования.

Каждое задание составлено таким образом, чтобы среднее время, необходимое для выполнения тестовых заданий, не превышало 1,2 мин. В таблице 1 приведен план создания сценария вышеописанного компьютерного теста, а так же указано количество баллов по каждому типу.

Существенным аспектом подготовки процедуры тестирования является разработка методики оценивания ответов. По мнению авторов предпочтительнее такая система: каждое задание оценивается количеством баллов, соответствующим его уровню сложности; то есть тест содержит задания

неравноценные по сложности. Причем, задания составлены так, чтобы сумма баллов за простые задания не была меньше суммы баллов за сложные задания, а итоговая сумма баллов за все задания равнялась ста баллам.

Таблица 1 – План создания компьютерного теста

Подтемы теста	Multiple Choice	True/False	Fill-In-The-Blank	Short Answer	Matching	Hot Spot	Sequence	Количество возможных баллов
Матрицы: основные определения. Операции над матрицами. Свойства операций над матрицами.	4	1	2	-	1	2	-	14,28
Определитель. Понятие минора и алгебраического дополнения. Основные свойства определителя.	1	1	1	3	1	2	1	15,28
Системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Однородные и неоднородные СЛАУ. Совместные/несовместные.	2	-	2	-	1	3	2	13,2
Формулы Крамера.	1	2	1	-	2	2	2	11
Матричный способ решения СЛАУ. Обратная матрица. невырожденная матрица и ее свойства.	-	2	2	2	2	2	-	15
Ранг матрицы. Теорема Кронекера-Капелли. Метод элементарных преобразований для определения ранга матрицы СЛАУ.	3	-	-	3	2	1	1	18,7
Метод Гаусса. Метод Жордана-Гаусса.	2	2	-	2	-	2	2	12,54
Общее число используемых типов теста	13	8	8	10	9	14	8	100

Согласно табл. 1 было разработано 70 текстовых «сценариев», на основании которых была разработана концептуальная модель компьютерного теста, алгоритм создания которой в среде Adobe Captivate приведен на рис. 1.



Рис. 1 – Алгоритм создания компьютерного теста

Более подробно создание и форматирование тестов в среде Adobe Captivate описано в работе [13]. Таким образом, следуя пошаговой вышеизложенной инструкции, получен готовый программный продукт, который может быть использован на любом персональном компьютере без установки какого-либо дополнительного программного обеспечения,

что полностью соответствует одной из поставленных задач данной работы.

Методика расчета тестовых характеристик. В данной работе авторы отобрали наиболее распространенные тестовые характеристики: надежность, валидность и дискриминативность.

Надежность. Чтобы оценить степень надежности созданного теста авторы используют упрощенную формулу Гутмана [14], которой можно пользоваться для приближенной оценки надежности теста:

$$r = 1 - \frac{E}{N \cdot K}, \quad (1)$$

где E – общее количество ошибок, N – количество экзаменуемых, а K – количество заданий.

Получив данные тестирования они вносятся в соответствующую программу анализа и затем рассчитывается альфа Кронбаха для каждой шкалы, приведенные в работе [14].

Используя формулу (1) рассчитаем степень надежности данного интерактивного теста из расчета, что $N=1$ – расчет проводится на одного студента, $K=70$ – количество заданий, $E=14$ – допустимое количество ошибок теста одного студента:

$$r = 1 - \frac{14}{25 \cdot 70} = 0,8, \quad (2)$$

что говорит о хорошей надежности интерактивного теста.

Валидность. В данной работе автор рассчитывает валидность с учетом результатов компьютерного тестирования и экспертных оценок по формуле (3):

$$V = \frac{1}{S_E S_Z} \left(\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i Z_i \right) - \bar{E} \bar{Z} \right) \cdot \frac{n}{n-1}, \quad (3)$$

где $\bar{E} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n E_i \right)$ – среднеарифметическое экспертных оценок;

$S_E = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2 \right)}$ – стандартное отклонение этих оценок; \bar{Z} –

среднеарифметическое баллов студентов, а S_Z – стандартное отклонение этих баллов, вычисляются аналогично.

После обработки входных данных результатов тестирования обучающихся были получены следующие численные результаты:

$$S_E = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2 \right)} = 1,3368, \quad S_Z = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2 \right)} = 1,5048.$$

Валидность рассчитываем по формуле (3):

$$V = \frac{1}{S_E S_Z} \left(\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i Z_i \right) - \bar{E} \bar{Z} \right) \cdot \frac{n}{n-1} = \frac{1}{2,0116} (48,3 - 46,72) \cdot 1,11 = 0,8717.$$

Таким образом, степень корреляции между результатами теста и внешним критерием (экспертными оценками) достаточно высока и составляет 0,8717.

Важным моментом является проверка статистической значимости полученной характеристики. Используя критерий Стьюдента (t -статистика) с

числом степеней свободы $\nu = 8$ и уровнем значимости $\alpha = 0,05$ было выявлено, что расчетное значение t -статистики превышает табличное, следовательно гипотеза о равенстве нулю коэффициента корреляции отклоняется. Данный результат говорит о высокой валидности компьютерного теста.

Дискриминативность. Авторы предлагают вычислять коэффициент дискриминации, рассчитывая меру соответствия между успешностью решения одной задачи и всего теста. Этот показатель будет являться коэффициентом дискриминации, для его расчета используют формулу:

$$D = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}}{\sigma_i} \cdot \sqrt{\frac{n}{N-n}}, \quad (4)$$

где: \bar{x} – среднее арифметическое значение всех индивидуальных оценок по тесту; \bar{x}_i – среднее арифметическое значение оценок по тесту у тех испытуемых, которые правильно решили задачу; σ_i – среднеквадратическое отклонение индивидуальных оценок по тесту для выборки; n – число испытуемых, правильно решивших задачу; N – общее число испытуемых.

Коэффициент дискриминации может принимать значения от -1 до $+1$. Высокое положительное значение дискриминативности тестового задания свидетельствует об эффективности деления испытуемых, высокое отрицательное значение свидетельствует о непригодности данной задачи для теста, о ее несоответствии суммарному результату. Результат $D \geq 0,3$ считается удовлетворительным. Если значение коэффициента близко к 0 , то задачи должны рассматриваться как некорректно сформулированные.

Для данного теста дискриминативность составила $D \approx 0,51$, следовательно, задания, вошедшие в приведенный компьютерный тест, являются дискриминативными.

Выводы. Составление компьютерных тестов является сложной задачей, решению которого была посвящена данная статья. Авторы создали интерактивный компьютерный тест по высшей математике (раздел «Линейная алгебра») с использованием электронной среды Adobe Captivate. Данный тест представляет собой заверченный программный продукт, обладающий определенными свойствами и характеристиками и отвечающий современным методическим требованиям. Тест обладает составом, целостностью и структурой. Он состоит из 70 заданий, правил их применения в виде соотношения со встроенными типами тестов в Adobe Captivate, оценок за выполнение каждого задания и автоматическим подсчетом тестовых результатов. Целостность теста проявляется во взаимосвязи заданий, включенных в тест, основанных на «сценариях». Расчет основных тестовых показателей показал, что данный продукт может использоваться в учебных программах ВУЗов.

Список литературы: 1. Wilson, M. Constructing Measures: An Item Response Modeling Approach [Text] / M. Wilson // Lawrence Erlbaum associates, Mahwah, New Jersey. – 2011. – № 2. – P. 716-730. 2. Ковалева, Е. Разработка тренировочного упражнения решения систем линейных алгебраических уравнений в Adobe Captivate [Текст] / Екатерина Ковалева // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 5, № 3 (65). – С. 9-12. 3. Батулин, Н. А. Технология разработки тестов: часть I [Текст] / Н. А. Батулин, Н. Н. Мельникова // Вестник

ЮУрГУ. Серия: Психология. – 2009. – № 30 (163). – С. 4-14. **4. Ким, В.** Измерение латентных параметров испытуемых и тестовых заданий [Текст] / *Владимир Ким* // Мат. IX Всерос. научно-практ. конф. «Теория и практика измерения латентных переменных в образовании» (21-23 июня 2007 г.), Славянск-на-Кубани: Изд.центр СГПИ. – 2007. – С. 70-71. **5. Горовая, Т.** Современные системы компьютерного тестирования: аналитический обзор [Текст] / *Татьяна Горовая* // ИСОМ. – 2013. – №1 (17). – С. 79-81. **6. Smith, E.V.** An introduction to Rasch measurement for scale development and person assessment [Text] / *E.V. Smith, J.M. Conrad, K. Chang, J. Piazza* // *Journal of Nursing Measurement*. – 2002 – № 10. – P. 189-206. **7. Фалалева, О.** Оценивание учебных достижений методом мягкого тестирования [Текст] / *Ольга Фалалева* // Вестн. МГОУ. Серия "Открытое образование". М.: Изд-во МГОУ. – 2006. – Том 2 (33). – С. 126-130. **8. Батурин, Н. А.** Технология разработки тестов: часть II [Текст] / *Н. А. Батурин, Н. Н. Мельникова* // Вестник ЮУрГУ. Серия: Психология. – 2009. – № 42 (175). – С. 5-13. **9. Pender, F. T.** The testing of clinical skills in dietetic students prior to entering clinical placement [Text] / *F. T. Pender, A. E. Looy* // *Journal of human nutrition and dietetics*. – 2004. – Т 17, № 1. – P. 17-24. **10. Wood, T.** Assessment not only drives learning, it may also help learning [Text] / *T. Wood* // *Medical Education*. – 2009. – Т 43, № 1. – С. 5-6. **11. Spearman, C.** Correlation calculated from faulty data [Text] / *C. Spearman* // *British Journal of Psychology*. 2010. – Vol. 3, № 2. – P. 271-295. **12. Richard, H. W.** Charles Spearman: British Behavioral Scientist [Text] / *H. Williams Richard, W. Zimmerman Donald, D. Zumbo Bruno, Ross Donald* // *Human Nature Review*. 2003. – № 3. – P. 114-118. **13. Березовский, В. С.** Создание электронных учебных ресурсов и онлайн-обучение: [Учебн. пособ.] [Текст] / *В. С. Березовский, И. В. Стеценко*. – К.: Изд. группа BHV, 2013. – 176 с.: ил. ISBN 978-966-552-266-9. **14.** Тестовый метод контроля качества обучения и критерии качества образовательных тестов. Обзор [Электронный ресурс] / *А. П. Карпенко, А. С. Домников, В. В. Белоус* // Электронный журнал, №4. Режим доступа: URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/184741.html>

Bibliography (transliterated): **1. Wilson, M.** (2011). *Constructing Measures: An Item Response Modeling Approach*. Lawrence Erlbaum associates, Mahwah, New Jersey, 2011. **2. Kovaleva, K.** (2013). Development of training exercise of decision of the systems of linear algebraic equalizations in Adobe Captivate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 9-12. **3. Baturin, N. A.** (2009). Technology of development of tests: part I. Announcer SU State University, Series: Psychology, 4-14. **4. Kim, V.** (2007). Measuring of latent parameters of examinee and test tasks. Math. IX Russ. Scientific-practical conference "Theory and practice of measuring of latent variables are in education", Sloviansk on Kuban: Publishing center SGPI, 70-71. **5. Gorohovay, T.** (2013). Modern systems of the computer testing: state-of-the-art review. *ICOM*, 79-81. **6. Smith, E. V.** (2002). An introduction to Rasch measurement for scale development and person assessment. *Journal of Nursing Measurement*, 189-206. **7. Falaleeva, O.** (2006). Evaluation of educational achievements the method of the soft testing. Announcer MSRUniversity, Series are "Open education", Moscow Publish of MSRUniversity, 126-130. **8. Baturin, N. A.** (2009). Technology of development of tests: part II. Announcer SU State University, Series: Psychology, 5-13. **9. Pender, F. T.** (2004). The testing of clinical skills in dietetic students prior to entering clinical placement. *Journal of human nutrition and dietetics*, 17-24. **10. Wood, T.** (2009). Assessment not only drives learning, it may also help learning. *Medical Education*, 5-6. **11. Spearman, C.** (2010). Correlation calculated from faulty data. *British Journal of Psychology*, 271-295. **12. Richard, H. W., Donald, W. Z., Bruno, D. Z., Donald Ross** (2003). Charles Spearman: British Behavioral Scientist. *Human Nature Review*, 114-118. **13. Berezovskiy, V. P., Stecenko, I. V.** (2013). Creation electronic educational resources and on-line teaching. Publ. group of BHV, 176. **14. Karpenko, A. P., Domnikov, A. S., Matgrass, V. V.** Test method of control of quality of educating and criteria of quality of educational tests. *Electronic magazine*, 4. Access mode: URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/184741.html>

Поступила (received) 12.02.2015

Г. Б. РАКИТЯНСЬКА, канд. техн. наук, доц., ВНТУ, Вінниця

НЕЙРО-МЕРЕЖЕВИЙ ПІДХІД ДО НАСТРОЙКИ НЕЧІТКИХ БАЗ ЗНАНЬ НА ОСНОВІ ТРЕНДОВИХ І СПОЛУЧЕНИХ ПРАВИЛ

Пропонується підхід до настройки експертних нечітких баз знань на основі розв'язання рівнянь нечітких відношень, що дозволяє уникнути злиття або селекції правил. Суть підходу полягає у побудові та навчанні *min-max* нейро-нечіткої мережі, ізоморфної лінгвістичним розв'язкам рівнянь нечітких відношень, яка дозволяє поетапно налаштовувати структуру і параметри трендових і сполучених правил.

Ключові слова: настройка нечітких баз знань, розв'язання рівнянь нечітких відношень, *min-max* нейронна мережа.

Вступ. Налаштування класифікаційних нечітких баз знань потребує визначення кількості правил для кожного класу виходу та форм функцій належності нечітких термів у кожному правилі [1]. Використання експертних правил не може гарантувати, що структура нечіткої моделі є оптимальною і подальша настройка параметрів моделі забезпечить збіг теоретичних результатів з експериментальними даними. Нейро-мережовий підхід до настройки структури нечітких правил базується на генеруванні інтервальних правил або гіпербоксів [2]. Генерування правил у нейронних мережах на основі радіальних базисних функцій (RBF) [3], поєднане з навчанням машин опорних векторів (SVM), дозволяє визначити геометрію гіпербоксів [4]. Режим навчання у таких *min-max* нейронних мережах полягає у розширенні/стисненні гіпербоксів [2, 4]. Небажаним ефектом розширення гіпербоксів є їх перекриття, коли один образ повністю належить до двох або більше класів. Зменшення зон перекриття потребує більшої кількості гіпербоксів. Налаштування структури мережі полягає у відборі гіпербоксів шляхом їх об'єднання/розбиття, тобто злиття або селекції правил.

На сьогодні проблема оптимізації структури правил не має єдиного методичного стандарту вирішення. У цій статті пропонується підхід до настройки класифікаційних нечітких правил ЯКЦО-ТО на основі формалізації причинно-наслідкових зв'язків у термінах рівнянь нечітких відношень [5 – 7]. Причини і наслідки з'єднуються трендовими правилами [8], а міри значимостей причин і наслідків – сполученими правилами, які є якісними розв'язками рівнянь нечітких відношень для заданих класів виходу. У роботах [8 – 10] показано, що кількість правил у класі дорівнює кількості розв'язків, а форма функцій належності нечітких термів визначається мірами значимості причин. В таких правилах використовуються сполучені нечіткі терми [11], де міри значимостей причин (*підвищення, падіння*) описуються нечіткими квантифікаторами (*значне, суттєве*). При цьому експерти часто використовують сполучені терми для побудови інтервальних правил виду:

ЯКЦО *стрімке зростання* попиту (до 200 – 250 кг/добу)

І *суттєве зменшення* запасу (до 100 – 150 кг/добу)

ТО ціна *значно зростає* (до 25 – 30 грн/кг).

В цьому випадку настройка нечітких правил ототожнюється із налаштуванням експертних розв'язків системи рівнянь нечітких відношень, що дозволяє уникнути злиття або селекції правил. Суть настройки сполучених нечітких правил полягає у виборі форм функцій належності сполучених термів у лінгвістичних розв'язках системи рівнянь для кожного класу виходу.

В роботах [9, 10] нечіткі логічні рівняння розв'язувались за допомогою генетичного алгоритму, використання якого є трудомістким і неефективним при надходженні нових експериментальних даних. Задача дослідження полягає у побудові та навчанні *min-max* нейро-нечіткої мережі, ізоморфної лінгвістичним розв'язкам рівнянь нечітких відношень, яка дозволяє поетапно налаштовувати структуру і параметри трендових і сполучених правил. Для налаштування інтервальних правил узагальнений адаптивний підхід до розв'язання нечітких логічних рівнянь [12].

Мета роботи. Метою роботи є розробка нейро-мережевого підходу до настройки сполучених нечітких баз знань на основі послідовного визначення структури і параметрів нечітких відношень і правил, що дозволяє понизити складність задачі настройки класифікаційних нечітких баз знань.

Апроксимація сполученими нечіткими правилами. Розглядається об'єкт $i = \overline{1, n}$ виду $y = f(\mathbf{X})$ з n входами $\mathbf{X} = (x_1, \dots, x_n)$ і виходом y , для якого взаємозв'язок «входи - вихід» може бути представлений у вигляді системи класифікаційних нечітких правил [1]:

$$\bigcup_{p=1, z_j} [\bigcap_{i=1, n} (x_i = a_i^{jp})] \rightarrow y = d_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (1)$$

де a_i^{jp} – нечіткий терм, який оцінює змінну x_i в правилі з номером jp ; d_j – нечіткий терм, який оцінює змінну y ; z_j – кількість правил, що відповідають терму d_j .

Нечітка база знань (1) може бути перетворена до множини лінгвістичних розв'язків системи рівнянь нечітких відношень шляхом переходу до сполученої системи нечітких термів. Нехай: $\{c_{i1}, \dots, c_{ik_i}\}$ – множина нечітких термів причин для оцінки параметра x_i ; $\{E_1, \dots, E_M\}$ – множина нечітких термів наслідків для оцінки параметра y . Перепозначимо $\{C_1, \dots, C_N\} = \{c_{11}, \dots, c_{1k_1}, \dots, c_{n1}, \dots, c_{nk_n}\}$, де $N = k_1 + \dots + k_n$.

Взаємозв'язок «причини – наслідки» будемо задавати системою трендових нечітких правил:

$$\bigcup_{L=1, K} [\bigcap_{i=1, n} (x_i = T_{iL})] \rightarrow y = E_J, \quad J = \overline{1, M}, \quad (2)$$

де $T_{iL} \in \{c_{i1}, \dots, c_{ik_i}\}$ – нечіткий терм причини, який описує змінну x_i у правилі L , $L = \overline{1, K}$; K – число комбінацій вхідних термів у (2).

Взаємозв'язок «правила – наслідки» будемо задавати матрицею нечітких відношень $\mathbf{R} \subseteq H_L \times E_J = [r_{LJ}, L = \overline{1, K}, J = \overline{1, M}]$, де H_L – комбінація вхідних термів у правилі L , $L = \overline{1, K}$; r_{LJ} – вага правила. Взаємозв'язок «причини – правила» будемо задавати матрицею відношень $\mathbf{V} \subseteq C_I \times H_L = [v_{IL}, I = \overline{1, N}, L = \overline{1, K}]$, де v_{IL} – вага терму, $v_{iL} = 1(0)$ якщо терм c_i присутній (відсутній) у комбінації причин H_L .

За наявності матриць \mathbf{R} і \mathbf{V} нечіткій базі знань (2) відповідає ієрархічна система рівнянь нечітких відношень з *max-min* і двоїстим *min-max* правилами композиції [7], яка зв'язує функції належності нечітких термів причин і наслідків:

$$\mu^{E_j} = \max_{L=1, \overline{K}} (\min(\mu^{H_L}, r_{Lj})), \quad j = \overline{1, M}, \quad (3)$$

$$\mu^{H_L} = \min_{I=1, \overline{N}} (\max(\mu^{C_I}, \bar{v}_{LI})), \quad L = \overline{1, K}, \quad (4)$$

або

$$\mu^{E_j} = \max_{L=1, \overline{K}} [\min(\min_{i=1, n} (\mu^{T_{iL}}(x_i)), r_{Lj})]. \quad (5)$$

Тут $\mu^C = (\mu^{C_1}, \dots, \mu^{C_N})$ – вектор мір значимостей причин; $\mu^E = (\mu^{E_1}, \dots, \mu^{E_M})$ – вектор мір значимостей наслідків; $\mu^H = (\mu^{H_1}, \dots, \mu^{H_K})$ – вектор мір значимостей комбінацій причин; $\mu^{T_{iL}}(x_i)$ – функція належності змінної x_i до терму T_{iL} у комбінації причин H_L .

Для кожного класу d_j множина розв'язків системи рівнянь (5) може бути представлена у вигляді системи сполучених правил, яка еквівалентна системі (1):

$$\bigcup_{p=1, z_j} \bigcap_{i=1, n} \{\mu^{A_i^{jp}}(x_i) = \alpha_i^{jp}\} \rightarrow y = d_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (6)$$

де A_i^{jp} – нечіткий терм причини, який оцінює змінну x_i в правилі з номером jp ; α_i^{jp} – нечіткий квантифікатор, який описує міру значимості $\mu^{A_i^{jp}}$ в правилі з номером $p = \overline{1, z_j}$.

Шляхом переходу від термів α_i^{jp} , що описують міри значимостей $\mu^{A_i^{jp}}$, до термів a_i^{jp} , що описують змінні x_i , система правил (6) переписується у вигляді:

$$\bigcup_{p=1, z_j} \bigcap_{i=1, n} (x_i = (A_i^{jp}, \alpha_i^{jp})) \rightarrow y = d_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (7)$$

де $a_i^{jp} = (A_i^{jp}, \alpha_i^{jp})$ – сполучений терм, що описує змінну x_i , $i = \overline{1, n}$, в правилі з номером jp .

Нечіткій базі знань (7) відповідають нечіткі логічні рівняння, які зв'язують функції належності сполучених термів у розв'язках системи (5) [1]:

$$\mu^{d_j}(y) = \max_{p=1, z_j} [w_{jp} \min_{i=1, n} \{\mu^{a_i^{jp}}(x_i)\}], \quad j = \overline{1, m}, \quad (8)$$

де $\mu^{d_j}(y)$ – функція належності змінної y до класу d_j ; $\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$ – функція належності змінної x_i до сполученого терму $a_i^{jp} = (A_i^{jp}, \alpha_i^{jp})$; w_{jp} – вага правила з номером jp .

У нечітких логічних рівняннях використовується така функція належності нечіткого терму T [1]:

$$\mu^T(u) = 1 / (1 + ((u - \beta) / \sigma)^2), \quad (9)$$

де β – координата максимуму функції; σ – параметр концентрації.

Операція дефазифікації виконується за формулою [1]:

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m \underline{y}_j^r \mu^{d_j}(y)}{\sum_{j=1}^m \mu^{d_j}(y)}, \quad (10)$$

де \underline{y}_j^r – границі класів d_j .

Побудова сполученої нечіткої бази знань на основі оберненого виведення. Налаштування нечітких правил (7) ототожнюється із налаштуванням експертних розв'язків (6) системи нечітких логічних рівнянь (5) для відомої матриці відношень R та якісних значень виходу $y = d_j$, $j = \overline{1, m}$. Елементами розв'язку (6)

системи рівнянь (5) є значення вхідних змінних x_i , $i = \overline{1, n}$, для яких $\mu^{A_i^{jp}}(x_i) = \alpha_i^{jp}$, $p = \overline{1, z_j}$. Будемо інтерпретувати ці значення вхідних змінних як координати максимуму функцій належності нечітких термів a_i^{jp} , що описують змінну x_i в рядку jp , $p = \overline{1, z_j}$, бази знань (7), де значенню виходу $y = d_j$, $j = \overline{1, m}$, відповідає z_j лінгвістичних розв'язків системи (5).

Вибір термів A_i^{jp} для класу d_j здійснюється шляхом розв'язання системи рівнянь (3) з *max-min* композицією. Нехай $\mu_j^H = (\mu_j^{H_1}, \dots, \mu_j^{H_K})$ – вектор мір значимостей комбінацій причин для класу $y = d_j$, $j = \overline{1, m}$. Для кожного класу $y = d_j$ необхідно знайти вектор $\mu_j^H = (\mu_j^{H_1}, \dots, \mu_j^{H_K})$, $\mu_j^{H_L} \in [0, 1]$, $L = \overline{1, K}$, який забезпечує мінімальну відстань між спостережуваними і модельними мірами значимості наслідків:

$$F_1 = \sum_{j=1}^M \left[\mu^{E_j}(d_j) - \max_{L=1, K} (\min(\mu_j^{H_L}, r_{Lj})) \right]^2 = \min_{\mu_j^H} . \quad (11)$$

Міри значимості комбінацій причин у класі d_j визначаються єдиним максимальним розв'язком $\bar{\mu}_j^H = (\bar{\mu}_j^{H_1}, \dots, \bar{\mu}_j^{H_K})$ системи рівнянь (3) [5, 6].

Визначення β -параметрів правил здійснюється шляхом розв'язання системи рівнянь (4) з *min-max* композицією. Нехай $\mathbf{v}_j = (\beta_1^j, \dots, \beta_N^j) = (\beta_{11}^j, \dots, \beta_{1k_1}^j, \dots, \beta_{n1}^j, \dots, \beta_{nk_n}^j)$ – вектор координат максимуму функцій належності нечітких термів для класу $y = d_j$, $j = \overline{1, m}$. Для кожного класу $y = d_j$ необхідно знайти вектор $\mathbf{v}_j = (\beta_1^j, \dots, \beta_N^j)$, $\beta_{il}^j \in [\underline{x}_i, \bar{x}_i]$, $i = \overline{1, n}$, який забезпечує мінімальну відстань між спостережуваними і модельними мірами значимості комбінацій причин:

$$F_2 = \sum_{j=1}^K \left[\mu_j^{H_L}(d_j) - \min_{l=1, N} (\max(\mu^{C_l}(\beta_l^j), \bar{v}_{ll})) \right]^2 = \min_{\mathbf{v}_j} . \quad (12)$$

Для кожного класу d_j , $j = \overline{1, m}$, єдиному максимальному розв'язку $\bar{\mu}_j^H$ системи (3) відповідає множина розв'язків $S_j(\mathbf{R}, d_j)$ системи (4), яка визначається єдиним мінімальним розв'язком $\underline{\mathbf{v}}_j$ і множиною максимальних розв'язків $\bar{S}_j(\bar{\mu}_j^H) = \{\bar{\mathbf{v}}_{jh}, h = \overline{1, z_j}\}$:

$$S_j(\mathbf{R}, d_j) = \bigcup_{\bar{\mathbf{v}}_{jh} \in \bar{S}_j} [\underline{\mathbf{v}}_j, \bar{\mathbf{v}}_{jh}] . \quad (13)$$

Тут $\underline{\mathbf{v}}_j = (\underline{\beta}_1^j, \dots, \underline{\beta}_N^j)$ і $\bar{\mathbf{v}}_{jh} = (\bar{\beta}_1^{jh}, \dots, \bar{\beta}_N^{jh})$ – вектори нижніх і верхніх границь координат максимуму β_i^{jp} .

Формування інтервалів (13) здійснюється шляхом розв'язання задач оптимізації (11), (12) з послідовним уточненням області пошуку [7, 8].

Настройка сполученої нечіткої бази знань. Співвідношення (3) – (5) і (8) – (10) визначають загальний вид нечіткої моделі об'єкта в системі правил і відношень таким чином:

$$\mu^E(\mathbf{B}_E, \Omega_E) = f_R(\mathbf{X}, \mathbf{R}, \mathbf{B}_C, \Omega_C) , \quad (14)$$

$$y = f_r(\mathbf{X}, f_{\mathbf{BZ}\Omega\mathbf{W}}(\mathbf{B}_a, \Omega_a, d, d)) , \quad (15)$$

де $\mathbf{V}_C = (\beta^{C_1}, \dots, \beta^{C_N})$, $\mathbf{\Omega}_C = (\sigma^{C_1}, \dots, \sigma^{C_N})$ і $\mathbf{V}_E = (\beta^{E_1}, \dots, \beta^{E_M})$, $\mathbf{\Omega}_E = (\sigma^{E_1}, \dots, \sigma^{E_M})$ – вектори β - і σ - параметрів функцій належності нечітких термів C_i і E_j у базі знань (2); $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_Z)$ – вектор ваг правил; Z – число правил у базі знань (7); $\mathbf{V}_a = (\beta^{a_1}, \dots, \beta^{a_q})$, $\mathbf{\Omega}_a = (\sigma^{a_1}, \dots, \sigma^{a_q})$ і $\mathbf{V}_d = (\beta^{d_1}, \dots, \beta^{d_m})$, $\mathbf{\Omega}_d = (\sigma^{d_1}, \dots, \sigma^{d_m})$ – вектори β - і σ - параметрів функцій належності нечітких термів a_k і d_j у базі знань (7); q – число вхідних термів у базі знань (7); F_R і F_r – оператори зв'язку «входи – вихід», що відповідають формулам (3) – (5), (9) і формулам (8) – (10), відповідно.

Нехай навчальна вибірка задана у вигляді L пар експериментальних даних $\langle \hat{\mathbf{X}}_s, \hat{\mathbf{y}}_s \rangle$, $s = \overline{1, L}$, де $\hat{\mathbf{X}}_s = (\hat{x}_1^s, \dots, \hat{x}_n^s)$ і $\hat{\mathbf{y}}_s$ – вектор значень вхідних і значення вихідної змінної в експерименті з номером s .

Настройка нечіткої моделі (14) полягає в підборі такої матриці нечітких відношень \mathbf{R} і таких векторів параметрів функцій належності входів і виходу $\mathbf{V}_C, \mathbf{\Omega}_C, \mathbf{V}_E, \mathbf{\Omega}_E$, які забезпечують мінімальну відстань між модельним і експериментальним нечіткими векторами наслідків:

$$\sum_{s=1}^L [f_R(\hat{\mathbf{X}}_s, \mathbf{R}, \mathbf{\Omega}_C, \mathbf{\Omega}_E) - \hat{\mathbf{y}}_s]^2 = \min_{\mathbf{R}, \mathbf{V}_C, \mathbf{\Omega}_C, \mathbf{V}_E, \mathbf{\Omega}_E} . \quad (16)$$

Настройка структури нечіткої моделі (15) полягає в підборі таких векторів координат максимуму функцій належності входів і виходу $\mathbf{V}_a, \mathbf{V}_d$, які забезпечують мінімальну відстань між модельним і експериментальним нечіткими векторами наслідків:

$$\sum_{s=1}^L [f_R(\hat{\mathbf{X}}_s, \mathbf{R}, \mathbf{\Omega}_C, \mathbf{V}_a, \mathbf{V}_d) - \hat{\mathbf{y}}_s]^2 = \min_{\mathbf{V}_a, \mathbf{V}_d} . \quad (17)$$

Настройка параметрів нечіткої моделі (15) полягає в підборі такого вектору ваг правил \mathbf{w} та векторів параметрів концентрації функцій належності входів і виходу $\mathbf{\Omega}_a, \mathbf{\Omega}_d$, які забезпечують мінімальну відстань між модельним і експериментальним виходами об'єкта:

$$\sum_{s=1}^L [f_r(\hat{\mathbf{X}}_s, \mathbf{R}, \mathbf{w}, \mathbf{\Omega}_a, \mathbf{\Omega}_d) - \hat{\mathbf{y}}_s]^2 = \min_{\mathbf{w}, \mathbf{\Omega}_a, \mathbf{\Omega}_d} . \quad (18)$$

Для розв'язання задач оптимізації (16) – (18) пропонується нейро-мережевий підхід.

Нейро-нечітка мережа, ізоморфна сполученій нечіткій базі знань (7), представлена на рис. 1. Нейро-нечітка модель отримана шляхом імплантації нечітких відношень і лінгвістичних розв'язків системи нечітких логічних рівнянь в нейронну мережу таким чином, що вагами дуг, які підлягають навчанню є параметри функцій належності нечітких термів причин і наслідків та нечіткі відношення, а також параметри функцій належності сполучених нечітких термів та ваги правил.

Мережа на рис. 1 навчається у три етапи. На першому етапі визначається структура і параметри трендових правил. На другому етапі налаштовується структура сполучених правил шляхом розв'язання системи рівнянь нечітких відношень (5). На третьому етапі налаштовуються параметри правил - розв'язків.

Нейро-нечітка мережа для настройки структури і параметрів трендових правил має чотири шара: *шар 1* – входи об'єкта; *шар 2* – операція фазифікації для

нечітких термів причин; *шар 3* – операція *min* для комбінацій причин; *шар 4* – операція *max* для класів виходу. Кількість вузлів визначається так: *шар 1* – по кількості входів об'єкта x_i , $i = \overline{1, n}$; *шар 2* – по кількості нечітких причин, $k_1 + \dots + k_n$; *шар 3* – по кількості комбінацій причин H_L , $L = \overline{1, K}$; *шар 4* – по кількості класів виходу E_j , $J = \overline{1, M}$.

Для настройки структури і параметрів трендових правил використовуються рекурентні співвідношення:

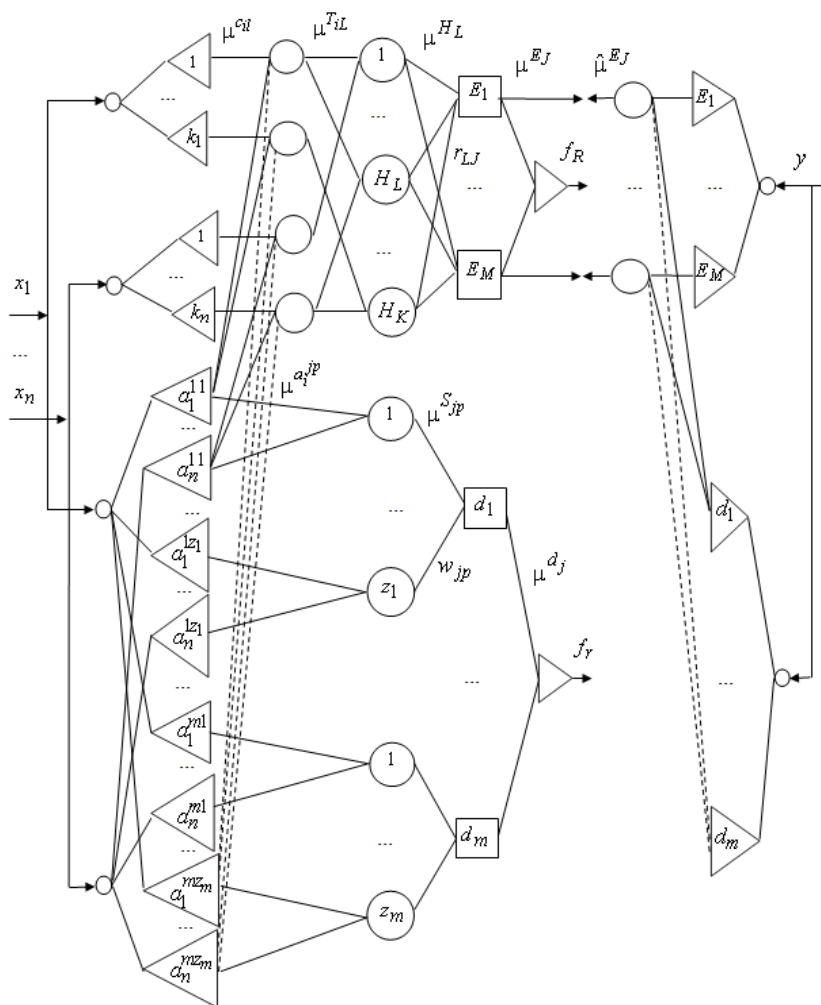


Рис. 1 – Нейро-мережева модель сполученої нечіткої бази знань

$$\begin{aligned}
 r_{Lj}(t+1) &= r_{Lj}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_t^R}{\partial r_{Lj}(t)}; \\
 \beta_{iL}(t+1) &= \beta_{iL}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_t^R}{\partial \beta_{iL}(t)}; \quad \sigma_{iL}(t+1) = \sigma_{iL}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_t^R}{\partial \sigma_{iL}(t)}; \\
 \beta^{E_j}(t+1) &= \beta^{E_j}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_t^R}{\partial \beta^{E_j}(t)}; \quad \sigma^{E_j}(t+1) = \sigma^{E_j}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_t^R}{\partial \sigma^{E_j}(t)},
 \end{aligned}
 \tag{19}$$

які мінімізують критерій

$$\varepsilon_t^R = \frac{1}{2} (\hat{\mu}^E(t) - \mu^E(t))^2,$$

де $\hat{\mu}^E(t) (\mu^E(t))$ – експериментальний (теоретичний) вектор мір значимостей наслідків на t -му кроці навчання; $r_{Lj}(t)$ – нечіткі відношення на t -му кроці навчання; $\beta_{iL}(t)$, $\sigma_{iL}(t)$, $\beta^{E_j}(t)$, $\sigma^{E_j}(t)$ – параметри функцій належності нечітких термів причин і наслідків на t -му кроці навчання.

Нейро-нечітка мережа для настройки структури сполучених правил має п'ять шарів: *шар 1* – входи об'єкта; *шар 2* – операція фазифікації для нечітких термів причин у відношеннях і сполучених нечітких термів у правилах; *шар 3* – операція *min* для підстановки сполучених термів у систему рівнянь нечітких відношень; *шар 4* – операція *min* для комбінацій причин; *шар 5* – операція *max* для класів виходу.

Кількість вузлів визначається так: *шар 1* – по кількості входів об’єкта x_i , $i = \overline{1, n}$; *шар 2* – по кількості нечітких термів причин, $k_1 + \dots + k_n$, і кількості сполучених термів, $n(z_1 + \dots + z_m)$; *шар 3* – по кількості нечітких термів причин, $k_1 + \dots + k_n$; *шар 4* – по кількості комбінацій причин H_L , $L = \overline{1, K}$; *шар 5* – по кількості класів виходу E_j , $J = \overline{1, M}$.

Для настройки структури сполучених правил використовуються рекурентні співвідношення:

$$\beta_i^{jp}(t+1) = \beta_i^{jp}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_i^s}{\partial \beta_i^{jp}(t)}, \quad \beta^{dj}(t+1) = \beta^{dj}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_i^s}{\partial \beta^{dj}(t)}, \quad (20)$$

які мінімізують критерій

$$\varepsilon_i^s = \frac{1}{2} (\hat{\mu}_j^E(t) - \mu_j^E(t))^2,$$

де $\hat{\mu}_j^E(t)$ ($\mu_j^E(t)$) – експериментальний (теоретичний) вектор мір значимостей наслідків на t -му кроці навчання для класу виходу d_j ; $\beta_i^{jp}(t)$, $\beta^{dj}(t)$ – координати максимуму функцій належності нечітких термів входів і виходу на t -му кроці навчання.

Нейро-нечітка мережа для настройки параметрів сполучених правил має п’ять шарів: *шар 1* – входи об’єкта; *шар 2* – фазифікація для сполучених нечітких термів у лінгвістичних розв’язках; *шар 3* – операція *min* для лінгвістичних правил-розв’язків; *шар 4* – операція *max* для класів розв’язків; *шар 5* – операція дефазифікації.

Кількість вузлів визначається так: *шар 1* – по кількості входів об’єкта x_i , $i = \overline{1, n}$; *шар 2* – по кількості термів у лінгвістичних розв’язках, $n(z_1 + \dots + z_m)$; *шар 3* – по кількості розв’язків у кожному класі виходу, $z_1 + \dots + z_m$; *шар 4* – по кількості класів виходу d_j , $j = \overline{1, m}$.

Для настройки параметрів сполучених правил використовуються рекурентні співвідношення:

$$w_{jp}(t+1) = w_{jp}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_i^r}{\partial w_{jp}(t)}; \quad \sigma_i^{jp}(t+1) = \sigma_i^{jp}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_i^r}{\partial \sigma_i^{jp}(t)}; \quad \sigma^{dj}(t+1) = \sigma^{dj}(t) - \eta \frac{\partial \varepsilon_i^r}{\partial \sigma^{dj}(t)}, \quad (21)$$

які мінімізують критерій

$$\varepsilon_i^r = \frac{1}{2} (\hat{y}_i^r - y_i^r)^2,$$

де \hat{y}_i^r (y_i^r) – експериментальний (теоретичний) вихід об’єкта для нечітких правил на t -му кроці навчання; $w_{jp}(t)$ – ваги нечітких правил на t -му кроці навчання; $\sigma_i^{jp}(t)$, $\sigma^{dj}(t)$ – параметри концентрації функцій належності нечітких термів входів і виходу на t -му кроці навчання.

Частинні похідні, що входять у співвідношення (19) – (21), обчислюються на основі роботи [12].

Результати комп’ютерного експерименту. Розглянемо об’єкт «два входи – один вихід», який має еталонну аналітичну модель:

$$y = ((2z - 0.9)(7z - 1)(17z - 19)(15z - 2))/10,$$

де $z = ((x_1 - 3.0)^2 + (x_2 - 2.5)^2) / 40$. Модель-еталон зображена на рис. 2.

Трендові експертні правила представлені в табл. 1. Нечіткими причинами є: c_{11} зниження до 0, c_{12} наближення до 3.0, c_{13} підвищення до 6.0 для x_1 ; c_{21} зниження до 0, c_{22} наближення до 3.0 для x_2 . Нечіткими наслідками є: E_1 зниження до -0.7, E_2 наближення до 1.0, E_3 підвищення до 3.5. Результати настройки нечітких відношень представлені в табл. 2.

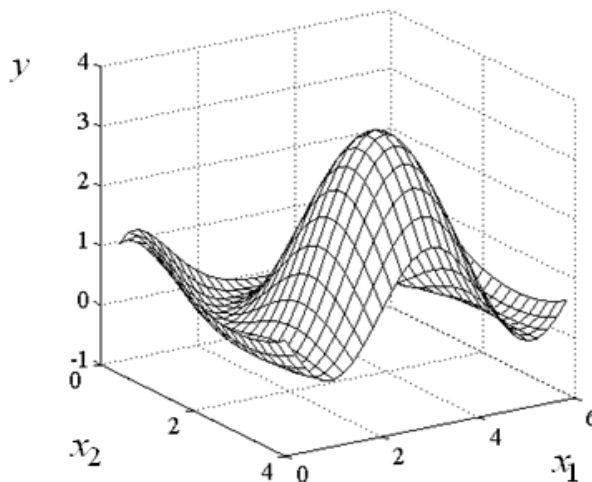


Рис. 2 – Модель-еталон

Таблиця 1 – Трендові нечіткі правила

№	ЯКЩО		ТО y		
	x_1	x_2	E_1	E_2	E_3
H_1	c_{11}	c_{21}	0.44	0.89	0.11
H_2	c_{11}	c_{22}	0.98	0.33	0.11
H_3	c_{12}	c_{21}	0.44	0.21	0.11
H_4	c_{12}	c_{22}	0.44	0.21	0.89
H_5	c_{13}	c_{21}	0.44	0.89	0.11
H_6	c_{13}	c_{22}	0.98	0.33	0.11

Таблиця 2 – Параметри функцій належності нечітких причин і наслідків

Параметр	x_1			x_2		y		
	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{21}	c_{22}	E_1	E_2	E_3
β -	0.00	3.00	6.00	0.00	3.00	0.05	1.14	3.40
σ -	0.73	0.95	0.72	0.72	0.93	0.34	0.27	0.64

Система нечітких логічних рівнянь після настройки має вигляд:

$$\begin{aligned}
 \mu^{E_1} &= (\mu^{H_1} \wedge 0.45) \vee (\mu^{H_2} \wedge 0.96) \vee (\mu^{H_3} \wedge 0.45) \vee (\mu^{H_4} \wedge 0.45) \vee (\mu^{H_5} \wedge 0.48) \vee (\mu^{H_6} \wedge 0.96); \\
 \mu^{E_2} &= (\mu^{H_1} \wedge 0.89) \vee (\mu^{H_2} \wedge 0.30) \vee (\mu^{H_3} \wedge 0.25) \vee (\mu^{H_4} \wedge 0.25) \vee (\mu^{H_5} \wedge 0.89) \vee (\mu^{H_6} \wedge 0.30); \\
 \mu^{E_3} &= (\mu^{H_1} \wedge 0.10) \vee (\mu^{H_2} \wedge 0.11) \vee (\mu^{H_3} \wedge 0.10) \vee (\mu^{H_4} \wedge 0.89) \vee (\mu^{H_5} \wedge 0.10) \vee (\mu^{H_6} \wedge 0.11),
 \end{aligned} \tag{22}$$

де

$$\begin{aligned}
 \mu^{H_1} &= \mu^{c_{11}} \wedge \mu^{c_{21}}; \\
 \mu^{H_2} &= \mu^{c_{11}} \wedge \mu^{c_{22}}; \\
 \mu^{H_3} &= \mu^{c_{12}} \wedge \mu^{c_{21}}; \\
 \mu^{H_4} &= \mu^{c_{12}} \wedge \mu^{c_{22}}; \\
 \mu^{H_5} &= \mu^{c_{13}} \wedge \mu^{c_{21}}; \\
 \mu^{H_6} &= \mu^{c_{13}} \wedge \mu^{c_{22}}.
 \end{aligned} \tag{23}$$

Задача полягала у налаштуванні експертних правил, які описують об'єкт для $m = 5$.

Класами вихідної змінної є: d_1 *низький (H)*, d_2 *нижче середнього (нС)*, d_3 *середній (С)*, d_4 *вище середнього (вС)*, d_5 *високий (В)*. Для класів $d_1 \div d_5$ експертним шляхом були отримані нульові розв'язки для β -параметрів правил, які представлені в табл. 3. Лінгвістична інтерпретація нульових значень β -параметрів представлена в табл. 4. Для оцінки вхідних змінних x_1 і x_2 можуть використовуватись такі нечіткі терми: *Низький (H)*, *вище Низького (вH)*, *нижче Середнього (нС)*, *Середній (С)*, *вище Середнього (вС)*, *нижче Високого (нВ)*, *Високий (В)*.

Таблиця 3 – Параметри сполучених експертних правил

ЯКЩО				ТО
A_1^{jp}	x_1	A_2^{jp}	x_2	y
c_{11}	[0, 0.36]	c_{22}	[2.54, 3.46]	d_1
c_{13}	[5.64, 6.0]	c_{22}	[2.54, 3.46]	
c_{12}	[2.53, 3.47]	c_{21}	[0, 0.36]	
c_{11}	[0.36, 0.60]	c_{22}	[2.24, 3.76]	d_2
c_{13}	[5.41, 5.64]	c_{22}	[2.24, 3.76]	
c_{12}	[2.24, 3.77]	c_{21}	[0.36, 0.60]	
c_{11}	[0, 0.36]	c_{21}	[0, 0.36]	d_3
c_{13}	[5.64, 6.0]	c_{21}	[0, 0.36]	
c_{12}	[1.84, 4.16]	c_{22}	[1.85, 4.15]	
c_{12}	[2.24, 3.77]	c_{22}	[2.24, 3.76]	d_4
c_{12}	[2.53, 3.47]	c_{22}	[2.54, 3.46]	d_5

Таблиця 4 – Лінгвістична інтерпретація інтервальних правил до настройки

ЯКЩО		ТО
x_1	x_2	y
<i>H</i> або <i>B</i> <i>C</i>	<i>вС</i> <i>H</i>	d_1
<i>H</i> або <i>B</i> <i>нС</i> або <i>вС</i>	<i>С</i> або <i>B</i> <i>H</i>	d_2
<i>H</i> або <i>B</i> <i>нС</i> або <i>вС</i>	<i>H</i> <i>С</i> або <i>B</i>	d_3
<i>нС</i> або <i>вС</i>	<i>вС</i>	d_4
<i>С</i>	<i>вС</i>	d_5

Будемо використовувати систему нечітких логічних рівнянь (22), (23) як генератор альтернативних правил.

Параметри функцій належності нечітких термів $d_1 \div d_5$ до (після) настройки представлені в табл. 5. Для кожного класу $d_1 \div d_5$ міри значимостей $\mu^E(d_j)$ визначались за допомогою функцій належності нечітких термів $E_1 \div E_3$ і $d_1 \div d_5$, представлених на рис. 3:

$$\mu^E(d_1) = (\mu^{E_1} = 0.42; \mu^{E_2} = 0.30; \mu^{E_3} = 0.07);$$

$$\mu^E(d_2) = (\mu^{E_1} = 0.35; \mu^{E_2} = 0.45; \mu^{E_3} = 0.08);$$

$$\mu^E(d_3) = (\mu^{E_1} = 0.39; \mu^{E_2} = 0.82; \mu^{E_3} = 0.30);$$

$$\mu^E(d_4) = (\mu^{E_1} = 0.12; \mu^{E_2} = 0.30; \mu^{E_3} = 0.60);$$

$$\mu^E(d_5) = (\mu^{E_1} = 0.13; \mu^{E_2} = 0.25; \mu^{E_3} = 0.86).$$

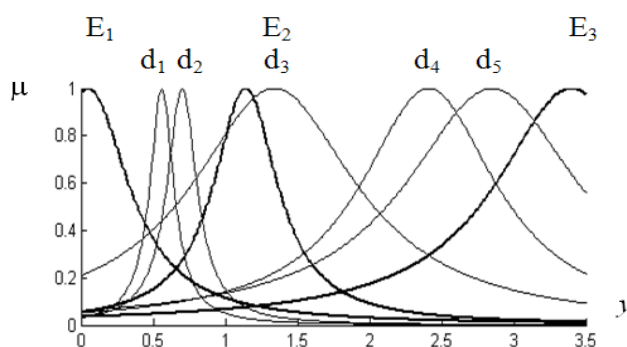


Рис. 3 – Функції належності нечітких термів змінної y

Таблиця 5 – Параметри функцій належності термів змінної y до (після) настройки

Параметр	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
β -	0.25 (0.56)	0.50 (0.70)	1.30 (1.34)	2.60 (2.41)	3.00 (2.85)
σ -	0.25 (0.10)	0.25 (0.125)	0.60 (0.69)	0.60 (0.57)	0.60 (0.73)

Експертні (нульові) правила дозволили налаштувати границі розв'язків для β -параметрів, які представлені в табл. 6. Лінгвістична інтерпретація інтервалів β -параметрів представлена в табл. 7. Набір правил в табл. 6 відповідає множині розв'язків системи рівнянь (23):

$$\begin{aligned}
 S(\mathbf{R}, d_1) &= \{ \mu^{c_{11}} = 0.42; \mu^{c_{22}} \in [0.42, 1.0] \} \cup \{ \mu^{c_{11}} \in [0.42, 1.0]; \mu^{c_{22}} = 0.42 \} \cup \\
 &\cup \{ \mu^{c_{13}} = 0.42; \mu^{c_{22}} \in [0.42, 1.0] \} \cup \{ \mu^{c_{13}} \in [0.42, 1.0]; \mu^{c_{22}} = 0.42 \} \cup \\
 &\cup \{ \mu^{c_{12}} = 0.11; \mu^{c_{21}} = 0.30 \}; \\
 S(\mathbf{R}, d_2) &= \{ \mu^{c_{11}} = 0.40; \mu^{c_{21}} \in [0.40, 1.0] \} \cup \{ \mu^{c_{11}} \in [0.40, 1.0]; \mu^{c_{21}} = 0.40 \} \cup \\
 &\cup \{ \mu^{c_{13}} = 0.40; \mu^{c_{21}} \in [0.40, 1.0] \} \cup \{ \mu^{c_{13}} \in [0.40, 1.0]; \mu^{c_{21}} = 0.40 \} \cup \\
 &\cup \{ \mu^{c_{12}} = 0.11; \mu^{c_{22}} = 0.11 \}; \\
 S(\mathbf{R}, d_3) &= \{ \mu^{c_{11}} = 0.82; \mu^{c_{21}} \in [0.82, 1.0] \} \cup \{ \mu^{c_{11}} \in [0.82, 1.0]; \mu^{c_{21}} = 0.82 \} \cup \\
 &\cup \{ \mu^{c_{13}} = 0.82; \mu^{c_{21}} \in [0.82, 1.0] \} \cup \{ \mu^{c_{13}} \in [0.82, 1.0]; \mu^{c_{21}} = 0.82 \} \cup \\
 &\cup \{ \mu^{c_{12}} = 0.30; \mu^{c_{22}} = 0.30 \}, \\
 S(\mathbf{R}, d_4) &= \{ \mu^{c_{12}} = 0.60; \mu^{c_{22}} \in [0.60, 1.0] \} \cup \{ \mu^{c_{12}} \in [0.60, 1.0]; \mu^{c_{22}} = 0.60 \}, \\
 S(\mathbf{R}, d_5) &= \{ \mu^{c_{12}} = 0.86; \mu^{c_{22}} \in [0.86, 1.0] \} \cup \{ \mu^{c_{12}} \in [0.86, 1.0]; \mu^{c_{22}} = 0.86 \}, \tag{24}
 \end{aligned}$$

де терми причин у правилах A_i^{jp} визначаються максимальними розв'язками $\bar{\mu}^H$ системи рівнянь (22):

$$\begin{aligned}
 \bar{\mu}^H(d_1) &= (\bar{\mu}^{H_2} = \bar{\mu}^{H_6} = 0.42, \bar{\mu}^{H_1} = \bar{\mu}^{H_5} = 0.30, \bar{\mu}^{H_3} = \bar{\mu}^{H_4} = 0.11), \\
 \bar{\mu}^H(d_2) &= (\bar{\mu}^{H_1} = \bar{\mu}^{H_5} = 0.40, \bar{\mu}^{H_2} = \bar{\mu}^{H_3} = \bar{\mu}^{H_4} = \bar{\mu}^{H_6} = 0.11), \\
 \bar{\mu}^H(d_3) &= (\bar{\mu}^{H_1} = \bar{\mu}^{H_5} = 0.82, \bar{\mu}^{H_2} = \bar{\mu}^{H_3} = \bar{\mu}^{H_4} = \bar{\mu}^{H_6} = 0.30), \\
 \bar{\mu}^H(d_4) &= (\bar{\mu}^{H_4} = 0.60, \bar{\mu}^{H_3} = 0.45, \bar{\mu}^{H_1} = \bar{\mu}^{H_2} = \bar{\mu}^{H_5} = \bar{\mu}^{H_6} = 0.30), \\
 \bar{\mu}^H(d_5) &= (\bar{\mu}^{H_4} = 0.86, \bar{\mu}^{H_3} = 0.45, \bar{\mu}^{H_1} = \bar{\mu}^{H_2} = \bar{\mu}^{H_5} = \bar{\mu}^{H_6} = 0.25).
 \end{aligned}$$

Таблиця 6 – Параметри сполучених правил після настройки

ЯКЩО				ТО
A_1^{jp}	x_1	A_2^{jp}	x_2	y
c_{11}	0.86	c_{22}	[1.90, 4.10]	d_1
c_{13}	5.15	c_{22}	[1.90, 4.10]	
c_{12}	[0.30, 5.70]	c_{21}	1.10	
c_{11}	[0, 0.90]	c_{21}	[0, 0.89]	d_2
c_{13}	[5.11, 6.0]	c_{21}	[0, 0.89]	
c_{12}	[0.30, 5.70]	c_{22}	[0.34, 4.15]	
c_{11}	[0, 0.34]	c_{21}	[0, 0.33]	d_3
c_{13}	[5.67, 6.0]	c_{21}	[0, 0.33]	
c_{12}	[1.55, 4.45]	c_{22}	[1.57, 4.03]	
c_{12}	[2.23, 3.77]	c_{22}	[2.24, 3.76]	d_4
c_{12}	[2.62, 3.38]	c_{22}	[2.63, 3.37]	d_5

Інтервали значень β -параметрів для кожного інтервалу y у розв'язках (24) були визначені за допомогою функцій належності нечітких термів c_{it} .

Таблиця 7 – Лінгвістична інтерпретація інтервальних правил після настройки

ЯКЩО		Вага правила	ТО
x_1	x_2		y
$вН$ або $нВ$	$С - В$	0.91	d_1
$вН - нВ$	$нС$	0.88	
$Н$ або $В$	$нС$	0.95	d_2
$вН - нВ$	$нС - В$	0.86	
$Н$ або $В$	$Н$	0.98	d_3
$нС$ або $вС$	$С$ або $В$	0.93	
$нС$ або $вС$	$вС$	0.96	d_4
$С$	$вС$	1.00	d_5

Структура сполучених правил до і після настройки представлена на рис. 4. Результати настройки параметрів експертного і налаштованого наборів сполучених правил представлені в табл. 7 – 9 і на рис. 5.

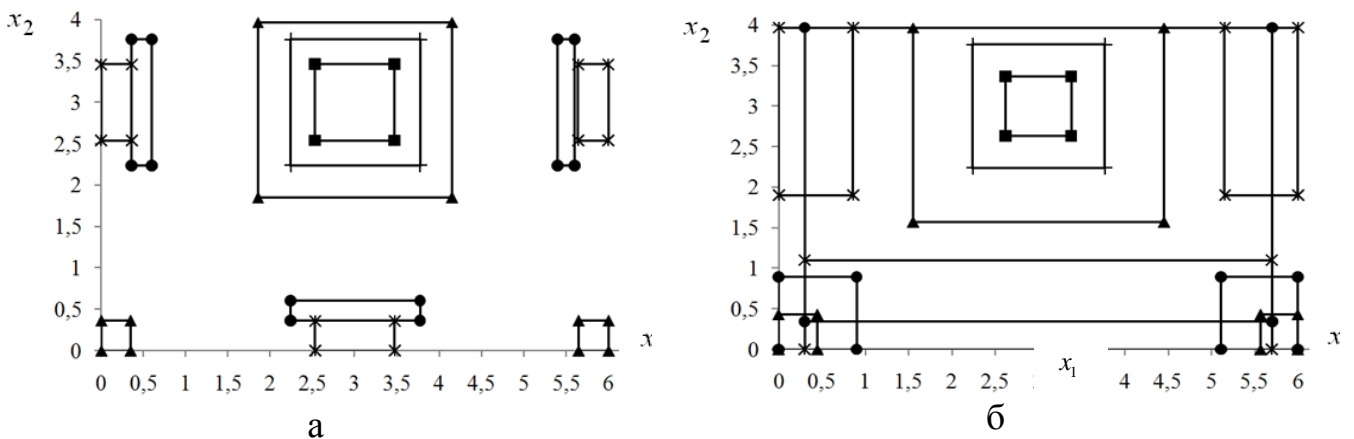


Рис. 4 – Структура сполучених правил: a – до настройки; $б$ – після настройки (границі класів позначено: * – d_1 ; • – d_2 ; Δ – d_3 ; + – d_4 ; \square – d_5)

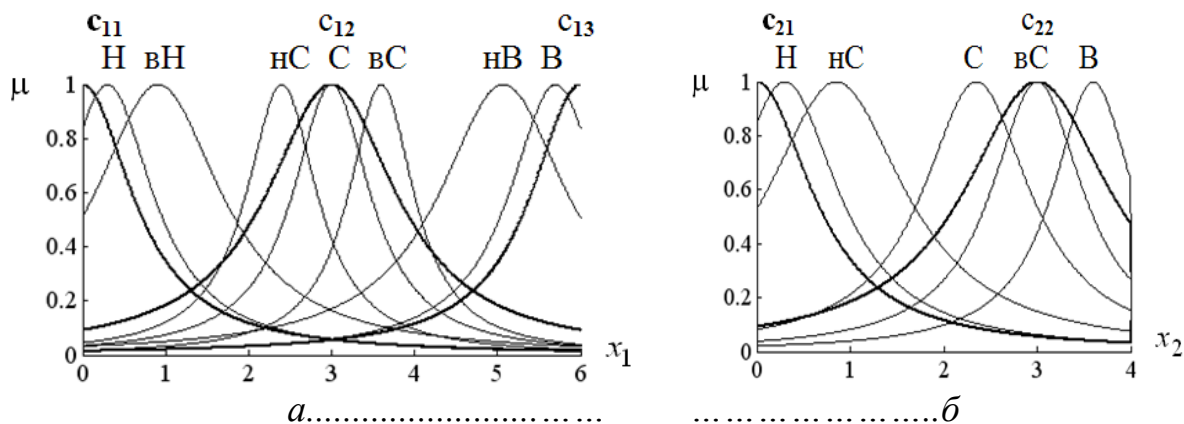


Рис. 5 – Функції належності нечітких термів змінних: *a* – x_1 ; *б* – x_2

Таблиця 8 – Параметри функцій належності термів змінної x_1 до (після) настройки

Параметр	<i>H</i>	<i>вН</i>	<i>нС</i>	<i>С</i>	<i>вС</i>	<i>нВ</i>	<i>В</i>
β -	0.27 (0.30)	- (0.91)	2.40 (2.41)	3.00 (3.00)	3.60 (3.60)	- (5.07)	5.73 (5.71)
σ -	0.83 (0.67)	- (0.93)	0.42 (0.52)	0.60 (0.57)	0.41 (0.48)	- (0.94)	0.84 (0.68)

Таблиця 9 – Параметри функцій належності термів змінної x_2 до (після) настройки

Параметр	<i>H</i>	<i>нС</i>	<i>С</i>	<i>вС</i>	<i>В</i>
β -	0.28 (0.31)	- (0.85)	2.40 (2.35)	3.00 (3.00)	3.60 (3.60)
σ -	0.76 (0.69)	- (0.90)	0.53 (0.72)	0.60 (0.59)	0.41 (0.53)

Експертні і налаштовані сполучені правила забезпечують апроксимацію об'єкта, яка показана на рис. 6. Експертні правила після параметричної настройки забезпечують точність виведення на рівні $RMSE = 0.5993$. Налаштовані правила - розв'язки забезпечують точність виведення на рівні $RMSE = 0.3202$.

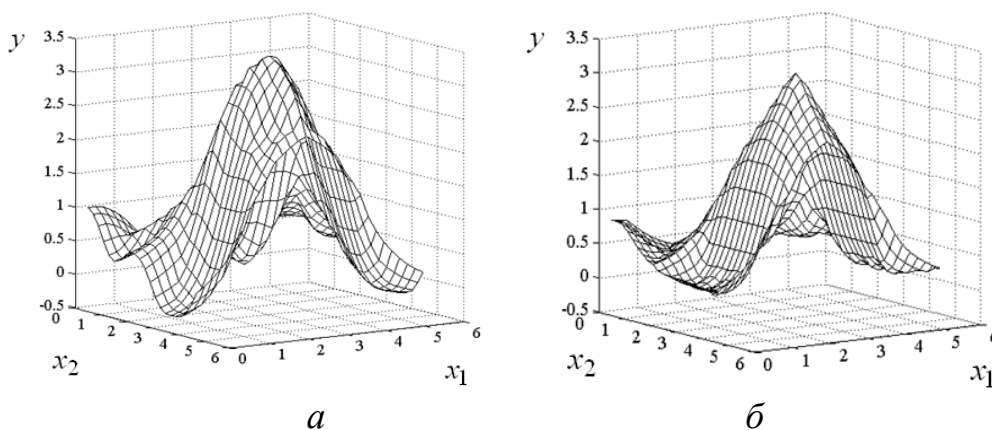


Рис. 6 – Результати лінгвістичної апроксимації сполученими правилами: *a* – до настройки; *б* – після настройки

Обговорення результатів оцінки складності алгоритму настройки нечітких правил. Порівняно із роботою [1], запропонований підхід дозволяє замінити розв'язання задачі оптимізації з $Z(2n+1)$ змінними для двопараметричних функцій належності і ваг правил на розв'язання послідовності Z задач оптимізації з $2n$ змінними для верхніх і нижніх границь інтервалів. Порівняно із [9, 10] поетапне налаштування мір значимостей причин та їх комбінацій дозволило скоротити кількість змінних з $2N$ до $2n$ при налаштуванні форм функцій належності сполучених термів у експертних розв'язках рівнянь нечітких відношень. Налаштування експертних трендових правил потребує розв'язання задачі оптимізації з $MN+2M+2N$ змінними.

Висновки. Запропоновано нейро-мережевий підхід, який дозволяє генерувати правила ЯКЦО-ТО шляхом розв'язання рівнянь нечітких відношень для заданих класів виходу, що є альтернативою злиття і селекції правил у налаштуванні структури гіпербоксів. При цьому кількість правил у класі дорівнює кількості розв'язків, а геометрія термів у правилі визначається інтервалами значень вхідних змінних. Поетапне розв'язання задач оптимізації здійснюється за допомогою рекурентних співвідношень, які відповідають навчанню *min-max* нейро-нечіткої мережі, ізоморфної лінгвістичним розв'язкам системи рівнянь нечітких відношень. Шляхом поетапного визначення структури і параметрів нечітких відношень і правил отримано спосіб пониження складності задачі настройки класифікаційних нечітких баз знань.

Список літератури: 1. *Ротштейн, А. П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети [Текст] / *А. П. Ротштейн.* – Винница: УНІВЕРСУМ, 1999. – 320 с. 2. *Gabrys, B.* General fuzzy min-max neural network for clustering and classification [Text] / *B. Gabrys, A. Bargiela* // IEEE Transactions on Neural Networks. – 2000. – Vol. 11 (3). – P. 769 – 783. 3. *Fu, X. J.* Linguistic rule extraction from a simplified RBF neural network [Text] / *X. J. Fu, L. P. Wang* // Computational Statistics. – 2001. – Vol. 16(3). – P. 361 – 372. 4. *Zhang, D.* A new approach to division of attribute space for SVR based classification rule extraction [Text] / *D. Zhang, A. Duan, Y. Fan, Z. Wang* // Advances in Neural Networks. – 2008. – Vol. 5263. – P. 691 – 700. 5. *Di Nola, A.* Fuzzy relation equations and their applications to knowledge engineering [Text] / *A. Di Nola, S. Sessa, W. Pedrycz, E. Sanchez.* – Dordrecht: Kluwer Academic Press, 1989. – 278 p. 6. *Peeva, K.* Fuzzy relational calculus. Theory, applications and software [Text] / *K. Peeva, Y. Kyosev* – New York: World Scientific, 2004. – 304 p. 7. *Rotshtein, A.* Fuzzy evidence in identification, forecasting and diagnosis [Text] / *A. Rotshtein, H. Rakytyanska.* – Heidelberg: Springer, 2012. – 314 p. 8. *Ракитянська, Г. Б.* Побудова класифікаційної нечіткої бази знань на основі трендових правил і оберненого виведення [Текст] / *Г. Б. Ракитянська* // Східно – Європейський журнал передових технологій. Процеси управління. – 2015. – Т. 1 № 3(73). – С. 25 – 32. 9. *Rotshtein, A.* Expert rules refinement by solving fuzzy relational equations [Text] / *A. Rotshtein, H. Rakytyanska* // In Proc. of the VIth IEEE Conference on Human System Interaction. Sopot, Poland, 2013. – P. 257–264. 10. *Rotshtein, A.* Optimal design of rule-based systems by solving fuzzy relational equations [Text] / *A. Rotshtein, H. Rakytyanska* // Issues and Challenges in Artificial Intelligence. Studies in Computational Intelligence. – Heidelberg: Springer – 2014. – Vol. 559. – P. 167 – 178. 11. *Zadeh, L.* A computational approach to fuzzy quantifiers in natural language [Text] / *L. Zadeh* // Computers and Mathematics with Applications. – 1983. – Vol. 9. – P. 149–184. 12. *Ротштейн, А. П.* Адаптивная система диагностики на основе нечетких отношений [Текст] / *А. П. Ротштейн, А. Б. Ракитянская* // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 4. – С.135 – 150.

Bibliography (transliterated): 1. Rotshtein, A. (1999). Intellectual technologies of identification: fuzzy sets, genetic algorithms, neural networks. Vinnitsa: UNIVERSUM, 320. 2. Gabrys, B., Bargiela, A. (2000). General fuzzy min-max neural network for clustering and classification. IEEE Transactions on Neural Networks, V. 11, 3, 769 – 783. 3. Fu, X. J., Wang, L. P. (2001). Linguistic rule extraction from a simplified RBF neural network. Computational Statistics. V. 16, 3, 361 – 372. 4. Zhang, D., Duan, A., Fan, Y., Wang, Z. (2008). A new approach to division of attribute space for SVR based classification rule extraction. Advances in Neural Networks. V. 5263, 691 – 700. 5. Di Nola, A., Sessa, S., Pedrycz, W., Sanchez, E. (1989). Fuzzy relation equations and their applications to knowledge engineering. Dordrecht: Kluwer Academic Press, 278. 6. Peeva, K., Kyosev, Y. (2004). Fuzzy relational calculus. Theory, applications and software. New York: World Scientific, 304. 7. Rotshtein, A., Rakytyanska, H. (2012). Fuzzy evidence in identification, forecasting and diagnosis. Heidelberg: Springer, 314. 8. Rakytyanska, H. (2015). Fuzzy classification knowledge base construction based on trend rules and inverse inference. East - European J. of Enterprise Technologies. Control Processes. V. 1, 3(73), 25 – 32. 9. Rotshtein, A., Rakytyanska, H. (2013). Expert rules refinement by solving fuzzy relational equations. In Proc. of the VIth IEEE Conference on Human System Interaction. Sopot, Poland, 257–264. 10. Rotshtein, A., Rakytyanska, H. (2014). Optimal design of rule-based systems by solving fuzzy relational equations. Issues and Challenges in Artificial Intelligence. Studies in Computational Intelligence. Heidelberg: Springer. V. 559, 167 – 178. 11. Zadeh, L. (1983). A computational approach to fuzzy quantifiers in natural language. Computers and Mathematics with Applications. V. 9, 149–184. 12. Rotshtein, A., Rakytyanska, H. (2009). Adaptive diagnostic system based on fuzzy relations. Cybernetics and Systems Analysis. 45(4), 623 – 637.

Надійшла (received) 19.02.2015

УДК 004.087.5:004.841.3(045)

М. П. КРАВЧУК, канд. техн. наук, доц., НАУ, Київ;

В. В. ШУЛЕВКА, аспірант, НАУ, Київ

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНОГО ПРИВОДУ ГАЗОПЕРЕКАЧУЮЧОГО АГРЕГАТУ, ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

В зв'язку з безперервним ростом вартості енергоресурсів, збільшенням собівартості транспорту газу, не відновленням його природних ресурсів, найважливішими напрямками робіт в області трубопровідного транспорту газів слід вважати розробки, направлені на зниження та економію енерговитрат, використання з максимальною ефективністю та надійністю газоперекачуючі агрегати (ГПА).

Ключові слова: ГПА, газотранспортна система (ГТС), система автоматичного управління (САУ), об'єкт управління.

Вступ. В процесі становлення та розвитку нафтогазової промисловості в Україні сформувалась унікальна газотранспортна система, яка відіграє одну із основних ролей в надійному і безперебійному газопостачанні як українських так і європейських споживачів газу, що являється фундаментом для стійкого росту економіки як України так і Європейського Союзу.

Парк газоперекачуючих агрегатів компанії Укртрансгаз складає 692 одиниці, в тому числі с газотурбінним приводом - 438 и електроприводом – 158. У значній мірі ефективність газотранспортних систем залежать від ефективної роботи ГПА.

В порівнянні з іншими типами приводів основні переваги електропривідних ГПА полягають в наступному: висока надійність, яка, значною мірою залежить від

© М. П. КРАВЧУК, В. В. ШУЛЕВКА, 2015

зовнішніх джерел живлення (енергосистем); високі енергетичні (коефіцієнт корисної дії (ККД), коефіцієнт потужності) і регульовальні характеристики електроприводу; мінімальні витрати на відновлення та капітальний ремонт; великий моторесурс енергетичних вузлів і деталей ГПА; простота автоматизації і управління; доступність та екологічна чистота; пожежобезпека.

До недоліків цього приводу слід віднести передусім слабку пристосованість ГПА до змінних режимів роботи газопроводу із-за постійної частоти обертання ротора електродвигуна, а також зростання вартості електроенергії, який різко підвищує експлуатаційні витрати і робить їх зараз несумірними з витратами газотурбінних агрегатів.

При виборі того або іншого типу регульованого електроприводу [1], разом із загальноприйнятими критеріями (масогабаритні показники, вартість, надійність і так далі), слід враховувати наступні особливості: робочий діапазон регулювання швидкості в переважній більшості випадків невеликий; значні встановлені потужності і тривалий режим роботи ЕПГПА визначають підвищені вимоги до енергетичних показників електроприводу; нагнітачі не вимагають граничної точності і високої швидкодії при регулюванні продуктивності.

Характерною особливістю процесу перекачки газу являється нестабільність процесу компримування, нерівномірне транспортування по часу, обумовленого випадковими процесами, що проходять в магістральних газопроводах в різні часи доби і т.д. Це суттєво знижує річну продуктивність компресорних станцій, тому одна з головних задач управління таким об'єктом являється побудова таких систем автоматичного управління, які зможуть забезпечувати максимальну продуктивність процесу перекачки газу при зміні їх характеристик.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для підвищення ефективності роботи ГПА необхідно забезпечити регулювання продуктивності відцентрових нагнітачів. Це може здійснюватись одним із наступних способів [2,3]: зміною частоти обертання; дроселюванням газу на вхід в нагнітач; закруткою потоку на вході в нагнітач; перепуск частини газу з вихода на вхід по обвідній лінії (байпасування газу); зміною числа працюючих ГПА.

Дроселювання газу на вхід нагнітача здійснюється за допомогою дроселюючого органу (вентилля, крана, заслінки і т.д.), що створює додатковий гідравлічний опір. В результаті продуктивність нагнітача зменшується, а споживана потужність електродвигуна залишається незмінною, тому це самий неекономічний спосіб регулювання продуктивності. Однак, завдяки своїй простоті, він використовується на деяких компресорних станціях.

Закрутка потоку може здійснюватись за допомогою поворотних направляючих апаратів (ПНА). Застосування ПНА дозволяє виконати плавну зміну продуктивності нагнітача. За допомогою ПНА можна довести завантаження ГПА до номінальної потужності, а також вирівняти завантаження послідовно працюючих в групі нагнітачів, в результаті чого досягається підвищення ефективності використання корисної потужності ГПА. Цей спосіб широко використовується для одноступінчатих нагнітачів. Для багатоступінчатих нагнітачів застосування не знайшов із-за складності конструкції.

Байпасуванням нагнітача можна забезпечити підтримання мінімально допустимої продуктивності нагнітача при зниженні продуктивності газопровода.

Байпасування призводить до зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) із-за великої втрати енергії в результаті перепуску газу на вхід. Тому цей спосіб регулювання застосовується найчастіше як аварійний при приближенні робочої точки компресора (рис. 1) до зони помпажа.

Для повнонапірних нагнітачів, працюючих паралельно, доцільно передбачувати підтримання заданого режиму роботи за допомогою запірно-регулю-

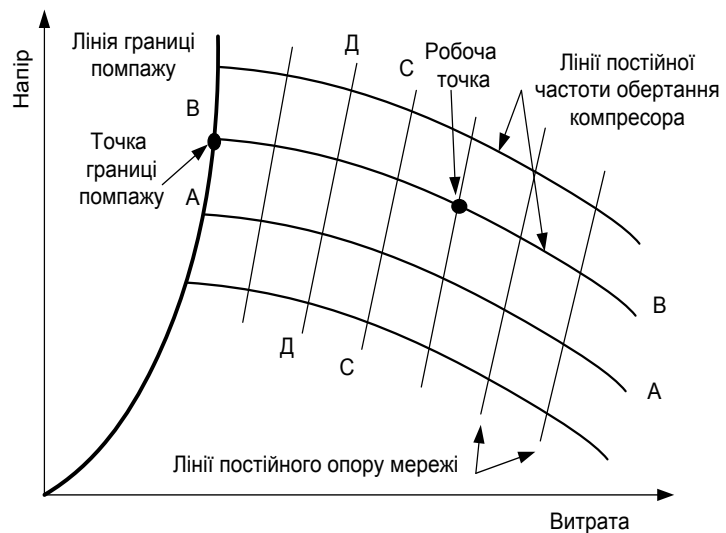


Рис. 1 – Характеристики компресора і мережі

вального клапана, встановлююмого замість крана №6 (байпасний кран) для зв'язку виходу нагнітача з його входом через пусковий колектор. За допомогою такого крана можна здійснювати плавне завантаження нагнітача при пуску, автоматичне регулювання режиму його роботи, а також захисту від помпажа.

Наведений вище аналіз вказує, що функціональні і регулювальні особливості ГПА, як об'єкта управління з врахуванням затрат на байпасування газу, являються фактично єдиним каналом впливу на параметри транспортованого газу в умовах багатопараметричних змін зовнішніх впливів детермінованого (графіки газопостачання та їх параметри) та стохастичного характеру (коливання об'ємів газоспоживання, температури та інших параметрів навколишнього середовища).

Постановка завдання. До цього часу в питаннях ЕПГПА, як об'єкта керування не вирішен комплекс актуальних проблем реалізації теоретичних розробок, забезпечуючи надійне та оптимальне функціонування ЕПГПА в умовах КС [4,5]. Умовно можна виділити декілька напрямків розвитку функціонування ЕПГПА:

1. Перетворювач частоти з інваріантним автоматичним регулюванням швидкості високовольтного електродвигуна ЕПГПА для стабілізації оптимального тиску газу на виході КС в умовах дії зовнішніх збурень технологічного та кліматичного характеру.

2. Засоби забезпечення стабільного і стійкого функціонування приводного синхронного електродвигуна ЕПГПА у всіх режимах роботи КЦ шляхом оперативного контролю кута навантаження машини за допомогою бездатчикової системи автоматичного регулювання (САР) збудження на базі цифрових тиристорних збуджувачів з векторним керуванням.

3. Системи електромагнітного підвішування валів і роторів високошвидкісних двигунів і нагнітачів в єдиному конструктивному виконанні для реалізації безмасляних і безредукторних технологій з охолодженням статорних обмоток перекачуванням газом.

4. Програмно-апаратний комплекс вбудованої системи оперативного моніторингу та прогнозування технічного стану електропровідного газоперекачуючого агрегату із застосуванням технічних засобів інтелектуальних

датчиків, нейроконтролерів і алгоритмів Fuzzy- логіки і перспективою переходу до принципів технічного обслуговування і ремонту за фактичним станом обладнання.

5. Синтез сучасних конкурентноспроможних систем автоматичного керування процесом перекачки газу, із здатністю адаптації до характеристик мережі, а також роботи в умовах багатократніх випадкових збурень, таких як зміна навантаження на валу [6,7] (зміна відповідного навантаження в системі), коливання напруги в мережі енергопостачання, на основі використання нейромережевих моделей об'єктів управління.

Виходячи з вище сказаного та враховуючи досягнення в області силової електроніки, мікропроцесорної техніки та машинобудуванні можна дійти висновку що створення високоефективних швидкохідних електропровідних газоперекачуючих агрегатів не представляє великих проблем. Що не можна сказати про системи автоматичного управління ЕППА. Тому їх створення являється дуже вчасним та перспективним.

Вирішення поставленого завдання автоматичного управління електричного приводу газоперекачуючого агрегату. На основі джерел [8, 9] та Інтернет-літератури, були вивчені алгоритми роботи систем збудження, які застосовуються на компресорних станція магістральних газопроводів (КС МГ), та інших сучасних систем збудження [10] (АНИКРОН, ЦРВД, ВТ-РЭМ700, КВсдОС, ВТЦ-СД- Б, ТЕ-8, ВТЕ, БВУ, MEGADRIVE-LCI) .

Концерн ABB Daimler Benz Transportation (Німечинна) для приводу технологічних компресорів (ТК), оснащених синхронними двигунами, розроблена серія частотно-регульованих перетворювачів MEGADRIVE - LCI. Розглянемо конкретний електропривід ТК потужністю 12,5 МВт. Функціональна схема керування електроприводом MEGADRIVE - LCI зображена на рис. 2.

На рис. 2: Q — мережевий вимикач; Т – трансформатор; В – керований випрямляч; Д – дросель; І – інвертор; М – синхронна машина; ТН1, ТН2 – трансформатори напруги; ДС, ДС3, ДН, ДШ – датчики відповідно струму, струму збудження, напруги, швидкості; СУВ, СУІ – системи управління відповідно випрямлячем, інвертором; РШ, РС, РНЗ, РС3, РП – регулятори відповідно швидкості, струму, напруги збудження, струму збудження, потужності; ЗШ, ЗН – задатчики

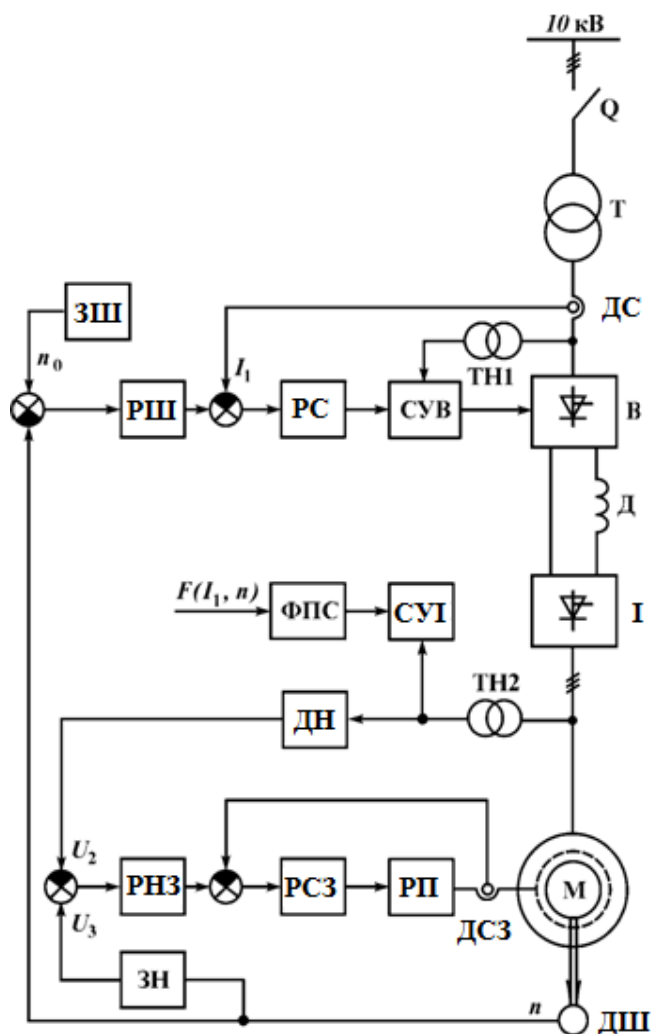


Рис. 2– Функціональна схема управління електроприводом MEGADRIVE-LC

відповідно швидкості, напруги збудження; ФПС – функціональний перетворювач сигналів.

В якості елементної бази перетворювача частоти (ПЧ) використовуються ГТО-тиристори. Перетворювач частоти контейнерного виконання з явно вираженою ланкою постійного струму включає в себе 12-пульсний керований випрямляч і інвертор струму. Живлення ПЧ здійснюється від 3-х обмоточного трансформатора 17 МВА напругою 10 000 / 2х3600 В. Система охолодження ПЧ має проміжний водяний контур (вода з додаванням гліколю).

Для забезпечення електромагнітної сумісності з мережею живлення передбачений двоступеневий фільтро-компенсуючий пристрій потужністю 4000 + 3500 квар.

Управління електроприводом здійснюється від мікроконтролера. Система управління впливає на керований випрямляч, інвертор, безщіточний збуджувач і реалізує закон регулювання $U/f = \text{const}$. Цифрове управління використовується для регулювання моменту і швидкості, реалізації систем захистів, управління послідовністю включення і відключення в режимі нормального функціонування, аварійного відключення, а також поточного контролю електроприводу та діагностики.

Внутрішня структура мікроконтролера розроблена і оптимізована таким чином, що він є не тільки швидкодіючим для застосування в електроприводі, але також полегшує застосування проблемно-орієнтованої мови, орієнтованої на користувача. Автоматичний пуск і зупинка електроприводу розбивається на ряд послідовних етапів з проміжним контролем за правильністю функціонування. Можливо як місцеве, так і дистанційне керування.

Програмне забезпечення (ПО) побудовано за модульним принципом з можливістю його нарощування та модернізації. Функції, які реалізовані програмним шляхом в частині управління і надання інформації, запрограмовані інженерною мовою, що не вимагає від користувача підготовки інженера-програміста.

Наведені САУ побудовані на базі мікропроцесорних програмно-технічних засобів (ПТЗ), а також традиційних засобів управління і надання інформації, які використовуються в основному для місцевого управління та екстреної зупинки устаткування при відмові.

Висновки. Аналізуючи сучасні системи автоматичного управління, можна дійти висновку, що основою для них являється система збудження на основі тиристорного перетворювача з цифровою системою управління, яка реалізує алгоритм роботи традиційних П- та ПД-регуляторів, чий синтез не визиває теоретичних труднощів. Що ж стосується найбільш перспективних технічних рішень по критеріям якості управління та із здатністю адаптації до характеристик газотранспортної систем, то вони можуть бути отримані тільки на основі використання елементів штучного інтелекта. Це обумовлено суттєвою нелінійністю ЕППА як об'єкта управління, а також роботи в умовах багатократніх випадкових збурень, таких як зміна навантаження на валу (зміна відповідного навантаження в системі), коливання напруги в мережі

енергопостачання, зміна потужності суміжних електроприймачів, підключених до вузла навантаження і т. д.

Список литературы: 1. Костенко, Д. А. Вопросы реконструкции компрессорных станций Украины [Текст] / Д. А. Костенко, В. П. Парафейник, А. В. Смирнов // Компрессорное и энергетическое машиностроение. - 2009. - № 4. - 136 с. 2. Мустафин, М. А. Расчёт энергетических характеристик электроприводов центробежных механизмов в динамических режимах [Текст] / М. А. Мустафин // Труды университета КарГТУ. - 2007. - №1. - С. 83-85. 3. Коршак, А. А. Основы нефтегазового дела. [Текст] / А. А. Коршак, А. М. Шаммазов // Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2005. - 528 с. 4. Крюков, О. В. Пути модернизации электроприводных газоперекачивающих агрегатов [Текст] / О. В. Крюков, С. Е. Степанов // IX МНТК «Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика» (РАЕР-2012) Украина, Крым, Николаевка, 2012. - С. 209-212. 5. Воронков, В. И. Электроснабжение и электрооборудование линейных потребителей МГ [Текст] / В. И. Воронков, И. Е. Рубцова, О. В. Крюков // Газовая промышленность. - 2010. - № 3. - С. 32-36. 6. Крюков, О. В. Патент РФ №107427 МПК H02P 27/04. Электропривод газоперекачивающего агрегата [Текст]: Крюков О. В., Степанов С. Е., опубл. 10.08.2011. 7. Панин, В. В. Способ оценки технического состояния компрессоров ГТД [Текст] / В. В. Панин, И. Ф. Кинашчук, В. И. Орланов // Авіаційно-космічна техніка і технологія. - Х.: НАУ "ХАИ". - 2001. - Вип. 26. - С. 236-239. 8. Пужайло, А. Ф. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций [Текст] / А. Ф. Пужайло, С. В. Савченков, Е. А. Спиридович и др // Под ред. О. В. Крюкова - Н. Новгород: Вектор ТиС, в 3 тт. 2010-2012. 9. Слизский, Э. П. Самозапуск электроприводных компрессорных станций магистральных газопроводов [Текст] / Э. П. Слизский, А. Ф. Шкута, И. В. Сбруев. - Москва.: Недра, 1991. - 187 с. 10. Лазарев, Г. Б. Частотно-регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок [Текст] / Г. Б. Лазарев // Силовая электроника. - 2007. - №3. - С. 41-48.

Bibliography (transliterated): 1. Kostenko, D. A., Parafeinik, V. P., Smirnov, A. V. (2009). Voprosy rekonstruktsii kompressornykh stantsii Ukrainy. *Kompressornoe i energeticheskoe mashinostroenie*, 4, 136. 2. Mustafin, M. A. (2007). Raschiot energeticheskikh harakteristik elektroprivodov tsentrobezhnykh mehanizmov v dinamicheskikh rezhimakh. *Trudy universiteta KarGTU*, 1, 83-85. 3. Korshak, A. A., Shammazov, A. M. (2005). *Osnovy neftegazovogo dela*. Ufa: *OOO «DizajnPoligrafServis»*, 528. 4. Kriukov, O. V., Stepanov, S. E. (2012). Puti modernizatsii elektroprivodnykh gazoperekachivaiushchih agregatov. IX MNTK «Problemy avtomatizirovannogo elektroprivoda. Teoriia i praktika» (RAER-2012) *Ukraina, Krym, Nikolaevka*, 209-212. 5. Voronkov, V. I., Rubtsova, I. E., Kriukov, O. V. (2010). Elektrosnabzhenie i elektrooborudovanie lineinykh potrebitelei MG. *Gazovaia promyshlennost'*, 3, 32-36. 6. Kriukov, O. V., Stepanov, S. E. (2011). Patent RF №107427 MPK N02R 27/04. *Elektroprivod gazoperekachivaiushchego agregata*. 7. Panin, V. V. Kinashchuk, I. F., Orlanov, V. I. (2001). Sposob otsenki tehniceskogo sostoianii kompressorov GTD. *Aviatsiino-kosmichna tehnika i tehnologiia*. H.: *NAU "HAI"*, 26, 236-239. 8. Puzhailo, A. F., Savchenkov, S. V., Spiridovich, E. A. i dr. (2010-2012). *Energoberezhenie i avtomatizatsiia elektrooborudovaniia kompressornykh stantsii: Monografiia. Pod red. O.V. Kriukova - N.Novgorod: Vektor TiS*, 3. 9. Slizskii, E. P., Shkuta, A. F., Sbruev, I. V. (1991). *Samozapusk elektroprivodnykh kompressornykh stantsii magistral'nykh gazoprovodov*. *Nedra*, 187. 10. Lazarev, G. B. (2007). *Chastotno-reguliruemyi elektroprivod nasosnykh i ventiliatornykh ustanovok. Silovaia elektronika*, 3, 41-48.

Поступила (received) 15.02.2015

І. П. АТАМАНЮК, д-р техн. наук, доц., Миколаївський національний аграрний університет, Миколаїв;

Ю. В. ВОЛОСЮК, канд. техн. наук, доц., Миколаївська філія Європейського університету

МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ АПАРАТУ КАНОНІЧНИХ РОЗКЛАДАНЬ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ

Запропоновано метод прогнозування споживання електроенергії на основі апарату канонічних розкладань випадкових процесів. Метод повністю враховує особливості процесу споживання електроенергії (нестационарність, значна післядія, наявність нелінійних стохастичних зв'язків), що дозволяє підвищити якість вирішення задачі прогнозування. Результати чисельного експерименту на основі статистичних даних підтвердили високу ефективність запропонованого методу.

Ключові слова: споживання електроенергії, прогнозування, випадковий процес, канонічне розкладання, середній квадрат похибки екстраполяції

Вступ. Електроенергетична система – це складний технічний комплекс, що представляє собою сукупність з'єднаних між собою електричних мереж, електростанцій та приймачів електричної енергії, що функціонують у спільному режимі. Основною метою електроенергетичної системи є надійне електропостачання споживачів і при цьому ефективність її функціонування визначається якістю технічного та організаційного управління, яке повинно забезпечувати оптимальність режимів роботи системи.

Особливістю електроенергетичних систем, що відрізняє їх від інших складних об'єктів контролю та управління, є неможливість зберігання виробленого ними продукту – електричної енергії. Це означає, що режим роботи електроенергетичної системи повинен вибиратися таким чином, щоб виробництво електроенергії в точності відповідало її споживанню (з урахуванням різного роду втрат). Порушення цього балансу в ту чи іншу сторону веде до зниження якості функціонування електроенергетичної системи. Так, при нестачі виробництва електроенергії деякі споживачі або не отримають її взагалі, або отримають з якістю нижче необхідного рівня, що спричинить штрафні санкції та фінансові збитки. У випадку надлишку виробництва електроенергії буде мати місце перевитрата використаного на її виробництво палива, що також є економічно не вигідним. Таким чином, для ефективної роботи електроенергетичної системи однією з найбільш важливих завдань є максимально точно прогнозування споживання електроенергії споживачами в майбутні моменти часу.

Особливістю процесу зміни споживання електроенергії є стохастичний характер. Основними факторами, вплив яких обумовлює приналежність електроенергетичних систем до об'єктів з випадково змінними умовами функціонування, є наступні: тип дня тижня (робочий, вихідний, святковий); погодні умови (температура повітря, дощ, туман, сніг); залежність від часу доби; тривалість світлового дня.

Таким чином, враховуючи особливості функціонування електроенергетичних систем, для вирішення задачі прогнозування споживання електроенергії необхідно застосовувати методи теорії випадкових процесів.

Відомо, що найбільш загальною екстраполяційною формою для розв'язання задач прогнозування є математична модель у вигляді поліному Колмогорова–Габоора [1]. Така модель дозволяє враховувати довільне число вимірювань випадкового процесу та порядок степеневі нелінійності. Проте її практичне застосування обмежене істотними труднощами, пов'язаними з формуванням великої кількості рівнянь для визначення параметрів екстраполятора. Існуючі оптимальні методи, що використовуються для розв'язання прикладних задач, отримані для певних класів випадкових процесів (методи А.Н. Колмогорова [2] і Н. Вінера [3] – для стаціонарного процесу з дискретним аргументом, фільтр–екстраполятор Калмана [4] – для марковських випадкових процесів, методи В.С. Пугачова [5], В.Д. Кудрицького [6] – для нестационарних гаусівських процесів та ін.), тому їх застосування дозволяє отримувати оптимальні результати тільки для процесів з певними апріорно відомими характеристиками.

Мета роботи. Метою статті є розробка методу прогнозування процесу споживання електроенергії, що не накладає жодних суттєвих обмежень на стохастичний процес, що досліджується.

Метод прогнозування спожива електроенергії. Найбільш універсальною прогнозною моделлю з точки зору обмежень, що накладаються на процес, є поліноміальний степеневий екстраполятор [7-9]:

$$m_x^{(\mu,l)}(h,i) = \begin{cases} M[X^h(i)] \text{ при } \mu=0; \\ m_x^{(\mu,l-1)}(h,i) + (x^l(\mu) - m_x^{(\mu,l-1)}(l,\mu))\beta_{h\mu}^{(l)}(i) & l \neq \\ m_x^{(\mu-1,N)}(h,i) + (x^l(\mu) - m_x^{(\mu-1,N)}(l,\mu))\beta_{h\mu}^{(l)}(i) & l = \end{cases} \quad (1)$$

Параметрами алгоритму (1) є елементи канонічного розкладання [10,11] випадкового процесу $X(t)$, що вимірюється в дискретному ряді точок $t, i = \overline{1, I}$:

$$X(i) = M[X(i)] + \sum_{v=1}^i \sum_{\lambda=1}^N W_v^{(\lambda)} \beta_{1v}^{(\lambda)}(i), \quad i = \overline{1, I}. \quad (2)$$

Елементи $W_v^{(\lambda)}, \beta_{hv}^{(\lambda)}(i)$ представлення (2) процесу $X(t)$ визначаються співвідношеннями:

$$W_v^{(\lambda)} = X^\lambda(v) - M[X^\lambda(v)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^N W_\mu^{(j)} \beta_{\lambda\mu}^{(j)}(v) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} W_v^{(j)} \beta_{\lambda v}^{(j)}(v), \quad \lambda = \overline{1, N}, v = \overline{1, I}; \quad (3)$$

$$\beta_{hv}^{(\lambda)}(i) = \frac{1}{D_\lambda(v)} \{ M[X^\lambda(v) X^h(i)] - M[X^\lambda(v)] M[X^h(i)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^N D_j(\mu) \beta_{\lambda\mu}^{(j)}(v) \beta_{h\mu}^{(j)}(i) - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(v) \beta_{\lambda v}^{(j)}(v) \beta_{hv}^{(j)}(i) \}, \quad \lambda = \overline{1, h}, v = \overline{1, i}, h = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}. \quad (4)$$

$$D_{\lambda}(v) = M[X^{2\lambda}(v)] - M^2[X^{\lambda}(v)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^N D_j(\mu) \{\beta_{\lambda\mu}^{(j)}(v)\}^2 - \sum_{j=1}^{\lambda-1} D_j(v) \{\beta_{\lambda v}^{(j)}(v)\}^2, \lambda = \overline{1, N}, v = \overline{1, I}. \quad (5)$$

Блок-схема алгоритму обчислення параметрів екстраполятора (1) представлена на рис. 1.

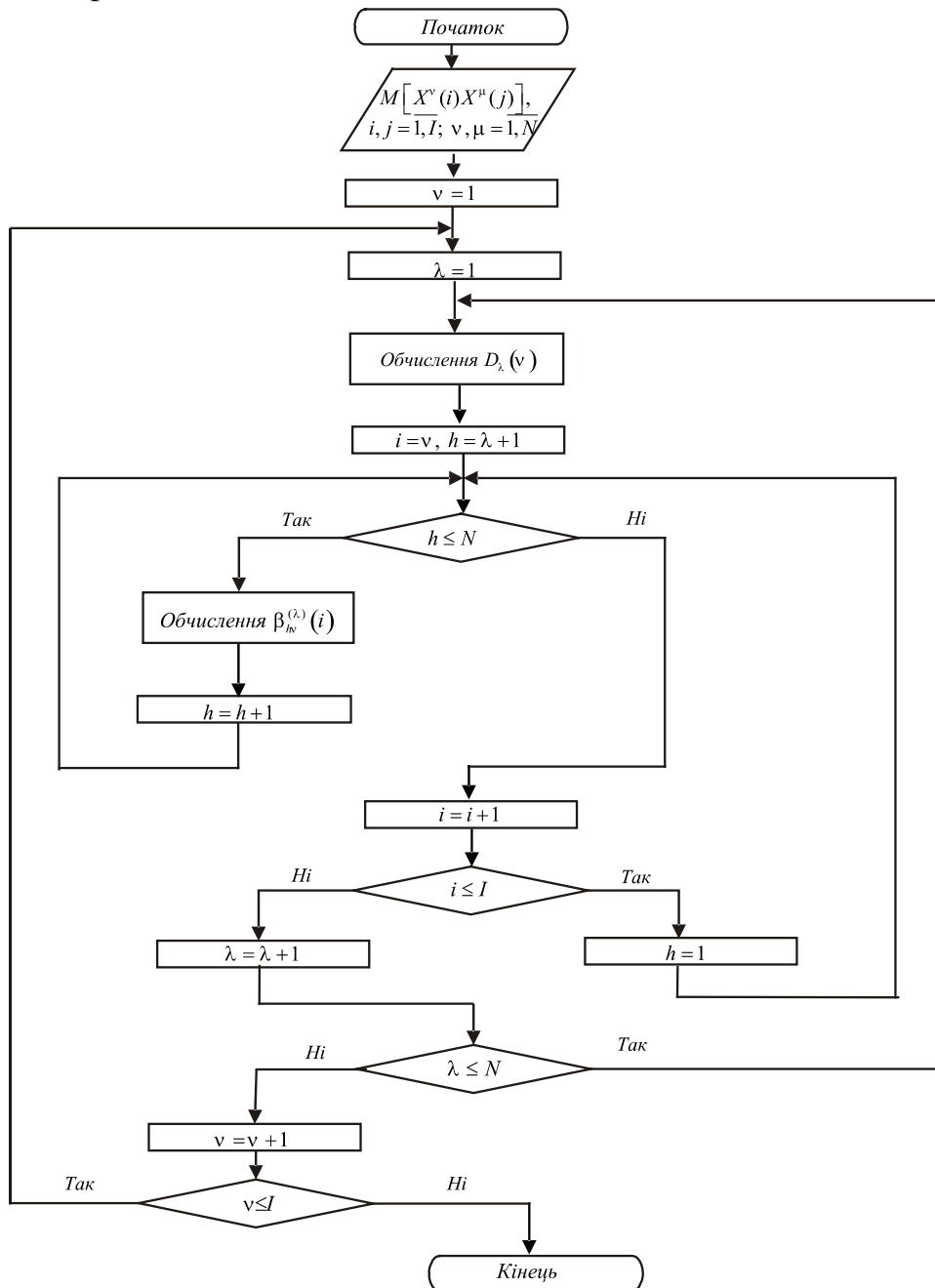


Рис. 1 – Блок-схема алгоритму обчислення параметрів екстраполятора (1)

Прогнозна модель (1) дозволяє врахувати довільну кількість точок дискретизації та нелінійні зв'язки між ними і є досить простою для реалізації, блок-схема функціонування моделі представлена на рис. 2.

Змістом запропонованого методу прогнозування обсягу споживання електроенергії на основі поліноміальної степеневі моделі (1) є реалізація наступних етапів:

Етап 1. Збір статистичних даних про постачання електроенергії за фіксований період часу для визначеної електроенергетичної системи і обчислення на їх основі дискретизованих моментних функцій $M[X^\lambda(\nu)X^h(i)]$;

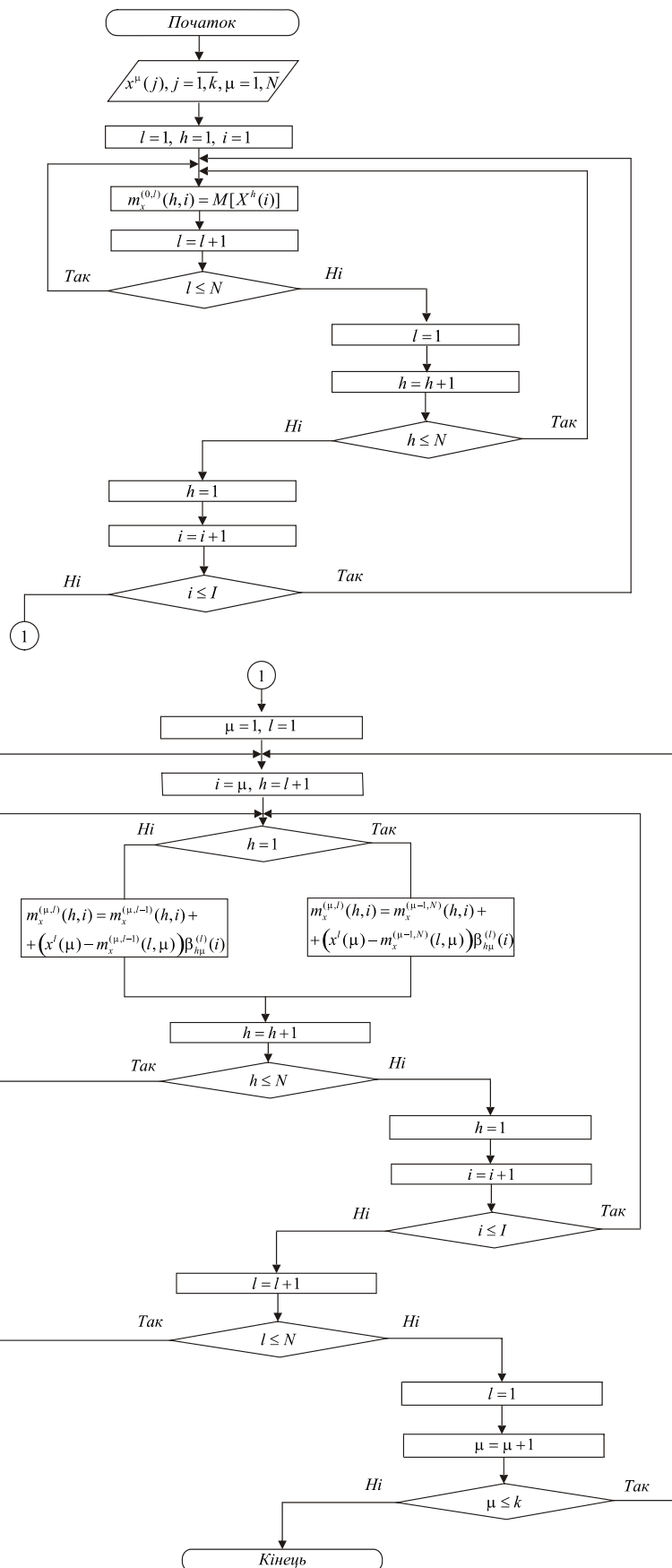


Рис. 2 – Блок-схема алгоритму функціонування екстраполятора (1)

Етап 2. Формування канонічного розкладання (2) випадкового процесу, що досліджується;

Етап 3. Визначення на основі відомої апостеріорної інформації за допомогою прогнозної моделі (1) майбутніх значень використання електроенергії споживачами. Запропонований метод апробовано для вирішення задачі прогнозування споживання електроенергії для району «Варварівка» м. Миколаїв (на рис. 3 представлено графіки споживання для періоду 7.04.14-11.04.14 в залежності від часу доби).

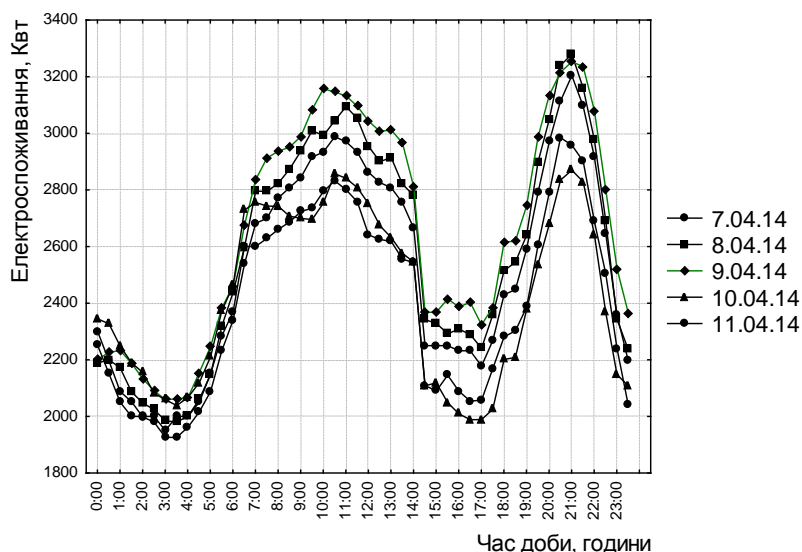


Рис. 3 – Споживання електроенергії для району «Варварівка» м. Миколаїв за період з 7.04.14 по 11.04.14

На основі статистичних даних (період 1.04.14-31.05.14) виконано чисельний експеримент з використанням лінійного методу, методу Калмана третього порядку і запропонованого методу на основі моделі (1) третього порядку нелінійних зв'язків. На рис. 4 представлені графіки залежностей відносної похибки прогнозування для різних моментів часу.

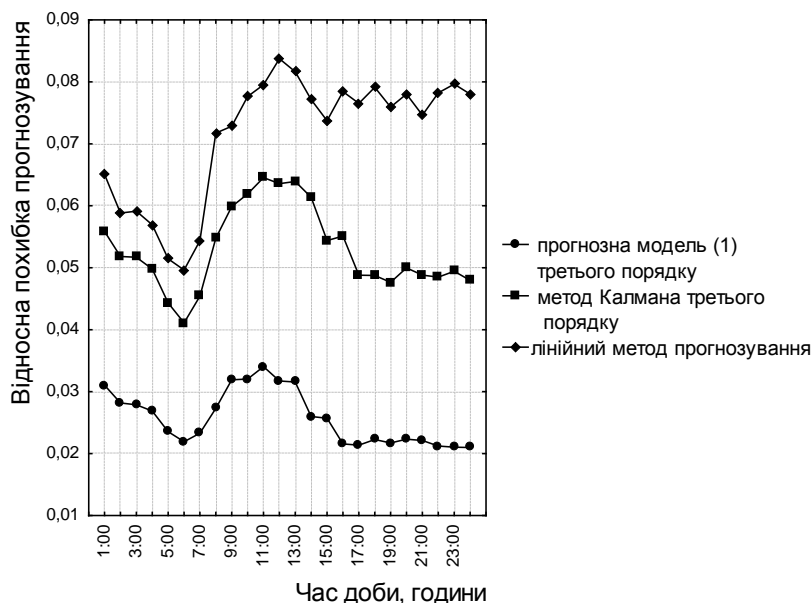


Рис. 4 – Похибка прогнозування споживання електроенергії для району «Варварівка» м. Миколаїв

Результати експерименту вказують на високу точність прогнозування на основі алгоритму (1) в порівнянні з лінійним методом за рахунок використання нелінійних стохастичних зв'язків і в порівнянні з методом Калмана за рахунок суттєвого збільшення апостеріорної інформації, що використовується для прогнозування.

Висновки. Запропоновано метод прогнозування майбутніх значень процесу споживання електроенергії, що не накладає жодних обмежень на його властивості (вимога лінійності, марковості, монотонності, стаціонарності і т.д.). Результати чисельного експерименту підтвердили високу ефективність методу, відносна похибка прогнозування споживання електроенергії складає 2-3 %.

Список літератури: 1. Довгий С. О. Методи прогнозування в системах підтримки прийняття рішень [Текст] / С. О. Довгий, П. І. Бідюк, О. М. Трофимчук, О. І. Савенков. – К.: Азимут–Україна, 2011. – 608 с. 2. Розанов, Ю. А. Стационарные случайные процессы: 2-е изд., доп [Текст] / Ю. А. Розанов. – М.: Наука. Гл.ред. физ.–мат. лит., 1990. – 272 с. 3. Яглом, А. М. Введение в теорию стационарных случайных функций [Текст] / А. М. Яглом // Успехи математических наук. – 1995. – Т. 7, вып. 5(51). – С. 3–168. 4. Тихонов, В. И. Марковские процессы [Текст] / В. И. Тихонов, М. А. Миронов. – М.: Сов. радио, 1977. – 488 с. 5. Пугачев, В. С. Стохастические дифференциальные системы [Текст] / В. С. Пугачев, И. Н. Синицын. – М.: Наука, 1985. – 560 с. 6. Кудрицкий, В. Д. Фильтрация, экстраполяция и распознавание реализаций случайных функций [Текст] / В. Д. Кудрицкий. – К.: ФАДА, ЛТД, 2001. – 176 с. 7. Атаманюк, І. П. Поліноміальний алгоритм оптимальної екстраполяції параметрів стохастических систем [Текст] / І. П. Атаманюк // Управляющие системы и машины. – 2002. – №1. – С. 16-19. 8. Atamanyuk, I. P. Optimal Polynomial Extrapolation of Realization of a Random Process with a Filtration of Measurement Errors [Текст] / I. P. Atamanyuk // Journal of Automation and Information Sciences. Volume 41, Issue 8, Begell House, USA – 2009. – pp. 38-48. 9. Atamanyuk, I. P. Algorithm to determine the optimal parameters of a polynomial Wiener filter–extrapolator for nonstationary stochastic processes observed with errors [Текст] / I. P. Atamanyuk // Cybernetics and Systems Analysis. Volume 47, Issue 2, Springer, USA, – 2011. – pp. 305-310. 10. Атаманюк, І. П. Поліноміальний канонічний розклад скалярного випадкового процесу зміни параметрів радіоелектронних пристроїв [Текст] / І. П. Атаманюк // Вісник ЖІТІ. Технічні науки. – 2000. – №13. – С. 99-101. 11. Atamanyuk, I. P. The algorithm of optimal polynomial extrapolation of random processes [Текст] / I. P. Atamanyuk, V. Y. Kondratenko, O. V. Kozlov, Y. P. Kondratenko // Modeling and Simulation in Engineering, Economics and Management. K. J. Engemann, A. M. Gil-Lafuente, J. M. Merigo (Eds.) Lecture Notes in Business Information Processing. LNBIP 115, New-York, Springer, 2012. – pp. 78-87.

Bibliography (transliterated): 1. *Dovgiy, S. O., Bidiyuk, P. I., Trofimchuk, O. M. and Savenkov, O. I.* (2011). Forecasting methods in systems decision support. Kiev: Azimuth-Ukraine. 608 p. 2. *Rozanov, Y. A.* (1990). Stationary random processes. Moscow: Science. 272 p. 3. *Yaglom, A. M.* (1995). Introduction to the theory of stationary random functions. *Uspehi matematicheskikh nauk*, Vol. 7, № 5(51), 3–168. 4. *Tihonov, V. I. and Mironov, M. A.* (1977). Markov processes. Moscow: Soviet radio. 488 p. 5. *Pugachev, V. S. and Sinitsyn, I. N.* (1985). Stochastic differential systems. Moscow: Science. 560 p. 6. *Kudritskiy, V. D.* (2001). Filtering, extrapolation and recognition of realizations of random functions. Kiev: FADA, LTD. 176 p. 7. *Atamanyuk, I. P.* (2002). A polynomial algorithm for optimal extrapolation of the parameters of stochastic systems. *Upravlyayuschie sistemy i mashiny*, Vol. 1, 16–19. 8. *Atamanyuk, I. P.* (2009). Optimal Polynomial Extrapolation of Realization of a Random Process with a Filtration of Measurement Errors. *Journal of Automation and Information Sciences*, Vol. 41, № 8, 38–48. 9. *Atamanyuk, I. P.* (2011). Algorithm to determine the optimal parameters of a polynomial Wiener filter–extrapolator for nonstationary stochastic processes observed with errors. *Cybernetics and Systems Analysis*, Vol. 47, № 2, 305–310. 10. *Atamanyuk, I. P.* (2000). Polynomial canonical decomposition of a scalar random process changes of parameters of radio-electronic devices. *Visnik ZhITI. Tehnichni nauki*, Vol. 13, 99–101. 11. *Atamanyuk, I. P., Kondratenko, V. Y., Kozlov, O. V. and Kondratenko, Y. P.* (2012). The algorithm of optimal polynomial extrapolation of random processes. *Modeling and Simulation in Engineering, Economics and Management*. New-York: Springer, 78–87.

Надійшла (received) 21.02.2015

А. В. КУДРЯШОВ, канд. техн. наук, доц., ДНУЗТ, Дніпропетровськ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ВЕЛИЧИНУ ІНТЕРВАЛІВ НА РОЗДІЛОВИХ СТІЛКАХ

Виконано дослідження впливу таких випадкових факторів, як значення основного питомого опору руху вагону та точності реалізації швидкості виходу відчепа з гальмової позиції на величину інтервалів між відчепами складу, що розформовуються на сортувальній гірці. Виконано статистичну обробку величини різниці між інтервалами, що отримані за результатами оптимізації режиму розформування складу та при скочуванні в умовах дії випадкових факторів.

Ключові слова: відчеп, сортувальна гірка, режим гальмування, оптимізація, опір руху, автоматизація, імітаційне моделювання, розформування.

Вступ. Як показав аналіз існуючих систем автоматизації процесів розформування складів на сортувальних гірках, автоматичне регулювання швидкості скочування відчепів на гальмівних позиціях є досить складною задачею [1, 2]. Для забезпечення надійного розділення відчепів, що скочуються, на стрілках і безпечної швидкості їх зіткнення з вагонами на коліях сортувального парку необхідно визначати оптимальні режими гальмування відчепів складу й забезпечувати їхню реалізацію з достатньою точністю в процесі розформування [3–5].

Дослідження процесу скочування відчепів із різними параметрами в умовах дії випадкових факторів [6] показали, що їх вплив значно ускладнює визначення режимів гальмування відчепів при розформуванні складів. Випадкові погрішності виміру параметрів відчепів, що використовуються для визначення оптимальних режимів гальмування, а також погрішності їх реалізації можуть суттєво збільшити ймовірність нерозділення відчепів на стрілках.

Мета роботи. В роботі досліджено можливість заміни випадкової величини основного питомого опору руху вагону його середнім значенням при оптимізації режиму розформування складу. Також досліджено вплив точності реалізації швидкості виходу відчепів з гальмової позиції на величину інтервалів на розділових стрілках.

Дослідження впливу значення основного питомого опору на величину інтервалів між відчепами на стрілках. При скочуванні з гірки на відчеп діє сила опору руху w_0 , дійсне значення якої до початку скочування відчепа невідомо. Тому, в моделі складу, при розрахунках оптимальних параметрів режиму гальмування, використовуються середні значення основного питомого опору \bar{w}_0 , що відповідають ваговій категорії відчепа. Використання середніх значень \bar{w}_0 при розрахунках швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій дозволяє уникнути досить складної процедури виміру зазначених величин, результати якого також містять істотні випадкові помилки, викликані коливальним характером зміни опору відчепів w_0 [7].

У зв'язку із цим було виконане дослідження впливу заміни, при оптимізації режимів розформування складів, реальних значень w_0 їх середніми значеннями

\bar{w}_0 на величину інтервалів між відчепами на стрілках. При цьому використання випадкових значень опору відчепів w_0 при моделюванні сортувального процесу дозволяє оцінити ступінь впливу зробленої заміни на його якість.

Для цього спочатку було виконане моделювання базової групи составів, у якій значення w_0 для кожного відчепу приймається рівним середньому значенню \bar{w}_0 для вагонів відповідної вагової категорії відповідно до нормативів [8]. Для кожного состава базової групи з використанням запропонованого в [9] методу оптимізації був виконаний розрахунок оптимальних режимів розформування й визначені значення інтервалів між відчепами.

Далі на основі кожного состава базової групи були отримані групи составів, у яких основний питомий опір відчепів w_0 являє собою випадкову величину, що має, відповідно до [8], гамма-розподіл з параметрами, що залежать від вагової категорії відчепу:

$$w_0^* = -\frac{1}{b} \ln \left(\prod_{j=1}^a R_j \right), \quad (1)$$

де a, b — параметри гамма-розподілу; R_j — випадкові числа, рівномірно розподілені в інтервалі (0; 1).

Для кожної отриманої в такий спосіб групи составів з випадковими значеннями w_0 було виконане моделювання скочування відчепів за допомогою імітаційної моделі розформування составів. Вихідними даними для моделювання служать файли даних про состав, гірку, умови розпуску й параметрах режиму гальмування кожного відчепу. У якості режимів гальмування у кожній групі составів були задані режими, отримані для базового состава групи.

Результатами моделювання є значення інтервалів між відчепами, включаючи інтервали між несуміжними відчепами состава, а також величини енергетичної висоти, що погашається на кожній гальмівній позиції, дані про швидкості співударяння, розміри вікна. Нижче наведений фрагмент файлу результатів (рис. 1), у якому містяться відомості про його перший відчеп.

```

Відчеп 1, 1ваг
Інтервал dt(1-2)=5.055149, стрелка 2
sto=7.23687 Tdo=25.02748 Tza=27.20921
Інтервал dt(1-3)=21.054495, стрелка 4
sto=17.36617 Tdo=43.86753 Tza=40.17921
Інтервал dt(1-6)=69.295319, стрелка 5
sto=66.00082 Tdo=51.57770 Tza=48.28321
1 я-тп: hном= 2.5500 Sнт=28.6121 Lt= 6.9879
2 я-тп: hном= 2.5500 Sнт=24.6488 Lt=10.9511
3 я-тп: hном= 1.2750 Sнт= 0.0000 Lt=22.2169
Spr=581 Vпр=1.500 Лок= 0

```

Рис. 1 – Фрагмент файлу результатів відомостей про перший відчеп

За результатами імітаційного моделювання була виконана статистична обробка величини різниці інтервалів $\otimes^{\text{TM}}t$, викликаною заміною середнього значення w_0 дійсним:

$$\otimes^{\text{TM}}t = {}^{\text{TM}}t_{0i} - {}^{\text{TM}}t_{Mi}, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

де ${}^{\text{TM}}t_0$ — значення інтервалу між відчепами за результатами оптимізації при середньому значенні \bar{w}_0 ; ${}^{\text{TM}}t_M$ — теж за результатами імітаційного моделювання при випадковому значенні w_0 ; n — це множина інтервалів у всіх групах составів.

Було виконано статистичну обробку значень величини різниці $\otimes^{\text{TM}}t_{\text{СУМ}}$ для суміжних відчепів состава. Враховуючи, що інтервали між несуміжними відчепами, у більшості випадків, мають досить більшу величину, статистична обробка значень величини різниці $\otimes^{\text{TM}}t_{\text{НЕСМ}}$ для них була виконана окремо. Гістограма розподілу величини різниці інтервалів $\otimes^{\text{TM}}t_{\text{СУМ}}$ для суміжних відчепів наведена на рис. 2.

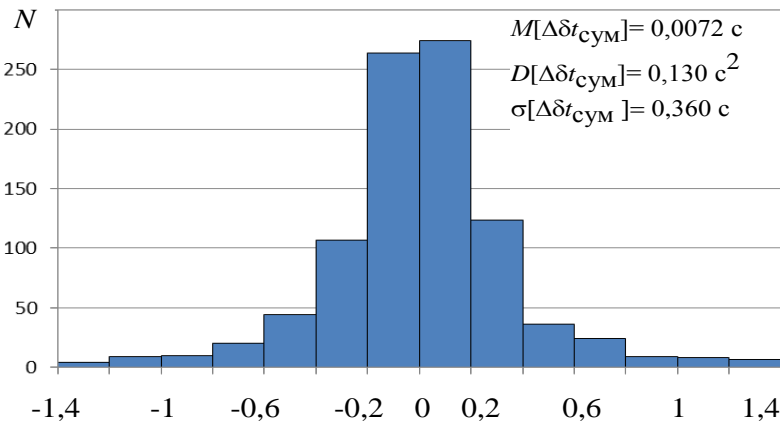


Рис. 2 – Гістограма розподілу величини різниці інтервалів для суміжних інтервалів

Як показав аналіз результатів, заміна випадкового значення w_0 його середньою величиною \bar{w}_0 не значно впливає на величину інтервалу між відчепами. Більшість значень суміжних інтервалів (82 %), мають невеликі відхилення $^{\text{TM}}t_{\text{СУМ}} = \pm 0,4$ с, що становить близько 5% від середньої величини інтервалу між відчепами. Для переважної більшості несуміжних відчепів (91 %) величина відхилення не перевищують $\pm 0,8$ с, що при досить великому середньому значенні несуміжних інтервалів становить близько 2 %.

Таким чином, виконані дослідження свідчать про можливість використання середніх значень основного питомого опору руху \bar{w}_0 для розрахунків оптимальних режимів гальмування.

Дослідження впливу точності реалізації швидкості виходу відчепів з гальмової позиції на величину інтервалів. На автоматизованих сортувальних гірках процес гальмування здійснюється по командах, що подаються на сповільнювачі від установленної системи керування розпуском; при цьому система керування виконує дві основні функції – розрахунок необхідних швидкостей виходу відчепів із гальмівних позицій і наступну їхню реалізацію.

У процесі реалізації розрахованих значень швидкостей виходу відчепів із гальмівних позицій можуть мати місце погрішності різної природи, що мають істотний негативний вплив на якість роботи сортувальної гірки. Однією з причин погрішності реалізації заданої швидкості є інерційність сповільнювачів.

У такий спосіб зазначені погрішності можуть бути причиною зменшення фактичних значень інтервалів $^{\text{TM}}t$ у порівнянні з очікуваними, отриманими при оптимізації режимів гальмування.

У роботі було виконано дослідження впливу точності реалізації заданих швидкостей виходу відчепів із гальмових позицій на величину інтервалів на розділових стрілках. При цьому був розглянутий різний рівень точності реалізації заданих швидкостей: 0,1 м/с, 0,3 м/с та 0,5 м/с.

Спочатку для базового состава були отримані оптимальні режими гальмування всіх його відчепів. Надалі для кожного відчепу були промодельовані величини похибки реалізації швидкостей виходу з гальмових позицій і на імітаційній моделі

виконане розформування базового состава з новими значеннями швидкостей. Було виконано статистичну обробку величини різниці інтервалів (2) на розділових стрілках та побудовані гістограми величини зміни інтервалів на розділових стрілках, що наведені на рисунках 3 – 5.

Як видно з рис. 3 – 5 збільшення погрішності реалізації заданих швидкостей виходу відчепа з гальмових позицій приводить до збільшення відхилення значень інтервалів від їхнього оптимального значення.

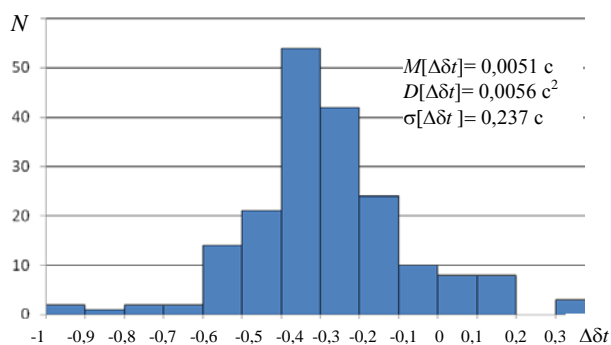


Рис. 3 – Гістограма величини зміни інтервалів на розділових стрілках при погрішності 0,1 м/с

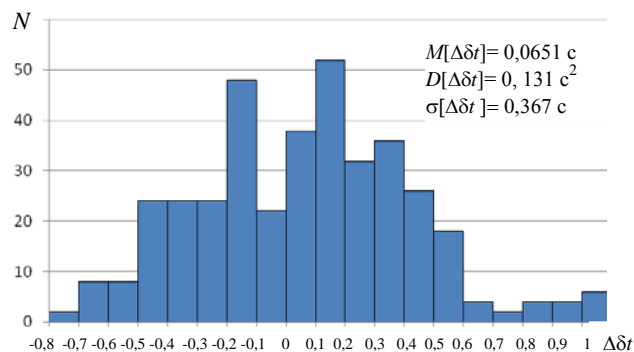


Рис. 4 – Гістограма величини зміни інтервалів на розділових стрілках при погрішності 0,3 м/с

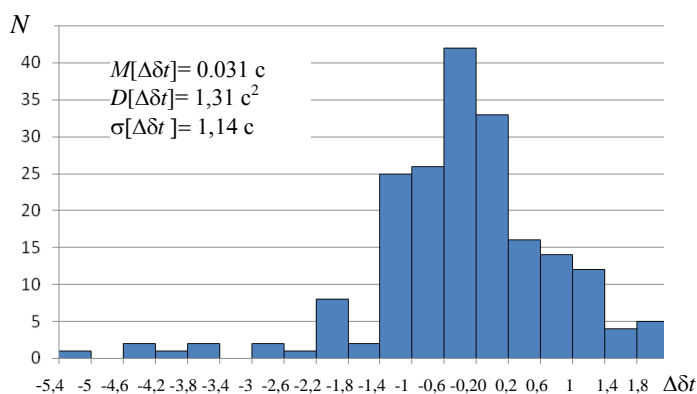


Рис. 5 – Гістограма величини зміни інтервалів на розділових стрілках при погрішності 0,5 м/с

Дослідження впливу обмеження швидкості виходу з гальмової позиції на величину інтервалів між відчепами на стрілках. Як показав аналіз результатів моделювання, при розформуванні окремих составів мали місце нагони відчепів на спускній частині гірки. Причиною появи нагонів були задані низькі швидкості виходу з середньої гальмівної позиції (СГП) окремих відчепів; в цих випадках суттєво зростають погрішності реалізації заданих швидкостей, що викликані збільшенням нелінійності швидкості при її зменшенні, а також інерційністю сповільнювачів. Враховуючи недосконалість діючої системи керування роботою сповільнювачів, було прийнято рішення обмежити область допустимих швидкостей [10] в області мінімальних швидкостей виходу зі СГП. Це дозволить поліпшити якість реалізації швидкостей виходу відчепів зі СГП за рахунок деякого можливого зменшення інтервалів між відчепами состава.

Для оцінки даного рішення було виконане дослідження впливу обмеження по мінімальній швидкості виходу відчепу з СГП ще на етапі оптимізації на величину інтервалів. Для дослідження зазначеного впливу, для кожного состава за допомогою ітераційного методу були знайдені режими гальмування й отримані значення інтервалів при різному обмеженні по мінімальній швидкості виходу відчепів із СГП ($U''_{\min} = 2,0-3,5$ м/с).

За результатами статистичної обробки різниці між інтервалами, отриманими при мінімально можливій швидкості виходу відчепу із ГП, і інтервалами, отриманими при обмеженні швидкості виходу на рівні 3,5 м/с побудована гістограма величини різниці зазначених інтервалів, що наведена на рис. 6.

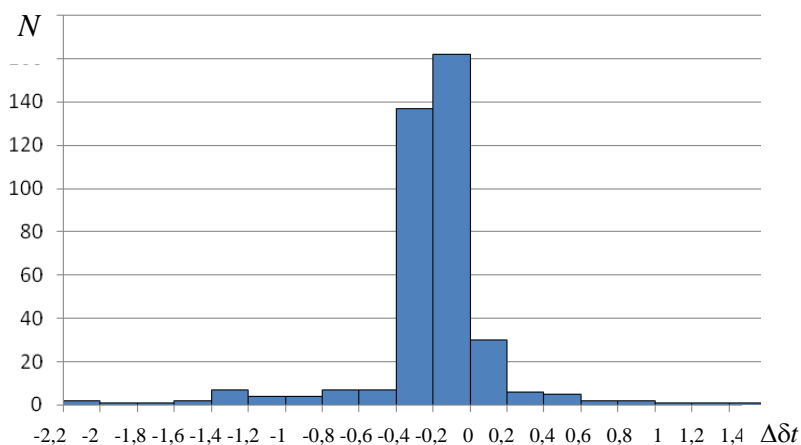


Рис. 6 - Гістограма розподілу різниці величини інтервалів при обмеженні швидкості виходу до 3,5 м/с

Як показав аналіз результатів, близько 8-12 % відчепів мають після оптимізації режимів гальмування мінімальну швидкість виходу зі СГП. Введення додаткового обмеження по мінімальній швидкості виходу спричиняє зміну величини інтервалів. При цьому для інтервалів між суміжними відчепами ця зміна стосується до 25 % їх загального числа, а з урахуванням вторинних розділень зміна величини інтервалів становить близько 40 % від загальної кількості всіх інтервалів. Однак, незважаючи на досить велику частку інтервалів, що змінилися, їх величина за рахунок перерозподілу між сприятливими й несприятливими групами змінюється неістотно.

У цілому зміна величини інтервалів між суміжними відчепами становить близько 10% від величини при мінімально припустимій швидкості виходу й практично не знижує якості інтервального регулювання швидкості відчепів, що скочуються.

Виконане моделювання розформування составів при різному обмеженні мінімальної швидкості U''_{\min} виходу зі СГП показало, що її збільшення до 3,5 м/с забезпечує для всіх розформованих составів необхідну якість сортувального процесу за рахунок ліквідації всіх нерозділень, відчепів, що скочуються.

Висновки. Таким чином, виконані дослідження показали, що навіть при комплексному впливі ряду випадкових факторів (випадкове значення основного опору, погрішність реалізації заданих швидкостей) отримані в результаті оптимізації режими гальмування можуть забезпечити досить високу якість інтервального регулювання, а також можливість реалізації безпечної швидкості співударяння вагонів на сортувальних коліях автоматизованих гірок.

Для подальшого підвищення якості інтервального регулювання необхідне вдосконалювання автоматизованої системи керування рухом відчепів на

сповільнювачах для забезпечення досить високої точності реалізації швидкостей виходу з гальмових позицій.

Список літератури: 1. *Нагорный, Е. В.* К вопросу автоматизации процесса расформирования-формирования составов на сортировочных горках [Текст] / *Е. В. Нагорный, И. В. Берестов* // Информ.- управл. системы на ж.-д. трансп. - 1996. - №1,2. - С. 12-15. 2. *Савицкий, А. Г.* Управление движением составов и отцепов на автоматизированных сортировочных горках [Текст] / *А. Г. Савицкий, В. И. Шелухин, В. Н. Соколов* // Автоматика, связь, информатика – 2004. – №7.– С. 15-19. 3. *Шелухин, В. И.* Универсальный модуль управления тормозными позициями [Текст] / *В. И. Шелухин, И. Н. Малышев* // Автоматика, связь, информатика. - 2000. - №5.- С. 12-14. 4. *B`using, Christina.* Robust algorithms for sorting railway cars [Text] / *Christina B`using and Jens Maue* // In Proc. of the 18th Annual European Symposium on Algorithms (ESA-10), – 2010. – volume 6346 of LNCS, pages 350–361. 5. *Hansmann, R. S.* Optimal sorting of rolling stock at hump yards [Text] / *R. S. Hansmann, U. T. Zimmermann* // In: Mathematics - Key Technology for the Future: Joint Projects Between Universities and Industry, 2007. - P. 189–203. 6. *Козаченко, Д. М.* Моделювання роботи сортувальної гірки в умовах невизначеності параметрів відчепів та характеристик навколишнього середовища [Текст] / *Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, О. І. Таранець* // Вісник ДНУЗТ. – Дніпропетровськ. - 2007. - Вип. 16. - С. 73-76. 7. *Муха, Ю. А.* Динамика скатывания отцепов с горки и проблема оценки их ходовых свойств [Текст] / *Ю. А. Муха, А. И. Павловский* // Тр. ДИИТа, вып. 216/14. Днепропетровск, 1981. - С. 37-47. 8. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207 - 89. - М.: Транспорт, 1992. - 104 с. 9. *Бобровский, В. И.* Оптимизация режимов расформирования составов на сортировочных горках [Текст] / *В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов* // Вісник ДІПТУ, Вип. 32 – Д.: ДІПТ, 2010. – С. 224-229. 10. *Бобровский, В. И.* Ограничения режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / *В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора, А. В. Кудряшов, Л. О. Ельникова* // Вісник ДІПТУ, Вип. 27 – Д.: ДІПТ, 2009. – С. 30-35.

Bibliography (transliterated): 1. *Nagornyiy, E. V., Berestov, I. V.* (1996). K voprosu avtomatizatsii protsessa rasformirovaniya-formirovaniya sostavov na sortirovochnyih gorkah. Inform. Upravl. sistemyi na zh.-d. Transp, 1, 2, 12-15. 2. *Savitskiy, A. G., Sheluhin, V. I., Sokolov, V. N.,* (2004). Upravlenie dvizheniem sostavov i ottsepov na av-tomatizirovannyih sortirovochnyih gorkah. Avtomatika, svyaz, informatika, 7, 15-19. 3. *Sheluhin, V. I., Malyishev, V. I.* (2000). Universalnyi modul upravleniya tormoznyimi pozitsiyami. Avtomatika, svyaz, informatika, 5, 12-14. 4. *B`using, C., Jens, M.* (2010). Robust algorithms for sorting railway cars. In Proc. of the 18th Annual European Symposium on Algorithms (ESA-10), 6346, 350–361. 5. *Hansmann, R. S., Zimmermann, U. T.* (2007). Optimal sorting of rolling stock at hump yards. In: Mathematics - Key Technology for the Future: Joint Projects Between Universities and Industry, 189–203. 6. *Kozachenko, D. M., Berezoviy, M. I., Taranets, O. I.* (2007). Modelyuvannya roboti sortovalnoi girki v umovah nevznachenosti parametriv vidchepiv ta harakteristik navkolishnogo seredovischa. Visnik DNUZT, 16, 73-76. 7. *Muha, Yu. A., Pavlovskiy, A. I.* (1981). Dinamika skatyvaniya ottsepov s gorki i problema otsenki ih hodovyih svoystv. Tr. ДИИТа, 216/14, 37-47. 8. Правила i normy proektirovaniya sortirovochnyih ustroystv na zheleznyih dorogah Soyuzа SSR. Transport, 1992, 104. 9. *Bobrovskiy, V. I., Kudryashov, A. V.* (2010). Optimizatsiya rezhimov rasformirovaniya sostavov na sortirovochnyih gorkah. Visnik ДІПТУ, 32, 224-229. 10. *Bobrovskiy, V. I., Vernigora, R. V., Kudryashov, A. V., Elnikova, L. O.* (2009). Ogranicheniya rezhimov tormozheniya ottsepov na sortirovochnyih gorkah. Visnik ДІПТУ, 27, 30-35.

Надійшла (received) 21.02.2015

О. С. САВЕЛЬЕВА, д-р техн. наук, проф., ОНПУ, Одесса

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИЙНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой и обоснованием выбора железобетонных конструкций. Предложено при поддержке принятия решений рассматривать структурную схему объекта и определять его отказоустойчивость с помощью информационных структурных статистических моделей. В результате испытания установлено, что применение указанной системы снижает сроки проектных работ в 1,7 раза и металлоемкость продукции в 1,2 раза без ухудшения ее качества.

Ключевые слова: строительные конструкции, информационные модели, энтропийный показатель, проектирование, структурные статистические модели.

Введение. Строительные конструкции при всем своем многообразии направлены на обеспечение конструктивной прочности, энергоэффективности, удобства монтажа и других утилитарных функций. Они несут на себе все основные нагрузки в зданиях и сооружениях. Наиболее распространенные строительные конструкции – бетонные и железобетонные.

Железобетон представляет собой комплексный строительный материал: бетон воспринимает сжимающие усилия, стальная арматура – преимущественно растягивающие.

Особенности структурного проектирования таких изделий непосредственно следуют из требований, предъявляемых к железобетонным изделиям, а также из совместных свойств и условий работы их элементов – стальной арматуры и бетонного наполнителя [1, 2].

Для обеспечения формирования высокоэффективных технологических решений при стремлении к уменьшению сроков разработки и внедрения в производство изделий требуемых заказчиком параметров и свойств возникает необходимость в соответствующей информационной поддержке [3–5].

Цель работы. Целью работы является повышение эффективности автоматизированного проектирования железобетонных конструкций на этапе разработки и выбора их структурной схемы с помощью информационных структурных статистических моделей.

Методика экспериментов. В качестве строительных конструкций в работе рассматривались железобетонные армированные балки. В промышленности для армирования конструкций используются унифицированные арматурные изделия в виде сеток и каркасов заводского изготовления (рис. 1).

При проектировании монолитных конструкций необходимо предусмотреть для каждого объекта минимальное количество унифицированных размеров сечений балок, колонн и других элементов. При этом исходят из индустриальных методов их возведения [1, 6].

Железобетон рассматривался при этом как комплексный армированный материал, обладающий анизотропией – т.е. зависимостью механических и деформационных свойств от направления действия внешних нагрузок,

обусловленной армированием и нелинейностью деформирования связанной с трещинообразованием, пластическими свойствами бетона и стали [1].

В проект закладывали сталь горячекатаную для армирования ЖБК периодического профиля в виде стержней с равномерно расположенными на их поверхности под углом к продольной оси поперечными выступами (рифлением) для улучшения сцепления с бетоном. В работе использовали арматурную сталь классов А-II (А300) и А-III (А400), параметры которой приведены в табл. 1.

В качестве примера рассматривались балки квадратного сечения, снабженные арматурой из четырех или восьми симметрично расположенных стальных прутьев (рис. 2).

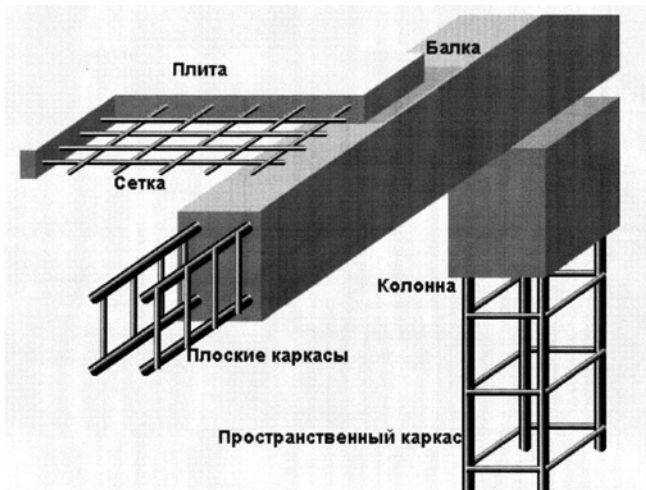


Рис. 1 – Конструктивные схемы арматуры железобетонных элементов

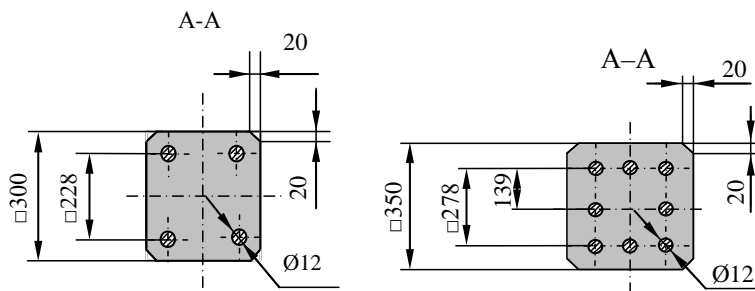


Рис. 2 – Примеры конструкций квадратных свай

Таблица 1 - Параметры арматурного профиля

Класс арматурной стали	Диаметр профиля, мм	Марка стали
А-II (А300)	12 – 22	Ст 5
А-III (А400)	12 – 22	25 ГС

При этом в модели учитывались только продольные стержни в качестве рабочих.

Рассматривали пять типоразмеров по рабочему диаметру стержней арматуры: 12, 14, 16, 18, 20 и 22 мм, место расположения арматуры (толщина защитного слоя бетона или, что то же самое, глубина залегания стержней арматуры): 30 или 40 мм.

Металлоемкость варианта конструкции определяли как содержание металла в одном погонном метре изделия (табл. 2).

В модели предполагалось также, что каждый ее объемный элемент в процессе нагружения взаимодействует, независимо от своих механических свойств, с шестью соседними элементами вдоль осей.

Структурное проектирование строительных конструкций заключалось в определении соответствующей заданным функциям структуры железобетонного объекта.

Таблица 2– Металлоемкость стержней в зависимости от диаметра

Номер профиля (номинальный диаметр стержня), мм	Масса 1 м профиля, кг	Количество метров в 1 т
12	0,888	1126,13
14	1,21	826,45
16	1,58	632,91
18	2,00	500,00
20	2,47	404,86

Для информационной поддержки решения о выборе конструкции использовали информационную структурную статистическую модель (ИССМ) [7, 8].

Возможность представления структуры рассматриваемого железобетонного изделия в виде некоторой нейроподобной сети тривиальной архитектуры позволило осуществить автоматическое выполнение набора стандартных компьютерных процедур при помощи быстродействующего инвариантного программного модуля, связанного только с таким свойством объекта как его структура [9, 10].

ИССМ содержит программный модуль, отличающийся от традиционной нейронной сети тем, что структуру модели можно повреждать. Т.о, на вход подается информация только об исходной структуре варианта объекта проектирования, а на выходе – результат в виде числа (показателя структурной отказоустойчивости), которое позволяет количественно оценивать сравниваемые таким образом варианты структурных решений железобетонных конструкций.

Важной отличительной особенностью работы ИССМ является то, что программный модуль позволяет морфологической модели обучаться распознавать образы, которые не имеют отношения к объекту моделирования [7, 11]. Подобие существует на уровне подобия матриц, элементов и связей между ними. А фиксирование отказа системы устанавливается при необходимом соотношении неправильно распознанных образов ИССМ.

Для настраивания ИССМ и обеспечения адекватности объекту моделирования было предложено дополнительно в распределительный слой нейроподобной сети вводить дополнительные входы в соответствии с количеством необходимых для моделирования параметров объекта. На эти входы подавались отнормированные значения показателей. На основные входы назначали весовые коэффициенты, пропорциональные отнормированной нагрузке. Элементы при определении показателя структурной отказоустойчивости удаляли пропорционально отнормированной нагрузке, т. о. исключалось скачкообразное изменение значения статистической характеристики.

Обсуждение результатов. Схема решения практических задач в автоматизированном проектировании с помощью информационных структурных статистических моделей определения вероятности безотказной работы (ВБР) выглядит следующим образом (рис. 3).

Предлагается на начальном этапе проектирования генерировать варианты конструктивной схемы объекта набором вариантов структур с резервными элементами.

При построении ИССМ для каждого из вариантов структур к соответствующим

щему графу добавляли еще два слоя: входной (количество элементов в нем соответствовало количеству чисел на входе элементов обучающей выборки) и выходной – с одним элементом.

В ходе исследования было создано 8 альтернативных вариантов структур, для каждого построена информационная структурно-статистическая модель (ИССМ) [7]. По формуле с учетом всех возможных состояний системы имеем значения энтропийного показателя структурной отказоустойчивости (табл. 3):

$$K_{CBE} = \sum_{i=n^*}^{n^{**}} [P(i) \log_2 P(i) - (1 - P(i)) \log_2 (1 - P(i))]$$

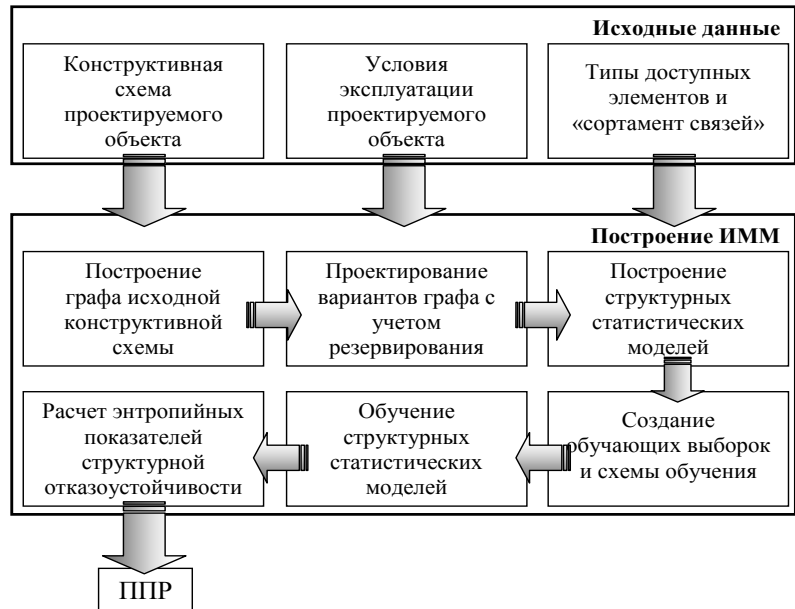
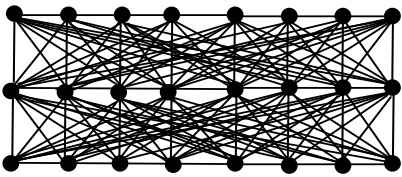
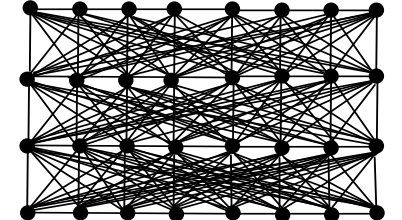
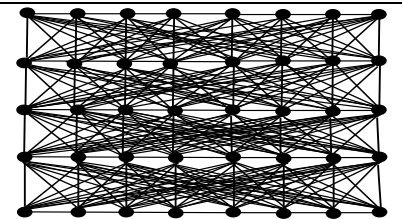


Рис. 3 – Схема решения практических задач в автоматизированном проектировании с помощью информационных структурных статистических моделей определения ВБР

Таблица 3– Результаты расчетов энтропийного показателя структурной отказоустойчивости при проектировании железобетонных конструкций

№№ пп	Описание варианта	Граф варианта	Значение показателя
1	2	3	4
1	4 стержня, 2 поперчины		0,321
2	4 стержня, 3 поперчины		0,329
3	4 стержня, 4 поперчины		0,427
4	4 стержня, 5 поперчин		0,451
5	8 стержней, 2 поперчины		0,451

1	2	3	4
6	8 стержней, 3 поперчины		0,443
7	8 стержней, 4 поперчины		0,447
8	8 стержней, 5 поперчин		0,449

В соответствии с приведенными результатами, наилучшие показатели имеет 4 вариант структуры. Эти данные были учтены при принятии соответствующего проектного решения.

Пример выбран для демонстрации возможностей ИССМ, поскольку невелико количество элементов структуры. Однако, генерирование вариантов структурных схем, получение статистических данных для оценки вероятности безотказной работы при постепенных поэлементных отказах, а также характеристики отказоустойчивости структуры в виде числа, позволяющего его использовать специалисту в качестве инструмента при автоматизированном проектировании железобетонных конструкций на этапе разработки и выбора их структурной схемы значительно повысит эффективность процесса проектирования.

Выводы. На Одесском заводе строительных материалов были проведены испытания разработанной информационной системы поддержки принятия решений на этапе структурного проектирования стальных арматур для железобетонных изделий. В результате испытания установлено, что применение указанной системы позволило снизить сроки проектных работ в 1,7 раза и металлоемкость продукции в 1,2 раза без ухудшения ее качества.

Список литературы: 1. Железобетонные и каменные конструкции [Текст] / В. М. Бондаренко, Р. О. Бакиров, В. Г. Назаренко, В. И. Римшин. – М.: Высшая школа, 2004. – 876 с. 2. Становский, А. Л. Моделирование отказоустойчивости сложных технических систем [Текст] / А. Л. Становский, О. Е. Плачинда / Автоматизация: проблемы, идеи, решения: мат. междунар. научно-техн. конф. – Севастополь: СНТУ. – 2007. – С. 126 – 127. 3. Alon, N. The Probabilistic Method [Text] / N. Alon, J. H. Spencer, P. Erdos. – New York: Wiley, 1992. – 302 p. 4. Красножон, С. Н. Исследование стойкости регулярных конструкций [Текст] / С. Н. Красножон, О. С. Савельева, О. Е. Плачинда / Моделирование в прикладных научных исследованиях: сб. матер. XII семинара. – Одесса: ОНПУ. – 2005. – С. 18 – 19. 5. Плачинда, О. Е. Методы оценки отказоустойчивости сложных технических систем [Текст] / О. Е. Плачинда, А. Л. Становский, О.

С. Савельева / Зб. наук. праць Одеськ. ін-ту сухоп. військ. – Одеса: ОІСВ. –2007. – № 14. – С. 106 – 109. **6.** Интеллектуальные методы исследования отказоустойчивости сложных технических систем в машиностроении [Текст] / А. Л. Становский, В. М. Тонконогий, О. С. Савельева, О. Е. Плачинда // Современные технологии в машиностроении. Сборник научных статей. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2007. – С. 488 – 492. **7.** Савельева, О. С. Экспресс-модель надежности сложных систем в САПР [Текст] / О. С. Савельева // Праці Одеськ. політехн. ун-ту: наук. та наук.-виробн. зб. – Одеса: ОНПУ. – 2011. – Вип. 2 (36). – С. 174 – 178. **8.** Shier, D. R. Network Reliability and Algebraic Structures [Text] / D. R. Shier. – Oxford: Clarendon Press, 1991. – 144 p. **9.** Marquez, J. R. Composite Importance Measures for Multistate Systems with Multistate Components / J. R. Marquez, D. Coit // IEEE Transactions on Reliability. – 2005. – Vol. 54. – № 3. **10.** Chern, M. S. On the computational complexity of reliability redundancy allocation in a series system [Text] / M. S. Chern // Ops. Res. Lett. – 1992. – № 11. – PP. 309 – 315.

Bibliography (transliterated): **1.** Bondarenko, V. M., Bakirov, P. O., Nazarenko, V. G., Rimshin, V. I. (2004). Reinforced concrete and stone structures. Moscow.: Vysshaya shkola, 876 p. **2.** Stanovskiy, A. L., Plachinda, O. E. (2007). Simulation of fault tolerance of complex technical systems. Avtomatizatsiya: problemy, idei, resheniya: mat. mezhdunar. nauchno-tehn. konf. Sevastopol, 126 – 127. **3.** Alon, N., Spencer, J. H., Erdos, P. (1992). The Probabilistic Method. New York: Wiley, 302 p. **4.** Krasnozhan, S. N., Saveleva, O. S., Plachinda, O. E. (2005). Research of firmness of regular structures. Modelirovanie v prikladnyih nauchnyih issledovaniyah: sb. mater. XII sem. Odessa, 18 – 19. **5.** Plachinda, O. E., Stanovskiy, A. L., Saveleva, O. S. (2007). Methods for assessing fault tolerance of complex technical systems. Zb. nauk. prats Odesk. In-tu suhop. vlysk. Odesa, № 14, 106 – 109. **6.** Stanovskiy, A. L., Tonkonogiy, V. M., Saveleva, O. S., Plachinda, O. E. (2007). Intelligent methods of research resiliency of complex technical systems in mechanical engineering. Kharkov: NTU «HPI», 488 – 492. **7.** Saveleva, O. S. (2011). Express model of reliability of complex systems in CAD. PratsI Odesk. politehn. un-tu: nauk. ta nauk.-virobn. zb. Odesa, V. 2 (36), 174 – 178. **8.** Shier, D. R. (1991). Network Reliability and Algebraic Structures. Oxford: Clarendon Press, 144 p. **9.** Marquez, J. R., Coit, D. (2005). Composite Importance Measures for Multistate Systems with Multistate Components. IEEE Transactions on Reliability, vol. 54, no. 3. **10.** Chern, M. S. (1992). On the computational complexity of reliability redundancy allocation in a series system. Ops. Res. Lett, № 11, 309 – 315.

Надійшла (received) 28.02.2015

УДК 681.513.52:622.691.4

Г. Н. СЕМЕНЦОВ, д-р техн. наук, проф., зав. каф., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;

Л. І. ФЕШАНИЧ, аспірант, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ АВТОМАТИЧНОГО ЗАХИСТУ КОМПРЕСОРА ВІД ПОМПАЖУ НА ОСНОВІ ЗЛИТТЯ ДАНИХ (DATA FUSION)

Обґрунтовано доцільність застосування новітніх методів злиття даних для вирішення науково-практичної проблеми автоматичного захисту компресора від помпажу, як явища, яке приводить до втрати працездатності газоперекачувального агрегату і має складний нелінійний характер. Доведено, що застосування інформаційної технології багатопараметричного злиття даних покращує продуктивність системи оцінювання поточних значень в декількох напрямках таких як швидкодія, точність, надійність і робастність.

Ключові слова: автоматичний захист, швидкодія, явище помпажу, компресор, кластерний аналіз, злиття даних.

© Г. Н. СЕМЕНЦОВ, Л. І. ФЕШАНИЧ, 2015

Вступ. Значну частину відмов обладнання дотискувальних компресорних станцій (ДКС) підземних сховищ газу (ПСГ) складають аварійні зупинки, спричинені безпосередньо явищем помпажу. З огляду на це актуалізуються проблеми підвищення ефективності систем автоматичного захисту компресорів від помпажу.

Помпаж є одним з найнебезпечніших режимів роботи нагнітача. При виникненні помпажу нагнітач та двигун можуть отримати пошкодження несумісні з їх подальшою експлуатацією, а їх відновлення або ремонт потребують великих грошових витрат. Для усунення помпажних явищ в роботі компресорної станції експлуатаційний персонал змушений застосовувати режими, при який здійснюється рециркуляція газу як в контурі нагнітача, так і в станційних мережах. При цьому режим рециркуляції вибирається експериментально - практичним шляхом “на вгад”, що призводить до підвищення об’ємів рециркуляції та перевитрат паливного газу.

Протягом останніх десятиліть широкого практичного використання набули дві концепції контролю за передпомпажним станом газоперекачувальних агрегатів (ГПА), що оснований на визначенні витрато-напірних характеристик ГПА і на виявленні коливань в проточній частині нагнітача, які характерні для передпомпажних явищ.

Водночас недостатня швидкодія систем автоматичного захисту компресорів від помпажу вимагає системного розв’язання проблеми її збільшення. Саме цей факт визначає необхідність ґрунтовного дослідження технології Data Fusion як одного із методів підвищення швидкодії систем автоматичного захисту компресорів від помпажу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Базисні концепції захисту компресорів від помпажу були сформовані в наукових працях В. В. Казакевича [1], Р. А. Ізмайлова, К. П. Селезньова [2], В. П. Герасименко, М. В. Бойко, А. А. Гарагуля, Н. Б. Налесного [3], Т. Е. Крутікова [4] та ін. У подальшому окреслена проблематика розвивалась у роботах: Ю. Д. Акульшина, А. В. Александрова, С. Б. Ефремова, Т. Е. Крутікова, Ш. А. Юсіпова [5], Д. В. Кісельова [6], А. А. Іноземцева, Ю. С. Савенкова, А. Н. Саженкова, Ю. А. Трубнікова [7] та ін.

Вагомий внесок у розвиток цього наукового напрямку дослідження зробили вітчизняні вчені: П. Г. Дудко, В. В. Колодяжний, С. С. Сорокін, М. В. Хохряков, К. В. Дістрянов, В. О. Котляров [9], І. М. Бандура, О. В. Колесніков, О. А. Крайнюк [8], В. Г. Соляник, П. Ф. Слесар, О. П. Чепурний [10], М. В. Беккер, С. Г. Гіренко, Р. Я. Шимко, М. О. Петеш, Ю. Є. Бляут [14].

Серед іноземних авторів, які досліджують питання підвищення ефективності діагностування механічних систем на основі технології злиття даних (Data Fusion) варто виділити: I. B. Bloch [9], I. B. Gao, C. I. Harris [10], K. M. Reichard, M. V. Duke, K. Maynard [11], W. F. Wang [12], R. I. Stanley, P. D. Gader, K. C. Ho [13].

Існує велика кількість теоретичних робіт щодо захисту компресорів від помпажу за різними критеріями. Однак проблеми їх практичного використання висвітлені не повною мірою та потребують апробації із подальшим удосконаленням у напрямі збільшення швидкодії систем автоматичного захисту компресорів від помпажу.

Метою статті є розвиток сучасного методичного інструментарію в контексті забезпечення підвищення швидкодії системи автоматичного захисту компресора з газотурбінним приводом від помпажу.

Основні результати дослідження способу захисту компресора від помпажу. Розглядається спосіб захисту компресора від помпажу, що здійснюється в робочому режимі компресора. При цьому вимірюють параметри, які характеризують флуктуацію газового потоку, такі як тиски та температури газу на вході і виході компресора, частоту обертання його ротора, густину газу або швидкість звуку в ньому, об'ємну або масову витрату газу на вході або виході компресора. Проте на компресорних станціях підземних сховищ газу (ПСГ) явища, при який відбуваються пульсації потоку газу, що призводять до входження робочої точки нагнітача в нестационарний режим роботи, викликають збільшення вібрації опор нагнітача, осьовий зсув вала нагнітача, трубопроводів обв'язки; зміну напрямку осьового зусилля на ротор нагнітача і силової турбіни, яке стає закономірним; циклічну зміну навантаження приводу нагнітача, тому вимірювання параметрів, які характеризують тільки флуктуації газового потоку, не є достатнім для аналізу і встановлення зв'язків між розвитком помпажних явищ в нагнітачі, та ступеню їх впливу на характер зміни технологічних параметрів, щоб забезпечити підтримання робочої точки характеристики нагнітача поблизу помпажної зони [15].

Режим роботи нагнітача природного газу постійно змінюється впродовж експлуатації, що викликано зміною споживання газу, складу газу, умов навколишнього середовища, а також зміною технічного стану ГПА. Ці зміни впливають на режим роботи нагнітача і можуть привести його робочу точку на характеристиці в нестійку зону. Крім цього, ці зміни можуть вивести з рівноваги систему “нагнітач - мережа”, що призведе до аварії. Одними з найнебезпечніших порушень рівноваги є явища, пов'язані з помпажем. Для цих явищ, в першу чергу, характерні зміни параметрів потоку газу на лопатях робочого колеса нагнітача. Із збільшенням опору мережі робоча точка нагнітача пересувається по характеристиці нагнітача вліво до межі помпажу. В цьому випадку робочому колесу не стає енергії для проштовхування газу в трубопровід нагнітача. Кількість газу, що передається, буде зменшуватись, на окремих лопатях робочого колеса почнеться зрив потоку газу, що призведе до появи в цьому потоці пульсації газу, які відповідають передпомпажним коливанням. Параметри передпомпажних коливань співпадають з параметрами коливань газу в стаціонарному режимі роботи нагнітача, тому їх важко виділити, і для цього необхідне спецобладнання. Тривалість передпомпажного режиму вираховується десятками хвилин, а перехід в зону помпажу відбувається за долі секунд.

При збільшенні кількості зривних зон потоку ними охоплюється більша кількість лопатів, які перестають працювати. Ці зривні зони виходять за межі робочого колеса та досягають дифузора і конфузора нагнітача. При цьому задіяні об'єми газу як і в області робочого колеса, так і в самому нагнітачі.

Коливання в потоці газу досягають 50% і мають гармонійний характер. Цей режим носить назву “м'який” помпаж. Розвиток і збільшення зривних зон призводить до охоплення близьких областей обв'язки нагнітача. При цьому частота коливань збільшується, а потужність зростає. Загроза “м'якого” помпажу полягає в тому, що його важко виявити.

В режим “жорсткого” помпажу нагнітач входить у тому випадку, коли

хвильовий процес потоку газу охоплює не тільки нагнітач і його контур, але й магістраль зі сторони всмоктування або нагнітання. Цей режим характеризується великими об'ємами перекачуваного газу, що обумовлює різке збільшення потужності коливань, яке скоріше призводить до аварійних ситуацій.

В основу запропонованого способу захисту [15] покладено задачу визначення моменту виникнення та ступінь розвитку помпажних явищ в нагнітачі компресорного агрегату з газотурбінним приводом шляхом алгоритмічного аналізу та порівняння причинно-наслідкових зв'язків між процесом розвитку помпажних явищ в нагнітачі і взаємозв'язків між розвитком явища як процесу помпажу та ступенем впливу його на характер зміни технологічних параметрів, якими характеризується робота компресора газоперекачувального агрегату та його газотурбінного приводу, що дозволить своєчасно сформулювати відповідну керуючу дію для систем автоматики ГПА і тим самим попередити входження робочої точки нагнітача в зону “жорсткого” або “м'якого” помпажу.

Підтримання робочої точки характеристики нагнітача поблизу помпажної зони дозволить забезпечити оптимальний режим роботи компресорної станції з максимальним завантаженням агрегатів і попередити аварійні ситуації.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у способі захисту компресора від помпажу, який включає вимірювання параметрів, який характеризують робочий режим компресора, визначають віддаленість їх від заданої величини і пропорційно їй змінюють стан органів управління компресора. Вимірювання параметрів, які характеризують робочий режим компресора, включає вимірювання відповідними давачами:

- перепаду тиску на конфузори нагнітача,
- швидкості обертання силової турбіни газотурбінного приводу та нагнітача,
- горизонтального вібропереміщення задньої опори нагнітача,
- вертикального вібропереміщення задньої опори нагнітача,
- горизонтального вібропереміщення передньої опори нагнітача,
- вертикального вібропереміщення передньої опори нагнітача,
- осьового зсуву нагнітача,

де вихід кожного давача з'єднаний з відповідними входами АЦП, сигнали з яких надходять в програмний модуль контролера, який забезпечує алгоритмічну обробку кожного з сигналів за індивідуальним каналом та миттєве порівняння кожного поточного значення сигналу з таблицею попередніх значень, що надійшли до контролерного стеку за певний проміжок часу, де вираховується середнє значення кожного параметру, яке використовується алгоритмом для обрахунку нового середнього значення кожного параметра при поступленні кожного чергового по такту. Після цього визначають коефіцієнт по параметру як співвідношення усередненого значення певного параметра за таблицею стеку до поточного значення контрольованого параметра від давача, перевищення якого над наперед відомим коефіцієнтом по певному параметру класифікується алгоритмом як ознака наявності помпажних коливань по параметру, і заносять в оперативну таблицю запам'ятовування, де при виникненні не менше чотирьох ознак наявності помпажних відхилень певного параметра і не менше ніж за чотири параметрами

формується сигнал про наявність помпажу в компресорі, який подають на виконавчий орган системи автоматичного керування (САК).

На підставі експериментальних досліджень було виявлено, що з понад усіх технологічних параметрів, які характеризують робочий режим компресора, вимірювання та алгоритмічний аналіз таких параметрів як перепад тиску на конфузорі нагнітача, швидкості обертання силової турбіни газотурбінного приводу і відповідно – нагнітача, горизонтального вібропереміщення задньої опори нагнітача, вертикального вібропереміщення задньої опори нагнітача, горизонтального вібропереміщення передньої опори нагнітача, вертикального вібропереміщення передньої опори нагнітача, осьовий зсув нагнітача, більш за все дають можливість визначити момент настання і ступінь розвитку помпажних явищ та їх вплив на характер зміни цієї групи технологічних параметрів.

Замкнутий контур регулювання та ідентифікації, що включає давачі, АЦП, програмний модуль контролера, виконавчі органи САК, функціонує в одному темпі з керованим ГПА і підтримує його за допомогою керувальних дій у оптимальному для поточних умов перекачки газу режимі. При зміні технологічних параметрів САК повертає ГПА в заданий стан, при якому робоча точка характеристики нагнітача підтримується поблизу помпажної зони.

Для постійного коригування стану ГПА служить розроблене авторами програмне забезпечення, яке реалізується програмним модулем контролера, згідно з яким оцінюється параметри ГПА за результатами спостережень вхідних сигналів від давачів, миттєво порівнюються з попереднім обрахованим середнім значенням кожного параметра, яке вираховується алгоритмом для обрахування нового середнього значення при надходженні наступного по такту за яким визначається коефіцієнт параметра, перевищення якого над наперед заданим класифікується як ознака наявності передпомпажних коливань, де при виникненні не менше чотирьох ознак наявності помпажних відхилень певного параметра і не менше ніж за чотири параметрами формується сигнал, який передається до керуючого пристрою. Таким чином досягається максимальна швидкодія система захисту ГПА від помпажу.

При виникненні відхилень в кількості меншій ніж по чотирьох аналізованих параметрах, керуюча дія алгоритмом не формується, а розглядається, як випадкові відхилення вхідного сигналу від норми.

Кількість у чотири мітки, при яких системою формується сигнал “помпаж”, пояснюється неоднорідністю одночасного виникнення характеристик ознак помпажних явищ за всіма параметрами нагнітача на різних режимах роботи, а також необхідністю забезпечити надійність системи у випадках не спрацювання давачів або каналів вимірювання, що призводить до хибних висновків про стан ГПА.

Отже, цей спосіб захисту компресора від помпажу оснований на використанні надлишкових вимірюваних сигналів. Використання надлишкових вимірювань приводить до того, що у будь-який момент часу з’являється відхилення вимірюваних сигналів даного процесу від норми. Причинами таких відхилень є порушення технологічного процесу, зокрема явище помпажу; статистичні вимірювальні помилки або відмови елементів вимірювальної системи. Тому виникають наступні проблеми:

- коли ми можемо говорити про істотне відхилення вимірюваних сигналів, наприклад, внаслідок помпажу;

- як вимірні сигнали розподіляються відповідно до існуючих класів або груп майже рівних вимірних сигналів.

Для вирішення вказаних проблем, необхідно створити метод, який може керувати усією доступною інформацією у вигляді вимірних сигналів швидко і одночасно. Цей метод повинен ідентифікувати істотне відхилення сигналів і об'єднувати вимірювальні сигнали з майже рівними значеннями.

Ці вимоги можуть бути виконані за допомогою кластерного аналізу, тобто методу, що ділить досліджувану множину n об'єктів $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, кожен з яких характеризується m ознаками, на певні групи таким чином, що члени групи завжди більш пов'язані, ніж члени різних груп. Структура множини, яка кластерується, характеризується нечіткістю груп об'єктів $A^1, A^2, \dots, A^v, v \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Як представлено на рис. 1, кластерний аналіз поділяється на чотири кроки [16]. Запис і підготовка даних до класифікації формує перший крок. У нашому випадку цей етап обмежений кількістю вимірних сигналів на ГПА, що характеризують явище помпажу.

Наступний крок – виявлення кластерної тенденції – є найбільш важливим, оскільки треба визначити чи досліджувані дані показують внутрішню структуру, чи вони розподіляються лише явно випадково, тобто необхідно ідентифікувати істотні відмінності між вимірними значеннями.

На третьому етапі переходимо до кластерного алгоритму. Відзначимо, що існують багато варіантів алгоритмів на основі прикладних методів [17,18]. Проте аналізування літературних джерел і результатів експериментальних досліджень показали, що в нашому випадку достатньо хороші результати дають наступні три методи кластерного аналізу:

- метод "одиночного зв'язку або мінімальної локальної відстані",

- алгоритм нечітких s -середніх (НСС),
- метод перехідного зами-кання подібнісних відношень.

На останньому кроці досліджується кластерна адекватність, тобто оцінюється число кластерів, які відповідають природному групуванню досліджуваних даних.

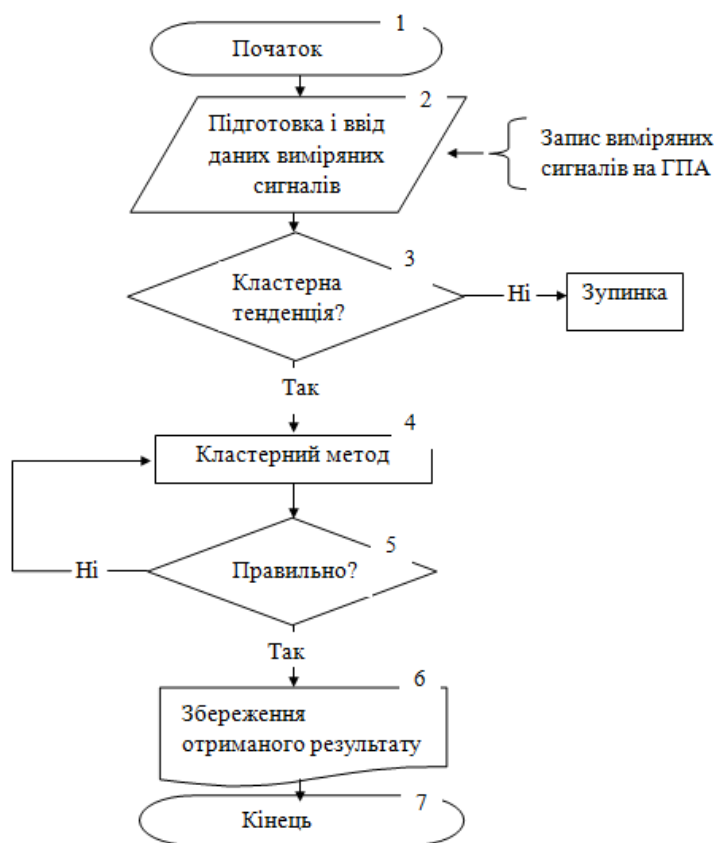


Рис. 1 – Блок-схема алгоритму кластерного аналізу

Оскільки досліджувані сигнали пошкоджені шумами, то для гарантування безперервності результатів класифікації шум зменшується через обчислення середнього значення ковзання. Цей метод був застосований через його помилко стійкість і легку реалізацію.

На етапі виявлення кластерної тенденції використали максимум різниці між парами

$$A_{\max} = \max_{i \neq j} \|x_i - x_j\| (1 \leq i \leq j \leq N) \quad (1)$$

в даний момент часу.

Якщо Δ_{\max} перевищує заздалегідь встановлений рівень, то поділ вимірних значень проводиться в різних класах.

Щоб отримати оптимальну кількість класів, використали метод серединного розбиття [17]:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^C u_{ik}^m \|v_i - v_k\|^2}{C \cdot \min_{k \neq l} \|v_i - v_k\|^2}, \quad (2)$$

за допомогою якого u_{ik} визначає належність i -ї точки k -му кластеру. Кластер безпосередньо описує його прототип v_k . Крім цього, міру нечіткості визначатиме показник степеня $m > 1$.

Відзначимо, що хоча параметр T спочатку розроблявся для методу нечітких середніх, виявилось, що він може бути використаний для оцінювання невизначеності ймовірнісного розбиття.

Обчислювач відображає так зване кластерне відхилення, яке є мірою компактності нечіткого розбиття. Якщо це значення мале, то класи компактніші оскільки вираз $\min \|v_i - v_k\|^2$ описує відстань між найближчими прототипами, тому він характеризує міру відокремлення нечітких розділень. Для добре відокремлених розділень цей вираз має велике значення.

Результуюча кластерна конфігурація тобто кортеж

$\text{Rompage} \langle dP_{\text{конф}}, N_{\text{ст}}, Gg_{\text{ZON}}, Gv_{\text{ZON}}, Gv_{\text{PON}}, Gg_{\text{PON}}, G_{\text{szcuvN}}, K_{\text{pompag}} \rangle$,

де $dP_{\text{конф}}$ – перепад тиску газу на конфузори нагнітача, $N_{\text{ст}}$ – частота обертання силової турбіни газотурбінного приводу і відповідно нагнітача, Gg_{ZON} – горизонтальне вібропереміщення задньої опори нагнітача, Gv_{ZON} – вертикальне вібропереміщення задньої опори нагнітача, Gv_{PON} – горизонтальне вібропереміщення передньої опори нагнітача, Gg_{PON} – вертикальне вібропереміщення передньої опори нагнітача, G_{szcuvN} – осьовий зсув нагнітача, може служити вхідною інформацією для системи діагностування помпажного стану компресора. Її завдання – вирішити чи відхилення викликані порушенням процесу (помпажем), чи дефектом в одному або більше каналах вимірювальної системи. Результатом цього діагнозу має бути: визначення вигляду пошкодження (помпажу), захист від помпажу, ідентифікація пошкодженого каналу вимірювальної системи.

Організація оптимального функціонування системи оптимального регулювання і захисту компресорів від помпажу в контурі зворотного зв'язку неможлива без використання спостерігачів, математичну основу яких складають

методи теорії статистичних рішень. Найбільш розповсюдженим методом статистичного синтезу спостерігачів є фільтр Калмана [19]. Проте неточності завдання математичної моделі системи, збурень і завад спричиняють розбіжності оцінки стану об'єкта керування, породжуваної фільтром Калмана. Від вказаного недоліку вільні такі спостерігачі класів станів динамічних систем як класифікатори, при синтезі яких математичну модель динамічної системи знати необов'язково. Згідно з таким підходом апіорі повинні бути відомі функціональний вид і всі параметри розподілу спостережуваного випадкового процесу. Тоді можливий синтез оптимальних класифікаторів.

Експериментальні дослідження, що були проведені на ГПА № 9 ДКС ПСГ "Більче-Волиця", дозволили нам вирішити це завдання [20]. Було встановлено статистичні характеристики усіх параметрів, що входять в кортеж $\text{Rompage} \langle dP_{\text{конф}}, N_{\text{ст}}, G_{\text{gzON}}, G_{\text{vZON}}, G_{\text{vPON}}, G_{\text{gPON}}, G_{\text{szcuvN}}, K_{\text{ромпаг}} \rangle$, а також їх закони розподілу. З'ясувалося, що більшість сигналів, крім ступеня підвищення тиску газу, підпорядковуються логнормальному закону розподілу.

Наявність потрібної інформації про досліджувані сигнали в системі антипомпажного захисту дозволяє застосувати один з новітніх методів інформаційних технологій Data Fusion – метод злиття даних для підвищення швидкодії системи.

Оскільки технологічний процес компримування природного газу є багатомірним і залежить від великої кількості взаємозв'язаних вхідних величин, то структуру моделі "МІ-МО" ГПА як об'єкта антипомпажного регулювання і захисту розглядали у відповідності з поставленими задачами автоматизації (рис. 2).

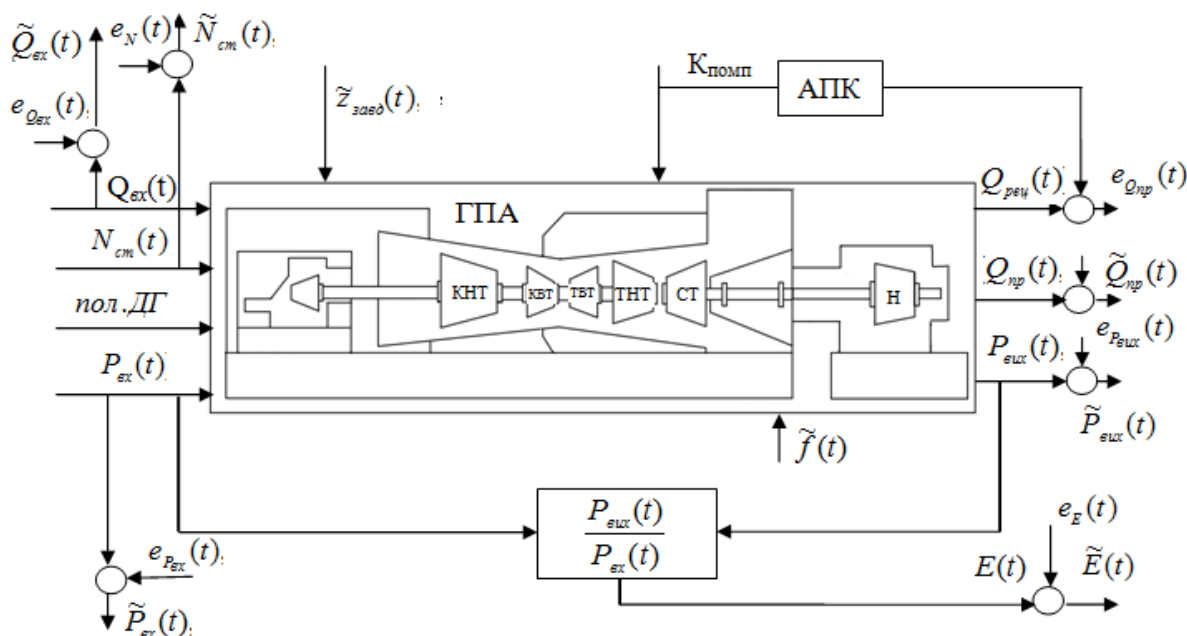


Рис. 2 – Структурна схема ГПА як об'єкта автоматичного антипомпажного регулювання: $N_{\text{ст}}$ – частота обертання силової турбіни; пол.ДГ – положення дозатора газу, $P_{\text{вх}}$ – тиск газу на вході в нагнітач; $Q_{\text{пр}}$ – продуктивність нагнітача; $Q_{\text{вх}}$ – об'єм газу з входу (ПСГ або ГПА I ступеня); $z_{\text{завд}}$ – задана оператором частота обертання ротора нагнітача; E – ступінь підвищення тиску, $E = \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}}$; АПК

– антипомпажний клапан; $K_{\text{помп}}$ – коефіцієнт помпажу; $Q_{\text{рец}}$ – витрата рециркуляції; f – вектор, який характеризує взаємодію об'єкта з навколишнім середовищем

До першої групи змінних $y(t)$, що діють на вході ГПА, віднесені частота обертання силової турбіни $N_{\text{ст}}$, положення дозатора газу пол.ДГ, тиск газу на вході в нагнітач $P_{\text{вх}}(t)$ та об'єм газу на вході $Q_{\text{вх}}(t)$.

$$\bar{y}^T(t) = (N_{\text{ст}}(t), \text{пол.ДГ}, P_{\text{вх}}(t)). \quad (3)$$

До другої групи віднесені некеровані зовнішні впливи $z_{\text{завд}}(t)$ – задана оператором частота обертання ротора нагнітача та коефіцієнт помпажу $K_{\text{помп}}$.

До третьої групи віднесені показники групи ГПА $\bar{x}(t)$, які вважатимемо компонентами вектора вихідних чинників:

$$\bar{x}^T(t) = (Q_{\text{вх}}(t), P_{\text{вх}}(t), E(t), Q_{\text{рец}}(t)). \quad (4)$$

Кожен із вихідних чинників є функцією керувальних дій $y(t)$ та зовнішніх впливів $z(t), f(t)$:

$$\bar{x}_j(t) = \varphi_j(\bar{y}(t), \bar{z}(t), \bar{f}(t)), \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (5)$$

де n – кількість вихідних чинників.

На рис. 2 показано, що внаслідок дії на ГПА таких збурень як хімічний склад реального транспортованого газу, технічний стан, температура навколишнього середовища, атмосферний тиск та інших, вхідні і вихідні змінні ГПА вимірюються з певними похибками, які можна трактувати як адитивні шуми $e(t)$.

Алгоритм функціонування об'єкта керування наступний:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_{\text{вх}}(t) &= A_1 \{ \tilde{Q}_{\text{вх}}(t), \tilde{N}_{\text{ст}}(t), \tilde{P}_{\text{вх}}(t), \tilde{z}_{\text{завд}}(t), \tilde{f}(t) \}, \\ \tilde{P}_{\text{вх}}(t) &= A_2 \{ \tilde{Q}_{\text{вх}}(t), \tilde{N}_{\text{ст}}(t), \tilde{P}_{\text{вх}}(t), \tilde{z}_{\text{завд}}(t), \tilde{f}(t) \}, \\ \tilde{E}(t) &= A_3 \{ \tilde{Q}_{\text{вх}}(t), \tilde{N}_{\text{ст}}(t), \tilde{P}_{\text{вх}}(t), \tilde{z}_{\text{завд}}(t), \tilde{f}(t) \}, \end{aligned} \quad (6)$$

де A_1, A_2, A_3 – оператори зв'язку вихідних чинників з вхідними змінними ГПА.

Для виявлення явища помпажу і захисту ГПА від жорсткого помпажу запропоновано додатково контролювати параметри, що входять в кортеж $\text{Page} \langle dP_{\text{конф}}, N_{\text{ст}}, Gg_{\text{ZON}}, Gv_{\text{ZON}}, Gv_{\text{PON}}, Gg_{\text{PON}}, G_{\text{szcuVN}}, K_{\text{помп}} \rangle$.

Зважаючи на те, що метою антипомпажного захисту є досягнення максимальної швидкодії, умову оптимального керування запропоновано оцінювати у такому вигляді:

$$Q(y(t)) = \int_0^{t_k} f_0(x(y, t), y(t)) dt = t_k \rightarrow \min_{y(t) \in Y} \quad (7)$$

де підінтегральна функція $f_0 \equiv 1$.

При цьому враховані обмеження на змінні $\bar{x}(t), \bar{z}_{\text{звд}}(t), \bar{y}(t)$, які задані у вигляді умов належності векторів $\bar{x}(t), \bar{z}_{\text{звд}}(t)$ та $\bar{y}(t)$ до деяких замкнутих множин

$$\bar{x}(t) \in X; \quad \bar{z}_{\text{звд}}(t) \in Z_{\text{звд}}; \quad \bar{y}(t) \in Y, \quad (8)$$

де $X, Z_{\text{звд}}, Y$ – замкнені множини, задані відповідно в n -, l -, m - мірних просторах. Обмеження на компоненти векторів $\bar{x}(t), \bar{z}_{\text{звд}}(t), \bar{y}(t)$ покладені незалежно один від

одного: $0 \leq x_n \leq x_{n_{\max}}$; $0 \leq z_{z0}^l \leq z_{z0_{\max}}^l$; $0 \leq y_m \leq y_{m_{\max}}$, де $x_{n_{\max}}$, $z_{z0_{\max}}^l$, $y_{m_{\max}}$ - максимально допустимі значення компонентів.

Отже, шуканий мінімальний час t_k є функціоналом (7), що залежить від вибраних керувальних дій $u(t)$, $0 \leq t \leq t_k$, вимірювальних за Лебегом.

Завдання автоматичного захисту ГПА від помпажу, які вимагають певної оцінки інформації з декількох джерел, можуть отримати ефективне вирішення за допомогою використання методів злиття даних / інформації (Data Fusion, DF - методи). Терміни злиття даних та злиття інформації зазвичай використовується як синоніми, однак термін злиття даних більш коректно застосовувати до неопрацьованих даних, отриманих безпосередньо від давачів, а термін злиття інформації використовується для вже оброблених даних. Інші терміни, що пов'язані із злиттям даних та зазвичай з'являються в літературі містять: синтез рішень, поєднання даних, агрегування даних, багатопараметричне злиття даних.

DF - методи широко використовуються в умовах створення систем з великою кількістю інформації від давачів, вони базуються на об'єднанні даних з метою отримання більш високої швидкодії, надійності та низької ймовірності виникнення помилки діагностування.

Джерела інформації, що застосовуються при злитті даних поділяють на [21]:

- доповнюючі: коли вхідні дані являють собою різні характеристики об'єкта керування і тому злиття забезпечить більш повну інформацію;
- надмірні: коли два або більше джерела даних надають схожу інформацію, а злиття відбувається з метою збільшення її надійності;
- кооперативні: коли вхідна інформація об'єднується в нову інформацію, яка, як правило, є більш складною.

Однією з найбільш відомих систем класифікацій технологій на основі DF - методів є [22]:

- дані - дані (DAI-DAO): цей тип є основним DF - методом, що розглядається в класифікації. Він використовує вхідні і вихідні неопрацьовані дані; результат, як правило, є більш надійним і точним. Злиття даних на цьому рівні проводиться відразу після того, як дані отримані від давачів;

- дані - функція (DAI-FEO): на цьому рівні процес злиття даних використовує вхідні неопрацьовані дані з джерел для вилучення з них властивостей або характеристик, які описують об'єкт в навколишньому середовищі;

- функція - функція (FEI-FEO): на цьому рівні як входами так і виходами процесу злиття даних є функції. Таким чином, процес злиття даних усуває ряд функцій з метою покращення, удосконалення або отримання нових функцій;

- функція - рішення (FEI-DEO): цей тип отримує набір функцій у вигляді вхідних даних і надає ряд рішень на виході. Більшість систем, які потрапляють в цю категорію класифікації, здобувають рішення, базуючись на даних від давачів;

- рішення - рішення (DEI - DEO): цей тип класифікації також відомий як синтез рішень. Він об'єднує існуючі рішення для отримання більш інформативних чи нових рішень.

Зазвичай інформацію, яку використовують в цілях діагностики технічного стану газоперекачувальних агрегатів, попередньо опрацьовують. Типовий потік

даних (Data Flow) для прогнозування та діагностики технічного стану газоперекачувальних агрегатів складається з наступних етапів [23]:

- перетворення даних в інформацію;
- перетворення інформації в дію;
- управління архівними даних.

У системах діагностики і прогнозування технічного стану газоперекачувальних агрегатів, джерела даних, як правило, розподілені і неоднорідні. Вони можуть бути різні за своєю природою, мають різну шкалу вимірювання, точність і невизначеність [24, 25]. Правильна попередня обробка даних може покращити продуктивність системи діагностики або прогнозування технічного стану газоперекачувальних агрегатів.

Аналіз довів, що найбільш поширеними методами злиття даних є злиття ваг, метод Демпстера-Шафера, ШНМ, фільтр Калмана та нечіткий інтеграл.

Метод злиття ваг можна представити формулою [26]:

$$y(j) = \sum_{i=1}^n w_{ij} x(i, j), \quad (9)$$

де $y(j)$ - об'єднаний результат для об'єкта j ; i - число джерел інформації, $\forall j = 1:n$;

j - число об'єктів, $\forall i = 1:m$; $x(i, j)$ - результат спостереження з джерела інформації i об'єкта j , w_{ij} - вага джерела інформації i для об'єкта j :

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1. \quad (9)$$

Одним з основних недоліків методу злиття ваг є те, що він не розглядає взаємодію між джерелами інформації. Метод злиття ваг припускає, що кожне джерело інформації не залежить від інших джерел інформації. Це припущення може обмежити ефективно використання цього методу. Іншим недоліком є те, що у багатьох випадках ваги для джерел інформації визначаються експертними знаннями, які можуть бути суб'єктивними. В результаті точність злиття даних може бути знижена.

Метод Демпстера-Шафера розглядається як узагальнена Байєсівська теорія. Теорія очевидності Демпстера-Шафера може показувати неточність і невизначеність задачі, шляхом вводу двох функцій: правдоподібності і довіри, обидві з яких є похідними від функції маси імовірності. За спостереженням давача i , ймовірність можливих несправностей "А" може бути описана за допомогою довірчого інтервалу:

$$[Belief(A)_i, Plausibility(A)_i], \quad (10)$$

де $Belief(A)_i$ - функція довіри, що являє собою міру достовірності даних давача i про несправність "А" (гіпотеза А); $Plausibility(A)_i$ - функція правдоподібності, що означає величину максимального значення довіри до гіпотези А.

Нижньою межею довірчого інтервалу є рівень довіри:

$$Belief_i(A) = \sum_{B \subseteq A} m_i(B), \quad (11)$$

де $m_i(B)$ – довіра по всім підмножинам А; $B \subseteq A$ - будь-яка непорожня множина, що належить множині А.

Верхня межа довірчого інтервалу це правдоподібність, яка враховує всі зауваження, які не виключають помилку "А". Правдоподібність описується так:

$$Plausibility(A)_i = 1 - Belief_i(\bar{A}) = \sum_{B \cap A \neq \phi} m_i(B), \quad (12)$$

де \bar{A} - доповнення до гіпотези, міра сумніву до гіпотези A ; $B \cap A \neq \phi$ - усі непорожні підмножини, що перетинають множину A .

Для кожного можливого випадку, теорія очевидності Демпстера-Шафера пропонує таке правило для об'єднання спостережень давачів:

$$m(A) = \frac{\sum_{A_1 \cap A_k = A} m_1(A_1) \cdots m_k(A_k)}{\sum_{A_1 \cap A_k \neq \phi} m_1(A_1) \cdots m_k(A_k)}, \quad (13)$$

де $m(A)$ - міра довіри до гіпотези A про несправність A з давачів $1, 2, \dots, k$; $A_1 \cap A_k = A$ - множина A , що складається з усіх елементів множини A_1 , які одночасно належать і множині A_k , $A_1 \cap A_k \neq \phi$ - усі непорожні підмножини, що перетинають множину A .

Недоліками методу Демпстера-Шафера є складність і важкість визначення функції маси ймовірності.

ШНМ є ще одним методом злиття даних, що часто використовується, завдяки їх можливості розпізнавання образів і здатності розпізнавати нечіткі і неточні сигнали.

Основною одиницею обробки сигналів в ШНМ є нейрон, що продукує вихід, формуючи суми ваг входів. Вихід нейрона є нелінійною функцією суми ваг. Характеристика нейрона може бути описана як [26]

$$y = f \left[\sum_{i=1}^m w_i x_i \right], \quad (14)$$

де y - виходи; f - нелінійна функція перетворення чи функція активації; w_i - ваги, $i=1, 2, \dots, m$; x_i - входи, $i=1, 2, \dots, m$.

З усіх ШНМ, найчастіше використовується багатошарова ШНМ прямого поширення, яка також відома як багатошаровий перцептрон.

Фільтр Калмана може бути представлений таким виразом [26]:

$$z_k = H_k x_k + v_k, \quad (15)$$

де z_k - вектор вимірів розмірністю m ; H_k - матриця вимірів $m \times n$, що характеризує зв'язок вектора стану з вектором вимірів; x_k - вектор стану розмірністю n ; v_k - білий гаусівський шум вимірів з нульовим математичним сподіванням і коваріаційною матрицею R_k .

Фільтр Калмана є різновидом лінійного оптимального алгоритму і підходить для лінійних динамічних систем. Проте, у більшості випадків системи мають нелінійні характеристики і традиційний лінійний алгоритм може не дати задовільного результату.

Нечіткий інтеграл може бути представлений виразом [26]

$$FI = \int h \circ \mu, \quad (16)$$

де FI - нечіткий інтеграл; h - вимірна функція (функція належності); \circ - композиція, найчастіше використовується максімна композиція; μ - нечітка міра.

Недоліком нечіткого інтегралу є складність визначення нечіткої міри.

Нами використано інтерактивну процедуру синтезу системи антипомпажного захисту, яка забезпечує потрібну швидкодію, точність і зручність її реалізації в умовах експлуатації САК ГПА ДКС ПСГ. Запропоновано загальну структуру системи (рис. 3), яка реалізує розроблений DF-метод і програмне забезпечення системи антипомпажного захисту у варіанті конкретного прикладу.

Вона містить групу інтелектуальних HART-давачів, HART-MUX-мультиплексом Метран – 670, персональний комп'ютер HART-Master, послідовий порт комп'ютера COM, джерело живлення постійного струму, антипомпажний клапан. 16-ти каналний HART - мультиплексом Метран – 670 призначений для зв'язку інтелектуальних HART-давачів з комп'ютером або АСКТП. Як давачі можуть бути використані давачі тиску Метран-150, Метран100, Метран-49, Rosemount 3051, Rosemount 3051Сперетворювачі витрати Метран-300 ПР, Метран-305 ПР та інші. HART – мультиплексор не є засобом вимірювання і не вносить додаткової похибки в аналоговий вимірювальний сигнал. Він забезпечує перетворення інформаційного сигналу HART в цифровий сигнал з інтерфейсом RS 485або RS 232, при цьому аналоговий сигнал 420 мА струмового кола може використовуватись системою реєстрації та керування.



Рис. 3 – Структурна схема системи антипомпажного захисту ГПА

Висновки. Застосування сучасних інформаційних технологій, основаних на DF - методах, для моніторингу технічного стану газоперекачувальних агрегатів базується на використанні усієї доступної інформації, що покращить ефективність і швидкодію автоматичного захисту від помпажу, а також, надійність та стабільність роботи компресорної станції в цілому. Застосування методу багато параметричного злиття даних може покращити продуктивність системи оцінювання поточних значень в декількох напрямках, таких як швидкодія, точність, надійність і робастність. Перенесення цієї технології для виявлення явища помпажу у ВН ГПА ДКС ПСГ, безумовно, підвищить можливості системи антипомпажного захисту і регулювання.

Список літератури: 1. Казакевич, В. В. Автоколебания (помпаж) в компрессорах [Текст] / В. В. Казакевич. – М.: Машиностроение, 1974. – 264 с. 2. Измайлов, Р. А. Нестационарные процессы в

центробежних компресорах [Текст] / *Р. А. Измайлов, К. П. Селезньов* // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1995. – № 11. – С. 20–24. **3.** *Герасименко, В.П.* Вращающийся срыв в турбинном режиме работы компрессора [Текст] / *В. П. Герасименко, М. В. Бойко, А. А. Гарагуль, Н. Б. Налесный* // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – 2005. – № 6. – С. 65–71. **4.** *Крутиков, Т. Е.* Система диагностирования предпомпажного остояния центробежного компрессора [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.04.06 / *Т. Е. Крутиков* // Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Санкт-Петербург, 2003. – 18 с. **5.** *Измайлов, Р. А.* Разработка системы диагностики помпажа центробежного компрессора на основе анализа физики нестационарных процессов / *Р. А. Измайлов, А. В. Александров, С. Б. Ефремов, Т. Е. Крутиков, Ш. А. Юсупов* // XII Международная научно-техническая конференция по компрессорной технике: тезисы докл. – 2001. – С. 121–123. **6.** Патент 2263234 С1 Российская Федерация. Способ формирования сигнала помпажа турбокомпрессора [Текст] / *Киселев Д. В.* – №2004/36854/06; заявл. 16.12.2004; опубл. 27.10.2005, Бюл. № 10. – 4 с. **7.** Патент А. с. 2187711 Российская Федерация. Способ диагностики помпажа компрессора газотурбинного двигателя [Текст] / *Иноземцев А. А., Савенков Ю. С., Саженков А. Н., Трубников Ю.А.* – №2000129301/06; заявл. 22.11.2000; опубл. 20.08.2002. – Бюл. № 1. – 4 с. **8.** Патент 2640 Україна. Пристрій для захисту від помпажу компресора [Текст] / *Бандура І. М., Колесніков О. В., Крайнюк О. А.* – №2003054915; заявл. 29.05.2003; опубл. 15.07.2004. – Бюл. № 7. – 2 с. **9.** Патент 47153 Україна. Спосіб захисту компресора газоперекачувального агрегату від помпажу [Текст] / *Дудко П. Г., Колодяжний В. В., Сорокін О. О., Хохряков М. В., Дістрянов С. В., Котляров В. О.* – №2001085632; заявл. 07.08.2001; опубл. 17.06.2003. – Бюл. № 6. – 8 с. **10.** Патент 5427 Україна. Спосіб захисту компресора газоперекачувального агрегату від помпажу [Текст] / *Соляник В. Г., Колодяжний В. В., Слесар П. Ф., Чепурний О. П., Хохряков М. В., Дістрянов С. В., Даценко А. І.* – №00042504084; заявл. 28.05.2004; опубл. 15.03.2005, Бюл. № 3.–8 с. **11.** *Bloch, I.* Information combination operators for data fusion: A comparative review with classification [Text] / *I. Bloch* // IEEE Transactions Systems Man Cybernet. – 1996. – № 26 (1). – P. 52–67. **12.** *Gao, J.* Some Remarks on Kalman Filters for the Multisensor Fusion [Text] / *J. Gao, C. J. Harris* // Information Fusion Journal. – 2002. – V. 3. – P. 191–201. **13.** *Sun, Z. Z.* Theory and technology of intelligent control [Text] / *Z. Sun, Z. Zhang, Z. Deng.* – Qinghua University Press. – 1997. – 373 p. **14.** *Stanley, R. J.* Feature and decision level sensor fusion of electromagnetic induction and ground penetrating radar sensors for landmine detection with hand-held units [Text] / *R. J. Stanley, P. Gader, D. Ho* // Information Fusion. – 2002. – V. 3. – P. 215–223. **15.** Патент 89302 Україна. Спосіб захисту компресора від помпажу [Текст] / *Беккер М. В., Шимко Р. Я., Семенцов Г. Н., Бляут Ю. Є., Гіренко С. Г., Петеш М. О., Сукач О. В., Ренета А. Ф.* – №а200807810; заяв. 09.06.2008; опубл. 11.01.2010, Бюл. №1. – 6 с. **16.** *Bezdek, J. C.* On cluster validity for the fuzzy c-means model [Text] / *J. C. Bezdek, R. P. Nikhil* // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – 1995. – № 3(3). – P. 370–379. **17.** *Beni, G. A.* A validity measure for fuzzy clustering [Text] / *G. A. Beni, X. L. Xie* // IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1991. – № 13. – P. 841–847. **18.** *Полонський, О. Д.* Синтез класифікаторів станів об'єктів керування за умов невизначеності [Текст]: автореф. дис... д-ра тех. наук: 05.13.03 / *О. Д. Полонський* // Харківський нац. ун-т радіоелектроніки. – Х., 2007. – 35 с. **19.** *Давиденко, Л. І.* Експериментальна оцінка законів розподілу випадкових процесів у системі автоматичного керування газоперекачувальним агрегатом дотискувальної компресорної станції підземного сховища газу [Текст] / *Л. І. Давиденко* // Нафтогазова енергетика. – 2014. – № 1 (21). – С. 64–69. **20.** *Durrant-Whyte, H. F.* Sensor models and multisensor integration [Text] / *H. F. Durrant-Whyte* // International Journal of Robotics Research. – 1988. – V. 7. – P. 97–113. **21.** *Schaefer, C. G.* Sensor management in a sensor rich environment [Text] / *C. G. Schaefer, K. J. Hintz* // Proceedings of the SPIE International Symposium on Aerospace/Defense Sensing and Control. – 2000. – V. 4052. – P. 48–57. **22.** *Carney, E.* Monetary, logistical and technical benefits of a prognostic health management system [Text] / *E. Carney* // Proceedings of the 58th Meeting of the Society for Machinery Failure Prevention Technology. – 2004. – P. 63–77. **23.** *Gorodetski, V.* Multi-agent data fusion systems: design and implementation issues [Text] / *V. Gorodetski, O. Karsayev, V. Samoilov* // Proceedings of the 10th International Conference of Telecommunication Systems. – 2004. – P. 762–774. **24.** *Castanedo, F.* A Review of Data Fusion Techniques [Text] / *F. Castanedo* // The Scientific World Journal. – 2013. – V. 2. – 19 p. **25.** *Давиденко, Л.І.* Аналіз методів злиття даних в системах антипомпажного захисту та регулювання відцентрових нагнітачів газоперекачувальних агрегатів [Текст] / *Л. І. Давиденко* // Інформаційні технології в освіті

техніці та промисловості. – Івано-Франківськ. – 2013 – С. 17–19. **26.** *Byington, C. S.* Data fusion for development predictive diagnostic for electromechanical systems [Text] / *C. S. Byington, K. Garga* // Handbook of Sensor Fusion, CRC Press. – 2000. – P. 23–31.

Bibliography (transliterated): **1.** *Kazakevich, V. V.* (1974). Autooscillation (surge) of the compressor. Machine manufacturing, 264. **2.** *Izmailov, R. A., Seleznev, K. P.* (1995). Non-stationary processes in the centrifugal compressors. Chemical and oil machine manufacturing, № 11, 20-24. **3.** *Gerasimenko, V. P., Boiko, M., Garagulya, A. A., Nalesny, N. B.* (2005). Rotating stall in the turbine operation of the compressor. Energy and heat engineering processes and equipment, № 6, 65-71. **4.** *Krutikov, T. E.* (2003). Diagnostic system of the state of the centrifugal compressor before the surge. Saint Petersburg State Polytechnical University, 18. **5.** *Izmailov, R. A., Alexandrov, A. V., Efremov, S. B., Krutikov, T. E., Yusipov, S. A.* (2001). Development of diagnostic of antisurge systems of the centrifugal compressor basis on the analysis of the physics of nonstationary processes. XII International Scientific conference of the compressor technology: Abstracts, 121-123. **6.** *Kiselev, D. V.* (2005). Patent 89302 RF, MPK: F04D 27/02. Method of formation of the turbo compressor surge signal. 2004/36854/06, 4. **7.** *Inozemtseva, A. A., Savenkov, Yu. S., Sazhenkov, A. N., Trubnikov, Yu. A.* (2002). Patent A. s. 2187711 RF, MPK: F04D 27/02. Method of diagnosis compressor surge of gas engine. 2000129301/06, 4. **8.** *Bandura, I. M., Kolesnikov, A., Kraynyuk, A. A.* (2004). Patent 2640 UA, MPK: F04D 27/02. The device for antisurge compressor protection. 2003054915, 2. **9.** *Dudko, P. G., Kolodyazhni, V. V., Sorokin, O. O., Hohriakov, M. V., Distryanov, S. V., Kotliarov, V. O.* (2003). Patent 47153 UA, MPK: F04D 27/02. A method for surge protecting of the compressor of gas pumping units. 2001085632, 8. **10.** *Solyanik, V. G., Kolodyazhni, V. V., Slesar, P. F., Chepurni, O. P., Hohriakova, M. V., Distryanov, S. V., Datsenko, A. I.* (2005). Patent 5427 UA, MPK: F04D 27/02. A method for surge protecting of the compressor of gas pumping units. 00042504084, 8. **11.** *Bloch, I.* (1996). Information combination operators for data fusion: A comparative review with classification. IEEE Transactions Systems Man Cybernet, 26 (1), 52-67. **12.** *Gao, J., Harris, J.* (2002). Some Remarks on Kalman Filters for the Multisensor Fusion. Information Fusion Journal, V. 3, 191-201. **13.** *Sun, Z. Z., Zhang, Z., Deng, Z.* (1997). Theory and technology of intelligent control. Qinghua University Press, 373 p. **14.** *Stanley, R. J., Gader, P., Ho, D.* (2002). Feature and decision level sensor fusion of electromagnetic induction and ground penetrating radar sensors for landmine detection with hand-held units, V. 3, 215-223. **15.** *Bekker, M. V., Shymko, R. Ya., Sementsov, G. N., Blyaut, Yu. Ye., Girenko, S. G., Petesh, M. O. Sukach, O. V., Repeta, A. F.* (2008). Patent 89302 UA, MPK: F04D 27/02. Method for compressor protection against surge. a200807810, 4. **16.** *Bezdek, J. C., Nikhil, R. P.* (1995). On cluster validity for the fuzzy c-means model. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 3, 370-379. **17.** *Beni, G. A., Xie, X. L.* (1991). A validity measure for fuzzy clustering. IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence, № 13, 841-847. **18.** *Polonsky, A. D.* (2007). Synthesis of classifiers of control objects' states under conditions of indefiniteness. Kharkov national university of radioelectronics, 35. **19.** *Davydenko, L. I.* (2014). Experimental estimation of probability distributions of random processes in the system of automatic control of compressor units of booster station of underground gas storage. Oil and gas energy, № 1 (21), 64-69. **20.** *Durrant-Whyte, H. F.* (1988). Sensor models and multisensor integration. International Journal of Robotics Research, V. 7, 97-113. **21.** *Schaefer, C. G., Hintz, K. J.* (2000). Sensor management in a sensor rich environment. Proceedings of the SPIE International Symposium on Aerospace/Defense Sensing and Control, V. 4052, 48-57. **22.** *Carney, E.* (2004). Monetary, logistical and technical benefits of a prognostic health management system. Proceedings of the 58th Meeting of the Society for Machinery Failure Prevention Technology, 63-77. **23.** *Gorodetski, V., Karsayev, O., Samoilo, V.* (2004). Multi-agent data fusion systems: design and implementation issues. Proceedings of the 10th International Conference of Telecommunication Systems, 762-774. **24.** *Castanedo, F.* (2013). A Review of Data Fusion Techniques. The Scientific World Journal, V. 2, 19. **25.** *Davydenko, L. I.* (2013). Analysis methods for data fusion for antisurge protection and control systems of centrifugal superchargers of gas compressor units. Information Technology in Education and Industry, 17-19. **26.** *Byington, C. S., Garga, K.* (2000). Data fusion for development predictive diagnostic for electromechanical systems, Handbook of Sensor Fusion, CRC Press, 23-31.

Надійшла (received) 21.02.2015

Р. М. СОКОЛ, аспірант, НУХТ, Київ;

Я. В. СМІТЮХ, канд. техн. наук, доц., НУХТ, Київ

АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОДУКТОВИМ ВІДДІЛЕННЯМ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

У статті розглядається питання автоматизації продуктового відділення цукрового заводу на основі нових методів управління. Одним з новітніх методів управління технологічними процесами виробництва є використання інтелектуальних систем управління на основі нечіткої логіки. Використання нечіткої логіки забезпечує відносно простий шлях управління складних для опису слабоформалізованих процесів, які характеризуються суттєво нелінійною поведінкою.

Ключові слова: інтелектуальні системи прийняття рішень, нечітка логіка, нечіткий регулятор

Вступ. Процес уварювання та кристалізації є завершальним етапом виробництва цукру. Це один з вирішальних та складних технологічних процесів. Втрати сахарози у продуктовому відділенні визначають техніко-економічні показники заводу.

Основний технологічний процес у продуктовому відділенні – це виділити сахарозу, яка розчинена в сиропі, у вигляді кристалів. Вихід та якість цукру прямо пов'язана з втратами його у мелясі. Задачею оптимізації технологічного процесу є вибір між глибоким виснаженням меляси і якістю цукру-піску. Для отримання цукру високої якості використовують гнучкі схеми управління, які передбачають оперативний перерозподіл потоків у відповідності з ситуацією на заводі.

Задача отримання цукру, який повинен відповідати ДСТУ 4623-2006, вирішується за допомогою багатоступінчатого процесу кристалізації, результатом якого є мінімізація втрат та максимальний вихід якісного продукту. За основу, для проведення досліджень, взято трьохкристалізаційну схему продуктового відділення цукрового заводу. До переваг такої схеми можна віднести високий вихід цукру (37%) та високу якість товарного продукту [1].

Отримання високих техніко-економічних показників роботи продуктового відділення цукрового заводу значною мірою залежить від правильної оцінки ситуації і прийняття відповідних управлінських рішень працівниками, а також забезпечення максимально можливого виходу готового продукту високої якості на всіх етапах технологічного процесу.

Для аналізу процесу функціонування та формування і розв'язання задач управління підсистемами визначальне значення мають характер зв'язку між ними та взаємний вплив режимів або навантажень.

Так продуктові відділення цукрових заводів представляються як дворівневі ієрархічні системи. Нижнім рівнем таких ієрархічних систем є системи автоматизованого управління (САУ) режимними параметрами, а верхнім – забезпечення кінцевих показників якості.

Постановка задачі. Провівши аналіз рівня автоматизації продуктового відділення цукрових заводів України можна констатувати частковий рівень

автоматизації технологічного процесу. На більшості цукрових заводів керування окремими об'єктами продуктового відділу здійснюється із застосуванням систем автоматизації, які будуються на основі мікропроцесорних систем зі слабо вираженими ознаками використання комп'ютерно-інтегрованих технологій. Має місце контроль окремих технологічних параметрів (рівня, температури, тиску, в'язкості тощо). Проте існуючі системи не забезпечують керування всіма технологічними параметрами уварювання та кристалізації. Неконтрольованими залишається цілий ряд технологічних параметрів, що впливає на кінцеву якість продукту та втрати цукру в процесі виробництва. У разі виникнення порушень технологічного режиму необхідно проводити корегування значення технологічних параметрів. За відсутності алгоритмів автоматичної корекції, рішення щодо їх змінення повинен приймати апаратник варіння утфелю або оператор. Ймовірність прийняття ним правильних управлінських рішень залежить від його професійної майстерності, досвіду роботи, вміння швидко виявити причину порушення і провести адекватні дії оперативного керування.

Складність прийняття рішення зумовлена тим, що зміна технологічного режиму може відбутись під впливом різних слабоформалізованих факторів, а підтримати якісні показники процесу можна зміненням різних взаємопов'язаних параметрів.

На цукрових заводах України можна спостерігати використання різних технічних засобів систем автоматизації, а також різні підходи до побудови АСУ ТП. Це можуть бути як однорівневі так у цілому і багаторівневі (ієрархічні) АСУ ТП.

Такі системи не завжди можуть адекватно і точно здійснювати управління технологічними процесами, особливо у слабоформалізованих складних технологічних процесах. Чим вищі вимоги висуваються до якості продукту, тим складнішими та дорожчими стають такі системи

Все частіше цукрові заводи вдаються до поетапної комплексної автоматизації централізованої системи диспетчерського контролю та управління, на прикладі ПК «Зоря Поділля» (Гайсинський цукровий завод).

Наступним суттєвим кроком в автоматизації цукрових заводів є розробка систем автоматичного управління (САУ), на прикладі компанії «Техінсервіс». Заявлені основні функції САУ продуктовим відділенням [6]:

- налаштування розміру основних фракцій цукру (дозволяє налаштувати варіння на певний розмір кристала залежно від кон'юнктури ринку цукру);
- налаштування часу варіння вакуум-апаратів;
- режим автостарту вакуум-апаратів (дозволяє згладити пікові навантаження споживання пари);
- автоматичне управління кристалізаційною установкою шляхом підтримання в ній балансу температур між утфелем і охолоджуючою водою, забезпечуючи тим самим найкращий ефект кристалізації і, як наслідок, збільшення виходу цукру;
- повний контроль і управління периферійними параметрами роботи продуктового цеху.

Сучасні підходи та принципи управління з комплексу локальних задач управління основними процесами в продуктових відділеннях передбачають:

- здійснення автоматичного регулювання та логіко - програмного управління процесами та агрегатами. Синтез такого роду систем в більшості випадків виконується на основі класичної теорії автоматичного управління, а також з застосуванням спеціальних тематичних напрямків синтезу систем управління, методів лінійного та динамічного програмування, багатокритеріальної оптимізації;

- моделювання та оперативну ідентифікація з метою оцінки їх стану, пошуку оптимальних режимів та прогнозування техніко-економічних показників функціонування;

- оперативну оптимізацію роботи продуктового відділення в реальному масштабі часу, це зумовлює необхідність змінювати не лише матеріальні та енергетичні потоки між підсистемами технологічного комплексу (ТК), а й режими їх роботи;

- особливостями такого об'єкту наявність значної кількості підсистем, зв'язаних між собою складними структурними та функціональними відношеннями, що являють собою складну ієрархічну структуру;

- проблема прийняття рішень в області управління виробничими системами пов'язана не тільки з дослідженням і точним знанням стану організаційної системи, її структури та механізму функціонування, але й з вибором методів та засобів реалізації рішень по управлінню. Об'єктивні рішення можна приймати тільки в тому випадку, якщо є надійна інформація, яка точно відображає стан проблемної ситуації, поставлені цілі та задачі;

- таким чином для КІСУ продуктовим відділенням цукрового заводу важливим є те, що підсистеми управляються окремими технологічними станціями, які забезпечують виконання всіх прикладних функцій. В той же час автономність підсистем обмежена та завжди існує необхідність координації їх роботи;

- поряд з розширенням інформативності і підвищенням якісних показників процесу управління, зниження інформаційного навантаження на оператора, КІСУ продуктовими відділеннями можуть контролювати обстановку в цілому і аналізувати ситуацію, що склалася але тільки за умови якщо для цього є необхідне спеціалізоване програмне забезпечення в якому реалізовані алгоритми інтелектуального управління.

Одним з основних критеріїв роботи даної системи управління є висока живучість системи (тобто збереження працездатності системи управління при відмові деяких пристроїв).

Аналізуючи вимоги до сучасних систем автоматизації такими об'єктами (їх надійності, ефективності, безпеки, автономності, тощо), важливою проблемою стало підвищення якості функціонування та показників роботи системи управління, що пов'язане з тим, наскільки ефективно можливо використовувати ресурси управління технологічним комплексом при виникненні складних та аварійних нештатних ситуацій.

Ціль та задачі дослідження. На сьогодні широкого дослідження та впровадження набувають методи ситуаційного управління й експертні системи, що є основою для створення підсистем інтелектуальної підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності.

Враховуючи складність технологічних процесів продуктового відділення та сезонність роботи цукрового заводу, існуючі автоматизовані системи доцільно

доповнити інтелектуальною системою з метою підтримки прийняття рішень, яка б допомагала обслуговуючому персоналу правильно оцінити ситуацію і прийняти відповідне управлінське рішення та забезпечити максимально можливий вихід готового продукту високої якості з мінімальними втратами та витратами у виробництві.

Матеріали та методи досліджень використання нечіткої логіки для управління технологічними процесами. Одним з новітніх методів управління технологічними процесами виробництва є використання інтелектуальних систем управління на основі нечіткої логіки. Використання нечіткої логіки забезпечує відносно простий шлях управління складних для опису слабоформалізованих процесів, які характеризуються суттєво нелінійною поведінкою [4].

За допомогою нечіткої логіки існує можливість імітації розумових здібностей людини для опису управління процесами, в основі яких є опис набору правил виду:

$$P_1: \text{Якщо } X \in A_1, \text{ тоді } Y \in B_1,$$

$$P_2: \text{Якщо } X \in A_2, \text{ тоді } Y \in B_2,$$

... ..

$$P_n: \text{Якщо } X \in A_n, \text{ тоді } Y \in B_n,$$

де X – вхідна змінна, Y – вихідна змінна, A та B – функції належності, визначені відповідно на X та Y .

Під нечітким управлінням (Fuzzy Control) у даному випадку розуміється стратегія управління, яка заснована на емпірично набутих знаннях відносно функціонування об'єкта, які представлені у лінгвістичній формі у вигляді сукупності правил.

В якості передумов до застосування нечітких регуляторів зазвичай називають:

- велика кількість вхідних параметрів;
- велика кількість керуючих параметрів;
- нелінійність;
- неточність математичної моделі;
- сильні збурення.

На рис. 1 представлена блок-схема нечіткого регулятора.

Нечіткий регулятор складається з чотирьох взаємопов'язаних блоків, причому формування бази знань базується на методах представлення та пошуку знань. Основна роль у цьому процесі віддається оператору-експерту, який здійснює наповнення бази знань набором правил.

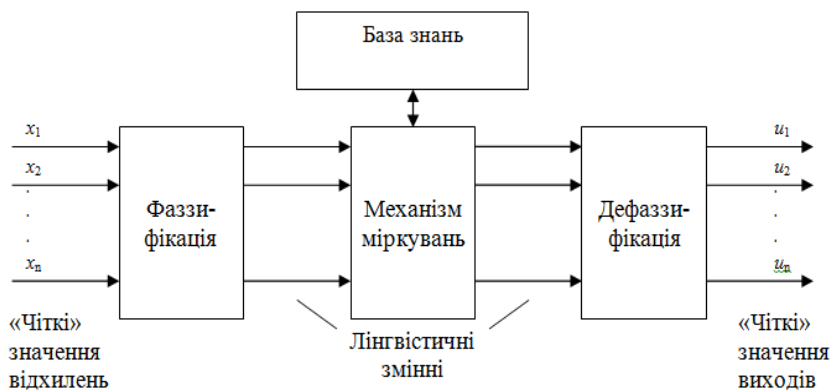


Рис. 1 – Блок-схема нечіткого регулятора

Важливою умовою ефективного функціонування нечіткого регулятора є побудова несуперечливої і оптимально повної бази знань. Функціонування бази знань здійснюється надбудованою машиною логічного виводу, яка представляє собою механізм міркувань, які оперують знаннями і з метою отримання нових знань.

Використання нечітких регуляторів в умовах невизначеності призводить до формування керуючих сигналів управління, які залежать не тільки від експертів та фіксованих факторів, але і від слабо визначених показників, які не контролюються експертами та/або недостовірно відомих їм в момент прийняття рішень [4].

Висновки. Впровадження інтелектуальних систем прийняття рішень на основі нечіткої логіки, у тому числі при автоматизації продуктового відділення цукрового заводу, дозволить підвищити:

- оптимальність технологічного процесу, враховуючи слабо контрольовані параметри;
- оперативність та своєчасність реагування на збурювання;
- вихід цукру та якість товарного продукту.

Список літератури: 1. Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства [Текст] / А. Р. Сапронов. – М. : «Колос», 1999. – 495 с. 2. Ладанюк, А. П. Автоматизация технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручнки [Текст] / А. П. Ладанюк, В. Г. Трегуб, І. В. Ельперін, В. Д. Цюцюра – К. : Аграрна освіта, 2001. – 224 с. 3. Сідлецький, В. М. Сучасні підходи в проектуванні систем автоматизації для цукрової промисловості [Текст] / В. М. Сідлецький // Міжнародна науково-технічної конференції цукровиків України "Конкурентоспроможність українського цукру на національному та світовому ринках - вимога часу", 25-27 березня: тези доп. – К. : НУХТ. – 2014. – С. 157-160. 4. Ладанюк, А. П. Задачі управління технологічним комплексом в умовах ситуаційної невизначеності [Текст] / А. П. Ладанюк, Я. В. Смітюх // Міжнародна науково-технічної конференції цукровиків України "Конкурентоспроможність українського цукру на національному та світовому ринках - вимога часу", 25-27 березня: тези доп. – К. : НУХТ. – 2014. – С. 149-151. 5. Соловьев, В. А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами : учеб. пособие [Текст] / В. А. Соловьев, С. П. Черный. - Владивосток : Дальнаука, 2010. – 267 с. 6. Макаров, И. М. Интеллектуальные системы автоматического управления [Текст] / Под ред. И.М. Макарова, В. М. Лохина. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 576 с. 7. Макаров, И. М. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления [Текст] / И. М. Макаров, В. М. Лохин, С. В. Манько, М. П. Романов; [отв. ред. И.М. Макарова] ; Отделение информ. технологий и вычислит. систем РАН. – М. : Наука, 2006. – 333 с. 8. King, R. Computational intelligence in control engineering [Text] / R. King // Presented at Marcel Dekker, The United States of America, 1999. – 304 с. 9. Zhang, H. Fuzzy Modeling and Fuzzy Control [Text] / H. Zhang, D. Liu // Presented at Birkhauser, Boston, 2006. – 416 с. 10. Автоматизация производства. – Режим доступа : \www/ URL: http://nt-prom.ru/work/reconstruct/avtomatizacia_proizvodstva/ – Инжиниринговая компания «Новые Технологии в промышленности». — Загл. с экрана. 11. Продуктове відділення «з нуля» за 4 місяці – це реально!. – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.techinservice.com.ua/uk/presentr/novini/272-produktove-viddillennya-z-nulya-za-4-misyatsi-tse-realno.html/> – Компанія «Техінсервіс» – Загл. с экрана.

Bibliography (transliterated): 1. Sapronov, A. R. (1999). Technology of sugar production. Moscow.: Kolos, 495. 2. Ladanyuk A. P., Tregub, V. G., Elperin, I. V., Tsutsura, V. D. (2001). Automation of technological processes and food industry Pidruchnky. Kyiv.: Agricultural Education, 224. 3.

Sidletskyy, V. M. Current approaches to the design of automation systems for the sugar industry (2014). International Scientific Conference of Sugar Ukraine "Competitiveness of Ukrainian sugar to national and international markets - the requirement of time", 25-27 March: Theses. - Kyiv.: NUFT. 157-160. **4.** Ladanyuk, A. P., Smityuh, Y. V. (2014). Problems of technological complex in terms of situational uncertainty. International Scientific Conference of Sugar Ukraine "Competitiveness of Ukrainian sugar to national and international markets - the requirement of time", 25-27 March: Theses. - Kyiv.: NUFT. 149-151. **5.** Soloviev, V. A., Black, S. P. (2010). Artificial intelligence in control problems. Intelligent process control systems: Proc. Allowance. Vladivostok: Dal'nauka, 267. **6.** Makarov, I. M., Lokhin, V. M. (2001). Intelligent automatic control system. Moscow.: FIZMATLIT, 576. **7.** Makarov, I. M., Lokhin, V. M., Manko, S. V., Romanov, M. P. (2006). Artificial intelligence and intelligent control systems. Moscow: Nauka, 333. **8.** King, R. (1999). Computational intelligence in control engineering, 304. **9.** Zhang, H., Liu, D. (2006). Fuzzy Modeling and Fuzzy Control. Presented at Birkhauser, Boston, 416. **10.** Computer-aided manufacturing. - Mode of access: \ WWW / URL: http://nt-prom.ru/work/reconstruct/avtomatizacia_proizvodstva/ - Engineering company "New technologies in the industry." - Caps. from the screen. **11.** Food viddilennya 's zero "for 4 misyatsi - tse really !. - Mode of access: \ WWW / URL:<http://www.techinservice.com.ua/uk/pres-centr/novini/272-produktove-viddilennya-z-nulya-za-4-misyatsi-tse-realno.html/> - Kompaniia "Tehinservis" - Caps. from the screen.

Надійшла (received) 21.02.2015

УДК 004.652, 621.397

Б. Е. ПАНЧЕНКО, д-р физ.-мат. наук, с.н.с., Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАНУ, Киев;

Д. А. ПЕЧЕНЮК, аспирант, Сумский государственный университет

СИСТЕМА КОММУТАЦИИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

Проведен каркасный анализ специализированной предметной области – нового способа коммутации сигналов с пакетной периодически-дискретной структурой. Обнаружены новые технические решения, в том числе многопользовательский режим. Приводятся функциональная и принципиальная схемы базового блока устройства. На основании анализа делается вывод о возможности оптимизации загрузки тракта при значительном числе источников.

Ключевые слова: способ коммутации телевизионных сигналов, автоматизация буферизации, многопользовательский режим, ПТС, ПТС-тренажер

Введение. Вопрос снижения себестоимости современных телевизионных технологий [1] без изменения качества результирующих продуктов является очень актуальным. Прямые трансляции событий (как на телеканалы, так и в интернет), обслуживаемые значительным числом телевизионных камер [2], обеспечивают объективность происходящего и сопричастность удаленных пользователей. Основным фактором такого обслуживания является значительное увеличение типов и числа одновременно обрабатываемых источников медийных сигналов.

Предложенный в [3] метод анализа предметных областей (ПрО) был хорошо апробирован при разработке промышленных приложений и при решении задач автоматизации бизнес-процессов [4]. Однако этот подход может успешно применяться и для исследования ПрО невычислительного характера. В настоящей работе методом каркасного анализа исследован предложенный в [5] способ автоматизированной цифровой многопрограммной мультисигнальной

© Б. Е. ПАНЧЕНКО, Д. А. ПЕЧЕНЮК, 2015

коммутации аналоговых или цифровых сигналов с пакетной, т.е. периодически-дискретной структурой [6] (в дальнейшем – телевизионных сигналов или просто сигналов), который обеспечивает групповое синхронизированное переключение сигналов от значительного числа источников (100, 1000 и т.д.). Рассмотрена ситуация, когда предварительная синхронизация нецелесообразна или невозможна. Данная задача особенно актуальна для передвижных телевизионных студий (ПТС).

Постановка задачи. Рассмотрим телевизионные сигналы, в каждом из которых моменты начала движения пакетов, имеющих постоянные характеристики, происходят по случайному принципу. Т.е., начало существования этих сигналов не синхронизировано. Тогда во время переключения с одного сигнала на иной критической является целостность пакетов, так как при несинхронизированном переключении разрушаются первые пакеты сигнала, который включается в результирующую программу. Здесь под программой, по аналогии с телевизионным вещанием [1], понимается вся последовательность коммутированных временных отрезков входящих сигналов, которые избирались пользователем на протяжении конкретного времени. Как показано в [1, 6], для устранения этого дефекта коммутации необходима синхронизация хода пакетов в каждом сигнале. При этом все традиционные подходы имеют общие недостатки - линейную связь между числом входящих сигналов и себестоимостью синхронизации/транспортировки, а также отсутствие многопользовательского режима коммутации. Задачей всего исследования является разработка и апробация нового подхода к автоматизированной цифровой коммутации и неизбыточной транспортировке, который обеспечивает синхронизированное переключение аналоговых или цифровых сигналов от значительного числа предварительно не синхронизированных источников на уровне коммутации. Причем так, чтобы целостность входящего и результирующего сигналов при этом не нарушалась, т. е., чтобы в структуре входящего и результирующего сигналов не было никаких инородных пакетов, которые не предусмотрены потребностями пользователя. А также поддерживался неизбыточный автоматизированный многопользовательский режим. Таким образом, целью настоящей работы является выявление новых возможностей предложенного способа, а также тестовые испытания устройства, разработанного на его основе.

Каркасный анализ. Под каркасным анализом ПрО [3] будем понимать формализацию описания ПрО так, что каждому объекту ставится в соответствие актуальная ячейка реляционного каркаса [3]. Тогда неформально каркасный анализ - это формирование схемы исследуемой ПрО таким образом, чтобы некое программное приложение, синтезируемое на данной схеме, моделировало бы функционирование исследуемой ПрО.

Такой подход может применяться и в том случае, когда разработка самого приложения не планируется. А каркасная схема ПрО используется как формальный прототип для выявления в ней тех или иных новых особенностей и решений. Исследовав связи между объектами, можно получить новые выводы. Рассмотрим предложенный в [5] новый способ синхронизации. Следуя идеям [3], выпишем из описания ПрО все объекты, используемые там. Как указывалось в [4], особенностью каркасного анализа является непротиворечивость модификаций

искомой схемы ПрО: если в результирующей схеме будут временно упущены некоторые объекты, ее дальнейшие модификации не приведут к противоречиям.

На рис. 1 показана каркасная диаграмма исследуемой ПрО. Тут новые способы коммутации получены путем комбинаций независимых объектов и их связей. Как и в [3, 4], дуги графов не показаны, так как новые связи формируются по принципу булеана.

Имеем следующие объекты и связи (много-местные предикаты [4], имена которых приведены в скобках как сокращения и обозначены курсивом):

1. Два буфера памяти (*ДваБуфера*);
2. Выборочная автоматизированная буферизация (*АвтоматВыборБуфериз*);
3. Выборочная автоматизированная оцифровка аналоговых сигналов (*АвтоматВыборОцифр*);
4. Внешняя накопительная память для протоколов (*ВнешнПамять*);
5. Агрегация входящих сигналов между собой (*АгрегацВходящ*);
6. Сплиттирование (размножение) входящих сигналов по запросу (*СплиттирВход*);
7. Поочередная автоматизированная буферизация (*АвтоматПоочерБуфер*);
8. Агрегация выходящих сигналов между собой (*АгрегацВыходящ*);
9. Собственные сигналы (*СобствСигнал*);
10. Управление загрузкой тракта (*ЗагрузТракт*).

Очевидно, что общее число новых технических решений, соответствующих вариантам способов, получаемых в результате такого анализа, составит булеан связей [3], т.е. близкое к 2^{10} . Однако число реализуемых и актуальных способов существенно ниже. Они и опубликованы в виде формулы изобретения в [5].

Новое техническое решение. Таким образом, коммутация сигналов в соответствии с [5] осуществляется благодаря выборочной автоматизированной оцифровке входящих аналоговых сигналов и выборочной автоматизированной буферизации цифровых сигналов. Именно процесс автоматизированной буферизации выбранного входящего сигнала и предоставляет возможность управлять моментом начала считывания пакета из буфера, синхронизируя его со считыванием пакета из другого входящего сигнала. Причем, в каждый момент на одном тракте, т.е. во время коммутации одной группы отрезков сигналов – одной программы, происходит буферизация лишь двух входящих сигналов – только что

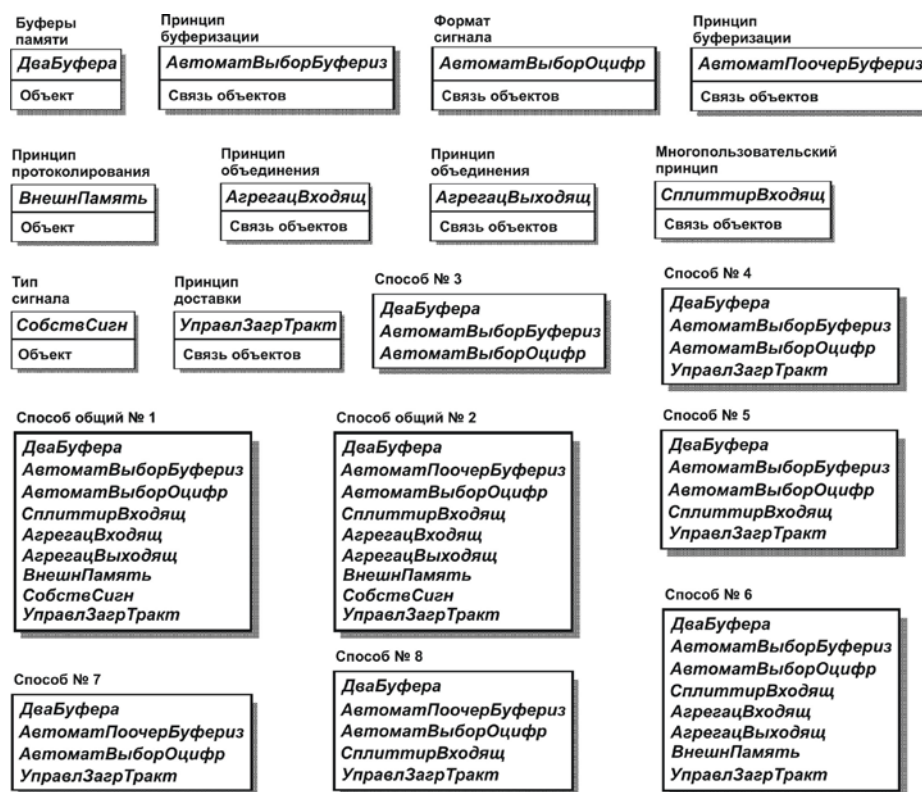


Рис. 1 – Каркасная диаграмма исследуемой предметной области

заказанного и предварительно заказанного. Этот процесс существенно отличается от синхронизации, описанной в прототипе [7].

В зависимости от технологии реализации способов [5], такой подход поддерживает неограниченную последовательность синхронизированных переключений сигналов, а общее число входящих сигналов теоретически не ограничивается: от минимально двух до любого произвольного числа.

Временем задержки между моментом нажатия клавиши и моментом начала записи первого пакета вновь заказанного входящего сигнала в буфер памяти для его синхронизации относительно предыдущего сигнала можно пренебречь, поскольку это время обусловлено лишь инертностью системы управления, т.е. спецификой конкретной реализации способа. В случае телевизионного сигнала это время теоретически измеряется миллисекундами.

На базе описанного построен и многопользовательский способ коммутации. Он отличается тем, что благодаря использованию принципа автоматизированной синхронизации каждый входящий аналоговый или цифровой сигнал сплиттируется не предварительно, а лишь согласно запросу пользователя. Причем, в каждый момент общее число одновременно размноженных входящих сигналов равняется лишь числу заказов пользователей этого промежутка времени. Такое решение может быть реализовано исключительно благодаря наличию в схеме системы автоматизированного управления процессом коммутации.

На рис. 2 приведена функциональная схема устройства коммутации, обобщенно иллюстрирующая описанный подход.

Здесь показана последовательность процессов и расположение устройств, которые используются в алгоритме метода. Сплошной линией показан информационный тракт, сплошной тонкой линией показан управляющий тракт, пунктирной линией показана шина управления I2C.

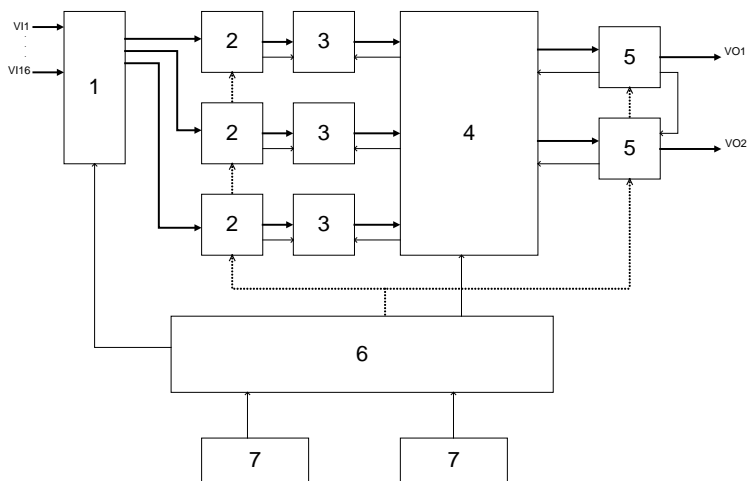


Рис. 2 – Функциональная схема устройства коммутации

На схеме даны следующие элементы: 1 – несинхронизированный коммутатор входящих сигналов (например, 16 на 3), 2 – АЦП сигнала, 3 – память FIFO, 4 – ПЛИС коммутации, 5 – ЦАП сигнала, 6 – схема управления, 7 – клавиатуры.

Как видно из схемы, наращивание числа каналов и рабочих мест пользователей осуществляется добавлением буферов памяти и дополнительным выборочным сплиттированием сигналов.

На рис. 3 приведена принципиальная схема базового блока автоматизированного коммутатора телевизионного сигнала.

Данное устройство реализовано на ПЛИС и включает в приведенной реализации два (для двух пользователей) трехканальных мультиплектора с шиной данных 8 бит MUX, четырех регистров хранения номера выбранного канала

мультиплекторов REG, сдвиговых последовательных регистров 10 бит с предварительной установкой SHIFT.

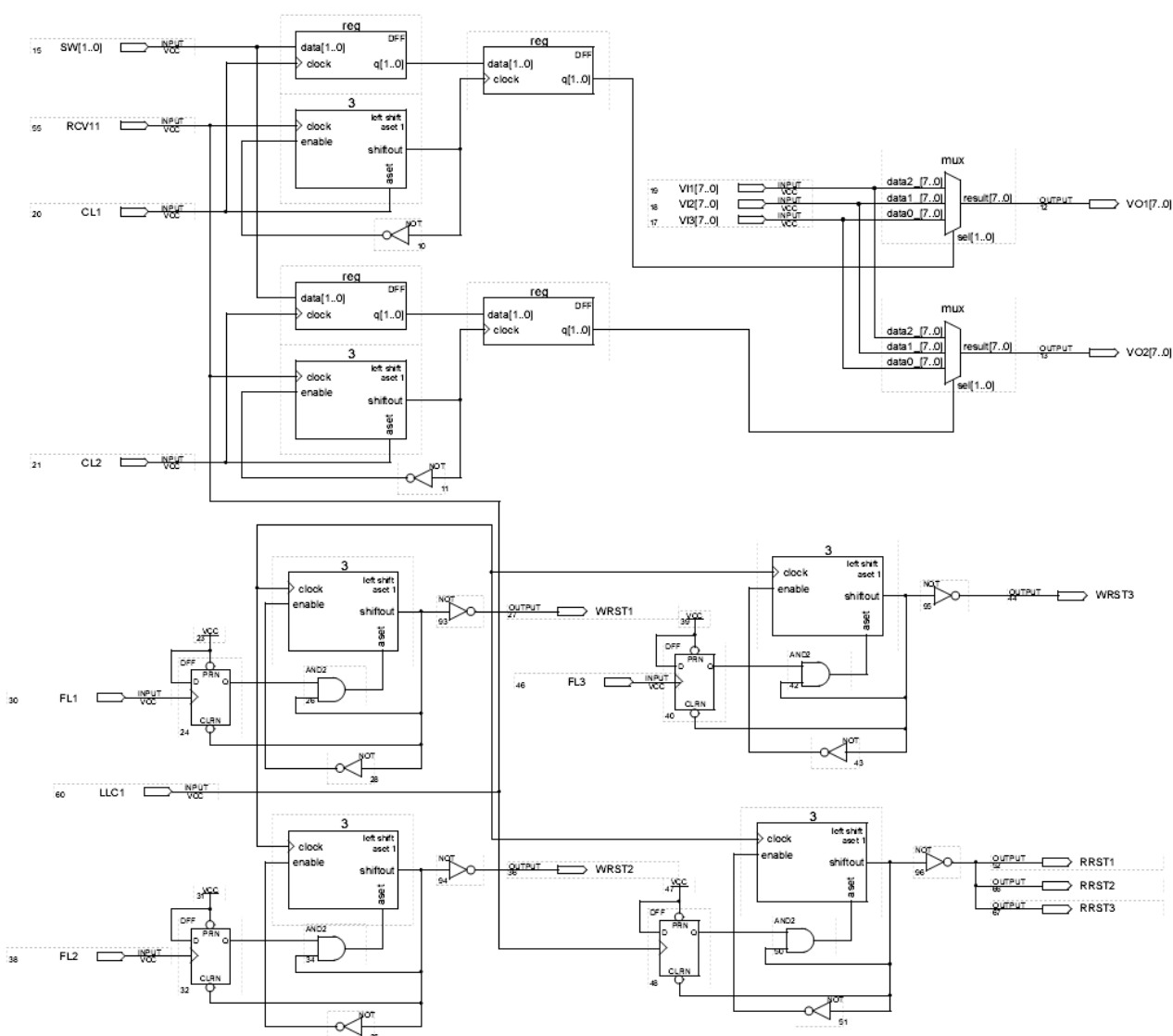


Рис. 3 – Принципиальная схема базового блока устройства коммутации

Три цифровых потока телевизионных сигналов АЦП (2) через кадровый буфер (3) поступают параллельно: на входы мультиплекторов MUX, входные шины V11[7..0], V12[7..0], V13[7..0], выход VO1[7..0] и второго VO2[7..0], которые поступают на вход видео ЦАП (5). Для переключения схема управления СУ (6) на линии SW[1..0] подает номер канала, который фиксирует, сигналом CL1 или CL2 для первого или второго MUX, сначала в предварительный регистр REG. Также сигнал CL1/2 запускает сдвиговой регистр (3), путем асинхронной установки его в значение "1", который тактируется сигналом RCV11 на вход clock из видео ЦАП, указывающий на начало кадра. Данный «сдвиговой» регистр обеспечивает задержку переключения мультиплексора MUX на 10 кадров обеспечивающих установления корректных данных на выходе видео АЦП. По приходу одиннадцатого кадра сигнал с выхода shiftout регистра (3) переписывает номер канала с предварительного регистра REG в регистр REG постоянного хранения, до следующего переключение, номера канала. Который в свою очередь переключает

соответствующий мультиплексор MUX. Т.к. переключение происходит синхронно по сигналу RCV11 начала кадра, который идет во время кадрового гасящего синхроимпульса, что обеспечивает нам переключение телевизионных сигналов без нарушений. Сигналы синхронизации кадровой и строчной развертки первого и второго пользователя предварительно синхронизированы за счет выбора режима работы одного ЦАП в режиме "Ведущий", а второго "Ведомый". Это обеспечивает работу буферов памяти FIFO (3) на чтение синхронном режиме.

Вторая часть блока обеспечивает синхронизацию работы памяти FIFO (3). Сигналы FL1, FL2 и FL3 - сигналы четного или нечетного поля, соответственно трех входных сигналов в АЦП. По ним формируются сигналы WRST1, WRST2 и WRST3 сброса адреса записи в буферную память FIFO, что указывает на начало записи кадра. Для гарантированного сброса адреса данные сигналы растянуты на 10 тактов частоты оцифровки телевизионного сигнала LLC1 27МГц, что соответствует около 0,37мксек.

По аналогии формируются сигналы сброса RRST1, RRST1 и RRST3 адреса чтения памяти FIFO. Т.к. чтение из буферов происходит синхронно для первого и второго режиссера, то и сигналы RRST1, RRST1, RRST3 равны. Формируются они из сигнала RCV11 и длительности 0,37мксек.

Дополнительные возможности способа. Как видно из схемы ПрО, приведенной на рис. 1, способы [5] обладают следующими уникальными разновидностями, которые могут быть использованы самостоятельно.

1. *Собственные источники* – многопрограммная коммутация произвольного числа предварительно несинхронизированных входящих сигналов на сигналы от собственных пользовательских управляемых источников – компьютеров, стримеров, магнитофонов, флеш-магнитофонов и т.п., называемых в дальнейшем собственными сигналами.

2. *Агрегация* входящих, собственных и выходящих сигналов – возможность агрегации произвольного типа и произвольных форматов входящих сигналов. Предоставляется пользователю с целью управления временем коммутации благодаря подключению любых дополнительных внешних устройств (блока эффектов, внешних пультов, компьютера или совокупности параллельных компьютеров и т.п.), выполняющих вспомогательные процедуры обработки входящих или собственных сигналов, которые должны предшествовать синхронизации.

3. *Транспортировка больших потоков* – поддержка транспортировки сигнала 3G-SDI в компрессированном формате на значительные расстояния с последующим автоматизированным декодированием лишь выбранного. Это особенно актуально для таких высокопоточковых цифровых сигналов, как HD-SDI и 3G-SDI. Как известно [6], процесс декодирования должен предшествовать синхронизации. В описанном подходе автоматизированный процесс декодирования выбранного сигнала осуществляется также выборочно и в том же буфере памяти.

4. *Малобюджетные тракты* – транспортировка на значительные расстояния сигнала с существенно сниженным потоком. Как известно [2, 9], для формирования качественной результирующей программы в реальном времени (онлайн-монтажа значительного числа источников) важно правильное управление большой группой операторов. Для формирования подавляющего большинства

телевизионных версий событий с целью последующей трансляции в записи качество режиссерских решений определяется именно этим фактором. Объем дальнейшего перемонтажа («чистки») [9] при этом существенно снижается.

5. *Удаленное управление врезкой.* Способ позволяет реализовать взаимодействие всех основных объектов ПрО: сигналов телеканалов, врезок-коммутаций (инородных отрезков телепрограмм), моментов удаленных стартов отрезков, территорий вещания, заказчиков врезок-коммутаций, владельцев прав на телеканалы и т. п. Данный подход апробирован и внедрен в региональном филиале одного из национальных телеканалов Украины. У авторов имеется соответствующий акт внедрения.

6. *Обучение стажеров.* Важным свойством описанной методики является возможность миниатюризации соответствующих устройств коммутации с целью минимизации затрат на проведение обучения операторов-стажеров и режиссеров-стажеров на ПТС-тренажере. Способы [5] дают возможность применения этого технического решения в сфере, для которой до настоящего времени не производилось специализированное оборудование. Однако именно полигонное обучение навыкам профессии [2, 10, 11] в сфере телевидения является преобладающим фактором качества специалиста. Предложенный ПТС-тренажер позволяет решить эту проблему [8, 10, 11].

Результаты тестовых испытаний. Описанный подход позволил собрать и неоднократно протестировать на значительном числе съемочных площадок, подобных [10, 11], специализированную систему транспортировки (камерный канал на базе «витой пары» для аналогового сигнала или оптического волокна для сигнала в цифровом формате) и многокамерной многопрограммной коммутации телевизионных сигналов.

Апробация проводилась на 14-16 профессиональных телевизионных камерах. Тестирование показало высокую надежность устройств. Эксплуатация подтвердила серию новых конкурентных преимуществ. К ним, в частности, относится возможность существенно разгрузить тракт и исключить его многократную избыточность, обусловленную необходимостью непрерывной синхронизации всех источников. Это позволит осуществить подключение источников не по традиционной схеме «звезда», а по более эффективной для данной ПрО схеме «гирлянда», что особенно актуально, когда число источников превышает 100, а то и 1000 единиц, а ситуативная потребность – не более 1-2 сигналов на каждые 10 сек. при традиционном разбросе источников на территории более 2 км².

При настройке такой системы на текущей локации события (так называемом развороте) экономия материала камерных каналов составит более 300 %, а экономия затрат времени – более 500 % .

Качество готового продукта при описанном техническом решении (по сравнению с существующими решениями) не меняется вследствие того, что формат трансляции (или записи) не зависит от технологии коммутации и транспортировки по тракту.

Выводы. Каркасный анализ нового способа коммутации дискретно-периодических сигналов позволил предложить техническое решение, поддерживающее не только автоматизированный, но многопользовательский

режим коммутации. Такое обобщение позволяет нескольким пользователям одновременно работать в реальном времени на единой системе источников. В случае телевизионных сигналов построение такой многопользовательской ПТС эффективно решает техническую задачу многопрограммной агрегации значительного числа разнотипных входящих сигналов.

За счет нового механизма доставки сигналов предложено эффективное решение проблемы исключения избыточности камерных каналов, что позволит снизить эксплуатационные затраты на разворот мультикамерных систем. Это особенно важно для обслуживания масштабных параллельных событий с постоянно меняющейся топологией и локациями, где требуемое число источников сигнала превышает 100, а иногда даже 1000 единиц. К таким локациям относятся все многоплощадковые события - спортивные соревнования, масштабные городские празднества, выставки, музыкальные фестивали и т.п.

Описанная концепция была апробирована при организации значительного числа прямых телевизионных трансляций, телемостов и моментального многокамерного видеообслуживания событий, видеоотчеты о которых опубликованы на том же ресурсе и под теми же рубриками, что и [10, 11]. Полученные результаты позволяют предлагать методику к широкому внедрению.

Список литературы: 1. Джакония, В. Е. Телевидение. Учебник для ВУЗов [Текст] / В. Е. Джакония, А. А. Гоголь, Я. В. Друзин // М.: «Горячая линия – Телеком» - 2007 - 616 с. 2. Тетерин, В. С. Особенности режиссуры телевидения при многокамерном методе съемок [Текст] / В. С. Тетерин // М.: ВГИК, - 1971. – 105 с. 3. Панченко, Б. Е. Об алгоритме синтеза реляционного каркаса. Постановка задачи и формализация [Текст] / Б. Е. Панченко // Компьютерная математика, – Киев. – 2012, № 1, С. 84-93 4. Панченко, Б.Е. Исследования доменно-ключевой схемы реляционной базы данных [Текст] / Б. Е. Панченко // Кибернетика и системный анализ, – Киев. – 2012, № 6, С. 157-172 5. Панченко, Б. Е. Способ автоматизированной цифровой многопрограммной мультисигнальной коммутации, Патент Украины № 103313 [Текст] / Б. Е. Панченко, Д. А. Печенюк // Промислова власність, – Киев, – 2013, № 19, С. 3.120 – 3.121 6. Мамчев, Г. В. Особенности радиосвязи и телевидения. Учебное пособие для ВУЗов [Текст] / Г. В. Мамчев // М.: «Горячая линия – Телеком» - 2007 - 416 с. 7. Murakami, N. Video switcher and video switching method [Text] / N. Murakami // Patent US 2009/0109334 A1, Apr. 30.2009. 8. Кривомаз, Л. С. Многокамерная прямая трансляция как эффективный тренажер для формирования профессиональных навыков телеоператоров и телережиссеров [Текст] / Л. С. Кривомаз // Инновационное развитие общества в условиях кросс-культурных взаимодействий. Тезисы докладов 3-й междунар. конф., 26-29 апреля 2010, - Сумы. – 2010, Том 2, С.169 – 171 9. Соколов, А. Г. Монтаж: телевидение, кино, видео [Текст] / А. Г. Соколов // М.: Изд. «625», - 2001 – 207 с 10. Федоришин, В. И. Украинская музыка в мировой культуре, телевизионная версия концерта [Видео] / В.И. Федоришин, Л. С. Кривомаз, Д. А. Печенюк / НПУ им. Драгоманова, – Киев, – 2009, <http://youtu.be/XDYGA3YhOXo> 11. Панченко, Б. Е. Фестиваль «Схід-Рок - 2014», телевизионная версия концерта [Видео] / Б. Е. Панченко, Р. Б. Николенко, Д. А. Печенюк // Сумская ОДТРК, – Сумы, – 2014, <http://youtu.be/xFwSsbGSN7A>

Bibliography (transliterated): 1. Dzhakoniya, V. E. (2007). Television. University textbook. Hot Line – Telecom. 2. Teterin, V. S. (1971) Peculiarities of television directing at the multi-camera shooting method. VGIK 3. Panchenko, B. E. (2012). About the synthesis algorithm of a relational framework. Statement of the problem and formalization. Computer mathematics, 1, 84-93. 4. Panchenko, B. E. (2012). Research of the domain-key scheme of a relational database. Cybernetics and System Analysis, 6, 157-172. 5. Panchenko, B. E., Pechenyuk, D. A. (2013). Method of automated digital multi-program multi-signal commutation. Ukrainian patent number 103313. Industrial property, 19, 3.120 - 3.121 6. Mamchev, G. V. (2007). Peculiarities of radio communication and television. University textbook. "Hot Line - Telecom". 7.

Murakami, N. (2009). Video switcher and video switching. Patent US 2009/0109334 A1.**8.** *Krivomaz, L. S.* (2010). Multi-camera live broadcasting as an effective training method for forming professional skills of cameramen and television directors. Innovative development of the society in the context of cross-cultural interactions. Abstracts from the reports from the 3rd International conference. Volume 2, 169 – 171.**9.** *Sokolov, A. G.* (2001). Montage: TV, movies, video. 625.**10.** *Fedorishin, V. I., Krivomaz, L. S., Pechenyuk, D. A.* (2009). Ukrainian music in the world culture, the TV version of the concert. National Pedagogical Dragomanov University, <http://youtu.be/XDYGA3YhOXo>. **11.** *Panchenko, B. E., Nikolenko, R. B., Pechenyuk, D. A.* (2014) Festival "Shid-Rock - 2014", the TV version of the concert. ODTRK Sumy, <http://youtu.be/xFwSsbGSN7A>.

Надійшла (received) 25.02.2015

УДК 004.89

Н. Ф. ХАЙРОВА, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;
АДЖИТ ПРАТАП СИНГХ ГАУТАМ, аспирант, НТУ «ХПИ»

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО ФАКТОВ ИНТЕГРИРОВАННОЙ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

В работе предлагается информационно-лингвистическая технология выделения фактов из слабоструктурированных и неструктурированных текстов. Технология основана на использовании специальных семантико-алгебраических (логических) методах, которые позволяют получать точность и полноту фактов, сравнимую с экспертными. Для извлечения и структурирования фактографической информации в тексте выделяются сущности, и используется структурированное представление семантики факта в терминах предикатных операций.

Ключевые слова: пространство фактов, автоматическая идентификация и экстракция, слабоструктурированный текст, предикатные операции.

Введение. Центральной составляющей современной интегрированной корпоративной системы является база знаний, которая должна включать в себя единое информационное пространство взаимосвязанных фактов или гипотез вне зависимости от типа источника получения информации. Сегодня система извлечения фактов является одним из наиболее эффективных инструментов выделения нужной для принятия решений информации и для проведения аналитической бизнес-разведки [1], практически заменяя обычный поиск информации. Факт о некоторой сущности представляет собой структурированную экстракцию из предложения текста документа в виде значения факта: его суть, время и место совершения, его участники [2].

Основной проблемой обработки фактографической информации является оценка достоверности автоматически определяемой фактографической информации [3], что особенно важно в связи с все более увеличивающейся плотностью потока текстовой информации в средствах масс-медиа и различного рода социальных сетях, форумах и блогах. Множественность значений факта обусловлена возможностью разной интерпретации одного и того же явления, а также противоречивостью, неточностью или нечеткостью поступающих из внешних источников сведений.

© Н. Ф. ХАЙРОВА, АДЖИТ ПРАТАП СИНГХ ГАУТАМ, 2015

Цель работы. Целью работы является разработка подсистемы идентификации и экстракции фактов, позволяющая получить пространство фактов, динамически наполняемое из текстового-контента интегрированной корпоративной системы. На вход подсистемы поступают текстовые потоки разнородных источников информационной системы, на выходе формируется базовое пространство фактов интегрированной корпоративной системы.

Описание предметной области. Факт представляет собой знание в форме утверждения, достоверность которого строго установлена [1]. В сфере информационных технологий и теории обработки знаний под фактом, обычно, понимают зафиксированное и произошедшее событие, сопровождаемое временными и географическими метками, аргументирующей информацией, ссылками на источник и т. д.

Факт может быть извлечен из текстовой информации (как слабо структурированной, так и не структурированной) и может определять как свойства объекта, так и связь объекта с другими объектами. При этом под объектом мы понимаем сущность, информация о которой накапливается в системе и может быть в ней само идентифицирована [2]. Для извлечения и структурирования фактографической информации в тексте выделяются сущности, и используется структурированное представление семантики факта в терминах предикатных операций. Факты выделяются из предложений, содержащих упоминание сущности или анафорические ссылки на нее. В свою очередь фактографическую информацию можно разделить на хорошо структурированную и плохо структурированную.

К хорошо структурированным сведениям (так называемая параметрическая информация) относятся, прежде всего, сведения количественного характера, а так же качественные сведения, имеющие хорошо регламентированную форму. К плохо структурированной фактографической информации относятся сведения, представленные различными нерегламентированными словесными конструкциями, представленными на естественном языке [3].

Алгоритмы фактографического анализа зависят, в свою очередь, от степени структурированности конкретного документа. По степени структурированности данные документа можно разделить, подобно общей классификации степени формализации информации, на табличные данные, отображенные в виде фактов; массивы однородных слабоструктурированных текстовых документов, обычно описывающие конкретную предметную область и документы произвольного слабоструктурированного типа [4].

Общее описание метода. Выделение фактов из слабоструктурированной текстовой информации включает следующие этапы [5]: извлечение слов или словосочетаний, важных для описания смысла текста; исследование связей между извлеченными понятиями; извлечение сущностей, распознавание фактов и действий.

Для реализации первого этапа выделения понятий используется стандартный лингвистический процессор [6], включающий графемную, морфологическую, синтаксическую и контекстную этапы обработки, с добавлением специализированных методов и алгоритмов обработки документов (рис. 1). Так как очень часто в задачах по извлечению фактографической информации нужно найти в тексте упоминания лиц, компаний, правительственных организаций и местоположений, и другие подобные типы сущностей, то для их выделения

используются специальные формализмы графемного анализа. На этапе морфологического анализа используется декларативный и алгоритмический методы. Каждый неправильный глагол английского языка представлен в базе данных во всех его формах, то есть глагол write имеет формы write-writes-wrote-written-writing, формы правильных глаголов определяются алгоритмически.

Факт представляет собой триплет: *Subject ->Predicate ->Object*, в котором предикат представляет собой отношение, а субъект и объект указывают на два предмета [7]. Практическое запись такого факта осуществляется строкой в таблице реляционной базы данных, поля которой представляют субъект и объект триплета,

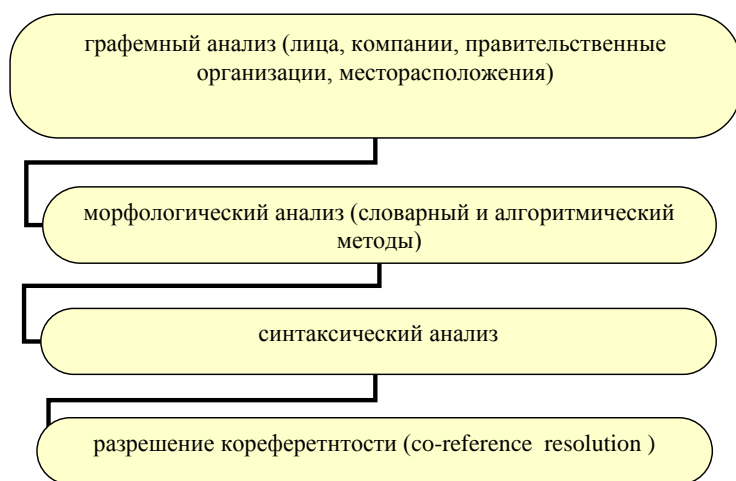


Рис. 1 – Базовые этапы используемого лингвистического процессора

а имя таблицы соответствует отношению между предметами или предикатом триплета. Кроме того можно использовать представление в виде двухместного предиката в логике первого порядка. Следующим этапом после выделения слов или словосочетаний, представляющих узлы триплета факта, является выделение отношений, устанавливаемых данным фактом между словами.

Выделяем два типа фактов: факты описывающие

связь двух сущностей, при этом одна из сущностей будет определяться как субъект, а вторая как объект предикатного действия. Например, “*the company had revenue*” (субъект: *company*, объект: *revenue*, предикат: *had*). Если второго участника связи в базе нет, то он создается автоматически.

Второй вид факта представляет собой триплет: *предмет – атрибут – значение*, где предмет – это объект, о котором фиксируется факт, атрибут – некоторое именованное, заранее определенное свойство, а значение представляет собой некоторое значение, область определения которого может быть в некоторых случаях известна. Например, это могут быть факты атрибутов места и времени осуществления некоторого действия.

Для выделения изложения связей между определенными понятиями в тексте необходимо выделить семантические (или понятийные) связи в предложении. Для чего необходимо разработать строгую модель, связывающую информацию, содержащуюся в определении смысловых связей с элементами поверхностной структуры предложений естественного языка.

Такой подход рассматривается в рамках падежной грамматики и основывается на понятии глубинных падежей, введенных Ч. Филлмором, выделившим пропозицию, или основной смысл предложения, как предикат, выражаемый в поверхностной структуре чаще глаголом, связанным с помощью определенных глубинных падежей с участниками данной ситуации, или партиципантами [8]. Семантические падежи в различных естественных языках имеют разные формы

формального выражения, которые необходимо четко определить для автоматической идентификации и экстракции фактов из текстов. Например, в русском и украинском языках, семантическая информация партиципантов кодируется, в основном, грамматическими поверхностными падежами, тогда как в английском — она передается сочетанием с предлогом, порядком слов в предложении.

Описание математической модели. Введем на универсуме U , включающем все возможные понятия и объекты анализа сложной языковой системы [9], множество грамматических характеристик синтаксической сочетаемости слов английских предложений, влияющих на понятийные связи, $M = \{m_1, \dots, m_n\}$, где n – количество характеристик системы. Используя формальный аппарат алгебры конечных предикатов [10].

Отношения между характеристиками можно представить в виде $m_i * m_j * \dots * m_k$, где $m_i, m_j, \dots, m_k \in M$, а знак $*$ – обозначает, что конъюнкция данных характеристик соответствует некоторой семантической функции или некоторому глубинному смысловому отношению между словами, грамматические характеристики которых выражаются m_i, m_j, \dots, m_k .

На множестве M введем систему предикатов S так, чтобы любой предикат $P(q_m) \in S$, обращался в 1 на множестве слов с грамматической информацией, соответствующей определенной семантической функции, и был равен 0 в противном случае. Таким образом, множество предикатов S можно сопоставить с множеством грамматических характеристик приписанных словам предложения, называющим сущности триплета факта.

Для формализации семантических функций предложений английского языка и их явного представления средствами поверхностной структуры были выделены и описаны следующие синтаксические и морфологические категории:

$$\begin{aligned} z^{\text{to}} \vee z^{\text{by}} \vee z^{\text{with}} \vee z^{\text{about}} \vee z^{\text{of}} \vee z^{\text{on}} \vee z^{\text{at}} \vee z^{\text{in}} \vee z^{\text{out}} &= 1, \\ y^{\text{ap}} \vee y^{\text{aps}} \vee y^{\text{out}} &= 1, \quad x^{\text{f}} \vee x^{\text{l}} \vee x^{\text{kos}} = 1, \\ m^{\text{is}} \vee m^{\text{are}} \vee m^{\text{havb}} \vee m^{\text{hasb}} \vee m^{\text{hadb}} \vee m^{\text{was}} \vee m^{\text{were}} \vee m^{\text{out}} &= 1, \\ p^{\text{III}} \vee p^{\text{ed}} \vee p^{\text{I}} \vee p^{\text{ing}} \vee p^{\text{II}} &= 1, \end{aligned}$$

где использованы предметные переменные, характеризующие следующие категории:

- наличие предлога *to, by, with, about, of* после предиката триплета или его отсутствие – $z^{\text{to}}, z^{\text{by}}, z^{\text{with}}, z^{\text{about}}, z^{\text{of}}, z^{\text{at}}, z^{\text{on}}, z^{\text{in}}, z^{\text{out}}$

- наличие или отсутствие апострофа в конце слова, определяющего притяжательный падеж у субъекта триплета – $y^{\text{ap}}, y^{\text{aps}}, y^{\text{out}}$;

- расположение существительного, определяющего сущность, перед глаголом в личной форме, после глагола в личной форме или после косвенного дополнения – $x^{\text{f}}, x^{\text{l}}, x^{\text{kos}}$;

- наличие или отсутствие любой формы глагол *to be* – $m^{\text{is}}, m^{\text{are}}, m^{\text{havb}}, m^{\text{hasb}}, m^{\text{hadb}}, m^{\text{was}}, m^{\text{were}}, m^{\text{out}}$;

- первая, вторая/третья и четвертая форма основного правильного глагола, и вторая, третья формы неправильного основного глагола – $p^{\text{I}}, p^{\text{ed}}, p^{\text{ing}}, p^{\text{II}}, p^{\text{III}}$.

Семантические связи между извлеченными понятиями текста определяются через предикат P , связывающие категории наличия предлога после предиката,

существование апострофа, определяющего притяжательный падеж, расположения понятия, факт связи которого определяется, наличия глагола *to be* и формы основного глагола:

$$P(x, y, z, m, p) \rightarrow P(x) \wedge P(y) \wedge P(z) \wedge P(m) \wedge P(p). \quad (1)$$

Зададим на декартовом квадрате множества $S * S$ предикат $\gamma(x_n, y_n, z_n, m_n, p_n)$, принимающий значение 1, если комплекс выбранных категорий для фразы n формирует некоторые семантические связи понятий триплета, т.е. формирует некий факт, и значение 0 в противном случае. Таким образом, отношения грамматических элементов английского предложения, идентифицирующих некоторый факт, можно задать формулой:

$$P(x, y, z, m, p) = \gamma_k(x, y, z, m, p) \wedge P(x) \wedge P(y) \wedge P(z) \wedge P(m) \wedge P(p). \quad (2)$$

Практически никогда подмножество согласующихся категорий информации, выражающей факты, не совпадает с декартовым произведением на множестве грамматических признаков. Грамматические категории, которые в своей конъюнкции не формируют семантические связи и соответственно факты, исключаются из формулы (1) множителем $\gamma_k(x_n, y_n, z_n, m_n, p_n)$, $k \in [1; h]$, где h — количество, принятых к рассмотрению в системе типов фактов.

В процессе реализации модели был определен набор глаголов, соответствующих центральной части триплета идентифицируемых типов фактов. Одним из рассмотренных типов фактов является утверждение об обладании, приобретении (или наличии) у некоторой сущности субъекта некоторой сущности объекта. Такое утверждение в англоязычных текстах будет определяться предикатами (глаголами), заранее определенными в базе данных: *have, purchase, buy, acquire, get, gain, obtain*.

В соответствии с формулой (2) семантическая связь, выделяющая субъект триады данного утверждения будет определяться следующим предикатом:

$$\gamma_1(x_n, y_n, z_n, m_n, p_n) = z^{\text{out}} y^{\text{out}} x^f m^{\text{out}} p^I \vee z^{\text{out}} y^{\text{out}} x^f m^{\text{out}} p^{II} \vee z^{\text{out}} y^{\text{out}} x^f m^{\text{out}} p^{\text{ed}} \vee z^{\text{by}} y^{\text{out}} x^l p^{\text{ed}} (m^{\text{is}} \vee m^{\text{are}} \vee m^{\text{havb}} \vee m^{\text{hasb}} \vee m^{\text{hadb}} \vee m^{\text{was}} \vee m^{\text{were}}) \vee z^{\text{by}} y^{\text{out}} x^l p^{III} (m^{\text{is}} \vee m^{\text{are}} \vee m^{\text{havb}} \vee m^{\text{hasb}} \vee m^{\text{hadb}} \vee m^{\text{was}} \vee m^{\text{were}}) \quad (3)$$

Объект данного факта будет явным образом выделен из предложения с помощью предиката, соответствующего конъюнкции предметных переменных грамматических категорий членов предложения:

$$\gamma_2(x_n, y_n, z_n, m_n, p_n) = z^{\text{out}} y^{\text{out}} x^l m^{\text{out}} p^I \vee z^{\text{out}} y^{\text{out}} x^l m^{\text{out}} p^{\text{ed}} \vee z^{\text{out}} y^{\text{out}} x^l m^{\text{out}} p^{II} \vee z^{\text{out}} y^{\text{out}} x^f p^{III} (m^{\text{is}} \vee m^{\text{are}} \vee m^{\text{havb}} \vee m^{\text{hasb}} \vee m^{\text{hadb}} \vee m^{\text{was}} \vee m^{\text{were}}) \vee z^{\text{out}} y^{\text{out}} x^f p^{\text{ed}} (m^{\text{is}} \vee m^{\text{are}} \vee m^{\text{havb}} \vee m^{\text{hasb}} \vee m^{\text{hadb}} \vee m^{\text{was}} \vee m^{\text{were}}) \quad (4)$$

Ко второму виду фактов, связанных с теми же глаголами можно отнести определение атрибутов времени, места, способа действия и т.д. Например, факт времени осуществленного действия выделяется из предложения с помощью предиката

$$\gamma_3(x_n, y_n, z_n, m_n, p_n) = z^{\text{on}} x^{\text{kos}} y^{\text{out}} m^{\text{out}} \vee z^{\text{in}} x^{\text{kos}} y^{\text{out}} m^{\text{out}} \vee z^{\text{at}} x^{\text{kos}} y^{\text{out}} m^{\text{out}} \quad (5)$$

Дополнительным лингвистическим условием выражения семантических

связей, определяющей атрибутивный факт места осуществления действия является представление объекта триплета факта в именем собственным (обычно графически выражаемым с большой буквы), так как в данном факте интерес представляет именно населенный пункт, а не местоположение, как например, *in mansion*.

Факт принадлежности или собственности объекта некоторому субъекту выделяется из предложений с вышперечисленными глаголами, но определяется следующим предикатом

$$\gamma_3 (x_n, y_n, z_n, m_n, p_n) = z^{\text{out}} x^{\text{f}}(y^{\text{ap}} \vee y^{\text{aps}}) \quad (6)$$

Программная имплементация модели

Программная имплементация модели представляет собой веб-приложение, анализирующие текст или список анализируемых текстовых файлов. Извлеченная системой фактографическая информация представляется пользователю форме диалогового окна (рис. 2).

Программа отображает извлеченную фактографическую информацию в виде факта и первичных предложений, из которых данный факт был извлечен. В поле “*Fact is*” представлено извлеченное утверждение

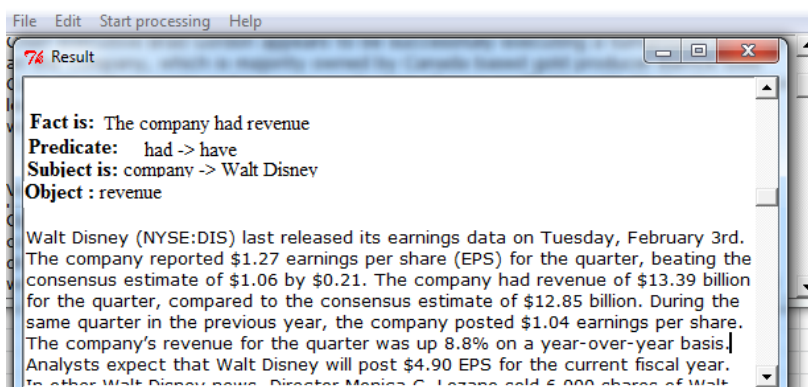


Рис. 2 – Фрагмент диалогового окна результата работы программы

в виде триплета; в поле “*Predicate*” представлен извлеченный глагол и его каноническая форма; в полях “*Subject*” и “*Object*” соответственно извлеченные субъект и объект триплета. Кроме того, извлеченные названия сущностей анализируются по базе данных гипонемических отношений экономических терминов и подвергаются анализу, устанавливающему анафорические ссылки (рис. 1).

Идентифицированные факты записывается последовательно, перед абзацем текста, из которого он извлекается. Факты деятельности располагаются в порядке значимости, определенной системой.

Выводы. Результатом данного исследования является разработка логико-лингвистической модели извлечения фактов из слабоструктурированных текстов на английском языке. Используемая технология идентификации и экстракции фактов, основывающаяся на использовании специальных семантико-лингвистических методов, включающих специализированный лингвистический процессор, учитывающий как анафорические ссылки, так и словоизменительные формы, позволяют получить полноту и точность получаемого фактографического пространства, сравнимую с экспертными оценками.

Список литературы: 1. Киселев, С. Модель информационной системы бизнес-разведки [Электронный ресурс] / С. Киселев. – Открытые системы #05-06/2005. Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2005/05-06/185595/> 2. Andersen, P. M. Knowledge engineering for the JASPER fact extraction system. [Text] / Andersen, P. M., Huettner A. K. // Integrated Computer-Aided Engineering. – 1 (6), 1994. – P. 473–493. 3. Ландэ, Д. В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы [Текст] / Д. В. Ландэ, А. А. Снарский, И. В. Безсуднов. – М.: Либроком

(Editorial URSS), 2009. – 264 с. **4.** Fader, A. Identifying relations for open information extraction. [Text] / Fader, S. Soderland, O. Etzioni. // Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. – Edinburgh, Scotland, 2011. – P. 1535 – 1545. **5.** Барахнин, В. Б. Проблемы разработки технологии фактографического поиска [Текст] / В. Б. Барахнин, А. М. Федотов. – М.: Институт вычислительных технологий СО РАН, 1980. – 150 с. **6.** Baeza-Yates, R. Modern Information Retrieval. [Text] / R. Baeza-Yates, B. Ribeiro-Neto // Addison-Wesley, 1999. — 340 p. **7.** Ritter, A. Named entity recognition in tweets: an experimental study. [Text] / A. Ritter, S. Clark, K. Mausam, O. Etzioni // Proceedings of the 2011 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Association for Computational Linguistics. – Edinburgh/Scotland, 2011. – P. 1524–1534. **8.** Филлмор, Ч. Дело о падеже открывается вновь // Новое в зарубежной лингвистике [Текст] / Ч. Филлмор. – М.: Изд. иностр. лит., 1981, вып. 10. – С. 496-530. **9.** Хайрова, Н. Ф. Використання логіко-алгебраїчної моделі семантичних відмінків для семантичного аналізу речення [Текст] / Н. Ф. Хайрова // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2012.- Вип. № 38. – С. 239 – 245. **10.** Бондаренко, М. Ф. Теория интеллекта [Текст] / Бондаренко М. Ф., Шабанов-Кушнаренко Ю. П. // Харьков: Комп. СМІТ, 2007. – 576 с.

Bibliography (transliterated): **1.** Kiselev, S. (2015). Model of information system business dissolve. Otkritie sistemi. #05-06/2005: <http://www.osp.ru/os/2005/05-06/185595/> **2.** Andersen, P. M., Huettner, A. K. (1994). Knowledge engineering for the JASPER fact extraction system. Intrgated Computer-Aided Enginrereng. – 1 (6), 473–493. **3.** Lande, D. V., Snarskiy, A. A., Bezsudnov, I. V. (2009). Internetika: Navigation in complex networks: models and algorithms. Moskow: Libkom (Editorial URSS). **4.** Fader, S. Soderland, O. Etzioni, A. (2011). Identifying relations for open information extraction. Conference on Empirical Methods in Natural Language Processings. Edinburgh, Scotland, 1535–1545. **5.** Barahnin, V. B., Fedotov, A. M. (1980). Problems of development of technology factual search. Moscow: Institute of Computational Technologies. **6.** Baeza-Yates, R., Ribeiro-Neto, B. (1999). Modern Information Retrieval. Addison-Wesley. **7.** Ritter, A., Clark, S., Mausam, K., Etzioni, O. (2011). Named entity recognition in tweets: an experimental study. Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Association for Computational Linguistics. – Edinburgh/Scotland, 1524–1534. **8.** Charles, J. Fillmore (1968). The Case for Case. In Bach and Harms (Ed.): Universals in Linguistic Theory. New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1-88. **9.** Khairova, N. (2012). Using logic-algebraic model of semantic rules for semantic analysis of the sentence. Kiev: Zbirnik naukovich prach Viyskovogo institutu, Vol. 38, 239 – 245. **10.** Bondarenko, M. F., Shabanov-Kushnarenko, U. P. (2007). The theory of intelligence. Kharkov: SMIT Comp.

Надійшла (received) 21.02.2015

УДК 004.912

О. В. ЛОЗИНСЬКА, асистент, НУ «Львівська політехніка»;

М. В. ДАВИДОВ, канд. техн. наук, доц., НУ «Львівська політехніка»

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГРАМАТИЧНО-ДОПОВНЕНОЇ ОНТОЛОГІЇ

Дослідження відомих методів вирішення проблеми багатозначності слів з використанням онтологій показало, що відомі методи обмежені лише контекстом слова і не надають додаткових переваг для граматичного і семантичного розбору речення. Для вирішення цієї проблеми розроблено математичну модель граматично-доповненої онтології. Ця модель використана для граматичного розбору речень української мови. Отримані результати показали адекватність розробленої моделі, але її використання вимагає наповнення словників нового типу.

Ключові слова: українська жестова мова, онтологія, граматично-доповнена онтологія, синсет.

© О. В. ЛОЗИНСЬКА, М. В. ДАВИДОВ, 2015

Вступ. Проблема розроблення комп'ютеризованої системи перекладу жестової мови вже довгий час є об'єктом дослідження науковців [1]. Вирішення цієї проблеми надасть нові можливості для спілкування людей із вадами слуху. Задача перекладу української жестової мови (УЖМ) на українську словесну мову (УСМ) належить до задач комп'ютерного перекладу.

Однією з проблем, яка виникає при перекладі з однієї мови на іншу, є проблема усунення багатозначності слів, тобто вибору одного з можливих значень слова, перерахованих в лінгвістичному ресурсі. Не зважаючи на численні евристичні методи вирішення цієї проблеми, серед яких методи навчання з вчителем, що використовують розмічені корпуси, та без вчителя [2], методи на основі знань [3], проблема усунення багатозначності досі не вирішена повністю, оскільки вирішення даної проблеми вимагає структурування знань людини з різних предметних областей для кожної з мов перекладу.

Довгий час джерелом знань для систем перекладу були тлумачні та двомовні словники [4]. Через те, що тлумачні словники не володіють необхідною повнотою і структурою для вираження семантичних зв'язків між словами і поняттями, замість них почали використовувати онтологічні словники [3]. Сучасні онтологічні словники містять не лише конкретні значення слів, а й лексичні (антонімія, слова-відношення, номіналізація та ін.) та семантичні (гіперонімія/ гіпонімія, меронімія/голонімія та ін.) зв'язки між ними, що дає змогу використовувати їх для усунення багатозначності слів на основі цих зв'язків.

Проте, онтологічні словники не описують в повній мірі мовні конструкції для вираження семантичних зв'язків між поняттями, що зумовлює необхідність розроблення більш деталізованих моделей.

У статті описано нову модель граматично-доповненої онтології (ГДО) а також подано приклади її використання для граматичного та семантичного розбору речень української мови. Робота є частиною проекту з розроблення системи двостороннього перекладу української жестової мови.

Аналіз відомих досліджень та постановка проблеми. Для більш повного використання онтологічних словників в системах машинного перекладу необхідно розробити математичну модель для створення засобів вираження семантичних зв'язків у формі конструкцій речення.

Для вирішення цієї проблеми необхідно, щоб онтологія була доповнена інформацією про граматичні зв'язки. Для використання у системах перекладу граматично-доповнена онтологія повинна містити додаткові засоби для:

–вираження граматичних атрибутів слів (граматичної категорії, граматичного значення);

–опису основних граматичних конструкцій та їх зв'язку з поняттями.

Для практичного втілення граматично-доповненої онтології треба розробити математичну модель даної онтології, що є предметом цієї статті.

Сьогодні для структурування знань із різних предметних областей використовуються онтології. Онтології використовуються для формальної специфікації понять і відносин, які характеризують певну галузь знань. Перевагою онтологій як способу подання знань є їх формальна структура, яка спрощує комп'ютерне опрацювання [5].

Відомі роботи з розроблення онтологій як спеціалізованих, для опису окремих

предметних галузей, так і загальних, для опису загальноновживаних понять мови. Наприклад, розроблені онтології у галузі медицини (Gene Ontology для анотації біомедичних даних [6], система уніфікованої медичної мови (UMLS, the Unified Medical Language System) [7], онтологія у галузі товарів та послуг UNSPSC [8] та ін.

Загальні онтології широко використовуються для досліджень в області комп'ютерної лінгвістики. До таких онтологій належать WordNet для англійської мови [9], MultiWordNet project для італійської мови [10], BalkaNet project для шести європейських мов (болгарської, чеської, грецької, румунської, турецької та сербської) [11] та інші.

Для української мови розробленням WordNet-подібного словника для частини іменників займаються вчені Кульчицький І.М. та ін. [12]. У результаті дослідження вченими розроблено фрагмент WordNet-подібного словника української мови, в якому реалізовано 194 синсети, пов'язані між собою зв'язками гіпо-/гіперонімії, антонімії, а також додатково зв'язками меронімії/голонімії.

Створенням української онтологічної лексико-семантичної бази знань UkrWordNet (UWN) займаються науковці Київського національного університету імені Тараса Шевченка [13]. На даний момент онтологія містить близько 80000 концептів.

Онтології широко використовуються для вирішення проблеми багатозначності слів. У роботі [3] вчені А. Романюк та ін. дослідили проблему вирішення лексичної багатозначності та проаналізували основні методи її розв'язання. Вченими обрано методи на основі знань, досліджено сучасні інформаційні ресурси та встановлено, що мережа WordNet надає найбільше можливостей для автоматичного розрізнення значень слів.

При використанні відомих онтологій для усунення багатозначності слів використовуються статистичні моделі у яких враховується частота появи слів разом у певному контексті [2]. Такий підхід може забезпечити якісний переклад лише за умови використання великих навчальних корпусів. Використання онтологій для перекладу між мовами, для яких немає великих двомовних корпусів, вимагає розроблення альтернативного підходу, який зорієнтований на граматичні зв'язки та їх семантичне значення. Авторам не відомі роботи у яких моделі загальних онтологій доповнені такими граматичними зв'язками.

Математична модель граматично доповненої онтології. У літературі відомі декілька альтернативних моделей онтологій [14].

За основу обрано математичну модель онтології з [15], визначену як множину $O = \langle L, C, F, R_c \rangle$, де $L = \{w_i\}$ – словник термінів предметної області, $C = \{c_i\}$ – множина понять (концептів), $F \subset L \times C$ – відношення відповідних термінів та понять, R_c – множина відношень на множині понять (гіпонімії, гіперонімії, меронімії, голонімії і т. д.).

Означимо математичну модель граматично-доповненої онтології як множину

$$O_G = \langle O, P, S, T, R_p \rangle,$$

де $P = \{p_i\}$ – множина предикатів; $S = \{s_i\}$ – множина висловлювань, які можуть бути задані переліком або граматикою, де $s_i = ((w_1, g_1), (w_2, g_2), \dots, (w_n, g_n))$ – рядок граматично-доповнених термінів, $n = \text{Len}(s_i)$ – довжина рядка, (w_i, g_i) – граматично-доповнений

термін; $T = \{t_i\}$ – множина параметризованих висловлювань, де $t_i = (s_k, f_i)$ – пара висловлювання-функція параметризації; $f_i : \{1, 2, \dots, Len(s_i)\} \rightarrow \{0, 1, \dots, r\}$ – функція параметризації, r – кількість параметрів параметризованого висловлювання t_i , $f(k) > 0$ означає, що відповідний термін у позиції k є параметром з номером $f(k)$, і може бути замінений на інший термін із множини гіпонімів; $I \subset T \times P$ – відношення інтерпретації між параметризованими висловлюваннями і предикатами; R_p – множина відношень на множині предикатів (гіпонімії, гіперонімії, меронімії і т. д.).

Таке означення граматично-доповненої онтології дає змогу виражати зв'язок між поняттями, предикатами і засобами їх вираження у вигляді мовних конструкцій. Наприклад, розглянемо предикат «вчити (кого, чому)». Застосуємо його у реченні «Я вчу школярів математиці». Це речення можна побудувати і таким чином «Я вчу математиці школярів». Таке речення не відповідає параметризованому висловлюванню згідно наведеної математичної моделі граматично-доповненої онтології, тому що ми можемо поміняти параметри місцями (у наведеному прикладі, параметри «кого, чому»). Під параметризованим розуміємо таке висловлювання, у якому параметри пронумеровані і відповідають номерам предметних змінних предикату. Наприклад, предикату «вчити (суб'єкт, кого, чому)» відповідає параметризоване висловлювання «1.хто вчити 2.кого 3.чому». Даному параметризованому висловлюванню, як приклад, відповідає речення «Я вчу школярів математиці». Враховуючи граматично-доповнені терміни у онтології, запишемо дане параметризоване висловлювання з використанням відмінків (позначено С, casus) для параметрів предикату «1.С1 вчити 2.С4 3.С3». Цифри зліва від літери С позначають позицію параметра у параметризованому висловлюванні, а цифри справа позначають номер відмінка в українській мові (називний – 1, родовий – 2, давальний – 3, знахідний – 4, орудний – 5, місцевий – 6, кличний – 7). У реченні деякі параметри можуть опускатися. Наприклад, у реченні «Я вчу школярів» відсутній третій параметр «чому» висловлювання, який відповідає предикату «вчити (суб'єкт, кого, чому)».

Крім того, предикат «вчити» вживається й у іншому значенні «вчити що» (вивчати). У даному випадку, згідно наведеної математичної моделі граматично-доповненої онтології запишемо його так: «вчити (суб'єкт, що)», якому відповідає параметризоване висловлювання «1.С1 вчити 2.С4». Наприклад, речення «Я вчу вірш» відповідає даному предикату.

Серед відношень на множині предикатів, розглянемо відношення гіпонімії/гіперонімії. Наприклад, у реченнях «Я вчу школярів математиці» та «Я вчу людей математиці» між поняттями «школяр» та «людина» встановлено відношення гіпонімії/гіперонімії (поняття «школяр» є гіпонімом поняттю «людина»). Дерево семантично-синтаксичного розбору для даних речень, коли розбір відповідає онтології (вага більша за 1), зображено на рис. 1, а. Отже, за допомогою відношень між поняттями у граматично-доповненій онтології на місця параметризованих змінних можна поставити лише правильні по змісту поняття. Таким чином, речення «Я вчу дошку математиці» згідно наведеної граматично-доповненої онтології є некоректним і для цього речення дерево синтаксичного розбору відповідає звичайному синтаксису речення (вага дорівнює 1) та зображено на рис. 1, б.

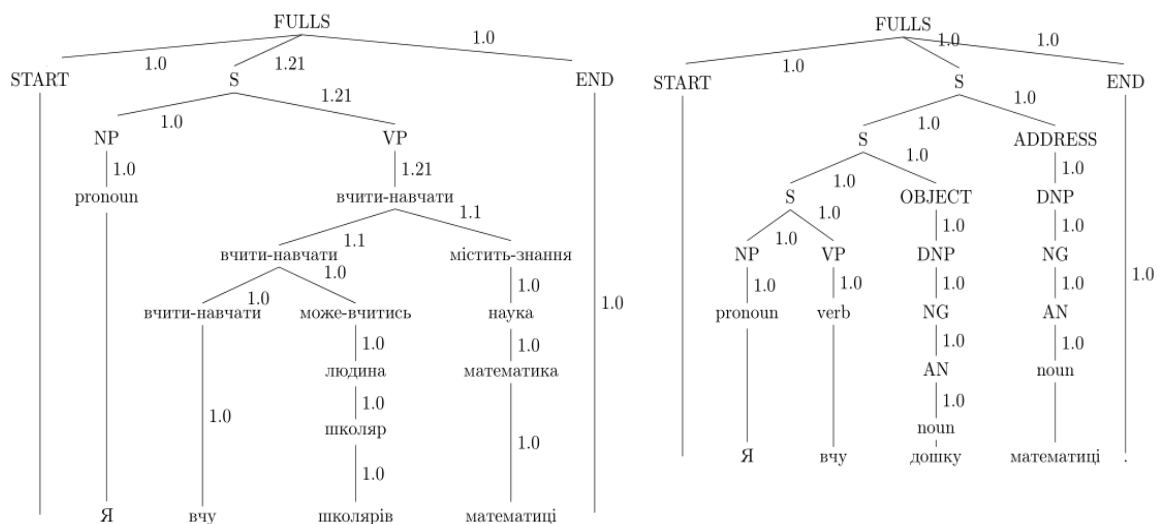


Рис. 1 – Древа синтаксичного розбору для речень: а – «Я вчу школярів математиці» та «Я вчу людей математиці»; б – «Я вчу дошку математиці»

Відношення меронімії/голонімії у граматично-доповненій онтології відображає відношення «частина-ціле». Це відношення властиве іменникам. Наприклад, двері є частиною (меронімом) будинку. Отже, у предикаті «1.C1 заходити у 2.C4» у якості параметра на 2 позиції можна підставити термін «двері» або термін «будинок».

Висновки. У статті розроблено математичну модель граматично-доповненої онтології. Дана математична модель забезпечує можливість введення в онтологію граматичних категорій та граматичних значень, які виражені граматичними формами.

Застосування розробленої математичної моделі у парсері української мови на основі ймовірнісних афікських контекстно-вільних граматик дало змогу отримати семантичний розбір речення за умови відповідності речення правилам онтологічного словника.

Подальші дослідження будуть спрямовані на автоматизацію побудови граматично-доповненого онтологічного словника і розширення можливостей системи автоматизованого розбору речень.

Список літератури: 1. *Bungeroth, J.* Statistical Sign Language Translation / *J. Bungeroth, H. Ney* // Proc. LREC 2004, Workshop proceedings: Representation and Processing of Sign Languages. – Lisbon, Portugal. – 2004. – P. 105–108. 2. *Navigli, R.* Word Sense Disambiguation: A Survey / *R. Navigli* // ACM Computing Surveys, ACM Press, 2009. – № 41(2). – P. 1– 69. 3. *Романюк, А. Б.* Методи вирішення лексичної багатозначності. Використання WORDNET для вирішення проблем багатозначності / *А. Б. Романюк, І. А. Сундуютова, М. М. Романишин* // Вісник НУ "ЛПІ" "Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика" – 2011. – № 711. – С. 147–157. 4. *Кобрицов, Б. П.* Снятие семантической многозначности глаголов с использованием моделей управления, извлеченных из электронных толковых словарей. – Режим доступа : <http://download.yandex.ru/IMAT2007/kobricov.pdf>. – Дата звертання : 20 лютого 2015. 5. *Вороной, А. С.* Використання онтологій для підвищення якості пошуку інформації для поповнення баз знань інтелектуальних систем / *А. С. Вороной* // Матеріали Міжн. наук.-техн. конференції «Комп'ютерні науки і інженерія 2009». – Lviv: Львівська політехніка, 2009. – С. 364–366. 6. *Brochhausen, M.* Establishing and Harmonising Ontologies in an Interdisciplinary. Health Care and Clinical Research Environment. – Режим доступа : <http://ontology.buffalo.edu/medo/eHealth.pdf>. – Дата звертання : 15 лютого 2015. 7. *Kumar, A.* The Unified Medical Language System and the Gene

Ontology: Some Critical Reflections / A. Kumar, B. Smith // In: KI 2003: Advances in Artificial Intelligence. – Berlin: Springer, 2003. – P. 135–148. **8.** Проект UNSPSC. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: unspsc.org. – Дата звертання : 30 січня 2016. **9.** Al-Halimi, R. WordNet: An Electronic Lexical Database / R. Al-Halimi, R. C. Berwick, J. F. Burg // Edited by Christiane Fellbaum. – Cambridge, MA: MIT Press, 1998. – 422 pp. **10.** Pianta, E. MultiWordNet: Developing an aligned multilingual database / E. Pianta, L. Bentivogli, C. Girardi // In Proc. of the 1st International Conference on Global WordNet. – Mysore, India, 2002. – P. 21–25. **11.** Tufis, D. Balkanet: Aims, methods, results and perspectives. A general overview / D. Tufis, D. Cristea, S. Stamou // Romanian J. Sci. Tech. Inform. (Special Issue on Balkanet). – 2004. – № 7(1-2). – P. 9–43. **12.** Кульчицький, І. М. Розроблення wordnet - подібного словника української мови / І. М. Кульчицький, А. Б. Романюк, Х. Б. Харів // Вісник Національного університету "Львівська політехніка": Інформаційні системи та мережі. – 2011. – № 673. – С. 306–319. **13.** Анісімов, А. В. UWN: Універсальна онтологічна база знань української мови / А. В. Анісімов, О. О. Марченко, А. О. Никоненко // Проблеми програмування. – 2012. – № 2-3. – С. 348–355. **14.** Антонов, І. В. Модель онтології предметної області для систем семантично-орієнтованого доступу / І. В. Антонов // Труды Псковского политехнического института. Электротехника. Машиностроение. – 2011. – № 14.3. – С. 339–343. **15.** Захарова, І. В. Способи автоматического построения онтологий для задач анализа текстов / І. В. Захарова, М. С. Тимченко // Знання – Онтології – Теорії»: труды Всероссийск. конф. 30НТ-09. – Новосибирск, 2009. — Т. 2. – С. 164–167.

Bibliography (transliterated): **1.** Bungeroth, J., Ney, H. (2004). Statistical Sign Language Translation. Proc. LREC 2004, Workshop proceedings: *Representation and Processing of Sign Languages*. Lisbon, Portugal, 105–108. **2.** Navigli, R. (2009). Word Sense Disambiguation: A Survey. *ACM Computing Surveys*, ACM Press, 41(2), 1–69. **3.** Romanyuk, A. B., Sundutova, I. A., Romanishin, M. M. (2011). Metodi virishennya leksichnoї bagatoznachnosti. Viktoristannya WORDNET dlya virishennya problem bagatoznachnosti. *Visnik NU "LP" "Komp'yuterni sistemi proektuvannya. Teoriya i praktika"*, 711, 147–157. **4.** Kobricov, B. P. Snyatie semanticheskoy mnogoznachnosti glagolov s ispolzovaniem modelej upravleniya, izvlechennyx iz elektronnyx tolkovyx slovarej. – Rezhim dostupu : <http://download.yandex.ru/IMAT2007/kobricov.pdf>. – Data zvertannya : 20 lyutogo 2015. **5.** Voronov, A. S. (2009). Viktoristannya ontologij dlya pidvishhennya yakosti poshuku informacii dlya popovnennya baz znan intelektualnix system. *Materiali Mizhn. nauk.-texn. konferencii «Komp'yuterni nauki i inzheneriya 2009»*. L.: Lvivska politexnika, 364–366. **6.** Brochhausen, M. (2015). Establishing and Harmonising Ontologies in an Interdisciplinary. Health Care and Clinical Research Environment. Rezhim dostupu : <http://ontology.buffalo.edu/medo/eHealth.pdf>. **7.** Kumar, A., Smith, B. (2003). The Unified Medical Language System and the Gene Ontology: Some Critical Reflections. In: *KI 2003: Advances in Artificial Intelligence*. Berlin: Springer, 135–148. **8.** Проект UNSPSC.(2016). Rezhim dostupu: unspsc.org. **9.** Al-Halimi, R., Berwick, R. C., Burg, J. F. (1998). WordNet: An Electronic Lexical Database. Edited by Christiane Fellbaum. Cambridge, MA: MIT Press, 422. **10.** Pianta, E., Bentivogli, L., Girardi, C. (2002). MultiWordNet: Developing an aligned multilingual database. In *Proc. of the 1st International Conference on Global WordNet*. Mysore, India, 21–25. **11.** Tufis, D., Cristea, D., Stamou, S. (2004). Balkanet: Aims, methods, results and perspectives. A general overview. *Romanian J. Sci. Tech. Inform. (Special Issue on Balkanet)*, 7(1-2), 9–43. **12.** Kulchickij, I. M., Romanyuk, A. B., Hariv, X. B. (2011). Rozroblennya wordnet - podobnogo slovnika ukraїnskoї movi. *Visnik Nacionalnogo universitetu "Lvivska politexnika": Informacijni sistemi ta merezhi*, 673, 306–319. **13.** Anisimov, A. V. Marchenko, O. O., Nikonenko, A. O. (2012). UWN: Universalna ontologichna baza znan ukranskoї movi. *Problemi programuvannya*, 2-3, 348–355. **14.** Antonov, I. V. (2011). Model ontologii predmetnoj oblasti dlya sistem semanticheskii-orientirovannogo dostupa. *Trudy Pskovskogo politexnicheskogo instituta. Elektrotexnika. Mashinostroenie*, No14.3, 339–343. **15.** Zaxarova, I. V., Timchenko M. S. (2009). Sposoby avtomaticheskogo postroeniya ontologii dlya zadach analiza tekstov. *Znaniya – Ontologii – Teorii* : trudy Vserosijsk. konf. 30НТ-09. Novosibirsk, V2, 164–167.

Поступила (received) 27.02.2015

Т. А. ШУМАКОВА, канд. техн. наук, доц., Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Северодонецк

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ОТБЕЛЕННЫХ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ЧУГУНОВ

В статье представлены результаты исследований влияния на производительность процесса механической обработки деталей из отбеленных высоколегированных чугунов материала сменных пластин резцов. Установлено, что при выполнении черновой вальцетакарной операции резцы, режущая часть которых оснащена пластинами из кубического нитрита бора аллотропной модификации – гексанит обладают в 3 раза большей стойкостью, чем резцы, оснащенные пластинами из ВКЗМ.

Ключевые слова: механическая обработка деталей, отбеленный высоколегированный чугун, гексанит, режимы резания, резец.

Введение. Прокатный валок – важнейший и уникальный инструмент металлургического производства, от качества отливки и механической обработки которого зависит качество, и количество прокатанного металла.

Прокатный передел, являясь завершающим в полном металлургическом цикле, занимает в промышленности особое место. Он обеспечивает продукцией проката предприятия машиностроительной, судостроительной, тепло-зостроительной, автомобилестроительной и других отраслей промышленности.

Одним из перспективных способов получения заготовок прокатных валков является центробежное литье в металлические формы-изложницы. Данный способ литья выгодно отличается значительными технико-экономическими преимуществами, основными из которых являются: экономия металла, энергоносителей и длительная продолжительность производственного цикла. Срок службы двухслойных центробежных хромоникелевых валков в чистовых клетях непрерывных листовых станов в 1,2-1,3 раз больше, чем отлитых обычным способом, кроме этого высокохромистые центробежные валки показали исключительно высокую стойкость [1, 2]. Из анализа работ авторов [3-5] становится очевидным то, что применение данного способа литья значительно затрудняет их механическую обработку, поскольку увеличивается твердость валков, глубина отбеленного слоя чугуна, изменяется химический состав легирующих элементов, увеличиваются глубина литейной корки. При этом, как указывают авторы [3, 4], использовать общемашиностроительные нормативы при обработке не представляется возможным, т.к. они не содержат сведений для определения режимов резания и стойкости резца для случаев обработки отбеленных высоколегированных чугунов.

В технологической цепочке обработки прокатного валка, полученного центробежным способом литья, наиболее трудоемкой операцией является – черновое точение по литейной корке. Это объясняется тем, что в структуре литейной корки содержится большое количество твердых составляющих ледебурита и

цементита, а также наличием пригаров, раковин, трещин [4].

Как указывается в работах [3, 5] повышенная твердость литейной корки и наличие вышеперечисленных дефектов отливки при механической обработке приводит к интенсивному износу режущего инструмента и преждевременному выходу его из строя из-за сколов и выкрашиваний твердосплавных пластин.

Для решения поставленной проблемы и в целях совершенствования механической обработки деталей, полученных способом центробежного литья, исследователями [6–8] было намечено два направления. Первое – применение нагрева припуска на обработку, создающего более благоприятные условия для работы инструмента и, второе – это применение высокопроизводительных инструментальных материалов, разработка и внедрение режущего инструмента улучшенных конструкций, значительное повышение его стойкости.

В первом направлении наиболее распространенными способами, позволяющими осуществлять локальный нагрев металла в зоне стружкообразования, дуговой, электроконтактный, индукционный и плазменный [6].

Применение того или иного метода предварительного нагрева срезаемого слоя определяется требованиями, предъявляемыми к изготовлению деталей. Известно, например, что применение токов высокой частоты при обработке чугуновых валков с отбеленным слоем может привести к появлению сетки трещин на его поверхности, а использование электродугового метода приводит к выгоранию легирующих элементов [7]. Индукционный способ нагрева токами промышленной частоты, хотя и обеспечивает повышение производительности обработки в 3-5 раз, требует модернизации станка и оборудования его узлов мощной системой охлаждения [8].

Наиболее перспективным из перечисленных выше методов, является плазменно-механический, сущность которого заключается в разупрочнении металла, прилегающего к поверхности резания перед резцом, и механическом срезании разупрочненного слоя режущим инструментом [6]. Разупрочнение осуществляется в результате теплового воздействия плазменной дуги и струи нагретых газов. Сложность выполнения данной операции заключается в том, что углы установки плазматрона относительно поверхности резания должны быть такими, чтобы расплавленный металл выдуваемый потоком плазменной дуги, не забрызгивал обработанную поверхность, был бы направлен в сторону от режущего инструмента и не создавал опасность обслуживающему персоналу [6]. Недостатком данного способа обработки является повышенный шум (свыше 85 дБ.), энергоемкость, а также тот факт, что при снятии неравномерного припуска в некоторых местах разогретый слой может быть снят не полностью, что приводит к появлению зоны термического напряжения на обработанной поверхности. Таким образом, плазменно-механическая обработка деталей, полученных методом центробежного литья, хотя и способствует повышению производительности труда станочников, но пока широкого распространения не получила.

Второй перспективный метод повышения производительности предусматривает разработку и внедрение резцов с механическим креплением неперетачиваемых многогранных пластин твердого сплава с износостойкими покрытиями, повышающими их стойкость в 2-3 раза и более [6]. Это приобретает

особое значение в условиях острого дефицита основных легирующих элементов, входящих в состав быстрорежущих сталей и твердых сплавов – вольфрама, кобальта, тантала и др.

Более перспективными являются поликристаллические сверхтвердые материалы, получаемые путем вторичного спекания при высоких давлениях и температуре микропорошков как из синтетических алмазов, так и из кубического нитрида бора, работающих на высоких скоростях резания и применяемых для обработки закаленных сталей, твердых сплавов и других труднообрабатываемых материалов (рис. 1, а, б) [6, 9].

На сегодняшний день при механической обработке отбеленных чугуновых валков трудно обеспечить требуемую производительность процесса. До внедрения центробежного способа литья практически весь припуск на

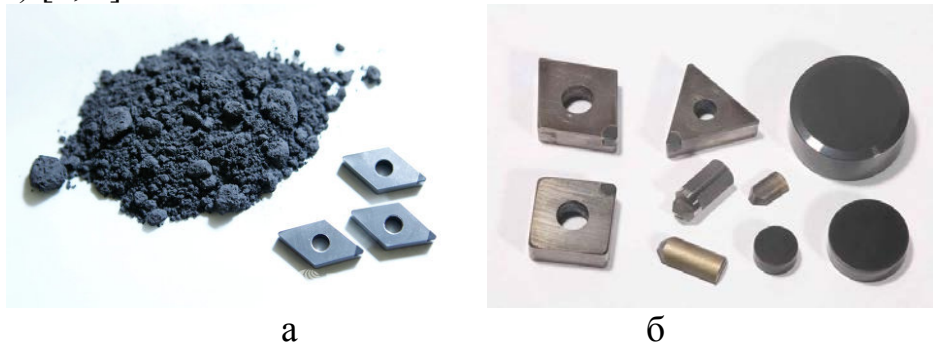


Рис. 1 – Кубический нитрид бора: а – внешний вид нанопорошка; б – внешний вид сменные многогранные пластины

обработку бочки валка снимался шлифовальными кругами для грубой обработки на шлифовальных станах. Но с момента перехода на центробежное литье снятие припуска шлифовальным кругом стало экономически не целесообразным. Это обусловлено тем, что значительно увеличивается расход дорогостоящих шлифовальных кругов и кроме того весь снимаемый припуск высоколегированного чугуна расходуется в шлам. Поэтому очевидным является то, что значительную долю припуска необходимо снимать резцами, при этом на обдирочной грубошлифовальной операции снимается только литейная корка и выявляются дефекты валка (видимые раковины, трещины, инородные литейные включения в теле бочки валка), а значительная доля припуска обрабатывается лезвийным инструментом.

В данный момент на предприятиях Украины задача по обработке валков, отлитых центробежным литьем в металлические формы-изложницы, решается путем применения на черновой вальцетокарной операции традиционно инструмента – резцов оснащенных твердым сплавом, например, ВКЗМ ГОСТ 25395-90. Однако такое решение поставленной задачи имеет ряд недостатков, а именно: большой расход пластин твердого сплава; низкая производительность процесса, из-за низких скоростей и глубины резания; высокая энергоемкость процесса.

Для повышения производительности и более экономичного расхода режущего инструмента, а также энергоресурсов становится целесообразным использование не традиционных пластин из твердого сплава, таких как ВКЗ и ВКЗМ, а поликристаллические сверхтвердые материалы, получаемые путем вторичного спекания при высоких давлениях и температуре микропорошков как

из синтетических алмазов, так и из кубического нитрида бора. Данный инструмент способен работать на высоких скоростях резания, применяемых для обработки закаленных сталей, твердых сплавов и других труднообрабатываемых материалов.

Цель работы. Цель работы – выявление влияния на производительность процесса механической обработки деталей, выполненных из отбеленных высоколегированных чугунов, материала применяемых сменных пластин токарных резцов.

Методика экспериментов. Как уже указывалось ранее, для повышения производительности процесса обработки деталей выполненных из отбеленных высоколегированных чугунов с целью сокращения расхода режущего инструмента, а также экономии энергоресурсов целесообразно использовать поликристаллические сверхтвердые материалы, выполненные из синтетических алмазов или кубического нитрида бора (КНБ).

Для проверки данного утверждения был проведен ряд экспериментальных исследований. Данные исследования были направлены на сравнительную оценку эффективности применения резцов с механическим креплением пластин, выполненных из КНБ, аллотропная модификация – гексанит и традиционных резцов с напаянными пластинами из твердого сплава ВКЗМ.

При проведении экспериментальных исследований в качестве режущего инструмента на черновой вальцетокарной операции были использованы два вида инструментов:

– резцы с напаянными пластинами из ВКЗМ нормаль 01491 (40×18×10 мм) ГОСТ 25395-90 с длиной режущей кромки 40 мм;

– резцы с механическим креплением круглой двусторонней пластины из гексанита Ø20 мм (рис. 2, а, б), выпускаемой компанией «ИнтерВИТ» (г. Киев).

В качестве обрабатываемых заготовок были выбраны литые центробежные валки с твердостью обрабатываемых поверхностей в пределах HSD 74-80 единиц.

Исследования производились на специальных токарных станках

моделей 1А824, 1А825. Варьируемыми параметрами при этом были: твердость бочки, глубина резания, скорость резания, продольная подача. Диапазон измерения режимов резания был выбран следующим:

глубина резания, t	2,5...5,5 мм;
частота вращения шпинделя станка n	2...14 об/мин;
продольная подача, S	0,6...3 мм/об.



Рис. 2 – Внешний вид исследуемых инструментов:
а – резец с механическим креплением сменных пластин;
б – рабочая часть резца с установленной пластиной из гексанита

Обсуждение результатов влияния на производительность механической обработки деталей, выполненных из отбеленных высоколегированных чугунов, материала применяемых режущих пластин.

Результаты экспериментальных исследований стойкости резцов оснащенных пластинами из ВКЗМ и гексанита в зависимости от твердости обрабатываемого материала и режимов резания приведены на графических зависимостях (рис. 3-6).

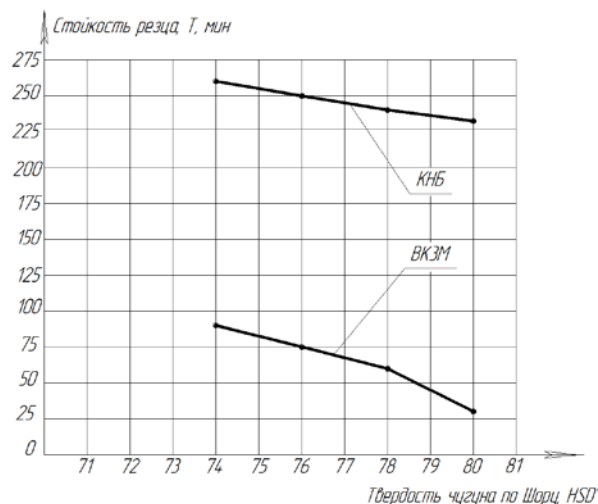


Рис. 3 – Графические зависимости стойкости резцов из ВКЗМ и КНБ модификации гексанит от твердости обрабатываемого материала

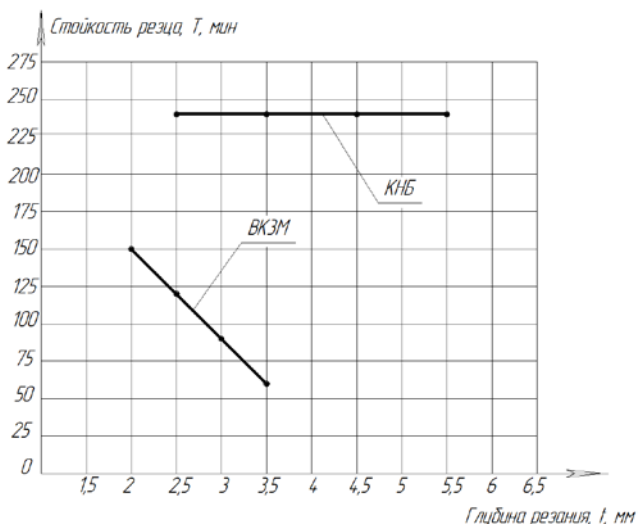


Рис. 4 – Графические зависимости стойкости резцов из ВКЗМ и КНБ модификации гексанит от глубины резания

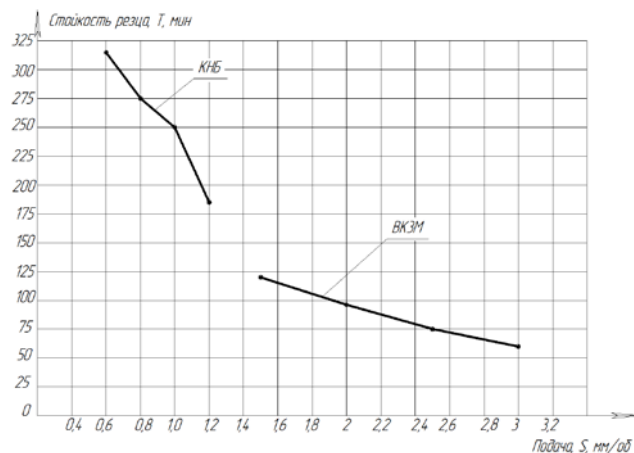


Рис. 5 – Графические зависимости стойкости резцов из ВКЗМ и КНБ модификации гексанит от продольной подачи

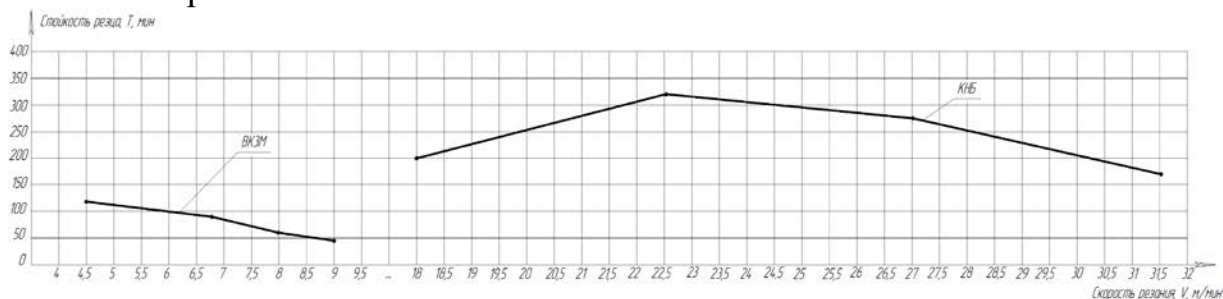


Рис. 6 – Графические зависимости стойкости резцов из ВКЗМ и КНБ модификации гексанит от скорости резания

Из результатов экспериментальных исследований, приведенных на рис. 2 следует, что на стойкость резцов, режущая часть которых оснащена твердым сплавом ВКЗМ значительное влияние оказывает увеличение твердости

обрабатываемого материала и глубины резания. Так, при увеличении твердости чугуна всего на 6 единиц стойкость резцов, уменьшилась с 90 до 30 мин., что составило 66,5 %. Изменение глубины резания с минимальной, значение которой составляло 2 мм, до максимальной – 3,5 мм, при оптимальных подаче $S=2$ мм/об и частоте вращения шпинделя станка $n=3,0$ об/мин привело к ухудшению стойкости резца на 60 %.

Применение новых технологий в инструментальном производстве позволяет решить данную проблему. Результаты экспериментальных исследований показывают, что резец, оснащенный пластинами из гексанита, работает практически с одной и той же стойкостью при увеличении твердости (в исследуемых пределах с 74 до 80 единиц) и глубины резания (с 2,5 до 5,5 мм). При этом стойкость исследуемого резца в 3 раза выше стойкости резца, оснащенного традиционными пластинами, выполненными из ВКЗМ.

Сравнив результаты экспериментальных исследований по определению влияния режимов резания на стойкость резцов с традиционными пластинами из ВКЗМ и новыми исследуемыми пластинами из гексанита следует отметить, что сплав ВКЗМ наиболее производительен на малых скоростях резания ($V=4,5...6$ м/мин) и высоких продольных подачах ($S=2...3$ мм/об). При этом для пластин из гексанита приемлем обратный эффект – высокие скорости резания ($V=23...27$ м/мин) и малые продольные подачи ($S=0,6...0,8$ мм/об). Полученные результаты полностью совпадают с мнением автора [10], отмечающего, что высокопрочный чугун обрабатывают кубическим нитридом бора, заменяя операцию шлифования резанием, или при невозможности получения требуемого качества поверхности с помощью твердого сплава. При этом автор работы [10] рекомендует следующие режимы резания: скорость резания 120-200 м/мин; подачу не менее 0,1 мм/об, а глубину резания 0,1-3 мм, что в значительной мере совпадает с принятыми пределами диапазонами измерения режимов резания, за исключением малых скоростей резания связанных с особо высокой твердостью обрабатываемых поверхностей (до HSD 80 единиц) и наличием в теле бочки таких дефектов, как раковины, трещины, инородные литейные включения и др.

Проведение экономической оценки производительности процесса механической обработки деталей, выполненных из отбеленных высоколегированных чугунов, традиционным и новым исследуемым инструментом на примере прокатных валков, выпускаемых Государственным предприятием «Лутугинский научно-производственный валковый комбинат» показало, что съём металла одной единицей инструмента из гексанита в 4,1 раза больше по сравнению с обработкой ВКЗМ. Применение пластин из гексанита по сравнению с используемыми в данный момент пластинами из ВКЗМ позволяет повысить производительность обработки бочки валков в 3,3 раза.

Полученные результаты исследований еще раз подтверждают утверждение автора статьи [10] о том, что «...При использовании кубического нитрида бора производительность увеличивается в 5-10 раз». Кроме этого нельзя не согласиться с утверждением автора [10] о том, что кубический нитрид бора используют, именно тогда, когда успех операции зависит в первую очередь от стойкости инструмента, при этом возможно как достижение высокого качества, так и уменьшения количества брака.

Выводы. Анализ результатов исследований, направленных на повышение производительности обработки деталей из отбеленных высоколегированных чугунов, полученных центробежным литьем, показал, что на обдирочной грубошлифовальной операции необходимо снимать только литейную корку, а значительная доля припуска следует обрабатывать лезвийным инструментом. Вместе с тем установлено, что одними из наиболее эффективных для чернового точения являются поликристаллические сверхтвердые материалы, получаемые путем вторичного спекания при высоких давлениях и температуре микропорошков из кубического нитрида бора.

Результаты экспериментальных исследований по определению влияния режимов резания на стойкость резцов с напаянными пластинами из ВКЗМ и пластин с механическим креплением, выполненных из КНБ гексанита показали, что съем металла одной единицей инструмента из гексанита в 4,1 раза больше по сравнению с обработкой ВКЗМ. Применение пластин из гексанита по сравнению с используемыми пластинами из ВКЗМ позволяет повысить производительность обработки бочки валков в 3,3 раза. При этом сплав ВКЗМ наиболее производителен на малых скоростях резания ($V=4,5\ldots 6$ м/мин) и высоких продольных подачах ($S=2\ldots 3$ мм/об), а для пластин из гексанита приемлем обратный эффект – высокие скорости резания ($V=23\ldots 27$ м/мин) и малые продольные подачи ($S=0,6\ldots 0,8$ мм/об).

Использование кубического нитрида бора аллотропной модификации – гексанит позволяет достичь не только высокого качества обработки поверхностей деталей, выполненных из отбеленных высоколегированных чугунов, так и уменьшения количества брака при выполнении операций чернового точения бочки прокатных валков.

Список литературы: 1. Балаклеец, И. А. Производство и эксплуатация центробежнолитых прокатных валков ЛГНПВК [Текст] / И. А. Балаклеец, П. П. Долгих, В. Я. Погорелов, В. С. Филиппов, А. В. Шамрин, А. А. Сирота // Журнал «Сталь». – 2008. – №1. – С. 45-47. 2. Budagyants, N. A. High-wear-resistant cast iron for rolls of hot rolling [Текст] / N. A. Budagyants, N. A. Zhizhkina, D. A. Sirota, V. I. Kondratenko, V. P. Saushkin // Proceedings of III international symposium on tribo-fatigue. – Beijing: Hunan University Press, 2000. – P.236-239. 3. Козлов, Н. И. Механическая обработка чугуновых прокатных валков [Текст] / Н. И. Козлов. – М.: Металлургия, 1980. – 80 с. 4. Гунн, Г. С. Обработка прокатных валков [Текст] / Г. С. Гунн, В. Е. Соколов, Н. Н. Огарков. – М.: Металлургия, 1983. – 112 с. 5. Будагьянц, Н. А. Производство и эксплуатация листопркатных валков с рабочим слоем из высоколегированных материалов [Текст] / Н. А. Будагьянц, Н. А. Жижкина, В. И. Кондратенко, Ю. В. Дяченко, И. А. Балаклеец // Труды шестого конгресса прокатчиков. – II том. – Москва: МОО «Объединение прокатчиков», 2005 г. 6. Пуховский, Е. С. Обработка высокопрочных материалов [Текст] / Пуховский Е. С., Гавриш А. П., Грищенко Е. Ю. – Киев: «Техніка», 1983. – 134 с. 7. Zhizhkina, N. The researches of influence of thermal treatment to structure and properties of core of rolls with layer of high alloyed cast iron [Текст] / Nataliya Zhizhkina // ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture (Poland), 2012. – Vol. 12, № 3, p. 169-173. 8. Жижкина, Н. А. Производство центробежнолитых валков с высоколегированным рабочим слоем: монография [Текст] / Н. А. Жижкина. – Луганск: «Ноулидж», 2011. – 167 с. 9. Инструменты из сверхтвердых материалов [Текст] / под. ред. Н. В. Новикова и С. А. Клименко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2014. – 608 с. 10. Тренев, Д. Обработка чугуна резанием [Текст] / Оборудование. – 2007. – http://www.rmo.ru/ru/nmobarudovanie/nmobarudovanie/2007-3/10_11_OTA_03_07.pdf.

Bibliography (transliterated): 1. Balakleets Y. A., Dolhikh, P. P., Pohorelov, V. Ya., Filippov, V. S., Shamrin, A. V., Sirota A. A. (2008). Proyzvodstvo i ekspluatatsyya tsentrobezhnolytykh prokatnykh valkov LHNPK. Zhurnal «Stal», 1, 45-47. 2. Budagyants, N. A., Zhizhkina, N. A., Sirota, D. A., Kondratenko, V. I., Saushkin V. P. (2000). High-wear-resistant cast iron for rolls of hot rolling. Proceedings of III international symposium on tribo-fatigue. Beijing: Hunan University Press, 236-239. 3. Kozlov N. Y. (1980). Mekhanicheskaya obrabotka chuhunnykh prokatnykh valkov. Metallurhiya, 80. 4. Hunn, H. S. Sokolov, V. E., Oharkov, N. N. (1983). Obrabotka prokatnykh valkov. Metallurhiya, 112. 5. Budah'yants, N. A., Zhizhkina, N. A., Kondratenko, V. Y., Dyachenko, Yu. V., Balakleets, Y. A. (2005). Proizvodstvo i ekspluatatsiya listoprokatnykh valkov s rabochim sloem iz vysokolehirovannykh materialov. Trudy shestoho konhressa prokatchykov. II tom. Moskva: MOO «Obedinenie prokatchykov». 6. Pykhovskiy, E. S. Havrysh, A. P., Hryshchenk, E. Yu. (1983). Obrabotka vystokoprochnykh materialov. Kyev: «Tekhnika», 134. 7. Zhizhkina, N. (2012). The researches of influence of thermal treatment to structure and properties of core of rolls with layer of high alloyed cast iron. TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture (Poland), 12, 3, 169-173. 8. Zhizhkina N. A. (2011). Proizvodstvo tsentrobezhnykh valkov s vysokolehirovannym rabochim sloem: monohrafiya. Luhansk: «Noulidzh», 167. 9. Instrumenty iz sverkhтвердыkh materialov / pod. red. N. V. Novykova i S. A. Klimenko. – Izd. 2-e, pererab. i dop. – Moscow.: Mashynostroenie, 2014. – 608p. 10. Trenev D. (2007). Obrabotka chuhuna rezanyem. Oborudovanie.

Поступила (received) 12.02.2015

УДК 621.311

І. Д. ГАЛУЩАК, канд. техн. наук, доц., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;

П. О. КУРЛЯК, канд. техн. наук, доц., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

Під час експлуатації газотурбінних компресорних систем магістральних газопроводів в електричних мережах виникають різного роду перенапруги, які створюють негативний вплив на електрообладнання і знижують його надійність та ефективність роботи. Досліджено способи забезпечення електромагнітної сумісності електротехнічних комплексів газотурбінних компресорних систем магістральних газопроводів при впровадженні вакуумних вимикачів, а також підвищення надійності і якості зовнішнього електропостачання.

Ключові слова: надійність, ефективність, компресорні станції, магістральні газопроводи, електромагнітна сумісність, електромагнітні перешкоди.

Вступ. Транспортування газу від місць його видобування до пунктів розподілу і споживання здійснюється магістральними газопроводами. Система газопроводів охоплює територію всієї України і є складовою трансєвроазійської системи. Основними технологічними об'єктами магістральних газопроводів (МГ) є компресорні станції (КС), які обладнані поршневыми або відцентровими компресорами. Під час експлуатації газотурбінних КС МГ в електричних мережах виникають різного роду перенапруги, які створюють негативний вплив на електрообладнання і знижують його надійність та ефективність роботи.

© І. Д. ГАЛУЩАК, П. О. КУРЛЯК, 2015

Мета роботи. Метою роботи є дослідження способів забезпечення електромагнітної сумісності електротехнічних комплексів газотурбінних компресорних станцій магістральних газопроводів при впровадженні вакуумних вимикачів а також підвищення надійності і якості зовнішнього електропостачання.

Обговорення результатів. За технологічним принципом КС діляться на головні, які розміщуються в безпосередній близькості від родовища газу, проміжні, спеціальні і пересувні. При великому пластовому тиску газ на початковій ділянці газопроводу рухається під цим тиском. Якщо пластовий тиск невеликий або знизився, споруджується головна КС, а на відстані 110-150 км за нею – проміжні КС.

На КС для нагнітання газу встановлюються поршневі або відцентрові компресори. Поршневі компресори використовують при добовій подачі до 8 млн. м³ газу, а відцентрові - при більшій подачі. Найбільш розповсюдженими видами двигунів для приводу відцентрових нагнітачів у даний час є газові турбіни та електродвигуни. Найширше використання на раніше збудованих КС знайшли нагнітачі 280-11-1, 280-11-2, 280-11-6, 280-12-2, 280-12-4, 280-12-7.

Застосовують і більш продуктивні нагнітачі 370-17-1, 370-18-1, 520-12-1 з подачею при одиночній роботі відповідно 289, 370 і 486 м³/хв. Нагнітачі 370-18-2 продуктивністю 370 м³/хв із частотою обертання 4800 об/хв та потужністю 9900 кВт обладнані електроприводним двигуном СТД-12500-2. Нагнітачі 235-21-3 продуктивністю 228 м³/хв із частотою обертання 5000 об/хв та потужністю 10000 кВт обладнані електроприводним двигуном СТД-12500. На надпотужних газопроводах використовують нагнітачі 650-22-2 та Н-16-76-1,25 з подачею 580 та 664 м³/хв. Їх споживана потужність становить 14800 і 25000 кВт при 6410 і 3700 об/хв відповідно.

Для КС МГ розроблено нормальний ряд електродвигунів 2500-25000 кВт (табл. 1).

Таблиця 1 – Технічні дані електродвигунів приводу компресорів

Двигун	Номінальна потужність, кВт	Номінальна напруга, кВ	Частота обертання, об/хв	ККД	Кратність пускового струму	Кратність пускового моменту
A3-4500-1500	4500	6	1480	0,95	4,8	0,85
СДСЗ-4500-1500	4500	6	1500	0,96		
СТМ-4000-2	4000	6	3000	0,969	7,6	2,4
СТД-4000-2	4000	6(10)	3000	0,975	7,22	2,07
СТД-5000-2	5000	6(10)	3000	0,976	6,69	1,92
СТД-6300-2	6300	6(10)	3000	0,975	6,28	1,62
СТД-8000-2	8000	6(10)	3000	0,979	6,93	1,76
СТД- 10000-2	10000	6(10)	3000	0,978	8,1	2,06
СТД- 12500-2	12500	6(10)	3000	0,979	8,86	2,24
Для двигуна A3-4500-1500 $\cos\varphi=0.87$, для інших - $\cos\varphi=0.9$						

Електропостачання КС з електроприводом, потужність яких доходить до 100 МВт і більше, здійснюється від енергосистеми за допомогою повітряних ЛЕП напругою 110 і 220 кВ. До КС підводяться дві лінії, які прокладені на окремих опорах і отримують живлення від різних, незалежних секцій розподільчого пристрою або від різних районних підстанцій. Споживачі КС отримують живлення від знижувальної підстанції 110 або 220 кВ, яка споруджується поряд з КС. Знижувальні підстанції вибирають або тупикового типу, або районного.

На підстанції тупикового типу встановлюється не менше двох силових трансформаторів 110-220/6-10 кВ потужністю 15-63 МВА, які забезпечують навантаження КС і 100 % резервування. Використовують також схему блоку "лінія-трансформатор". Для зниження струмів КЗ іноді передбачають роздільну роботу трансформаторів – один в роботі, другий в резерві. У цьому випадку передбачають АВР на стороні 6(10) кВ, а на повітряних ЛЕП - АПВ. В окремих випадках для зменшення струмів КЗ використовують трансформатори із розщепленими обмотками. Тоді передбачаються чотири секції шин ЗРП-6(10) кВ [1, 2].

Електродвигуни (ЕД) КС працюють в умовах, що характеризуються електродинамічними діями при пусках, в результаті яких відбувається достатньо швидкий знос ізоляції. Дефекти в ізоляції розвиваються досить швидко, знижуючи її електричну міцність до такої низької величини, що пробій може наступити в режимі нормальної експлуатації або при перенапругах, що незначно перевищують робочу напругу [3].

При аналізі надійності високовольтних ЕД і їх пошкодженості в мережах КС, наводяться різні дані про питомі характеристики пошкодженості. Середня питома річна пошкодженість ЕД складає 4 % від загального числа встановлених двигунів. Залежно від типу двигуна і специфіки його експлуатації цей показник лежить в межах від 3 до 17,5 % в рік.

Основною причиною виходу з ладу ЕД є пошкодження обмотки статора – 75 – 85 % всіх випадків. У 50 – 70 % випадків це пошкодження виткової, корпусної і міжфазної ізоляції. Значна частина пошкоджень ЕД обумовлена електричним пробоем ізоляції в результаті її старіння і дії на обмотку статора перенапруг [4].

Критерії електромагнітної сумісності (ЕМС) – граничні умови у вигляді характеристик перешкодосприйнятливості, які характеризують здатність електроустановок КС протистояти названій перешкодоємісії перенапруг. Методичні положення формування граничних умов або критерії забезпечення ЕМС і показники ЕМС електроустановок мереж електропостачання КС часто визначають як рівні перешкодостійкості і несприйнятливості. Вони регламентують потік електромагнітних перешкод (ЕМП) і здатність електроустановок протистояти можливим їм. Всі електроустановки характеризуються своїми власними об'єктивними рівнями несприйнятливості, які в більшості випадків приблизно оцінюють нормативними допустимими рівнями ЕМС.

Небезпечні для ізоляції ЕД КС імпульсні перенапруги можуть виникати при їх комутаціях вакуумними вимикачами і при однофазних замиканнях. Вони мають високу амплітуду і достатньо крутий фронт, тому представляють небезпеку, перш за все, для виткової ізоляції. Отже, питання про визначення граничних умов по цих ЕМП, по суті, пов'язане з нормуванням величини і форми випробувальної напруги, тому для оцінки імпульсної міцності ізоляції обертових машин, можна

використовувати лише окремі рекомендовані значення імпульсних випробувальних напруг і зарубіжні стандарти Інституту інженерів по електротехніці і електроніці, Міжнародної Електротехнічної Комісії і Організації виробників електроенергії [5]. Їх можна використовувати в першому наближенні для визначення умов, при яких і можливе нормальне функціонування ЕД КС.

Ключовий момент в вирішенні всіх задач ЕМС це – порівняння енергетичних можливостей ЕМП, що впливають на електрообладнання КС, з їх здатністю протистояти цим діям за рахунок власної внутрішньої стійкості до ЕМП і зовнішнього захисту від них. Це положення можна сформулювати у вигляді:

$$ЕМП_i(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n) \rightarrow ГР_k(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n); \quad (1)$$

$i = 1, \dots, \infty; k = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n.$

де $ЕМП_i(X)$ – узагальнена енергетична характеристика ЕМП (напруга, струм, потужність, час дії, температура, тиск і ін.), що характеризує електромагнітні дії на конкретну електроустановку – електродвигун;

$ГР_k(X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n)$ – k -те граничне значення на числовій осі однієї змінної – параметра X_1 , k -та гранична крива на площині двох змінних – параметрів X_1, X_2 , k -та гранична поверхня в n -мірному (три і більше) просторі змінних — параметрів $X_1, X_2, X_3, \dots, X_j, \dots, X_n$.

Строго кажучи, кожна конкретна k -та гранична умова ($k = 1, \dots, m$) приблизно визначає дискретний перехід досліджуваного об'єкта одного фізичного стану в інший в результаті дії ЕМП. Насправді за час життя конкретної електроустановки численні і різноманітні ЕМП послідовно з кумулятивним накопиченням погіршують її внутрішню здатність долати їх наслідки, зменшуючи внутрішню стійкість [6].

Число m об'єктивно визначається можливими станами об'єкта електричної мережі після дій ЕМП, кожна з яких, залежно від енергетичної насиченості, може привести до наступних наслідків:

1) збереження робочого стану (наприклад, післяаварійний режим з відхиленням напруги у споживача менше допустимого);

2) перерва функціонування в результаті дії ЕМП і самоповернення в робочий стан (наприклад, зупинка і самозапуск електродвигуна після ліквідації пошкодження, пов'язаного з короткочасним відключенням живлення);

3) перерва функціонування в результаті дії ЕМП і повернення в робочий стан після втручання персоналу або інших зовнішніх систем (наприклад, автоматичне повторне включення повітряної ЛЕП після грозового перекрыття ізоляції і ін.);

4) припинення функціонування в результаті дії ЕМП і повернення в робочий стан після ремонту і заміни непрацездатних частин об'єкта (наприклад, вихід з ладу однієї фази трифазного комплексу захисних апаратів);

5) припинення функціонування в результаті дії ЕМП з частковим або повним руйнуванням об'єкта, що робить неможливою його подальшу роботу взагалі (прикладитаких подій настільки численні і часті, що було б недоцільно виділити якусь із них).

Граничні умови визначаються при переході від одного з названих станів до

іншого при зміні (в більшості випадків збільшенні) значень енергетичних параметрів $X_1, X_2, \dots, X_j \dots, X_n$. В більшості випадків граничні умови можна визначити тільки приблизно (директивно), тобто

$$GP_k(X) \rightarrow GP_{np}(X_{np}) \quad (2)$$

де вектори параметрів X і X_{np} можуть не співпадати. Аналогічно безліч $EMPI_i(X)$ дій на досліджуваній об'єкт (і навпаки) замінюється при моделюванні ЕМС деяким наближеним $EMPI_{np}(X_{np})$ регламентованим або стандартизованим дією

$$EMPI_{np}(X) \rightarrow EMPI(X). \quad (3)$$

Вектори параметрів X і X_{np} (у виразах 2, 3) можуть не співпадати у кожному конкретному випадку як по поточних значеннях, так і по кількості. Допустимість замін (вирази 2, 3) повинна бути обґрунтована статистичною адекватністю енергії дій $EMPI_i$ і $EMPI_{np}$, адекватністю наслідків з погляду вироблення технологічних ресурсів – електромагнітної стійкості досліджуваного об'єкта і ін.

Системи живлення в енергопостачанні перекачувальних станцій різного призначення, а також КС на магістральних газопроводах мають близьку структуру, оскільки забезпечують, в основному, живлення ЕД, використовуваних у відповідному технологічному процесі. Проте призначення мережі енергопостачання названих об'єктів обумовлює деякі особливості в їх компоновці, що приводить до необхідності детальнішого аналізу ЕМП.

ЕМП, перш за все, перенапруги, що впливають на ізоляцію обладнання КС можна поділити на два основні види: локальні, які виникають при комутаціях приєднань з двигунами, що діють в основному тільки в межах цих приєднань; глобальні, що виникають при однофазних коротких замиканнях (ОДЗ), охоплюючи все електрообладнання мережі.

Перенапруги першого виду залежать головним чином від параметрів приєднань з двигунами – від протяжності кабелів і потужності двигунів. Перенапруги другого виду істотно пов'язані з режимом заземлення нейтралі мережі. Тому забезпечення надійної експлуатації електрообладнання при ОДЗ великою мірою залежить від складності мережі і наявності або відсутності резервного живлення електроустановок КС.

В схемі з двома повітряними лініями ПЛ-1 і ПЛ-2 6 або 10 кВ живлять відповідні секції (I і II) розподільного пристрою. Далі від кожної із згаданих секцій одержує живлення ряд електродвигунів М1 – М6 і трансформатори власних потреб Т1 і Т2.

Звичайно на секціях 6(10) кВ для захисту від грозових перенапруг встановлюються грозозахисні вентильні розрядники відповідних груп згідно ГОСТ. У схемі не передбачені засоби захисту від внутрішніх перенапруг як з боку ВН (35, 10 або 6 кВ), так і з боку НН (0,4 кВ). Разом з тим, в мережах даних класів напруги, окрім імпульсних перенапруг, можуть мати місце значної величини комутаційні, дугові і ферорезонансні перенапруги [7].

На промислових КС найбільше поширення набули асинхронні короткозамкнені і синхронні двигуни на напругах 6 і 10 кВ потужністю 160-220 кВт у виконанні, що продувається під надмірним тиском.

Технологічні процеси на насосних та компресорних станціях пред'являють високі вимоги до надійності встановленого обладнання і через названі вище причини їх схеми електропостачання мають свою відмінну особливість – ретельне резервування з допомогою не тільки додаткового силового резервного трансформатора, але і незалежного джерела живлення. Для цього в схемах електропостачання передбачаються секції надійного живлення, що містять в своєму складі автономні джерела живлення (акумулятори і дизель-генераторні станції) і приєднання, в завдання яких входить здійснення планового і аварійного резервування [9].

На основі докладного аналізу проблем підвищення надійності і забезпечення ЕМС електрообладнання мереж КС можна констатувати, що ряд теоретичних і технічних завдань в цьому напрямі вичерпних рішень не має.

Перенапруги, які виникають при однофазних дугових замиканнях, що охоплюють все електрообладнання КС, підключене до секції, істотно залежать від режиму заземлення нейтральної точки. На кратності комутаційних перенапруг, зона обхвату яких обмежена комутуваним приєднанням, режим заземлення нейтралі мережі практично не робить впливу.

Забезпечення ЕМС електротехнологічних комплексів газотурбінних КС МГ при впровадженні вакуумних вимикачів а також підвищення надійності і якості зовнішнього електропостачання, вимагає вирішення сформульованих задач, котре повинне спиратися на розумне поєднання аналізу даних експлуатації, експериментальних досліджень і математичного моделювання. При цьому безперечно стає необхідність ускладнення математичних моделей, значною мірою мотивована, з одного боку, помітним збільшенням кількості пошкоджень електрообладнання. З іншого боку, це диктується постійно зростаючими можливостями обчислювальної техніки і спеціального дослідницького програмного забезпечення [10].

Висновки

1. Негативний вплив на надійність та ефективність роботи електрообладнання КС створюють ЕМП у вигляді перенапруг: грозових, комутаційних та перенапруг, що виникають при однофазних коротких замиканнях.

2. Комутаційні перенапруги залежать головним чином від параметрів приєднань з двигунами – від протяжності кабелів і потужності двигунів.

3. Перенапруги, що виникають при однофазних коротких замиканнях істотно пов'язані з режимом заземлення нейтралі мережі.

4. На основі докладного аналізу проблем підвищення надійності і забезпечення ЕМС електрообладнання мереж КС можна констатувати, що ряд теоретичних і технічних завдань в цьому напрямі вичерпних рішень не має.

Список літератури: 1. *Галушак, І.Д.* Розроблення методів зниження втрат електричної енергії на трансформаторних підстанціях нафтових і газових промислів [Текст] / *І. Д. Галушак* // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2014.–№ 1(36). – С. 74-80. 2. *Галушак, І. Д.* Оптимізація режимів роботи на трансформаторних підстанціях нафтових і газових промислів [Текст] / *І. Д. Галушак, В. В. Катеринок* // Збірник наукових праць I Міжнародної

науково-технічної конференції викладачів, аспірантів і студентів. м. Донецьк, 2013.– С.158-159 **3. Костишин, В. С.** Дослідження енергоефективності режимів роботи типових електроприводів нафтогазової промисловості [Текст] / В. С. Костишин, П.О. Курляк // Збірник праць проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління», м. Бучач, 2010. – С.378–381. **4. Курляк, П. О.** Діагностика несправностей в асинхронних двигунах насосних агрегатів на ранній стадії їх виникнення [Текст]/ П.О. Курляк //Наукові праці Донецького національного технічного університету. – 2014.– № 1 (16) .– С. 119-123. **5.** Патент RU 2 297 703 С1 (Российская Федерация). Устройство для защиты от замыканий на землю в сетях 3–10 кВ / А. И. Шалин, А. М. Хабаров // МПК H02H 3/16 (2006.01), H02H 7/26 (2006.01) – Опубл. в Бюллетене № 11, 2007 г **6. Шалин, А. И.** Защита от замыканий на землю для пучков кабелей [Текст] / А. И. Шалин, А. М. Хабаров // Труды четвертой всероссийской научно-технической конференции «Ограничение перенапряжений. Режимы заземления нейтрали. Электрооборудование сетей 6–35 кВ». – Новосибирск, 2006. – С. 138–148. **7. Кискачи, В. М.** Схемы подключения защиты и сигнализации однофазных замыканий при параллельных кабелях [Текст] В. М. Кискачи // Электричество. – 1972. – № 1. – С. 13–17. **8. Федосеев, А. М.** Релейная защита электрических систем [Текст] / А. М. Федосеев // Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1976. – 560 с. **9. Костишин, В. С.** Дослідження ефективності перетворення енергії в електроприводних турбомашинах [Текст] / В. С. Костишин, П. О. Курляк // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – м.Тернопіль, 2014. – С. 252-253. **10. Костишин, В. С.** Створення комп'ютерно-орієнтованих моделей електроприводних агрегатів нафтогазової промисловості [Текст] / В. С. Костишин, П. О. Курляк // Нафтогазова енергетика. – 2007.– №1(2). – С.50–56.

Bibliography (transliterated): **1. Galushchak, I. D.** (2014). Development of methods to reduce electricity losses in transformer substations oil and gas fields. Scientific Bulletin of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Vol.1(36), 74-80 **2. Galushcha, I. D., Katerinyuk, V. V** (2013). Optimization of operation at transformer oil and gas fields. International scientific and technical conference of teachers and students, 158-159. **3. Kostyshyn, V. S., Kurlyak, P. O.** (2010). The study of energy efficiency modes typical electric oil and gas industry. Collection of works of a scientific problem-branch conference, 378–381. **4. Kurlyak, P. O.** (2014). Fault diagnosis in induction motors of pumping units in the early stages of their occurrence. Scientific papers of Donetsk National Technical University, Vol. 1 (16), 119-123. **5. Shalin, A. I, Habarov, A. M.** (2007). Patent RU 2297703 C1 (Russian Federation). The device for protection against ground faults in networks of 3-10 kV. **6. Shalin, A. I., Habarov, A. M.** (2006). Protection against earth fault for cables bundles. Proceedings of the Fourth All-Russian Scientific and Technical Conference "Overvoltage limitation. Neutral grounding modes. Electrical equipment 6-35 kV networks", 138- 148. **7. Kiskachi, V. M.** (1972). Connection diagrams protection and alarm-phase circuits with parallel cables. Electricity Vol. 2, 13-17. **8. Fedoseyev, A. M.** (1976). Relay protection of electrical systems. Moscow Textbook for universities, 560. **9. Kostyshyn, V. S., Kurlyak, P. O.** (2014). Study of energy conversion efficiency of electrically turbomachines. Abstracts of the International scientific and technical conference of young scientists and students, 252-253. **10. Kostyshyn, V. S., Kurlyak, P. O.** (2007). Creating a computer-based models of electrically aggregates Oil and Gas Industry. Oil and Gas power engineering, Vol. №1(2), 50–56.

Надійшла (received) 21.02.2015

А. П. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, Національна академія Національної гвардії України, Харків

НОВА КОНСТРУКЦІЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ МІСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ І МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ

Представлено нову конструктивну схему автотранспортного засобу для міського маршрутного транспорту, котрий буде забезпечувати суттєве зниження витрат пального і викиди шкідливих речовин в атмосферу. Концепція, що пропонується нами, передбачає в автотранспортному засобі для міського маршрутного транспорту (АТЗММТ) наявність приладів і пристосувань котрі забезпечують рух АТЗММТ на спуску на електричній тязі від акумуляторних батарей, а на підйом і по горизонтальній дорозі тільки на тязі двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ

Ключові слова: міський транспорт, електрична тяга, пасажирські перевезення, гібридна силова установка

Вступ. Надійна та ефективна робота пасажирського транспорту в містах є одним з найважливіших показників соціально-політичної та економічної стабільності держави. Міський пасажирський транспорт (МПТ) забезпечує основну частину трудових поїздок населення, безпосередньо впливаючи на ефективність функціонування системи міського господарства, підприємств, організацій, установ та всіх галузей економіки регіонів й країни. На сьогоднішній основні наукові дослідження в галузі МПТ спрямовано на визначення закономірностей процесів перевезення пасажирів у великих і малих містах, моделювання процесів пасажирських перевезень і потреб населення в пересуваннях, на розробку різноманітних методик проектування міських транспортних систем та організації руху міського транспорту [1–3]. В той же час, на нашу думку, не достатньо уваги приділяється науковим розробкам котрі, було б присвячено створенню нових конструктивних рішень автотранспортних засобів для міського маршрутного транспорту (АТЗММТ).

Огляд останніх досліджень і літератури. За останні декілька десятиріч конструктивні схеми АТЗММТ практично не змінилися і в порівнянні з сучасними досягненнями автомобілебудування мають суттєві недоліки. Основним недоліком більшості АТЗММТ (різноманітні автобуси, маршрутні таксі) є значні показники по витратам пального і шкідливим викидам в атмосферу, що обумовлено роботою двигунів на зупинках і в так званих « пробках » . Використання традиційних механічних коробок передач, котрі в умовах пасажирського руху в містах за рахунок частих розривів потоку потужності під час перемикання також призводять до певних втрат пального.

Окрім наведених недоліків більшість конструкцій автобусів і маршрутних таксі мають застарілі схеми трансмісій, не досконалі гальмівні системи та системи пуску двигунів і ін. До автотранспортних засобів з сучасними трансмісіями відносяться гібридні автомобілі і електромобілі [4–7].

Автомобілі з гібридними силовими установками мають наступні переваги

перед звичайними: ощадлива експлуатація; менше зношування гальмових колодок; зниженням обсягу й потужності двигуна; робота двигуна в оптимальному й рівномірному режимі, у набагато меншій залежності від умов їзди; повна зупинка роботи двигуна, коли це необхідно; можливість безшумного руху тільки на електродвигунах; рекуперативне гальмування із зарядкою акумулятора і ін. В порівнянні з конструкціями автомобілів, котрі використовують двигуни внутрішнього згорання, електромобілі також мають суттєві переваги: екологічну чистоту приводу (нульові викиди в місці використання); можливість стояти в пробках, не витрачаючи енергії для підтримки роботи двигуна на холостому ходу; можливість інтеграції в енергосистему для вирівнювання нічного падіння споживання електроенергії; при використанні сучасних емних акумуляторних батарей принципово можливе використання енергії, накопиченої в електромобілі за ніч для згладжування піків енергоспоживання вдень.

Основним недоліком електромобілів є відносно малий запас ходу без заряджання, який обмежується вагою акумуляторної батареї. При масовому переході на використання електромобілів встане проблема розширення мережі електростанцій - при повному переході з автотранспорту на електромобілі потрібно буде збільшити потужність електростанцій в 1,5-2 рази. Відповідно з цим, встане проблема збільшення кількості ліній електропередач. При широкому розповсюдженні електромобілів доведеться значно розширити виробництво акумуляторів, а також побудувати велику кількість підприємств по переробці відпрацьованих батарей.

Метою статті є висвітлення матеріалів з нової конструкції автотранспортного засобу для міського маршрутного транспорту, котрий буде забезпечувати суттєве зниження витрат пального і викиди шкідливих речовин в атмосферу, а також представлення методики визначення його основних параметрів.

Опис концепції нового транспортного засобу в якому використовується енергія рекуперативного гальмування та алгоритм роботи гібридної силової установки. Серед резервів економії пального дуже мало приділялось і приділяється уваги питанням використання кінетичної енергії котра закладена нахилом дороги під час руху автомобіля. На сьогодні ця енергія більш - менш вивчена з позицій рекуперативного гальмування. Вважаючи на те, що питання використання енергії котру може забезпечити нахил дороги під час руху вниз є новим, на першому етапі досліджень межі питання економії пального і покращення екологічних показників розповсюдимо на міський маршрутний транспорт. Концепція, що пропонується нами, передбачає в автотранспортному засобі для міського маршрутного транспорту (АТЗММТ) наявність приладів і пристосувань котрі забезпечують рух АТЗММТ на спуску на електричній тязі від акумуляторних батарей, а на підйом і по горизонтальній дорозі тільки на тязі двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ). Окрім цього, під час розробки концептуального АТЗММТ , пропонується врахувати умови руху маршрутного транспорту в великих містах – низькі швидкості, затори на перехрестях, мостах, вузьких дільницях проїжджих частин доріг (так звані пробки) та сучасні вимоги до екології. Конструктивно АТЗММТ повинно мати основні елементи гібридного автомобіля, при цьому першою основною відзнакою буде відсутність окремого генератора електричного струму, а другою наявність потужної акумуляторної

батареї заряд котрої передбачається, як у електромобіля, на стаціонарному зарядному пункті (на приклад на одній з кінцевих зупинок маршруту).

Апаратура керування роботою трансмісії повинна забезпечувати автоматичне включення ДВЗ при русі по горизонталі та вверх, рух у пробках - в режимі електромобіля, рух вниз - також в режимі електромобіля. Такий порядок керування дозволить, в залежності від профілю дороги маршруту в вертикальній площині, при русі вниз і у пробках виключити шкідливі викиди, а під час руху вниз використати частково кінетичну енергію нахилу дороги і зменшити витрати пального на конкретному маршруті. Суттєвий науковий внесок в розвиток гібридних автомобілів зробив проф. Бажинов О. В. [4].

Ним запропоновано структурну схему гібридної силової установки автомобіля ХНАДУ (рис. 1.) Згідно розробленому алгоритму (рис. 2) автомобіль до швидкості 30 км/год здійснює рух на електротязі. При подальшому збільшенні швидкості, або розрядженні блока акумуляторних батарей примусово включається ДВЗ, а електродвигун автоматично відключається.

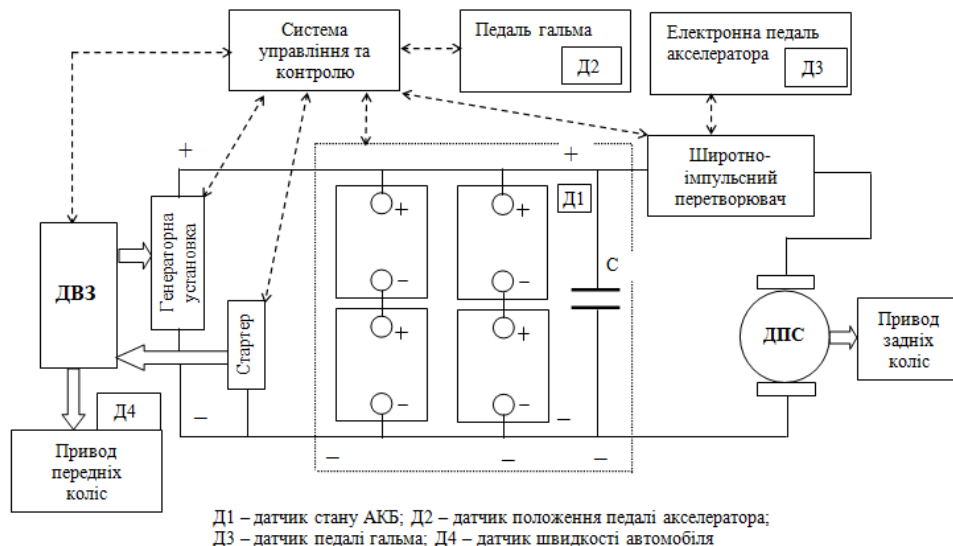


Рис. 1 – Структурна схема гібридної силової установки автомобіля ХНАДУ

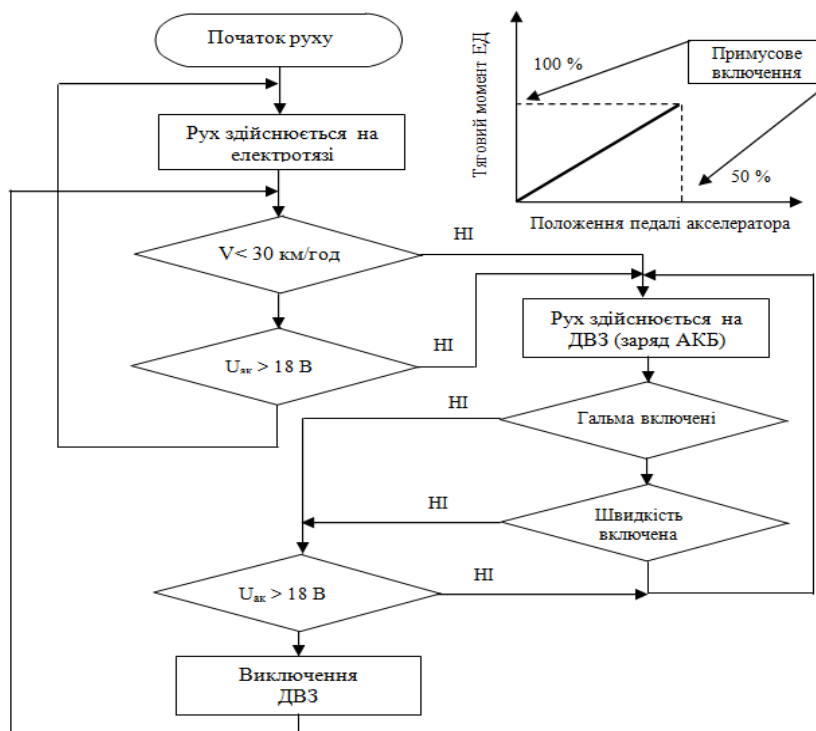


Рис. 2 – Алгоритм роботи гібридної силової установки автомобіля ХНАДУ

При натисненні на педаль гальма автоматично відключається ДВЗ. Далі алгоритм повторюється. Конструктивну схему АТЗММТ що пропонується приведено на рис. 3. Автотранспортний засіб уявляє собою самохідне шасі до складу якого надходить рама 6 поперек котрої встановлено дизельний двигун 2, котрий поєднано через перехідний редуктор 1 з автоматичною коробкою передач 8. До автоматичної коробки передач приєднано редуктор переднього ведучого моста 7. В задній частині автотранспортного засобу встановлено електричний двигун-генератор 3 котрий через гідравлічну багатодискову муфту карданним валом 4 поєднано з редуктором заднього ведучого моста 5. Більш детально конструктивна схема приводу переднього моста представлена у [8].

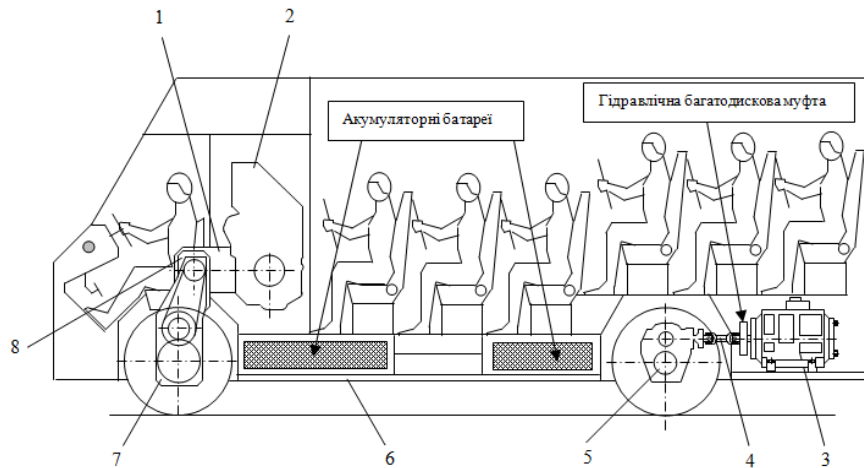


Рис. 3 – Конструктивна схема АТЗММТ

Робота АТЗММТ відбувається за наступним алгоритмом.

При русі по горизонталі та вгору працює ДВЗ, при цьому гідравлічна багатодискова муфта вимкнена, а електричний двигун-генератор від'єднано від задніх коліс. При натисненні на педаль гальма багатодискова гідравлічна муфта автоматично вмикається, електричний двигун-генератор поєднується з редуктором заднього моста, а електрична система входить режим рекуперативного гальмування, забезпечуючи додаткову зарядку акумуляторної батареї. На зупинках і в пробках ДВЗ автоматично вимикається. Під час початку руху з зупинок спрацьовує пускова система ДВЗ «старт – стоп». Рух вниз і у пробках відбувається в режимі електромобіля без використання ДВЗ.

Розрахунки параметрів двигуна і трансмісії переднього ведучого моста виконуються за загально прийнятими методиками [8,9,10].

В основу розрахунків електричної частини АТЗММТ пропонується закладати параметри що характеризують ділянки дороги зі спусками, кути нахилу котрих забезпечать мінімальні витрати електричної енергії на рух транспортного засобу. Тобто необхідно визначити довжину ділянок з кутом нахилу що забезпечує мінімально можливі витрати енергії на рух.

Виходячи з основних положень теорії автомобілів для розрахункової схема на рис. 4 маємо таке рівняння

$$G_a \cdot \sin \alpha = (f \cdot G_a \cdot \cos \alpha + \frac{J_{\dot{\epsilon}}}{r_0} \cdot \frac{d\omega}{dt} + k_r \cdot \dot{A}_r \cdot V^2) / \eta_{\delta\delta} . \quad (1)$$

Розділивши всі члени рівняння на G_a маємо значення синуса кута нахилу дороги при якому будуть забезпечені мінімально можливі витрати енергії на рух

$$\sin \alpha = (f \cdot G_a \cdot \cos \alpha + \frac{J_{\dot{\epsilon}}}{r_0} \cdot \frac{d\omega}{dt} + k_r \cdot \dot{A}_r \cdot V^2) / G_a \cdot \eta_{\delta\delta} , \quad (2)$$

де f – коефіцієнт опору коченню (для асфальту $f = 0,013 \dots 0,02$); G_a – сила ваги автомобіля, Н; J_k – момент інерції коліс, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; r_0 – радіус кочення колеса без проковзування, м; $\frac{d\omega}{dt}$ – кутове прискорення колеса, с^{-2} ; k_n – коефіцієнт опору повітря, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$ (для автобусів $k_n = 0,25 \dots 0,4$); A_n – площа лобового опору, м^2 ; V – швидкість транспортного засобу, м/с; $\eta_{\text{тр}}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Площа лобового опору визначається з формули

$$A_n = K_s \cdot B \cdot A, \text{ м}^2$$

де K_s – коефіцієнт заповнення площі (для автобусів $K_s = 0,75 \dots 0,9$); B – найбільша ширина автомобіля, м; H – найбільша висота автомобіля, м.

Вважаючи на незначні мінімальні кути нахилу дороги в формулі (2) припускаємо що $\cos \alpha = 1$. Користуючись формулою (2) знаходимо мінімальні кути нахилу дороги при яких будуть забезпечені міні-

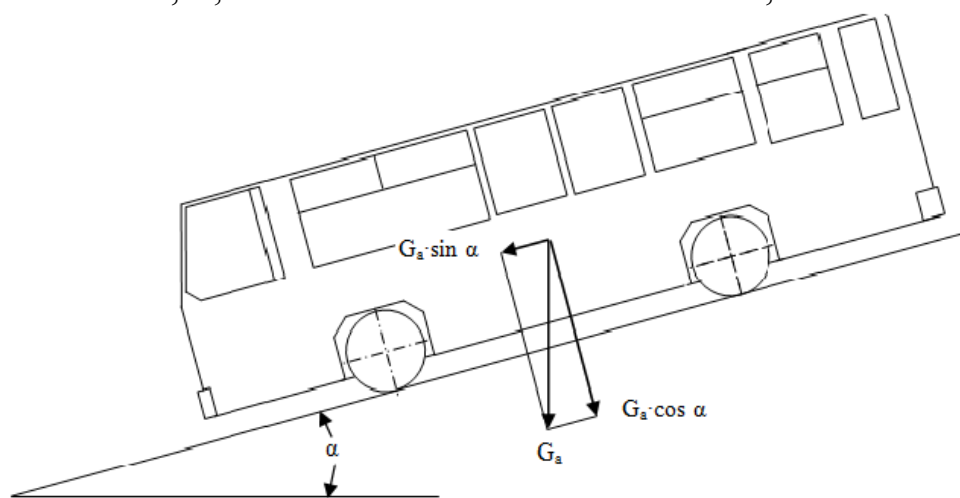


Рис. 4 – Розрахункова схема

мально можливі витрати енергії на рух: автобус Ікарус 280 має $\alpha_{\min} = 2^{\circ} 18'$; автобус ПАЗ – 672 має $\alpha_{\min} = 2^{\circ} 36'$; автобус ЛАЗ – 4200 має $\alpha_{\min} = 2^{\circ} 24'$.

Висновки

1. Основним недоліком більшості АТЗММТ (різноманітні автобуси, маршрутні таксі) є значні показники по витратам пального і шкідливим викидам в атмосферу, що обумовлено роботою двигунів на зупинках і в так званих « пробках » .
2. Сучасні АТЗММТ повинні бути оснащені пусковою системою ДВЗ «старт – стоп», котра виключить шкідливі викиди на зупинках та перехрестях доріг.
3. Трансмісії повинні базуватись на автоматичних коробках передач.
4. Мінімальний кут дороги при русі вниз (в режимі електромобіля) суттєво не залежить від маси АТЗММТ і знаходиться в межах $2^{\circ} 18' \dots 2^{\circ} 36'$.
5. Суттєвий вплив на мінімальний кут дороги дають показники коефіцієнту опору коченню. Вважаючи на те, що міські маршрутні автомобільні засоби як правило рухаються по асфальтованим дорогам, пропонується мінімальний кут дороги при русі вниз прийняти рівним 3° .
6. Для уточнення мінімального кута дороги доцільно провести експериментальні дослідження на реальних існуючих маршрутах.
7. Також доцільним є вивчення питань щодо співвідношень ємності

акумуляторної батареї і сумарної довжини ділянок маршруту де передбачається рух в режимі електромобіля.

Використання запропонованого автотранспортного засобу в майбутньому може суттєво зменшити витрати пального і знизити рівень шкідливих викидів в атмосферу, що є важливим для всіх міст країни.

Список літератури: 1. Любий, Є. В. Визначення попиту на пересування населення малих міст маршрутним пасажирським транспортом. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук [Текст] / Є. В. Любий // Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Харків, 2012. 2. Горбачов, П. Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах [Текст] / П. Ф. Горбачов // Монографія – Харків : ХНАДУ, 2009. – 196 с. 3. Калюжний, М. В. Визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук [Текст] / М. В. Калюжний // Донецька академія автомобільного транспорту. Донецьк, 2011. 4. Бажинов, О. В. Гібридні автомобілі [Текст] / О. В. Бажинов, О. П. Смирнов, С. А. Серіков, А. В. Гнатов, А. В. Колесніков // Харків, ХНАДУ, 2008. – 327 с. 5. Мазін, С. П. Дослідження напрямків удосконалення силових установок і трансмісій та пропозиції щодо нової конструкції автомобіля з гібридною силовою установкою для спец підрозділів ВВ МВС України. Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України [Текст] / С. П. Мазін, В. М. Франков, О. В. Пархомчук / редкол. : О.О.Морозов та ін. – Х. : Акад. внутрішніх військ МВС України, 2009. – Вип. 2 (14). – 104 с. 6. Щетина, В. А. Електромобіль: Техніка і економіка [Текст] / В. А. Щетина, Ю. Я. Мордовський, Б. І. Центр, В. А. Богомазов // Под общ. ред. В.А. Щетины – Л.: Машиностроение. Ленингр, 1987. – 253 с. 7. Мазанов, В. Г. Нова конструкція електромобіля і методика визначення його основних параметрів. Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України [Текст] / В. Г. Мазанов, О. С. Мазін, А. П. Горбунов, В. М. Франков // Редкол.: О.О.Морозов (голов ред.) та ін. – Х.: Акад. внутрішніх військ МВС України, 2012. – Вип. 1(19). – 108 с. 8. Мазін, С. П. Перспективи створення передньопривідного вантажного автомобіля і методика його комп'ютерного графічного зображення [Текст] / С. П. Мазін, А. І. Каргаєв, О. В. Пархомчук // Збірник наукових праць. – Х. : Акад. ВВ МВС України, 2006. – № 1-2. – С. 32 – 37. 9. Гришкевич, А. І. Автомобілі: Теорія: Учебник для вузов [Текст] / А. І. Гришкевич // Мн.; Выш. шк., 1986. – 208 с. 10. Бажинов, О. В. Синергетичний автомобіль. Теорія і практика [Текст] / О. В. Бажинов, О. П. Смирнов, С. А. Серіков, В. Я. Двадненко // Архів: ХНАДУ, 2011. – 236 с.

Bibliography (transliterated): 1. Lyubij, E. V. (2012). Vznachennya popitu na peresuvannya naseleण्या malix mist marshrutnim pasazhirskim transportom. Avtoreferat disertacii na zdobuttya naukovogo stupenya kandidata texnichnix nauk. *Xarkivskij nacionalnij avtomobilno-dorozhnij universitet*. Kharkov. 2. Gorbachov, P. F. (2009). Suchasni naukovі pidxodi do organizacii roboti marshrutnogo pasazhirskogo transportu v mistax. *Monografiya*. Kharkov : *KhNADU*, 196. 3. Kalyuzhnyj, M. V. (2011). Vznachennya dovzhini peregonu marshrutu miskogo pasazhirskogo avtomobilnogo transportu. Avtoreferat disertacii na zdobuttya naukovogo stupenya kandidata texnichnix nauk. *Donecka akademiya avtomobilnogo transportu*. Doneck. 4. Bazhinov, O. V., Smirnov, O. P., Serikov, S. A., Gnatov, A. V., Kolesnikov, A. V. (2008). Gibridni avtomobili. *Xarkiv, KhNADU*, 327. 5. Mazin, S. P., Frankov, V. M., Parxomchuk, O. V. (2009). Doslidzhennya napryamkiv udoskonalennya silovix ustanovok i transmisij ta propozicii shhodo novoї konstrukcii avtomobilya z gibridnoyu silovoyu ustanovkoyu dlya spec pidrozdiliv VV MVS Ukraїni. *Zbirnik naukovix prac Akademii vnutrishnix vijsk MVS Ukraїni*. Redkol. : O. O.Morozov ta in. Kharkov. : Akad. vnutrishnix vijsk MVS Ukraїni, 2 (14), 104. 6. Shhetina, V. A., Mordovskij, Yu. Ya., Center, B. I., Bogomazov, V. A. (1987). Elektromobil: Texnika i ekonomika. *Pod obshh. red. V. A. Shhetiny*. Lviv.: *Mashinostroenie. Leningr*, 253. 7. Mazanov, V. G. Mazin, O. S. Gorbunov A. P., Frankov, V. M. (2012). FrankovNova konstrukciya elektromobilya i metodika viznachennya jogo osnovnix parametriv. *Zbirnik naukovix prac Akademii vnutrishnix vijsk MVS Ukraїni*. Redkol.: O. O.Morozov (glav red.) ta in. Kharkov.:

Akad. vnutrishnix vijsk MVS Ukraïni, 1(19), 108. **8.** *Mazin, S. P., Kargaev, A. I., Parxomchuk, O. V.* (2006). Perspektivi stvorennya perednoprividnogo vantazhnogo avtomobilya i metodika jogo komp'yuternogo grafichnogo zobrazhennya. *Zbirnik naukovix prac. Kharkov.: Akad. VV MVS Ukraïni*, 1-2, 32 – 37. **9.** *Grishkevich, A. I.* (1986). *Avtomobili: Teoriya: Uchebnik dlya vuzov. Minsk.; Vysh. shk.*, 208. **10.** *Bazhinov, O. V., Smirnov, O. P., Serikov, S. A., Dvadnenko, V. Ya.* (2011). *Sinergetichnij avtomobil. Teoriya i praktika. Kharkov: KhNADU*, 236.

Надійшла (received) 24.02.2015

УДК 656.212

В. В. МАЛАШКІН, канд. техн. наук, доц., ДНУЗТ, Дніпропетровськ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

У статті наведено опис інтелектуальної системи, яка дозволяє виконувати комплексний аналіз конструктивних параметрів та експлуатаційних характеристик колійного розвитку залізничних станцій з метою отримання загальної кількісної оцінки. В основі аналізу лежать процедури визначення кількісних та якісних показників, що характеризують конструкцію колійного розвитку станції. Для отримання кількісної оцінки проектного рішення використаний метод аналізу ієрархій, що адаптований для вирішення задач такого типу.

Ключові слова: інтелектуальна система, колійний розвиток, залізнична станція, аналіз ієрархій, кількісна оцінка.

Вступ. До сучасних проектів будівництва або реконструкції колійного розвитку залізничних станцій висуваються ряд вимог, основними з яких є не тільки відповідність Державним будівельним нормам [1] та низька вартість, але і високий рівень функціонування, які впливають на кінцевий вибір схеми колійного розвитку. Процес відбору ефективного проектного рішення з сукупності запропонованих варіантів здійснюється шляхом порівняння їх техніко-економічних показників за основним критерієм оцінки – експлуатаційними витрати. Використання єдиного критерію при порівнянні конкурентних варіантів не гарантує вибір найбільш раціонального проектного рішення, оскільки може призвести до неправильної оцінки того або іншого показника, який при певних обставинах може бути досить важливим. Слід відзначити, що існуюча практика оцінки та вибору проектних рішень якісним показникам у варіантах схем станцій, як правило, надає дещо другорядне значення, тому вони враховуються не на основі об'єктивного аналізу, а інтуїтивно.

Формування множини варіантів схем станцій можливе на основі використання системи структурно-параметричних моделей у сукупності з методами автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій [2]. Разом з тим, відсутність у проектних організаціях спеціалізованих інтелектуальних систем підтримки прийняття проектних рішень суттєво зменшує кількість проектних варіантів, що можуть бути розглянуті, та знижує якість їх аналізу і об'єктивної кількісної оцінки.

Мета роботи. У цьому зв'язку актуальність здобуває задача розробки інтелектуальної системи комплексної оцінки планів колійного розвитку

© В. В. МАЛАШКІН, 2015

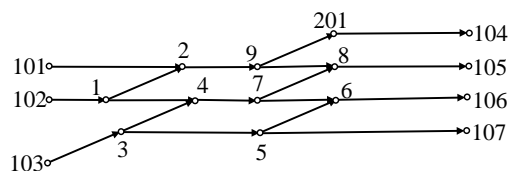
залізничних станцій з використанням сучасних математичних методів, що дозволить значно скоротити час аналізу варіантів проектних рішень і надасть можливість особі, що приймає рішення (ОПР), відібрати найкращі з них. Вирішення вказаної задачі сприятиме збільшенню кількості варіантів, що розглядаються проектувальником, та підвищенню якості їх порівняльної оцінки.

Інтелектуальна система комплексної оцінки планів колійного розвитку станції повинна забезпечувати:

- розрахунок конструктивних параметрів планів станцій;
- розрахунок якісних показників планів станцій;
- порівняльній аналіз конструктивних параметрів і якісних показників варіантів проектних рішень з отриманням кількісної оцінки.

Аналіз кількісних та якісних показників плану станції. Вихідними даними до задачі аналізу і оцінки схем станцій служать їх канонічні моделі у вигляді орієнтованих графів [2], доповнені координатами основних точок плану (КК – кінець колії, ЦП – центр стрілочного переводу, ВК – вершина кута повороту), а також значення-

ми кутів повороту для ВК, отриманих на етапі автоматизованого проектування планів колійного розвитку станцій. Для прикладу, на рис. 1 наведені орієнтований



N	NP	NB	S	T	X	Y
1	4	2	0	2	0	0
2	9	0	0	2	47.70	5.30
3	4	5	1	2	0.29	-5.30
4	7	0	0	2	47.99	0
5	107	6	0	2	91.24	-5.30
6	106	0	0	2	138.94	0
7	6	8	0	2	90.95	0
8	105	0	0	2	138.65	5.30
9	8	201	0	2	90.65	5.30

N	NP	X	Y
101	2	-50.00	5.30
102	1	-50.00	0
103	3	-64.53	-12.50
104	0	190.00	10.60
105	0	190.00	5.30
106	0	190.00	0
107	0	190.00	-5.30

N	NP	R	A	A'	A''	X	Y
201	104	200	6	20	25	138.35	10.60

Рис. 1 – Орієнтований граф G горловини станції та її канонічна модель

граф $G = (V, E)$ горловини залізничної станції

та її канонічна модель в ЕОМ. Оцінка планів колійного розвитку залізничних станцій виконується з використанням комплексу показників, які дозволяють враховувати конструктивні параметри (загальна кількість стрілок, корисна та будівельна довжини та ін.), а також якісні особливості варіантів проектних рішень (максимальна кількість одночасних переміщень в горловині, кількість стрілок і сума кутів повороту на маршруті руху, кількість стрілочних переводів на головній колії тощо).

Найбільш складною та об'ємною є задача визначення повної та будівельної довжини станційних колій. Повна довжина колій $L_{пов}$ плану станції відповідає сумі довжин всіх дуг $e \in E$ орграфа G , тобто:

$$L_{пов} = \sum_{n=1}^d L_n, \quad (1)$$

де L_n – довжина n -ої дуги e_n орієнтованого графа; d – загальна кількість дуг орграфа G .

Кожна дуга орієнтованого графу має початкову v та кінцеву u вершини, і для визначення її довжини використовується вираз:

$$L = \sqrt{(x_v - x_u)^2 + (y_v - y_u)^2}, \quad (2)$$

де x, y – координати вершини.

Дуги орієнтованого графу містяться в списку $\mathbf{E} = \{g_1, g_2, \dots, g_k\}$, де k – кількість дуг в списку. Формування списку \mathbf{E} виконується з використанням алгоритму пошуку всіх можливих простих шляхів, початкові v_i та кінцеві v_j вершини яких відповідають вершинам КК, тобто $v_i \in V^W$ та $v_j \in V^W, i \neq j$. При цьому вершини v_i не мають вхідних дуг, тобто $d^-(v_i) = 0$, а вершини v_j – вихідних ($d^+(v_j) = 0$) [2]. При обході орієнтованого графу перевіряється можливість побудови на ньому шляху від вершини v_i до вершини v_j для чого від вершини v_i будується дерево маршрутів, де кожному вузлу відповідає певна вершина графа G . Перехід від вершини до вершини при формуванні дерева маршрутів здійснюється відповідно до їх зв'язків, починаючи з вершини v_i .

В процесі пошуку простих шляхів на орграфі G при переході від вершин v_i до вершин v_{i+1} перевіряється наявність дуги $e_n = (v_i, v_{i+1})$ в списку \mathbf{E} . У випадку, якщо дана дуга в списку відсутня, то вона додається до нього ($g_k = e_n, k = k + 1$), інакше дуга до списку не додається, а подальший пошук з вершини v_{i+1} припиняється. По закінченню формування списку \mathbf{E} виконується розрахунок $L_{\text{пов}}$ шляхом додавання довжин всіх дуг, включених до списку. Будівельна довжина станційних колій $L_{\text{буд}}$, на відміну від $L_{\text{пов}}$, не містить загальну довжину стрілочних переводів $L_{\text{стр}}$, тому зменшується на її значення. Кількість стрілочних переводів, які використовуються в плані станції, відповідає кількості всіх вершини $v_i \in V^S$ графа G .

Якісними показниками плану колійного розвитку станції прийняті найбільша кількість одночасних переміщень в горловині станції $n_{\text{п}}$, розподіл кількості стрілок $M[n_{\text{сп}}]$ і $\sigma[n_{\text{сп}}]$ та кутів повороту стрілок $M[\alpha_{\text{сп}}]$ і $\sigma[\alpha_{\text{сп}}]$ на одному маршруті руху, розподіл суми кутів повороту кривих на одному маршруті руху $M[\alpha_{\text{кр}}]$ і $\sigma[\alpha_{\text{кр}}]$ та розподіл довжини маршрутів руху $M[l_{\text{мр}}]$ і $\sigma[l_{\text{мр}}]$.

Задачу пошуку найбільшої кількості одночасних переміщень в горловині станції $n_{\text{п}}$ вирішується як задача про максимальний потік на транспортній мережі, рішення якої полягає в знаходженні такого потоку на транспортній мережі, щоб сума потоків із джерела s в стік t була максимальною. З цією метою орієнтований граф станції G модифікується у граф G' , (рис. 2). Для визначення максимального потоку p_{max} на графі G' застосовується алгоритм Едмондса-Карпа [3]. Так, найбільша кількість одночасних переміщень в горловині станції, яка наведена на рис. 1, складає $n_{\text{п}} = 3$.

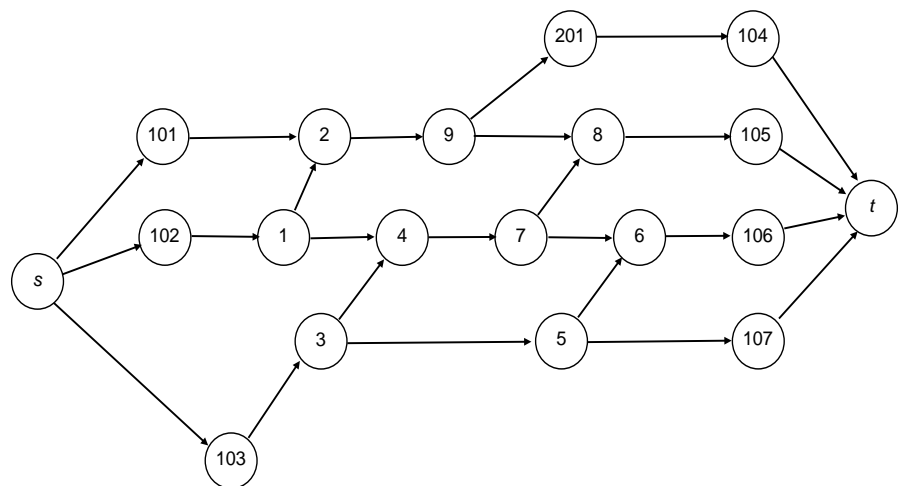


Рис. 2 – Модифікований орієнтований граф G'

Якісні показники, такі як кількість стрілок $n_{сп}$, сума кутів повороту стрілок $\alpha_{сп}$ та кривих $\alpha_{кр}$ на одному маршруті є дуже важливими, оскільки їх значення впливають на експлуатаційні витрати варіанта проектного рішення. Значення показників $n_{сп}$, $\alpha_{сп}$ та $\alpha_{кр}$ визначається у відповідності до процедури [4]. Оскільки на різних маршрутах значення вказаних показників різні, то для них розраховуються їх числові характеристики – математичне очікування та середнє квадратичне відхилення [5].

На заключному етапі процесу проектування нової або реконструкції існуючої станції буде отримана множина проектних рішень $\Theta = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\}$, де кожне рішення γ_b характеризується набором критеріїв Ψ_d , тобто $\gamma_b = f(\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_m)$. При значній кількості k проектних рішень γ_b постає складна задача відбору кращих (конкурентоспроможних) варіантів з усієї сукупності, тобто формування деякої множини оптимальних (найбільш раціональних) параметрів $\Theta^* = \{\gamma_1^*, \gamma_2^*, \dots, \gamma_k^*\}$. Як правило, вказану процедуру виконує ОПр, спираючись на власний досвід. Але при цьому отриманому результату часто властивий певний суб'єктивізм. Для отримання об'єктивної оцінки проектних рішень та з метою прискорення процедури відбору конкурентоспроможних варіантів авторами розроблено спеціальну математичну процедуру, яка базується на принципах теорії прийняття рішень та методах аналізу ієрархій [6, 7].

Метод аналізу ієрархій для оцінки планів залізничних станцій. Метод аналізу ієрархій (МАІ) запропонований американським математиком Т. Сааті [7] і призначений для рішення багатокритеріальних задач з кінцевою множиною можливих векторів. Його застосування засноване на експертній інформації про відносну важливість критеріїв у вигляді матриці парних порівнянь [6]

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

де a_{ij} – число, яке показує у скільки разів вага критерію A_i більше ваги критерію A_j .

Для формування матриці парних порівнянь можуть використовуватися оціночний метод [8], метод експертних оцінок [9], параметричний метод [10]. З урахуванням того, що значення кожного критерію ψ_d відомі заздалегідь до процедури відбору кращого рішення γ_b , доцільним є метод рангових оцінок [11], запропонований Ротштейном А. П.

Розглянемо процес порівняльного аналізу варіантів станційної горловини (рис. 3). У якості можливих критеріїв при пошуку раціонального варіанту (або декількох варіантів) колійного розвитку залізничної станції наведений прийнято кількість стрілочних переводів $N_{стр}$, будівельна довжина колій $L_{буд}$, максимальна кількість одночасних переміщень в горловині станції $n_{пр}$, середня кількість стрілок по маршруту руху $M[n_{сп}]$, середнє значення суми кутів повороту від стрілок та кривих по маршруту руху $M[\alpha]$, середнє значення довжини маршруту руху $M[l_{мр}]$. Слід зауважити, що варіанти схем горловини, що порівнюються, повинні буди однорідними, тобто кількість колій і підходів повинна бути однаковою в усіх варіантах.

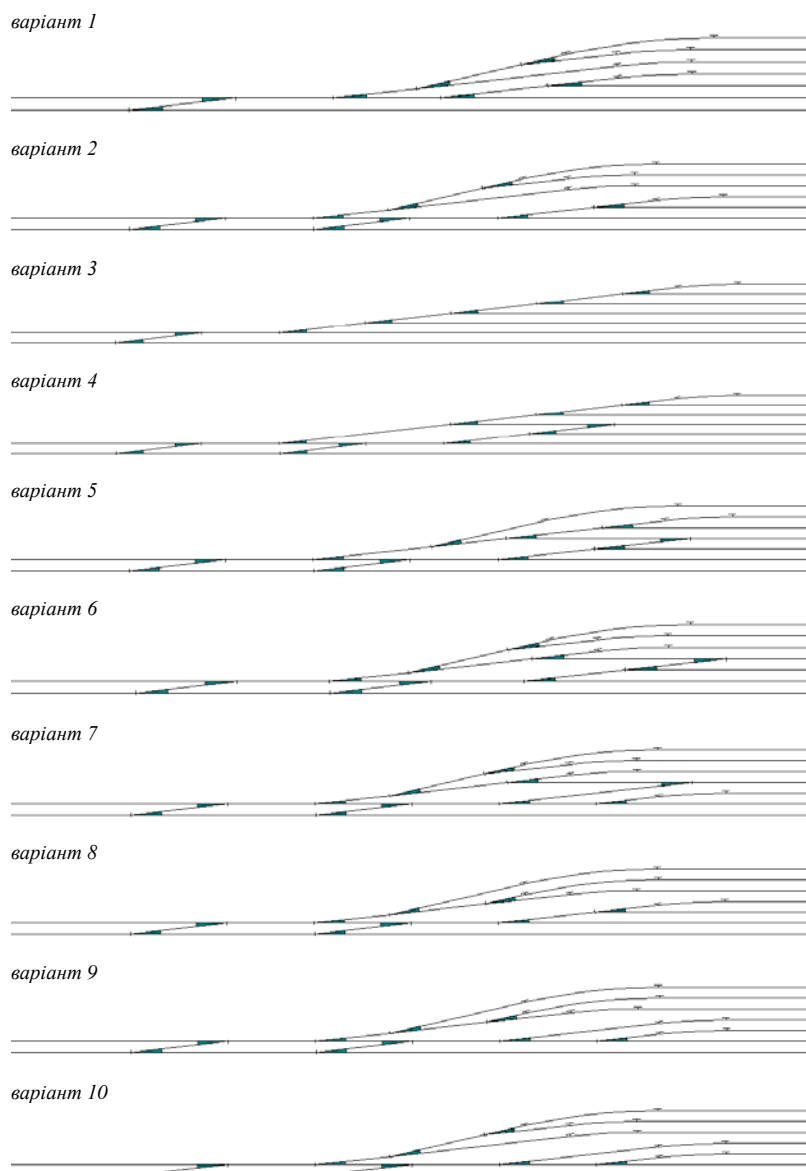


Рис. 3 – Варіанти конструкції колійного розвитку стрілочної горловини

Приведені на рис. 3 варіанти відрізняються сукупністю критеріїв, числові значення яких наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Значення критеріїв якості по варіантам

Варіант γ_b	Значення критеріїв ψ_d					
	$N_{стр}$, шт.	$L_{буд}$, км	$n_{п}$	$M[n_{сп}]$, шт.	$M[\alpha]$, град.	$M[l_{мп}]$, м
1	7	1,263	1	3,89	23,78	244,00
2	9	1,379	2	4,55	23,78	279,94
3	7	1,649	1	4,91	24,09	280,29
4	11	1,513	2	5,13	24,09	312,50
5	11	1,297	2	5,13	27,26	296,93
6	11	1,238	2	5,00	27,47	283,41
7	11	1,373	2	4,69	24,84	279,64
8	9	1,378	2	4,50	27,48	278,43
9	9	1,375	2	4,50	25,01	289,70
10	9	1,375	2	4,64	24,84	288,12

За результатами розрахунків матриці парних порівнянь визначений комплексний ваговий вектор коефіцієнтів ω_i [7], значення якого по варіантам наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку комплексного вагового вектору

Вар.	$N_{\text{стр}}$	$L_{\text{буд}}$	$n_{\text{п}}$	$M[n_{\text{сп}}]$	$M[\alpha]$	$M[l_{\text{мр}}]$	вектор пріоритетів	ω_i
1	0,131	0,109	0,056	0,120	0,106	0,116	0,255	0,1021
2	0,102	0,100	0,111	0,103	0,106	0,101	0,256	0,1025
3	0,131	0,083	0,056	0,095	0,105	0,101	0,239	0,0957
4	0,083	0,091	0,111	0,091	0,105	0,090	0,243	0,0973
5	0,083	0,106	0,111	0,091	0,092	0,095	0,245	0,0981
6	0,083	0,111	0,111	0,093	0,092	0,100	0,248	0,0993
7	0,083	0,100	0,111	0,100	0,101	0,101	0,25	0,1001
8	0,102	0,100	0,111	0,104	0,092	0,101	0,253	0,1013
9	0,102	0,100	0,111	0,104	0,101	0,097	0,255	0,1021
10	0,102	0,100	0,111	0,101	0,101	0,098	0,254	0,1017
Разом							2,498	1,000

Таким чином, в результаті порівняння варіантів колійного розвитку стрілочної горловини встановлено, що:

- 1) найкращим є варіант 2 ($\omega_2 = 0,1025$);
- 2) найгіршим є варіант 3 ($\omega_3 = 0,0957$);
- 3) конкурентними по відношенню до найкращого є варіанти 1 і 9 (відповідно $\omega_1 = 0,1021$ і $\omega_9 = 0,1021$).

Висновки. Застосування інтелектуальної системи оцінки і відбору найкращих альтернатив серед можливих у сукупності з системою автоматизованого синтезу планів колійного розвитку залізничних станцій дозволяє значно скоротити час на пошук конкурентоспроможних варіантів проектних рішень та підвищити якість отриманих результатів. Розроблені методики і алгоритми реалізовані автором у вигляді програмного комплексу, який може застосовуватися як автоматизована система підтримки прийняття рішень в проектних організаціях.

Список літератури: 1. ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту залізниць колії 1520 мм [Текст]: норми проектування. – К.: Мінрегіонбуд, 2008. – 126 с. 2. Бобровський, В. И. Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций [Текст]: монография / В. И. Бобровський, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін. – Дн-вск: Изд-во Маковецький, 2010. – 156 с. 3. Кормен, Т. Алгоритмы [Текст]: построение и анализ / Т. Кормен. – М.: Вильямс, 2006. – 1296 с. 4. Вернигора, Р. В. Комплексна оцінка конструкції колійного розвитку залізничних станцій на основі методів теорії прийняття рішень [Текст] / Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін // Зб. наук. праць ДНУЗТ: Серія «Транспортні системи і технології перевезень», Вип. 3. – Д.: ДНУЗТ, 2012. – с. 25-30. 5. Шторм, Р. Теория вероятностей, математическая статистика, статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм. – М.: Мир, 1970. – 368 с. 6. Ногин, В. Принятие решений при многих критериях [Текст]: уч.-метод. пособие / В. Ногин. – СПб.: Издательство «ЮТАС», 2007. – 104 с. 7. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с. 8. Сваровский, С. Т. Аппроксимация функций принадлежности значений лингвистической переменной [Текст] / С. Т. Сваровский // Математические вопросы анализа данных. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР,

1980. – С. 127-131. **9.** Борисов, А. Н. Принятие решения на основе нечетких моделей [Текст]: примеры использования / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федоров. – Рига: Знание, 1990. – 184 с. **10.** Кузьмин, В. Б. Параметрическое отношение лингвистических значений переменных и ограничений [Текст] / В. Б. Кузьмин // Модели выбора альтернатив в нечеткой среде. – Рига, 1980. – С.75-76. **11.** Ротштейн, А. П. Интеллектуальные технологии идентификации [Текст] / А. П. Ротштейн – Винница: «Универсум-Винница», 1999 – 320 с.

Bibliography (transliterated): **1.** DBN V.2.3-19-2008. Sporudy transportu zaliznytsi kolii 1520 mm: normy proektuvannia. Kyiv: Minrehionbud, 2008. **2.** Bobrovskiy, V. Y., Kozachenko, D. N., & Vernyhora, R. V., Malashkin, V. V. (2010). Modely, metody y alhorytmy avtomatyzirovannoho proektyrovannia zheleznodorozhnykh stantsyi. Dnepropetrovsk. **3.** Kormen, T. (2006). Alhorytmy: postroeny y analiz. Moskva. **4.** Vernyhora, R. V., Malashkin V.V. (2012). Kompleksna otsinka konstruktсии koliinoho rozvytku zaliznychnykh stantsii na osnovi metodiv teorii pryiniattia rishen. Zbirnyk naukovykh prats DNUZT: Seriiia «Transportni systemy i tekhnolohii perevezen», 3, 25-30. **5.** Shtorm, R. (1970). Teoryia veroiatnostei, matematycheskaia statystyka, statystycheskyi kontrol kachestva. Moskva. **6.** Nohyn, V. (2007). Pryniatye reshenyi pry mnohykh kryteriyakh. Sankt Peterburg. **7.** Saaty, T. L. (1993). Pryniatye reshenyi. Metod analiza yerarkhyi. Moskva. **8.** Svarovskiy, S. T. (1980). Approksymatsiya funktsyi prynadlezhnosti znachenyi lynchvystycheskoi peremennoi. Novosybyrsk: VTs SO AN SSSR. **9.** Borysov, A. N. Krumberh, O. A., & Fedorov, Y. P. (1990). Pryniatye resheniya na osnove nechetkykh modelei. Ryha: Znanye. **10.** Kuzmyn, V. B. (1980). Parametrycheskoe otnoshenye lynchvystycheskykh znachenyi peremennykh y ohranychenyi. Modely vybora alternatyv v nechetkoi srede. Ryha, 75-76. **11.** Rotshtein, A. P. (1990). Yntellektualnye tekhnolohyy ydentyfykatsyy. Vynnytsa: Unyversum-Vynnytsa.

Надійшла (received) 24.02.2015

УДК 620.9

Ю. В. РОЖКО, викладач, Миргородський художньо промисловий коледж, Полтавського національного технічного університету ім. Юрія Кондратюка;
О. М. ЛИМАРЕНКО, аспірант, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

У статті надано оцінку геотермальним ресурсам та можливостям досягнення технічного енергетичного потенціалу геотермальної енергії України з виділенням найбільш придатних для розвитку геотермальної енергетики регіонів. Наведенні данні по використанню геотермальної енергії в Європі для обігріву і охолодження житла, в сільському господарстві, туризмі, лікуванні. Показано, що сьогодні постає необхідність проведення відповідних наукових опрацювань для умов України

Ключові слова: геотермальна енергія, геотермальні ресурси, геотермальна енергетика, теплова потужність

Вступ. Одна із сучасних проблем, яка постала перед Україною, є енергетична. Постійне зростання цін на енергоносії, невпинне вичерпування основних ресурсів: нафти, газу, кам'яного та бурого вугілля, а також обмежені можливості розвитку атомної та гідроенергетики призвели до використання відновлювальних джерел енергії. У зв'язку із цим використання відновлюваних джерел енергії є одним із найбільш важливих напрямів державної енергетичної стратегії розвитку країни,

© Ю. В. РОЖКО, О. М. ЛИМАРЕНКО, 2015

яка передбачає не лише збереження енергії за рахунок заощадження традиційних паливно-енергетичних ресурсів, але й забезпечення умов для максимально ефективного її використання і покращення стану довкілля.

Геотермальна енергія в Україні представлена гарячими та перегрітими джерелами води та тепла сухих гірських порід. Ресурси теплових і перегрітих вод утворюються і циркулюють на глибинах понад 1000 метрів в артезіанських басейнах.

Геотермальна енергетика надає невичерпне, екологічно чисте і найдешевше серед відомих відновлюваних джерело теплової енергії для суспільства. Освоєнням геотермальних ресурсів займаються більше 70 країн світу.

Цілі і завдання. Метою статті є проведення оцінювання можливостей та перспектив розвитку геотермальної енергетики в Україні на підставі існуючих методів і аналізів та технічно досяжного енергетичного потенціалу геотермальної енергії із визначенням найбільш сприятливих та перспективних у даному аспекті регіонів.

Опис і аналіз стану використання геотермальних джерел. На ринку відновлюваних джерел енергії перспективним сегментом є геотермальна енергія - енергія у формі тепла, яка акумульована в земній поверхні, і яка може бути видобута та використана на користь людині. Основними її перевагами порівняно із іншими альтернативними видами енергії є доступність практично у будь-якій точці світу та постійність джерела тепла у земній корі. Фахівці Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України зазначають, що навіть якби весь світ повністю перейшов на використання геотермальної енергії, для того, щоб температура в надрах Землі знизилась всього лише на півградуса, необхідно, щоб минув 41 мільярд років [1].

Геотермальна енергія зараз масштабно використовується більш ніж у 40 країнах світу уже понад 50 років для обігріву і охолодження житла, в сільському господарстві, туризмі, лікуванні, виробленні електричної енергії тощо.

Ситуація змінюється від країни до країни в залежності від розвитку геотермальних технологій. Діапазон використання варіюється від виробітку електроенергії з використанням високотемпературних сухих гірських порід

(Ісландія, Італія, Греція, Туреччина), використан-ням гідротермальних ресу-рсів в осадових басейнах (Франція, Німеччина, Польща, Італія, Угорщина, Румунія та інші). На рис 1 показано використання геотермальної енергії в Європі.

Інвестиції в геотермальну енергетику протягом

останніх 20 років склали близько 22 млрд. доларів, більша половина з яких інвестовані приватними структурами. За прогнозами спеціалістів очікувані інвестиції протягом найближчих 10 років складають 15-20 млрд. доларів [2].

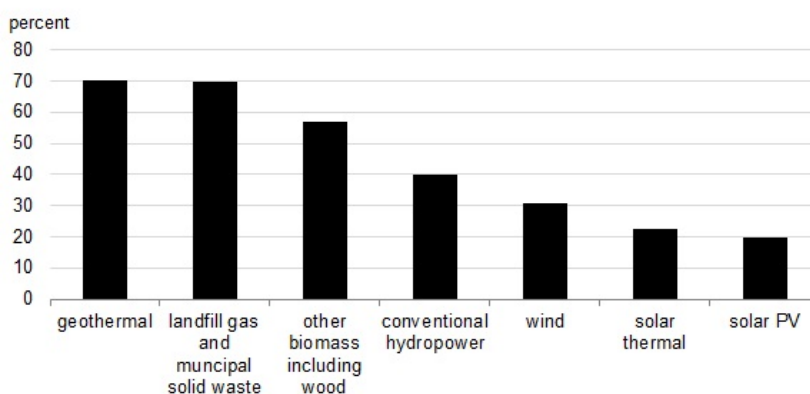
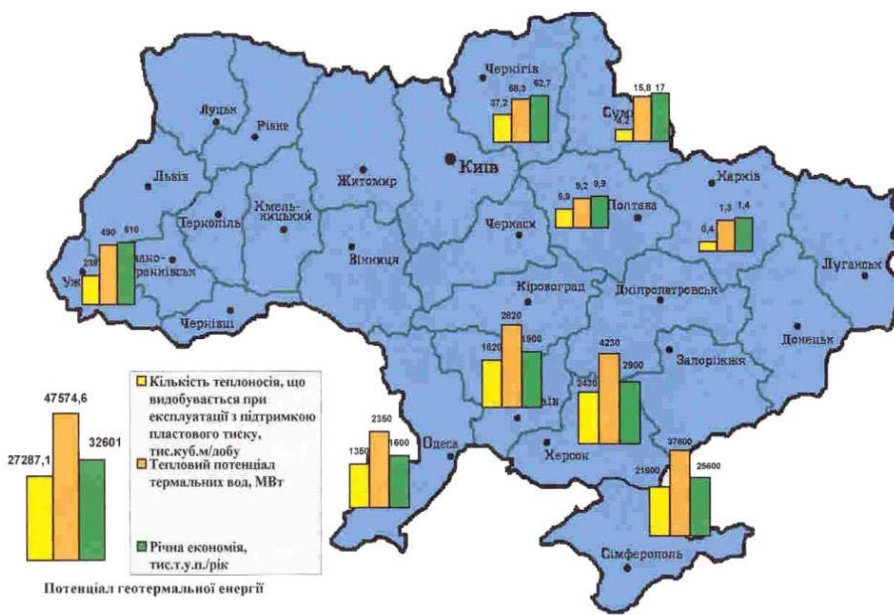


Рис. 1 – Використання геотермальної енергії

Використання геотермальних ресурсів в паливно-енергетичному комплексі України розвіданих родовищ геотермальних джерел і, в першу чергу, існуючих на цих родовищах свердловин, дасть можливість створити геотермальні теплогенеруючі установки, сумарна теплова потужність яких складе 200 МВт. Розвідані геотермальні ресурси України являють собою нагріті сухі гірські породи ґрунту, термальні води, а також нагріті сателітні підземні води, які добуваються на поверхню діючими свердловинами нафтогазових родовищ та ін. До 2030 року цілком реально є створення енергогенеруючих геотермальних установок сумарною тепловою потужністю 2160 МВт.

За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України річний технічно енергетичний потенціал геотермальної енергії в Україні є еквівалентним 12 млн. тон умовного палива використання якого дозволить заощадити біля 10 млрд. м³ природного газу [3]. Найбільш перспективними для розвитку геотермальної енергетики в Україні є три географічних регіони (рис. 2).



Потенціал геотермальної енергії України
 Рис. 2 – Потенціал геотермальної енергії України

Перший із перспективних регіонів використання геотермальних вод - Карпатський геотермічний район (частини Волинської, Тернопільської, Чернівецької і майже повністю території Львівської, Івано-Франківської та Закарпатської областей).

З гідрогеологічної точки зору, Карпатська западина є першо класовим джерелом по тиску водоносного шару. Вона поділяється на два басейни: Чоп-Мукачівський і Солотвинський, з тиском другого класу водоносних басейнів. Гідрогеологічні середовища в Прикарпатському басейні водоносного шару не однорідні. Шар не є однорідним навіть в межах двох суб - басейнів. Мінералізація геотермальних вод басейну Чоп-Мукачівський розрізняються за кількістю та видом і може сягати від 10 г / л до 300-350 г / л [4].

Температура порід пробурених в Карпатах свердловин на глибинах 4 км досягає 210°C, а температури підземних вод необхідні для ефективного функціонування геотермальних електростанцій (>150°C) вимагають значно менших глибин (від 1 до 1,5 км). Термальні води родовищ Закарпаття є високомінералізованими. Для прикладу, родовищі Ужгород - 2Т. Мінералізація води становить 16 - 30 г / л. Пластовий тиск на глибині 1700 м становить 167,9 Атм, і на глибині 1300 м. - 134,64 Атм. Максимальна температура води на глибині 1940 метрів становить 108 ° С [5].

Другим перспективним регіоном для розвитку геотермальної енергетики є територія АР Крим. Пробурені на півострові свердловини не глибокі і сягають (до 2000 м), температура термальних вод складає 50-70°C, а їх мінералізація 25-85 г/л [6]. В даний час низько температурні геотермальні води Криму головним чином використовуються для теплопостачання. Також термальні води Криму використовуються в лікувальних цілях на курортах Саки і Євпаторія, в деяких населених пунктах для лазень і теплофікації. Кількість добутої тут геотермальної води в окремих свердловинах досягає 2-4 тис. м³ на добу (рис. 3).

Третім перспективним районом використання геотермального тепла є район Дніпровсько-Донецької западини, який охоплює територію Чернігівської, Сумської, Полтавської, Харківської, Дніпропетровської, Донецької і Луганської областей [7].

Необхідно

зауважити, що саме в цих регіонах велись в минулому і ведуться в теперішній час активні розробки і промислове видобування підземних запасів нафти, газу. В цих регіонах розташована розвинута нафтогазова інфраструктура суб'єктів НАК «Нафтогаз України», сконцентровані значні кваліфіковані людські ресурси, свердловини різного призначення і типу, які з різних причин законсервовані або виведені з експлуатації. Так за попередніми оцінками, кожна 5 свердловина в Полтавській та Івано-Франківській областях може бути використана як джерело геотермальної енергії. Для використання даного виду геотермальної енергії не потрібно проводити попередньої геологічної розвідки, виконувати буріння промислових свердловин, значних капітальних вкладень. До позитивних аспектів такої "реанімації" свердловин відноситься потенційна можливість одержання тепла на значно більших територіях, ніж райони, що володіють природними гідротермальними ресурсами. В Європейських країнах повторне використання нафтогазових свердловин, на яких припинено видобуток нафти та газу, для добування гарячої води, досягає економії капітальних витрат до 40-50% [8]. Багато вітчизняних і закордонних компаній, які відповідальні за розвідку і експлуатацію всіх геотермальних ресурсів, висловлюють дуже великий інтерес до співпраці з США та іншими країнами у двох областях: збільшення виробництва геотермальних вод і збільшення ефективності їх використання.

Геотермальні запаси діляться на три підтипи:

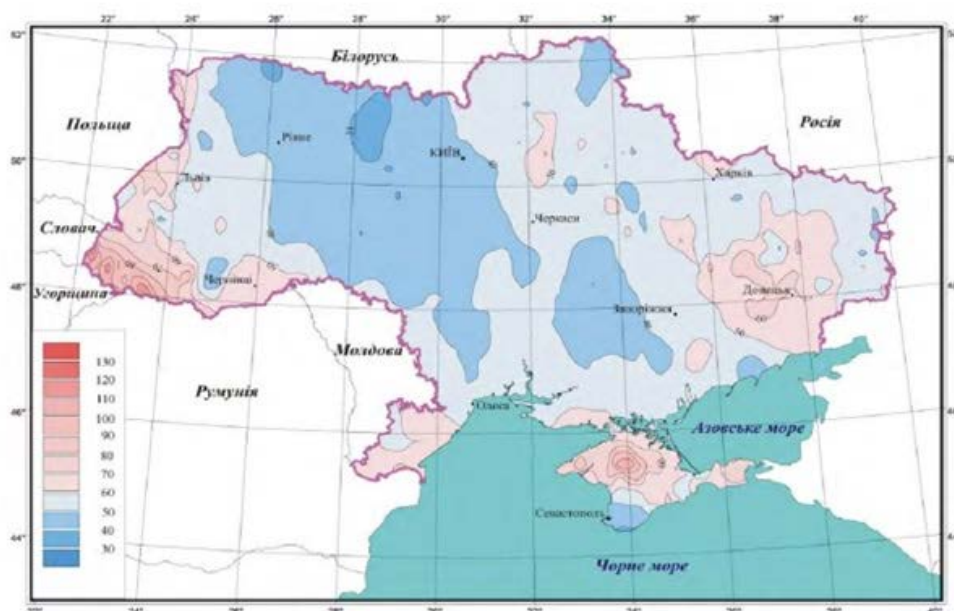


Рис. 3 – Карта розподілу густини теплового потоку на території України

1. Статичні запаси обсягу підземних вод, що містяться у водоносних пластах в природному стані, тобто, загальний обсяг підземних вод знайдених в порах і тріщинах водогірних скель. Статичні запаси можуть бути вилучені з пласта, тільки методом осушення.

2. Швидко відновлювальні (еластичні) запаси можуть бути вилучені з пласта за рахунок зменшення гідростатичного тиску.

3. Динамічні запаси (ресурси) є водами з природною циркуляцією. Динамічні резерви, як правило, експлуатуються одночасно з пружними резервами, коли гідростатичний тиск у водоносних пластах падає.

Використання геотермальної енергії можливе не тільки для теплопостачання, але і для вироблення електричної енергії на геотермальних електростанціях, що значно зменшує викиди шкідливих газів в атмосферу.

У порівнянні з нафто - вугільними електростанціями, геотермальні електростанції виробляють лише 3 % від сірчистих сполук [9]. Деякі геотермальні електростанції використовують скруббера для очищення від сірководню та інших забруднюючих повітря газів, і переробляють їх в товарну продукцію, наприклад, в рідкі добрива. Нові геотермальні електростанції можуть закачати ці газів назад в геотермальні свердловини. Геотермальні електростанції можуть бути побудовані в курортних зонах так як майже не несе шкоди навколишньому середовищу. У порівнянні з іншими працюючими на викопному паливі геотермальні електростанції не спалюють палива для виробництва електроенергії і викидають 14% діоксиду вуглецю (CO_2) [10]. На нових геотермальних електростанціях при добре розробленому бінарному циклі немає викидів взагалі.

Найбільш сприятливі умови для отримання термальних вод існують у межах рівнинної частини Закарпаття. Близькість родовища до міст Ужгород та Чоп відіграли значну роль в оцінці ресурсів для комерційного використання.

На думку геологів, економічно обґрунтованим є використання геотермальних вод Берегівського, Косинського, Залужського, Тереблянського, найбільш Велятинського, Велико- Паладського, Велико-Бактянського й Ужгородського родовищ. Найперспективнішими є родовища в Берегівському районі, де з глибин 800-1300 м можна добувати води температурою 45-65°C [11].

Висновки Можемо зробити висновок, що на території України є значні запаси геотермальної енергії і розвиток геотермальної енергетики є доцільним та перспективним. Практика багатьох країн свідчить, що використання даного виду відновлюваної енергії є економічно вигідним, значно знижує обсяги використання традиційних видів паливних ресурсів, та зменшує викиди шкідливих газів в атмосферу, стимулює розвиток вітчизняної промисловості.

Необхідно відмітити також високу ефективність, регіональну значимість і великий сумарний потенціал геотермальних ресурсів, і невідоме вивчення на сучасному етапі, постає необхідність проведення відповідних наукових опрацювань для умов України.

Слід додати, що необхідно збільшити використання геотермічних ресурсів до 35 %, 50 %. Багато вітчизняних і закордонних компаній які відповідальні за розвідку і експлуатацію всіх геотермальних ресурсів на території регіону, висловлюють дуже великий інтерес до співпраці з США та іншими міжнародними

організаціями у двох областях: збільшення видобування геотермальних вод і збільшення ефективності їх використання.

Список літератури: 1. Кудря, С. О. Використання енергії відновлювальних джерел в агропромисловому комплексі України [Текст] / С. О. Кудря, В. М. Головка, Л. В. Яценко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. - 2010. - Вип. 153. - С. 93-99. 2. Ігнатенко, М. А. Перспектива енергетично незалежної держави варту зусиль [Текст] / М. А. Ігнатенко // Щоденна всеукраїнська газета "День", №46-47, п'ятниця, 16 березня 2012. 3. Михайлюк, О. Л. Енергетична безпека України в Чорноморському регіоні. Аналітична доповідь [Текст] / О. Л. Михайлюк, О.Є. Калашикіна // За ред. О.О. Воловича. - Одеса: Фенікс, 2011. - 55 с. 4. Lund, J. W. Worldwide Direct-Uses of Geothermal Energy [Text] / J. W. Lund, //Geothermic. – 2005. - Vol.34, No. 6. - P. 691-727. 5. Bertani, R. World Geothermal Power Generation in the Period 2001-2005. [Text] / R. Bertani // Geothermics. – 2005. - Vol. 34, No. 6. - P. 651-690. 6. Дворов І. М. Геотермальна енергетика [Текст] / І. М. Дворов. – М. : Наука, 1976. – 192 с. 7. Фатеев, Е. М. Ветродвиатели и ветроустановки [Текст] // Е. М. Фатеев. – М.: ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948. – 544 с. 8. Шефтер, Я. И. Ветронасосные и ветроэлектрические агрегаты [Текст] / Я. И. Шефтер, И. В. Рождественский. – М. : Колос, 1967. – 376 с. 9. Андреев, В. М. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения [Текст] / В. М. Андреев, В. А. Грилихес, В. Д. Румянцев. – Л. : Наука, 1989. – 310 с. 10. Бринкворт, Б. Солнечная энергия для человека [Текст] / Б. Бринкворт; пер. с англ. В. Н. Оглоблева ; под ред. и предисл. Б. В. Тарнижевского. – М. : Мир, 1976. – 291 с. 11. Плешка, М. С. Теплонасосные гелиосистемы отопления и горячего водоснабжения зданий [Текст] / М. С. Плешка, П. М. Вырлан, Ф. И. Стратан и др. – Кишинев : Штиинца, 1990. – 122 с.

Bibliography (transliterated): 1. Kudrya, S. O., Golovko, V. M. Yacenko, L. V. (2010). Viktoristannya energii vidnovlyuvalnix dzherel v agropromislovomu kompleksi Ukraïni. Naukovij visnik Nacionalnogo universitetu bioresursiv i priroдокористuvannya Ukraïni, 153, 93-99. 2. Ignatenko, M. A. (2012). Perspektiva energetichno nezalezhnoï derzhavi varta zusil. Shhodenna vseukraïnska gazeta "Den", №46-47. 3. Mixajlyuk, O. L. (2011). Energetichna bezpeka Ukraïni v Chornomorskomu regionі. Analitichna dopovid, 55. 4. Lund, J. W. (2005). Worldwide Direct-Uses of Geothermal Lund. Geothermic. Vol.34, No. 6, 691-727. 5. Bertani, R. (2005). World Geothermal Power Generation in the Period 2001-2005. Geothermics, Vol. 34, No. 6. 651- 690. 6. Dvorov I. M. (1976). Geotermalnaya energetika, 192. 7. Fateev, E. M. (1948). Vetrodvigateli i vetroustanovki, 544. 8. Shefter, Ya. I. (1967). Vetronasosnye i vetroelektricheskie agregaty, 376. 9. Andreev, V. M. (1989). Fotoelektricheskoe preobrazovanie koncentrirovannogo solnechnogo izlucheniya, 310. 10. Brinkvort, B. (1976). Solnechnaya energiya dlya cheloveka, 291. 11. Pleshka, M. S. (1990). Teplonasosnye geliosistemy otopleniya i goryachego vodosnabzheniya zdan, 122.

Надійшла (received) 24.02.2015

Т. М. ГРИГОРОВА, канд. техн. наук, докторант, ХНУМГ;
Ю. О. ДАВІДІЧ, д-р техн. наук, проф., ХНУМГ;
В. К. ДОЛЯ, д-р техн. наук, зав. каф., ХНУМГ

ОЦІНКА ВПЛИВУ НЕКОМФОРТНИХ УМОВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НА ЗМІНУ ТРАНСПОРТНОЇ СТОМЛЮВАНОСТІ ПАСАЖИРІВ

Проведено дослідження транспортної стомлюваності пасажирів при поїзді в некомфортних умовах стоячи в автобусах приміського сполучення. Отримано регресійну модель зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при поїзді стоячи. Проведено аналіз впливу параметрів транспортного процесу на зміну транспортної стомлюваності пасажирів при поїзді у некомфортних умовах.

Ключові слова: пасажир, транспортна стомлюваність, перевезення, регресійна модель, час поїздки, коефіцієнт кореляції.

Вступ. Підвищення ефективності приміської пасажирської транспортної системи, як складової транспортної системи України, є одним з провідних інтересів держави. Існуюча організація транспортного обслуговування жителів передмістя не відповідає сучасним вимогам управління транспортними комплексами. В теперішній час оптимізація параметрів транспортної системи перевезення пасажирів у приміському сполученні неможлива без оптимізації параметрів технологічного процесу з врахуванням інтересів як перевізників, так і пасажирів. При розвитку приміських транспортних систем недостатньо уваги приділяється вивченню технологій організації перевезень. Методи, моделі та алгоритми організації транспортного обслуговування населення приміських зон, як правило, спираються на розробки, які були виконані ще в минулому столітті, а тому не повністю враховують сучасні вимоги до його організації. Особливо це стосується врахування інтересів пасажирів в отриманні якісних транспортних послуг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Потреба в приміських перевезеннях виникає у 95 % населення України, а річний обсяг перевезень їх складає 35 % від загального [1]. Різні вирішення проблем оптимізації функціонування приміського пасажирського транспорту пропонувалися багатьма вітчизняними ученими і фахівцями в області теорії управління системами пасажирського транспорту. За даними дослідників, основним завданням пасажирського транспорту є задоволення потреб населення у перевезеннях. Пасажирський транспорт виконує важливу виробничу задачу доставки працюючих до місць прикладення праці. Підвищення продуктивності праці є одним з найважливіших засобів досягнення високої ефективності виробництва. Одним з факторів, що впливає на продуктивність праці людини, є транспортна стомлюваність [2]. Тривалість поїздки і ступінь її комфортності визначають транспортну стомлюваність пасажирів. За даними дослідників, кожні 10 хвилин

додаткового часу, витрачені на пересування до місця роботи, та ще й в дискомфортних умовах, знижують продуктивність праці на 3-4 % [3]. Основними показниками якості перевезень пасажирів є: умови проїзду, що характеризуються ступенем наповнення автобуса; регулярність руху; час, витрачений пасажирами на пересування; безпека руху; ступінь пересадочності [4, 5]. Всі ці фактори мають різну значимість залежно від умов пересування [4]. Дослідники відзначають, що витрати часу пасажирів на пересування можна визначити як суму витрат часу на виконання наступних елементів пересування пасажирів [4, 5]: пішохідного руху від пункту відправлення до зупинки або від зупинки до пункту призначення; очікування транспорту на зупиночному пункті; руху в транспортному засобі. Причому, всі ці елементи можна виконувати при різних умовах. Так, наприклад, поїздки можна здійснювати як сидячи, так і стоячи в салоні транспортного засобу. Очікувати автобус також можна сидячи або стоячи. Ці особливості також впливають на рівень стомлюваності. Оцінивши вплив кожного елемента пересування на рівень стомлюваності пасажирів можна визначити параметри технології перевезень, які мінімізують транспортну стомлюваність пасажирів. При цьому, всі заходи по вдосконаленню процесу перевезення базуються на прогнозуванні пасажиропотоків. В основі цього процесу лежить вибір пасажирами шляху пересування. Для опису вибору пасажирів використовуються два основних підходи. Перший ґрунтується на розгляді частоти обслуговування [6, 7], другий – на розкладі руху [8, 9]. Найбільш придатним для опису процесу формування пасажиропотоків на маршрутах приміського сполучення є другий підхід, адже він використовується при низькій частоті обслуговування. Моделі формування потоків на мережі громадського транспорту, у яких час пересування приймається постійним, можуть виявитися корисними при вивченні мереж із низьким завантаженням. У той же час вони не дають змоги одержати адекватні результати при моделюванні пасажиропотоків у мережах, для яких характерним є ефект переповнення. Методом, що враховує зазначені обставини є рівноважний розподіл. Вказані моделі у повному обсязі не враховують вплив умов пересування на вибір пасажирами шляху пересування, зокрема показники якості пересування, що позначається на транспортній стомлюваності пасажирів.

Стомлення - це фізіологічний стан організму, який супроводжує тривалу й інтенсивну роботу. Цей стан виражається в тимчасовому розладі функцій нервових клітин кори головного мозку, що розповсюджується і на інші системи організму і визначає працездатність людини [10]. Стомлення визначається зміною функціонального стану людини [11]. Функціональний стан - це комплекс наявних характеристик тих функцій і якостей людини, які прямо або побічно обумовлюють виконання трудової діяльності [10]. Дослідники запропонували інтегральний критерій оцінки функціонального стану людини – показник активності регуляторних систем (ПАРС), що характеризує загальну реакцію організму на вплив факторів зовнішнього середовища. Даний показник показує напругу інформаційних каналів регуляції в організмі людини, реакцію цих каналів на вплив факторів зовнішнього середовища. Він визначається шляхом обробки електрокардіограми людини та вимірюється в балах, за якими можна визначити в якому стані вона знаходиться [2, 3]: до 3 балів - нормальний стан; від 3 до 6 балів - стан напруги; від 6 до 8 балів - стан перенапруження; від 9 до 10 балів – стан

виснаження. Визначення транспортної стомлюваності пасажирів при міських перевезеннях було проведено дослідниками та описано у праці [2]. Приміські перевезення пасажирів мають технологічні особливості. Внаслідок цього, визначення транспортної стомлюваності пасажирів в процесі приміських перевезень потребує додаткових досліджень.

Мета роботи. Метою даної роботи є математична формалізація зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при здійсненні поїздки стоячи в транспортному засобі приміського сполучення.

Методика експериментів по дослідженню впливу параметрів поїздки стоячи у приміських автобусах на значення показника активності регуляторних систем пасажирів. Для отримання вихідної інформації були проведені натурні обстеження, в ході яких у пасажирів при поїздки стоячи фіксувалася електрокардіограма і одночасно визначалися параметри поїздки. На підставі отриманої інформації було проведено математичний опис функціонального зв'язку між показником активності регуляторних систем пасажирів і факторами, які на нього впливають. Серед усіх методів, які дозволяють проводити математичний опис зміни показника активності регуляторних систем пасажирів приміського транспорту, були обрані методи регресійного і кореляційного аналізу [12].

На першому етапі дослідження згідно з рекомендаціями, що наведені дослідниками в праці [13], було проведено оцінку взаємного впливу факторів, що досліджувалися. Ці фактори чинять сумісний вплив на зміну показника активності регуляторних систем пасажирів при проїзді стоячи приміським пасажирським автомобільним транспортом. Використовуючи часткові коефіцієнти кореляції, що наведені в табл. 1, була проведена оцінка функціональних зв'язків між факторами. Було виявлено, що в більшості випадків фактори, що досліджувалися, не корелюють один з одним.

На наступному етапі дослідження було розроблено багатofакторну регресійну модель зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при проїзді стоячи.

Розмір вибірки для розробки моделі було визначено згідно з рекомендаціями, що кількість спостережень, яка використана в моделі, має бути в 6-7 разів більша за кількість факторів. Коефіцієнти регресії визначалися з використанням методу найменших квадратів. Параметри моделі були розраховані відповідно до відомих методів статистики. За величиною критерію Стьюдента та довірчих інтервалів коефіцієнту регресії кожного фактору моделі була визначена значимість факторів [13].

Результати розрахунків параметрів моделі зміни показника активності регуляторних систем при поїздки стоячи в транспортному засобі наведені в табл. 2-4.

Модель має наступний вигляд:

$$P_{\text{після}}^{\text{рст}} = 0,03 \cdot ((P_{\text{до}}^{\text{рст}})^2 \cdot (\log(B_n))) + 0,13 \cdot (\gamma \cdot t^{\text{см}}_{\text{рух}}) \cdot (2,8 / \text{Ц}/N_m). \quad (1)$$

З використанням критерію Фішера, коефіцієнта множинної кореляції та середньої помилки апроксимації проводилася оцінка статистичної значимості моделі (табл. 5).

Розрахунки показали, що значення коефіцієнту множинної кореляції відповідає високому ступеню тісноти зв'язку між залежною та незалежними

змінними. Модель є адекватною, так як значення середньої помилки апроксимації відповідає допустимим межах.

Таким чином, проведені розрахунки показали, що отриману модель зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при проїзді стоячи можливо використовувати при оптимізації параметрів транспортного процесу перевезення пасажирів автомобільним транспортом у приміському сполученні.

Таблиця 1 – Матриця парної кореляції факторів, що досліджувались при визначенні закономірностей зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при проїзді стоячи

Фактори	ПАРС до початку проїзду	Вік пасажирів	Час руху	Коефіцієнт використання місткості	Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості
ПАРС до початку проїзду	1,000	0,244	-0,439	-0,523	-0,054
Вік пасажирів	0,244	1,000	-0,069	-0,636	-0,153
Час руху	-0,439	-0,069	1,000	0,103	-0,533
Коефіцієнт використання місткості	-0,523	-0,636	0,103	1,000	-0,291
Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості	-0,054	-0,153	-0,533	-0,291	1,000

Таблиця 2 – Межі варіювання факторів моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при проїзді стоячи

Фактор	Позначення, розмірність	Межі вимірювання
ПАРС до початку проїзду	$P_{до}^{pcm}$, бали	1-8
Вік пасажирів	B_n , роки	18-60
Час руху	$t_{рух}^{cm}$, хв.	14-39
Коефіцієнт використання місткості	γ	0,31-0,91
Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості	Ц/Нм, тис. у.о./пас	0,63-3,33

Таблиця 3 – Характеристика факторів моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при проїзді стоячи

Фактор	Коефіцієнт	Стандарт на похибка	Критерій Стьюдента	
			розрахунковий	табличний
$(P_{до}^{pcm})^2 \cdot (\log(B_n))$	0,03	0,02	2,52	2,02
$(\gamma \cdot t_{рух}^{cm}) \cdot (2,8 / Ц/Н_m)$	0,13	0,06	2,25	2,02

Таблиця 4 – Довірчі інтервали коефіцієнтів моделі

Фактори	Нижня межа	Верхня межа
$(P_{до}^{рст})^2 \cdot (\log(B_n))$	0,03	0,09
$(\gamma \cdot t_{рух}^{см}) \cdot (2,8 / Ц/N_m)$	0,06	0,32

Таблиця 5 – Результати статистичної оцінки моделі

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний	2,09
розрахунковий	21,89
Коефіцієнт множинної кореляції	0,94
Середня помилка апроксимації, %	9,01

Обговорення результатів дослідження впливу параметрів поїздки стоячи у приміських автобусах на значення показника активності регуляторних систем пасажира. Для аналізу моделі було розроблено графіки зміни показника активності регуляторних систем. При побудові графіків всі значення дорівнювали середнім величинам, крім одного фактора, значення якого варіювалося.

Результати розрахунків наведені на рис. 1 – 5.

Їх аналіз дозволив зробити наступні висновки.

Вплив показника активності регуляторних систем пасажира перед початком поїздки є суттєвим. Він визначає початковий стан людини. Чим більше значення цього показника перед поїздкою, тим більше і після неї.

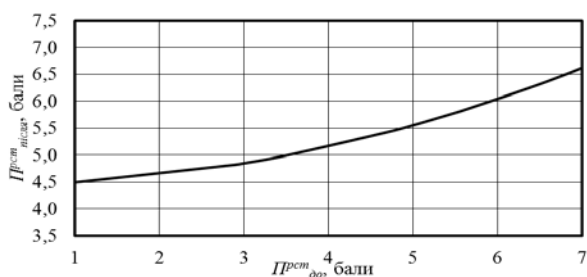


Рис. 1 – Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи від значення цього показника до початку поїздки

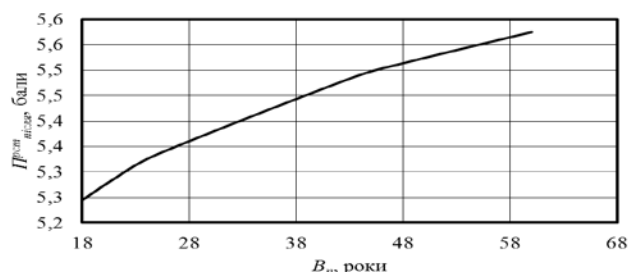


Рис. 2 – Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи від віку пасажира

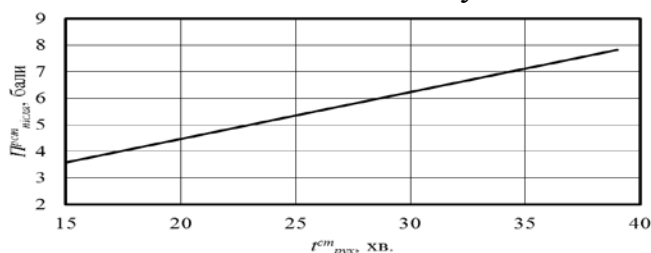


Рис. 3 – Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи від часу руху

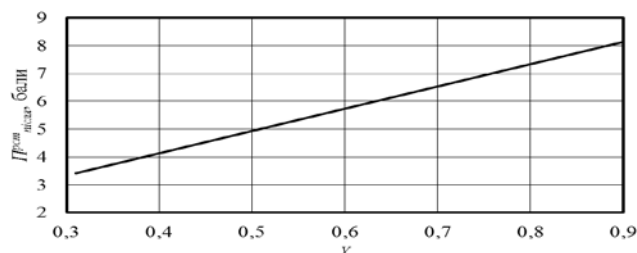


Рис. 4 – Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи від коефіцієнта використання місткості

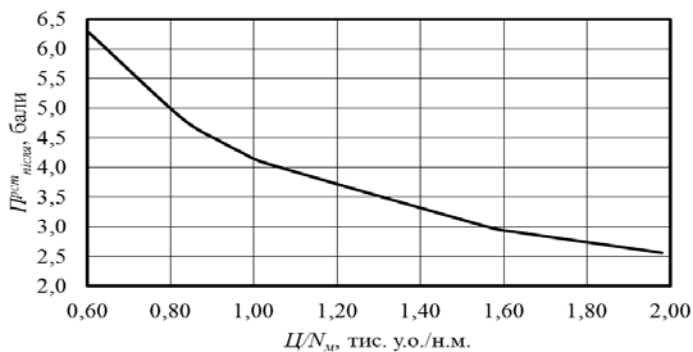


Рис. 5 – Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при проїзді стоячи від відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості

його адаптивні властивості здійснюють умови поїздки.

Між часом поїздки та показником активності регуляторних систем пасажирів спостерігається прямий зв'язок. При поїзді стоячи на пасажирів більше впливають фактори, які пов'язані із рухом транспортного засобу. Це призводить до наростання втоми.

Між коефіцієнтом використання місткості транспортного засобу та станом пасажирів спостерігається прямий зв'язок. Адже, чим більшим є даний коефіцієнт, то менше залишається особистого простору для пасажирів, що їде стоячи. Це впливає на адаптивні можливості організму людини.

Ергономічність транспортного засобу, в якості показника якого виступає відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості, позитивно впливає на організм людини. З поліпшенням ергономічності салону транспортного засобу зменшується втома під час поїздки.

Висновки. Виявлено, що зміна показника активності регуляторних систем пасажирів при проїзді стоячи з достатньою точністю описується нелінійним регресійним рівнянням, в якому в якості незалежних змінних виступають значення показника активності регуляторних систем перед поїздкою, вік пасажирів, час поїздки, значення коефіцієнта використання місткості транспортного засобу і відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості. Отримані закономірності можна використовувати при оптимізації параметрів приміської транспортної системи перевезення пасажирів.

Список літератури: 1. Кристопчук, М. Є. Ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення [Текст] : дисс. канд. техн. наук / М. Є. Кристопчук. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 214 с. 2. Доля, В. К. Пасажирські перевезення [Текст] / В. К. Доля. – Х.: «Видавництво «Форт»», 2011. – 504 с. 3. Гюлев, Н. У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора [Текст] : дис...канд. техн. наук / Н. У. Гюлев. – Х.: ХАДИ, 1993. – 174 с. 4. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с. 5. Яновський, П. О. Пасажирські перевезення [Текст] / П. О. Яновський. – Київ: НАУ, 2008. – 469 с. 6. Hickman, M. D. Transit service and path choice models in stochastic and time-dependent networks [Текст] / M. D. Hickman, D. H. Bernstein // Transportation Science, 1997, vol. 31. – P. 129 – 146. 7. Schmoeker, J. D. A quasi-dynamic capacity constrained frequency-based transit assignment model [Текст] / J. D. Schmoeker, M. G. H. Bell, F. Kurauchi // Transportation Research, 2008, vol. 42B.

– P. 925 – 945. **8.** *Nuzzolo, A.* Schedule-based path choice models for public transport networks [Текст] / *A. Nuzzolo* // Proceedings of Advanced Course on Transit Networks, 2001. – 15 p. **9.** *Nuzzolo, A.* A doubly dynamic schedule-based assignment model for transit networks [Текст] / *A. Nuzzolo, F. Russo, U. Crisalli* // Transportation Science, 2001, vol. 35. – P. 268 – 285. **10.** Руководство по физиологии труда [Текст] / под ред. *М. И. Виноградова*. – М.: Медицина, 1969. – 408 с. **11.** Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха [Текст] / под ред. *В. И. Медведева*. – Л. Наука, 1984. – 140 с. **12.** *Галушко, В.Г.* Вероятностно-статистические методы на автотранспорте [Текст] / *В. Г. Галушко*. – Киев: Вища школа, 1976. – 232 с. **13.** *Крохин, М. Н.* Оптимальная длительность работы и отдыха локомотивной бригады. Какой ей быть? [Электронный ресурс] / *М. Н. Крохин, А. Б. Кирпичников*. – Режим доступа: <http://www.edv.ru>. 2006. – 8 с.

Bibliography (transliterated): **1.** *Kristopchuk, M. J.* (2009). Efektyvnist' pasazhyrs'koyi transportnoyi systemy prymis'koho spoluchennya. *Kharkiv, KhNAUE*, 214. **2.** *Dolya, V. K.* (2011). Pasazhyrs'ki perevezennya. *Kharkiv, Vydavnytstvo "Fort"*, 504. **3.** *Gyulev, N. U.* (1993). Vybhor racional'nogo kolichestva avtobusov na marshrutah goroda s uchetom vlijanija chelovecheskogo faktora. *Kharkiv, KhART*, 174. **4.** *Efremov, I. S., Kobozev, V. M., Yudin, V. A.* (1980). Teorija gorodskih passazhirskih perevozok. *Moscow, Vysshaja school*, 535. **5.** *Yanovsky, P. O.* (2008). Pasazhyrs'ki perevezennya. *Kiev, NAU*, 469 p. **6.** *Hickman, M. D., Bernstein, D. H.* (1997) Transit service and path choice models in stochastic and time-dependent networks // Transportation Science, 31, 129–146. **7.** *Schmoeker, J. D., Bell, M. G. H., Kurauchi, F.* (2008). A quasi-dynamic capacity constrained frequency-based transit assignment model // Transportation Research 42B, 925–945. **8.** *Nuzzolo, A.* (2001). Schedule-based path choice models for public transport networks // Proceedings of Advanced Course on Transit Networks, Rome, 15. **9.** *Nuzzolo, A., Russo, F., Crisalli, U.* (2001). A doubly dynamic schedule-based assignment model for transit networks // Transportation Science, 35, 268–285. **10.** *Vinogradov, M. I. ed.* (1969). Rukovodstvo po fiziologii truda. *Moscow, Medicine*, 408. **11.** *Medvedeva, V. I ed.* (1984). Fiziologicheskie principy razrabotki rezhimov truda i otdyha. *Leningrad, Nauka*, 140. **12.** *Halushko, V. G.* (1976). Veroyatnostno-statisticheskie metody na avtotransporte. *Kiev, Vysshaja school*, 232. **13.** *Krokhin, M. N. Kirpichnikov, A. B.* (2006). The optimal duration of work and rest of the locomotive crew. What is it to be?: <http://www.edv.ru>. 8.

УДК 642.58:796.071.2

Н. В. ПРИТУЛЬСЬКАЯ, д-р техн. наук, проф., КНТЭУ, Киев;

Г. И. СЕНОГОНОВА, аспирант, КНТЭУ, Киев;

Н. В. ВДОВЕНКО, канд. биол. наук, зав. лаб., Государственный научно-исследовательский институт физической культуры и спорта, Киев

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ «СПОРТ СЛИМ» ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ (ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЕСА ТЕЛА)

Представлен анализ результатов разработки функциональной композиции, из биологически активных веществ с направленным физиологичным действием на организм для использования их в профессиональном спорте, а также в питании населения: особенно для людей с избыточным весом для регуляции веса тела. Применение методологии проектирования модельной функциональной композиций дает возможность расширять ассортимент пищевых продуктов специального назначения, которую можно использовать в кондитерском производстве.

Ключевые слова: избыточный вес, ожирение, функциональная композиция, ингредиенты, специальные пищевые продукты, спортсмены, регуляция веса тела

© Н. В. ПРИТУЛЬСЬКАЯ, Г. И. СЕНОГОНОВА, Н. В. ВДОВЕНКО, 2015

Введение. В конце XX века развитие новых диагностических методик позволило обнаружить прямую зависимость ожирения и развития многих тяжелых заболеваний. Тогда же в медицине было введено понятие «метаболический синдром X», или как его еще называют, «смертельный квартет». Он объединяет такие заболевания, как артериальная гипертензия, сахарный диабет II типа, атеросклероз и ишемическая болезнь сердца, которые являются в настоящее время основными причинами смертности людей во всем мире. Одним из основных факторов развития всех этих опасных заболеваний есть именно ожирение. Еще два года тому назад количество смертей, связанных с избыточным весом, составило 2,5 миллионов, на этот момент цифры неуклонно растут [1-3].

Существует официальная статистика: если бы человечество смогло преодолеть данную проблему, то продолжительность жизни людей во всем мире увеличилась бы на 5-10 лет. Для сравнения - лечение всех жителей планеты от рака увеличило бы среднюю продолжительность жизни только на год. Ученые продолжают бить тревогу, непрерывно сигнализируя в своих отчетах о недостаточном внимании к проблеме избыточного веса.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения, в наше время ожирение стало одним из самых распространенных хронических заболеваний - сегодня эта патология действительно принимает характер глобальной эпидемии, которая охватывает практически все страны и народы.

Ярким подтверждением того, что ожирение действительно принимает масштабы стихийного бедствия, является тот факт, что оно начинает превращаться в серьезную проблему даже в странах, которые развиваются, - тех же, жители которых традиционно страдали от недостаточного питания. С каждым годом все больше государств, какие совсем недавно боролись с голодом, теперь борются с проблемой лишнего веса [4-6].

Однако, несмотря на такую ситуацию, среди населения Украины отсутствует отношение к ожирению не только как к серьезному заболеванию, но и как к патологии вообще. Низкая информационная культура населения, а также порой недостаточное внимание врачей, к данной проблеме привели до того, что в последнее время в Украине распространения приобрели разные средства для регуляции веса тела, основная часть которых естественно есть БАДами (биологически активными добавками) [6].

Опыт отечественных и зарубежных специалистов свидетельствует, что наиболее более эффективным путем коррекции питания людей с избыточным весом является разработка специальных пищевых продуктов, обогащенных функциональными композициями, которые позволят поддерживать вес тела и обеспечивать организм необходимыми нутриентами. Поэтому разработка и расширение ассортимента таких товаров является актуальной [7-10].

Цель работы. Целью исследования является разработка функциональных композиций, в состав которых введены компоненты для адекватной компенсации физиологических затрат организма людей с избыточным весом во время физических нагрузок различной интенсивности.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- обосновать компонентный склад функциональной композиции;

- оптимизировать состава функциональной композиции для адекватной компенсации физиологических расходов организма людей с избыточным весом во время физических нагрузок разной интенсивности.

Методика экспериментов. В основу критериев оптимизации функциональных свойств композиции принадлежало наличие в ее составе функциональных веществ, которые активизируют реакции обмена и регулируют вес тела.

На основании системных исследований вкусов потребителей, с использованием методов математического моделирования обосновано компонентный состав функциональной композиции физиологического действия на организм человека с избыточным весом.

Обсуждение результатов. Предложенная функциональная композиция «Спорт слим» для обогащения специальных продуктов функционального назначения не является токсичной, не имеет в своем составе веществ, запрещенных Медицинским кодексом международного олимпийского комитета и Антидопинговым кодексом олимпийского движения. Ежедневное потребление пищевых продуктов, обогащенных предложенной композицией, не приводит к привыканию.

Состав функциональной композиции «Спорт слим» рассчитан для применения ее в качестве функциональных добавок при производстве кондитерских изделий и может найти широкое приложение в производстве специальных пищевых продуктов для людей с избыточным весом во время физических нагрузок разной интенсивности. Композиция сбалансирована в соотношении основных компонентов, хорошо совмещаются со всеми составляющими базовых рецептур, не ухудшает органолептические и физико-химические показатели качества пищевого продукта [8-10]. Композиция «Спорт слим» содержит в своем составе коэнзим Q₁₀, конъюгированную линолевую кислоту, L-карнитин, экстракт зеленого чая.

Таблица 1– Состав функциональной композиции «Спорт слим», мг

Композиция «Спорт слим»	Суточная потребность (дозирование), мг		Безопасное суточное дозировка, мг	Количество на 1 порцию продукта, мг
	для людей с низкой физической активностью, мг	для спортсменов, мг		
Коэнзим Q ₁₀	20,0-25,0	30,0-50,0	30,0	15,0
Конъюгированная линолевая кислота	1200,0-2000,0	3400,0-4000,0	3000,0	1500,0
L-карнитин	500,0 – 700,0	1000,0-2000,0	2000,0	500,0
Экстракт зеленого чая	100,0-300,0	300,0-600,0	600,0	100,0

Коэнзим Q₁₀ (кофермент Q₁₀, убихион, ubiquinone, соензиме Q₁₀, соензиме Q) - содержится в митохондриях (органоидах, которые обеспечивают организм

энергией) клеток, играет центральную роль в цикле химических реакций, которые обеспечивают доставку кислорода и выработку энергии. Он также выполняет функцию антиоксиданта и, таким образом, может помогать в уничтожении свободных радикалов, в частности, во время аэробной нагрузки. Способный улучшать качество аэробных упражнений в тех, кто не занимается спортом.

Нарушение обмена веществ часто становится причиной разных заболеваний, в частности сахарного диабета и нарушений в работе эндокринных желез. Кроме того, сниженный обмен веществ часто вызывает повышенный уровень холестерина и ведет к образованию жировых отложений на теле, которое становится причиной избыточной массы тела. Коэнзим Q₁₀ улучшает действие программ снижения веса, повышает выносливость при занятиях спортом, улучшает работу сердечно-сосудистой, иммунной системы, убыстряет возобновление в реабилитационный период, значительно повышает уровень энергии.

Конъюгированная линолевая кислота (*conjugated linoleic acids*) - несколько изменена форма липоевой кислоты (ЛК), омега-6-жирной кислоты, которая играет важную роль в поддержке здоровья человека. Омега-6 жирные кислоты поступают в организм с едой, преимущественно из мяса и молочных продуктов.

Конъюгированная линолевая кислота (КЛК) является могучим антиоксидантом, антиканцерогеном, стимулятором иммунной системы. КЛК способствует похудению, поскольку способна блокировать образование жира, увеличивает скорость обмена веществ, усиливает рост мышц, снижает уровни холестерина и триглицерида, инсулинорезистентность. Доказано, что снижение резистентности к инсулину способствует профилактике диабета взрослого возраста и упрощает контроль веса.

L-карнитин (*L-Carnitine*) – витаминоподобное вещество, за строением близкий к аминокислотам и холину, который присутствует в организме человека в физиологическом состоянии и принимает участие в транспорте жирных кислот в митохондрии, где происходит процесс окисления жира и образования энергии. Этот процесс более эффективен при физических нагрузках.

L-карнитин играет важную роль в выработке энергии, активизируя распад жиров. При нарушении липидного обмена происходит его жировая дистрофия. L-карнитин способствует уменьшению жировых элементов в скелетной мускулатуре и способствует нормализации массы тела. Подобное его действие происходит и в других органах и тканях, что помогает улучшить энергетический баланс и увеличить выносливость организма.

В спортивной практике L-карнитин зарекомендовал себя как не допинговое анаболическое средство, которое способствует увеличению прочности и мускульной массы, увеличивает усваивание белка, витаминов и углеводов. Во время его применения повышается выносливость во время тренировок и соревнований, значительно улучшается обеспечение клеток организма кислородом. Чем больше L-карнитина находится в организме, тем большее количество аминокислот (лейцин, изолейцин, валин) сохраняется в мышцах. Основная функция L-карнитина – транспортировать жиры к митохондриям. Как один из основных источников энергии для мускульных тканей, L-карнитин увеличивает переработку жира в энергию и предотвращает отложение жиров в организме, прежде всего в сердце, печени, скелетных мышцах.

L-карнитин компенсирует расходы энергии в результате физической деятельности, повышает выносливость и снижает накопление молочной кислоты – побочного продукта физических усилий, которая влечет ощущение «боли» в мышцах.

L-карнитин нужен для синтеза аминокислот и нуклеиновых кислот, способствует повышению иммунитета, умственной и физической работоспособности, ускорению возобновления после нагрузок и заболеваний.

Экстракт зеленого чая (*Camellia sinensis*) – это популярный ингредиент в добавках для снижения веса. Активным соединением в зеленом чае является семейство полифенолов (катехинов) и флаванолов (могучих антиоксидантов). К главным катехинам относятся эпикатехин (ЭК), эпигалокатехин (ЕГК), эпикатехина галат (ЭКГ) и эпигалокатехина галат (ЕГКГ).

Кофеин, который содержится в экстракте зеленого чая, вместе с катехинами убыстряет процесс выведения жиров за счет активации липолиза, повышает умственную и физическую работоспособность, регулирует общий обмен веществ. В отличие от синтетического кофеина он обнаруживает более мягкое и долговременное действие. Зеленый чай укрепляет стенки кровеносных сосудов, делая их более эластичными, нейтрализует свободные радикалы, снижает риск онкологических заболеваний. Улучшает не только самочувствие, но и внешний вид - нормализует вес, улучшает состояние кожи.

Указана композиция пригодная как добавка к кондитерским изделиям. Оптимальное дозирование композиции составляет 2,115 граммов на 1 порцию (100 граммов) продукта.

Выводы

1. Композиция сбалансирована в соотношении основных компонентов, которые хорошо совмещаются со всеми составляющими базовых рецептур, не ухудшает органолептические и физико-химические показатели качества нового пищевого продукта.

2. Установлена эффективность влияния функциональной композиции, которая будет введена в кондитерские изделия, на функциональное состояние организма, улучшения обмена веществ в организме, блокировка синтеза жира в жировой ткани, ускорения расщепления жировых молекул и трансформация жира в свободную энергию.

Список литературы: 1. Ryden, L. Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases: executive summary. The Task Force on Diabetes and Cardiovascular Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Association for the Study of Diabetes (EASD) [Text] / L. Ryden, E. Standl, M. Bartnik et al // Eur. Heart. J. – 2007. – Vol. 28, №1. – P. 88–136. 2. Matthaiei, S. Pathophysiology and pharmacological basis of insulin resistance [Text] / S. Matthaiei, M. Stumvoll, M. Kellerer, H. U. Haring // Endocr. Rev. – 2000. – Vol. 21, № 6. – P. 585–618. 3. Reaven, G. M. Obesity, insulin resistance, and cardiovascular disease [Text] / G.M. Reaven, F. Abbasi, T. McLaughlin // Recent Progress in Hormone Research. – 2004. – Vol. 2, № 1. – P. 207–223. 4. Savage, D. B. Leptin therapy in lipodystrophy [Text] / D. B. Savage, S. O’Rahilly // Diabetologia. – 2010. – Vol. 53, № 1. – P. 7–9. 5. Sader, S. Leptin: a novel link between obesity, diabetes, cardiovascular risk, and ventricular hypertrophy [Text] / S. Sader, M. Nian, P. Liu // Circulation. – 2003. – Vol. 108, №6. – P. 644–646. 6. Сєногонова, Г. Ожиріння – хвороба XXI століття [Текст] / Сєногонова Г // «Технологічний аудит

та резерви виробництва» (ISSN 2226-37802). 7. Сєногонова, Г. Функціональний топінг «Потенціал спорту» для спортсменів [Текст] / Г. Сєногонова, Н. Притульська, Л. Сєногонова, Є. Бондаренко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 4, № 6(58). – С. 68–71. 8. Пащенко, В. Товарознавча експертиза сухих харчових сумішей для спортсменів [Текст] / В. Пащенко, Л. Сєногонова, А. Становіхіна // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – Т. 2, № 6(50). – С. 54–58. 9. Сєногонова, Л. Дослідження якості цукерок для спортсменів / Л. Сєногонова // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2012. – Т. 4, № 2(6). – С. 35–36. 10. Сєногонова, Л. Оцінка безпечності нових цукерок для спортсменів [Текст] / Л. Сєногонова, Н. Притульська // Східно-Європейський журнал передових технологій : наукові видання України. – Харків : Технологічний центр, 2010. – Вип. 4/8 (46). – С. 64–67.

Bibliography (transliterated): 1. Ryden, L., Standl, E., Bartnik, Met al. (2007). Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases: executive summary. The Task Force on Diabetes and Cardiovascular Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Association for the Study of Diabetes (EASD). Eur. Heart. J., 28, №1, 88-136. 2. Matthaei, S., Stumvoll, M., Kellerer, M., Haring H. U. (2000). Pathophysiology and pharmacological basis of insulin resistance. Endocr. Rev, 21, №6, 585-618. 3. Reaven, G. M., Abbasi, F., McLaughlin, T. (2004). Obesity, insulin resistance, and cardiovascular disease. Recent Progress in Hormone Research, 2, №1, 207-223. 4. Savage, D. B., O'Rahilly, S. (2010). Leptin therapy in lipodystrophy. Diabetologia, 53, №1, 7-9. 5. Sader, S., Nian, M., Liu, P. (2003). Leptin: a novel link between obesity, diabetes, cardiovascular risk, and ventricular hypertrophy. Circulation, Vol. 108, №6, 644-646. 6. Сєногонова, Г. Ожиріння – хвороба XXI століття [Текст] / Сєногонова Г // «Технологічний аудит та резерви виробництва» (ISSN 2226-37802). 7. Sienogonova, G., Pritulskaya, N., Sienogonova, L. Bondarenko, E. (2012). Functional topping "Capacity sports" for athletes. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 4(6(58)), 68-71. 8. Sienohonova, L., Pashchenko, V., Stanovikhina, A. (2012). Merchandising expertise of dry food mixes for athletes. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 2(6(50)), 54-58. 9. Sienogonova, L. (2012). Research of quality of candies for sportsmen. Technology Audit And Production Reserves, 4(2(6)), 35-36. 10. Senogonova, L., Pritulska, N. (2010). Estimation of safety of new candies for sportsmen. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies 4(8(46)), 64-67.

Поступила (received) 12.02.2015

УДК 504.054

І. О. ТОЛКУНОВ, канд. техн. наук, нач. каф., Національний університет цивільного захисту України, Харків

ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІКІВ ПОЗАПРОЕКТНИХ АВАРІЙ В СХОВИЩАХ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

Запропонована модель щодо оцінки радіаційної обстановки, що може виникнути внаслідок руйнування оболонок пеналів, в яких зберігається відпрацьоване ядерне паливо в сховищі «мокрого» типу Чорнобильської атомної електростанції. Також наведені розрахункові показники радіоактивного забруднення в зоні відчуження та в межах промислового майданчика станції при можливих позапроектних аваріях сховища відпрацьованого ядерного палива.

Ключові слова: радіоактивні матеріали, басейн витримки, ядерне паливо, сховище відпрацьованого ядерного палива.

Вступ. Потенційна небезпека експлуатації радіаційно-небезпечних об'єктів (РНО) полягає в можливості виникнення «критичності» і, відповідно, самопідтримуючої ланцюгової реакції при аварійних ситуаціях, а також при

© І. О. ТОЛКУНОВ, 2015

переробці, зберіганні та транспортуванні ядерного палива. Основний показник ступеня їх потенційної небезпеки, за інших рівних умов (надійність технологічних процесів, якість професійної підготовки фахівців тощо), – це загальна кількість радіоактивних речовин, які знаходяться на об'єкті.

Головними місцями накопичення радіоактивних відходів є атомні станції (АЕС), на яких здійснюється їх первинна переробка та тимчасове зберігання. На АЕС не існує повного циклу первинної переробки відходів відповідно до вимог та стандартів з ядерної і радіаційної безпеки, що призводить до нераціонального використання сховищ та збільшує ризик радіаційних аварій [1].

У 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС (ЧАЕС) у тимчасових, не пристосованих для зберігання сховищах, знаходиться велика кількість радіоактивних відходів, серед яких є відходи ядерної енергетики. Головним джерелом небезпеки у 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС залишаються сховища відпрацьованого ядерного палива (СВЯП), в яких зосереджені небезпечні радіоактивні речовини та ядерні матеріали, радіоактивність яких становить близько 20 МКюрі. При цьому забезпечення радіаційної безпеки потребує завчасного прогнозування наслідків можливих надзвичайних ситуацій радіаційного характеру. Тому оцінка радіаційної обстановки при позапроектних аваріях сховищ відпрацьованого ядерного палива ЧАЕС є актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. 15 грудня 2000 року відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України №598 «Про дострокове зняття з експлуатації ЧАЕС» від 29 березня 2000 року був зупинений енергоблок № 3. Із зупинкою 3-го енергоблоку ЧАЕС була повністю зупинена, і почався етап вивантаження ядерного палива із зупинених ядерних енергетичних реакторів. В даний час основна частина палива знаходиться в СВЯП-1, яке розташовується на території промайданчика ЧАЕС на північний захід від головного корпусу II-ої черги АЕС. СВЯП-1 – це сховище «мокрого типу», призначене для прийому і зберігання відпрацьованих тепловиділяючих збірок (ВТВЗ) після попередньої, не менше ніж 1,5-річної витримки їх в басейнах витримки (БВ) або реакторах енергоблоків, а також для операцій вивантаження ВТВЗ зі СВЯП-1 з наступним переміщенням їх в сховище «сухого типу», що будується (СВЯП-2). СВЯП-1 введено в експлуатацію у вересні 1986 року.

У тому ж 1986 році були розпочаті роботи з вивантаження відпрацьованого ядерного палива (ВЯП) з БВ блоків №1 і №2 та розміщення його в БВ СВЯП-1. Експлуатація СВЯП-1 планується до введення в експлуатацію «сухого» сховища СВЯП-2 з урахуванням часу, необхідного для вивезення ВТВЗ зі СВЯП-1 в СВЯП-2. Планується, що сховище СВЯП-2 буде введено в експлуатацію в 2015 році. При цьому СВЯП-1 буде звільнено від ВЯП протягом 9-9,5 років (приблизно до 2025 року) [2].

Дані по кількості ВТВЗ, що знаходяться в басейнах витримки блоків та СВЯП-1 і наявності вільних місць для розміщення ВТВЗ на блоках та СВЯП-1, а також повне енерговиділення Q палива ТВЕЛ у ВТВЗ з початковим збагаченням 2,4% по ^{235}U , глибиною вигорання 24 МВт·добу/кг залежно від часу витримки (табл. 1), дозволяють розрахувати сумарне енерговиділення ВТВЗ при виникненні позапроектних аварій СВЯП-1 ЧАЕС [3, 4].

Таблиця 1 – Повне енерговиділення Q палива ТВЕЛ у ВТВЗ

Q, [МВт]	Витримка, років					
	7	10	20	30	50	100
	53,8	46,1	36,1	29,8	20,9	10,4

Кількість відпрацьованого палива у БВ приблизно однакова. При проведенні прогностичної оцінки наслідків позапроектної аварії СВЯП-1 різниця в енерговиділенні буде не істотна. При цьому доцільно оцінювати наслідки руйнування ВТВЗ в БВ при максимальному 10% виході активності. Існуюче нормативно-методичне забезпечення оцінки радіаційної обстановки при аваріях на радіаційно-небезпечних об'єктах (РНО) не в повній мірі враховує особливості радіоактивного забруднення при можливому руйнуванні СВЯП [5 – 7].

Мета роботи. Отже, метою роботи є проведення досліджень, які дають змогу побудувати модель щодо оцінки радіаційної обстановки, яка може виникнути внаслідок руйнування оболонок пеналів, в яких зберігається відпрацьоване ядерне паливо в сховищі «мокрого» типу Чорнобильської атомної електростанції, а також оцінити радіоактивне забруднення в зоні відчуження та в межах промислового майданчика станції при можливих позапроектних аваріях сховища відпрацьованого ядерного палива, що дасть змогу щодо визначення площі території забруднення радіоактивними речовинами в результаті позапроектної аварії СВЯП-1 ЧАЕС, а також дозові навантаження персоналу станції і населення, що проживає на даній території, на основі удосконалення моделі оцінки радіаційної обстановки при аварії (руйнуванні) РНО.

Постановка завдання та його вирішення. Виходячи з вищезазначеного, для досягнення мети в роботі необхідно вирішити наступну задачу, яка полягає в удосконаленні методичного забезпечення оцінки радіаційної обстановки при аваріях РНО, яка повинна враховувати особливості ситуації, що пов'язана з повним зневодненням басейнів витримки СВЯП, та визначені вірогідних показників радіоактивного забруднення при даних видах аварій.

Значення показників радіоактивного забруднення залежать від концентрації радіоактивних речовин в аерозольній хмарі. Точність оцінки значення концентрації буде залежати від моделі джерела забруднення та моделі розповсюдження радіоактивних речовин у приземному шарі атмосфери. Для визначення початкової потужності джерела радіоактивного забруднення для СВЯП використовується вираз, що визначає енерговиділення СВЯП і час, який минув після аварії [8, 9]:

$$Q_0 \approx 2,3 \cdot 10^{14} P \cdot t^{-0,21} \quad (1)$$

де Q_0 – потужність джерела радіоактивного забруднення, МеВ/с; P – повне енерговиділення ВТВЗ, кВт; t – час, що минув після аварії, с; $2,3 \cdot 10^{14}$ – коефіцієнт перерахунку потужності джерела зараження, МеВ/кВт·с.

Визначення залишкової концентрації радіоактивних речовин у хмарі проводиться за формулою [9, 10]:

$$q'_i = \frac{Q_0}{\pi^{3/2} C_x \cdot C_y \cdot C_z \cdot \xi^{3(2-n)/2}} \cdot \exp\left(-\frac{4v_g \xi^{n/2}}{n \cdot u \cdot \pi^{1/2} C_z^{n/2}} - \frac{x^2}{C_x^2 \cdot \xi^{2-n}}\right) \times \exp\left(-\frac{y^2}{C_y^2 \cdot \xi^{2-n}} - \frac{z^2}{C_z^2 \cdot \xi^{2-n}}\right), \quad (2)$$

де q'_i – концентрація радіоактивних речовин у хмарі, МзВ/с·м³; Q_0 – початкова потужність джерела, МеВ/с; n – безрозмірний параметр, що пов'язаний зі стійкістю атмосфери; ξ – параметр, що враховує зміну концентрації радіоактивних речовин при проходженні радіоактивною хмарою відстані в напрямку вітру за інтервал часу від 0 до t , м; u – середнє значення швидкості вітру, м/с; x, y, z – координати об'єкта оцінки обстановки, м; C_x^2, C_y^2, C_z^2 – коефіцієнти дифузії відповідно в напрямку осей ОХ, ОУ, ОZ, м; v_g – швидкість осідання радіоактивних речовин із хмари на поверхню землі, м/с.

Розміри зони забруднення місцевості, тимчасові показники і показники небезпеки такі, як потужність дози іонізуючих випромінювань і доза випромінювання від радіоактивного забруднення місцевості, визначаються концентрацією радіоактивних речовин у поверхні землі або щільністю радіоактивного забруднення. При визначенні щільності радіоактивного забруднення значення координати z дорівнює нулю. Для визначення значення концентрації радіоактивних речовин біля поверхні землі шляхом інтегрування за часом і по координаті x використовується вираз:

$$q'_{i \text{ i}} = \frac{2Q_0 \cdot v_g}{u \cdot \pi \cdot C_y \cdot C_z \cdot \xi^{2-n}} \exp\left(-\frac{4v_g \xi^{n/2}}{n \cdot u \cdot \pi^{1/2} C_z^{n/2}} - \frac{y^2}{C_y^2 \cdot \xi^{2-n}}\right), \quad (3)$$

де $q'_{i \text{ i}}$ – концентрація радіоактивних речовин біля поверхні землі, МеВ/с·м²; v_g – швидкість осідання радіоактивних речовин із хмари на поверхню землі, $3,1 \cdot 10^{-3}$ м/с; C_y^2, C_z^2 – коефіцієнти дифузії відповідно в напрямку осей ОУ, ОZ, м [9, 10]:

$$C_y^2 = C_z^2 = \frac{4v^n}{(1-n) \cdot (2-n) \cdot u^n} (\operatorname{tg} \sigma_\alpha)^{2(1-n)}, \quad (4)$$

де σ_α – середньоквадратичне відхилення горизонтального напрямку вітру від середнього напрямку; v – коефіцієнт молекулярної дифузії повітря або кінематична в'язкість повітря, яка є постійною величиною, $v = 1,323 \cdot 10^{-10}$, м²/с.

Величина показників небезпеки радіоактивного забруднення визначається за значенням концентрації радіоактивних речовин в хмарі і біля поверхні землі. Перший показник, який необхідно оцінити, – це значення еквівалентної дози опромінювання, яку отримає людина від радіоактивної хмари. Ця доза може бути визначена за співвідношенням, МеВ/г [8]:

$$D_{\text{изл}}^P = \mu_m \int_0^t F_n(\tau) dt, \quad (5)$$

де μ_m – масовий коефіцієнт послаблення, м²/г; F_n – флюенс енергії гама-випромінювання, МеВ/м²·с; $1 \text{ мЗв} = 6,25 \cdot 10^7 \text{ МеВ/г}$.

Дозу гамма випромінювання, яку отримає людина від радіоактивної хмари, не можна визначити без урахування умов перебування населення, коли необхідно

врахувати ступінь ослаблення іонізуючих випромінювань захисними спорудами і різними будівлями. На практиці ступінь ослаблення враховується шляхом введення додаткового параметра – коефіцієнта послаблення. Коефіцієнт послаблення для різних об'єктів є довідковою величиною. Виходячи із зазначеного, вираз для визначення дози опромінювання, яку отримає людина від радіоактивної хмари, буде мати вигляд, мЗв:

$$D_{\text{изл}i}^P = \frac{\mu_m}{6,25 \cdot 10^7 K_{\text{осл}}} \int_0^t \frac{q'_i \cdot z \cdot f(t)}{3} dt \quad (6)$$

де q'_i – концентрація радіоактивних речовин у хмарі, $\text{MeB}/\text{c} \cdot \text{m}^3$; $K_{\text{осл}}$ – коефіцієнт ослаблення; z – висота підйому аерозольної радіоактивної хмари, м; $f(t)$ – функція, що враховує середній спад активності радіоактивних речовин; μ_m – масовий коефіцієнт ослаблення іонізуючих випромінювань, який для організму людини дорівнює $5,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{г}$; t – час, на який відбувається визначення дози гама-випромінювання від радіоактивної хмари, с (при виборі останнього параметра необхідно дотримуватися умови: $t \leq x/u$).

Значення інгаляційної дози визначається за формулою, мЗв [8]:

$$D_{\text{излвн}i} = V \cdot t \cdot k \cdot q_i \quad (7)$$

де V – об'єм легеневої вентиляції людини (для дорослої людини при середньому фізичному навантаженні $V = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$; t – час надходження радіоактивного йоду в організм людини, с; k – коефіцієнт пропорційності між питомою активністю газоподібних радіоактивних речовин у повітрі та дозою випромінювання в організмі людини, $\text{мЗв} \cdot \text{с}/\text{MeB}$; q_i – концентрація газоподібних радіоактивних речовин в аерозольній хмарі, яка залежно від умов зниження концентрації радіоактивних речовин в хмарі визначається, як $q'_i/10$, $\text{MeB}/\text{c} \cdot \text{m}^3$.

В результаті взаємодії радіоактивних речовин, які принесені з радіоактивної хмари, з поверхнею землі відбувається радіоактивне забруднення місцевості. Дозу опромінювання населення від забрудненої радіоактивними речовинами місцевості пропонується визначати залежністю, мЗв [8]:

$$D_{\text{излPЗМ}i}^P = \frac{P_1 \cdot K_{\text{опр}}}{K_{\text{осл}}} \quad (8)$$

де P_1 – потужність дози через одну годину після руйнування ядерного реактору, $\text{мЗв}/\text{год}$; $K_{\text{опр}}$ – коефіцієнт опромінення, який визначається як функція часу початку ($t_{\text{пр}}$) і тривалості ($T_{\text{тр}}$) знаходження на забрудненій місцевості:

$$K_{\text{обл}} = \zeta \cdot [(t_{\text{пр}} + T_{\text{пр}})^{0,71} - t_{\text{пр}}^{0,71}] \quad (9)$$

Потужність дози опромінення визначається із співвідношення, $\text{мЗв}/\text{год}$:

$$P = \alpha \cdot t^{-0,29} \cdot q'_{\text{mi}} \quad (10)$$

де t – час, на момент якого відбувається визначення потужності дози гама-випромінювання, с; α – чисельний коефіцієнт, що враховує лінійний коефіцієнт ослаблення, середній спад активності за одну годину і перерахунок розмірності часу, на момент якого відбувається визначення потужності дози гама-випромінювання в годину, $\alpha = 7,18 \cdot 10^{-14} \text{ мЗв} \cdot \text{м}^2/\text{MeB} \cdot \text{с}$.

Результати моделювання радіаційної обстановки в межах промислової площадки ЧАЕС і в зоні відчуження при 10 % викиді радіоактивних речовин

наведено в табл. 2, 3. Дози опромінювання розраховувалися для населення, яке знаходиться на території зони відчуження з моменту початку аварії.

Таблиця 2 – Значення показників радіоактивного забруднення за результатами оцінки радіаційної обстановки при позапроектній аварії СВЯП за межами проммайданчика ЧАЕС

№ з/п	Показник радіоактивного забруднення	Кількість відпрацьованого ядерного палива	Відстань від енергоблоку, км								
			2	5	10	15	20	25	30	35	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Внутрішня доза опромінення, мЗв	У басейнах витримки СВЯП-1 зберігається 2435253 кг відпрацьованого ядерного палива з енерговиділенням 112265,166 кВт	26,1	22,8	20,7	19,6	14,2	12,7	8,6	3,4	2,5
2.	Потужності доз ІВ на 1 годину після аварії БВ, мЗв/год		1,5	1,2	1,1	1,1	0,8	0,7	0,5	0,2	0,14
3.	Доза від зовнішнього опромінення за 4 доби, мЗв		20,3	17,7	16,0	15,2	11,1	10,6	6,6	2,6	2,0
4.	Доза від зовнішнього опромінення за 14 діб, мЗв		29,7	25,9	23,5	2,3	16,2	15,6	9,7	3,9	2,9
5.	Доза від зовнішнього опромінення за 1 годину мЗв		16,1	14,1	12,8	12,1	8,8	8,5	5,3	2,1	1,6

Таблиця 3 – Значення показників радіоактивного забруднення за результатами оцінки радіаційної обстановки при позапроектній аварії СВЯП в межах проммайданчика ЧАЕС

№ з/п	Показник радіоактивного забруднення	Кількість відпрацьованого ядерного палива	Відстань від енергоблоку, м			
			100	200	500	1000
1	2	3	4	5	6	7
1.	Внутрішня доза опромінення, мЗв	У басейнах витримки СВЯП-1 зберігається 2435253 кг відпрацьованого ядерного палива з енерговиділенням 112265,166 кВт	46,5	39,7	33,1	29,2
2.	Потужності доз ІВ на 1 годину після аварії БВ, мЗв/год		2,6	2,2	1,8	1,6
3.	Доза від зовнішнього опромінення за 4 доби, мЗв		41,3	30,8	25,6	23,2
4.	Доза від зовнішнього опромінення за 14 діб, мЗв	У басейнах витримки СВЯП-1 зберігається 2435253 кг відпрацьованого ядерного палива з енерговиділенням 112265,166 кВт	52,8	45,1	37,6	33,2
5.	Доза від зовнішнього опромінення за 1 годину, мЗв		28,7	24,5	20,4	18,1

Висновки. Запропонована модель оцінки радіаційної обстановки при позапроектних аваріях СВЯП АЕС, яка дозволяє визначити площу території та ступінь забруднення радіоактивними речовинами в результаті означеної аварії, а також дозові навантаження персоналу станції і населення, що проживає на забрудненій території.

Результати моделювання наслідків можливої позапроектної аварії СВЯП-1 ЧАЕС показують, що в зоні радіоактивного забруднення складається радіаційна обстановка, яка призводить до променевого ураження населення. В усіх випадках значення сумарних доз опромінювання протягом перших двох тижнів після аварії не досягають рівня, при якому відповідно до НРБУ-97 здійснюється негайна евакуація населення. Однак перевищений нижній рівень (5 мЗв), що передбачає укриття людей [11, 12].

Список літератури: 1. Владимиров, В. А. Оценка риска и управление техногенной безопасностью [Текст] / В. А. Владимиров, В. И. Измалков, А. В. Измалков. – М.: Деловой экспресс, 2002. – 183 с. 2. Концепция снятия с эксплуатации ЧАЭС [Текст]. – Славутич: Державне спеціалізоване підприємство «ЧАЕС», 2002. – 78 с. 3. Гарабаев Б. А. Данные о составе топлива для хранилища отработавших ТВС ЧАЭС. Отчет НИИ атомной энергетики 16.900, Проект С-2 [Текст] / Б. А. Гарабаев. – К.: декабрь 1997. – 286 с. 4. Комплект отчетов по результатам комплексного инженерного и радиационного обследования энергоблоков № 1, 2 ЧАЭС [Текст]. – Славутич: Державне спеціалізоване підприємство «ЧАЕС», 2008. – 168 с. 5. Методика спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки [Текст]. Наказ МНС України №186 від 06.08.2002 р. 6. Дуриков, А. П. Оценка радиационной обстановки на объекте народного хозяйства [Текст] / А. П. Дуриков. – М.: Воениздат, 1975. – 95 с. 7. Владимиров, В. А. Методика выявления и оценки радиационной обстановки при разрушении (авариях) атомных электростанций [Текст] / В. А. Владимиров. – М.: ГШ ВС СССР, 1989. – 93 с. 8. Пахоменко, В. Ф. Оценка последствий разрушений экологически опасных объектов [Текст] / В. Ф. Пахоменко, Э. А. Кочанов, П. В. Маркин // Зб. наук.пр. Харк. військ. ун-т. – Х.: 1999. – Вып. 4 (26). – С. 130-137. 9. Хоскер, Р. П. Оценки сухого осаждения и уменьшения факела над лесами и лугами [Текст] / Р. П. Хоскер // Труды симпозиума по физическому поведению радиоактивных загрязнителей в атмосфере (Proc.Symp. on Physical Behavior of Radioactive Contaminants in the Atmosphere). – Вена: МАГАТЭ, 1974. – С.74-78. 10. Смит, Ф. Б. Схема оценки вертикальной дисперсии факела от источника вблизи уровня земли [Текст] / Ф. Б. Смит // Труды 3-го совещания экспертной комиссии по моделированию загрязнения воздуха (Proc. 3rd Meeting of an expert panel on air pollution modeling). – Париж: октябрь, 1972. – С. 112-116. 11. Нормы радиационной безопасности Украины [Текст]. НРБУ 97. ДГН 6.6.1-6.5.001-98, ДНАОП 0.03-3.24-97. 12. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины [Текст]. ГСП 6.177-2005-09-02.

Bibliography (transliterated): 1. Vladimirov, V. A., Izmailkov, V. I., Izmailkov, A. V. (2002). Risk assessment and management of technogenic safety. Moscow: Business Express, 183. 2. The concept of decommissioning the Chernobyl nuclear electrostation (2002). Slavutich: State specializing «Chernobyl nuclear electrostation», 78. 3. Garabayev, B. A. (1997). Data on the composition of the fuel for the storage of spent fuel assemblies Chernobyl nuclear electrostation. Report Research Institute of Atomic Energy 16.900, Project C-2, 286. 4. Set of reports on the results of comprehensive engineering and radiation survey of the number of power units 1, 2 Chernobyl nuclear electrostation (2008). Slavutych: State specializing «Chernobyl nuclear electrostation», 168. 5. Methods observations to assess radiation and chemical environment (06.08.2002). Order of Minister of Emergencies of Ukraine №186. 6. Durikov, A. P. (1975). Evaluation of the radiological situation at the site of the national economy. Moscow.: Military Publishing, 95. 7. Vladimirov, V. A. (1989). Methods of identification and evaluation of the radiological situation at failure (accidents) of nuclear power plants. Moscow: General Staff of the USSR, 93. 8. Pakhomenko, V. F. Kochanov, E. A., Markin, P. V. (1999). Assessment of

the effects of the destruction of environmentally hazardous facilities. Collection of scientific works of the Kharkov Military University. Journal, Kharkov: 4 (26), 130–137. **9.** Hosker, R. P. (1974). Estimates of dry deposition and reduce the flame over the forests and meadows. Proc. Symp. on Physical Behavior of Radioactive Contaminants in the Atmosphere. Journal, Vienna: IAEA, 74–78. **10.** Smith, F. B. (1972). The evaluation of vertical dispersion of the plume from a source near ground level. Proc. 3rd Meeting of an expert panel on air pollution modeling. Journal, Paris: 112–116. **11.** Radiation Safety Standards of Ukraine. NRBU 97. DGN 6.6.1-6.5.001-98, DNAOP 0.03-3.24-97. **12.** Basic Sanitary Rules for Radiation Safety of Ukraine. GSP 6.177-2005-09-02.

Надійшла (received) 25.02.2015

УДК 614:18:574.2

В. В. БЕРЕЗУЦКИЙ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;
Н. Л. БЕРЕЗУЦКАЯ, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков

ВЛИЯНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О РИСКАХ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССА ТРУДА

В статье рассмотрены вопросы влияния представления информации о рисках на рабочих местах служащих и работников, на безопасность процесса труда. Затронуты вопросы определения информации, влияние информации на эмоции человека, расчёты рисков и внедрение международных стандартов, в том числе ISO 31000, на предприятиях Украины. Затронуты вопросы проведения аттестации рабочих мест по рискам и учёта рисков. Рассмотрены предложения по выбору методики расчёта рисков.

Ключевые слова: информация, безопасность, эмоция, риск, стандарты, методики, ISO 31000.

Введение. Информация, для работников разных сфер деятельности, является важнейшим элементом, обеспечивающим необходимый уровень знаний о предмете труда, задании, стоящем перед ними, а также организации охраны труда на каждом рабочем месте. Таким образом, от качества представления информации и своевременности, во многом зависит система управления охраной труда.

Информация (от лат. *informatio* – «разъяснение, изложение, осведомлённость») – сведения (сообщения, данные), независимо от формы их представления. Теория информации (математическая теория связи) - раздел прикладной математики, радиотехники, информатики, аксиоматически определяющий понятие информации, её свойства и устанавливающий предельные соотношения для систем передачи данных [1].

Как и любая математическая теория, оперирует с математическими моделями, а не с реальными физическими объектами (источниками и каналами связи). Использует, главным образом, математический аппарат теории вероятностей и математической статистики. Основные разделы теории информации – кодирование источника (сжимающее кодирование) и канальное (помехоустойчивое) кодирование. Теория информации тесно связана с криптографией и другими смежными дисциплинами. Разработанная Клодом Шенноном теория дала инженерам-разработчикам систем передачи данных возможность определения ёмкости коммуникационного канала. Часть теории, изучающей передачу

© В. В. БЕРЕЗУЦКИЙ, Н. Л. БЕРЕЗУЦКАЯ, 2015

информации, не занимается значением (семантикой) передаваемого сообщения, однако дополняющая часть теории информации обращает внимание на содержимое через сжатие с потерями субъекта сообщения, используя критерий точности [2].

В системе управления охраной труда может быть несколько ситуаций, которые определяют возникающую опасность на рабочем месте, как влияние информации: отсутствие, неполная и ложная (неправильная) информация. Информация поступает к работнику по разным каналам от разных источников. Поступает информация через проводник, в качестве которого может выступать мастер участка, бригадир, инженер и другие члены трудового процесса, в том числе и коллеги по работе. От «качества» проводника и его авторитета, для работника зависит восприятие информации и результат процесса труда, в том числе и состояния охраны труда. На рис. 1 представлена схема последовательности поступления информации к работнику.

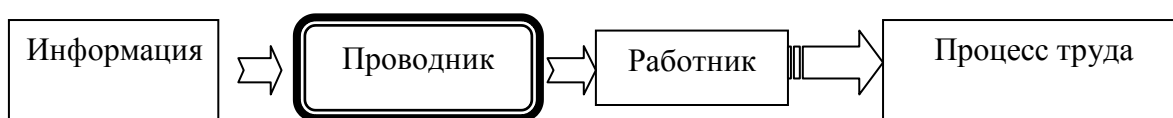


Рис. 1 – Схема поступления информации работнику

Информация и эмоции работников. Получаемая информация, вызывает у человека определённые эмоции, которые помогают или мешают выполнению работы. Возникновение эмоций рассматривается в связи с адекватностью информационного запаса организма реальной ситуации. Возникновение эмоций – способ компенсации недостаточности информации, например, эмоции оборонительной доминанты, возникающие, когда животное или человек превентивно реагирует на неизвестные ему по прежнему опыту и угрожающие ему раздражители внешней среды. Отрицательный характер эмоций – следствие дефицита прагматической информации, прирост информации ведет к образованию положительно окрашенных эмоций. Возникновение эмоций рассматривается как результат рассогласования между протезируемой ситуацией и афферентными сигналами, поступающими из внешней среды. Если требуемый ситуацией объем информации соответствует наличной, эмоции не возникают, поведение носит заученный, автоматизированный характер [3].

Положительные эмоции проявляют благоприятное воздействие на организм, а негативные приводят к ошибочным действиям, угнетению психики, и как конечный результат - ступора (оцепенения).

Известно, что величину эмоций (Э) можно определить следующим образом [4]:

$$\text{Э} = (- \text{П}) (\text{И}-\text{С}), \quad (1)$$

где, П - потребность (стимул деятельности); И - полная информация о событии; С - существующая информация.

Из выражения 1 следует:

А) «Нейтральная» эмоция при $\text{П} = 0$ (нет программы, потребность отсутствует),

уровень $\mathcal{E} = 0$ так же при $I = C$ (все известно о происшествии);

Б) Уровень эмоции становится негативным и возрастает при $C = 0$ (ничего неизвестно о событии) достигает максимума, который определяется по следующему выражению:

$$\mathcal{E} = (-\Pi)(I). \quad (2)$$

В) Эмоция становится положительной при $C > I$;

$$\mathcal{E} = (-\Pi)(C). \quad (3)$$

Известно, что борьба с эмоциями направлена на обеспечение персонала максимально полной информацией, натренированность в экстремальных ситуациях и облегчению функций человека в системе управления [5-10].

Нормальная рабочая атмосфера определяется не только нормальной рабочей атмосферой (микроклиматом) в рабочей зоне, но и положительными личностными отношениями в коллективе. Работник получает информацию не только о том, что ему необходимо выполнить, но и информацию о состоянии в окружающей ближней (производственной) и дальней (внепроизводственной) среде. Человеку свойственно переживать внутри события, которые он видел или о которых слышал. Выражать при этом свои эмоции и отношение к ним. При этом очень важно, чтобы работник не забывал о существующих производственных опасностях окружающих его, которые определяются определённым уровнем риска для его жизни и здоровья. В настоящих условиях не существует условий труда, в которых не было бы вредных и опасных факторов.

Расчёт производственных рисков. Источником опасности может быть все живое и неживое. Опасности не имеют избирательных свойств, во время своего возникновения они отрицательно действуют на все окружающее их материальную среду. Воздействия опасностей подвластна человек, естественная среда, материальные ценности. Носителями опасностей являются естественные процессы и явления, техногенная среда и действия людей. Опасности реализуются в виде потоков вещества, энергии и информации, они существуют в пространстве и во времени. Различают опасности природного, техногенного и антропогенного происхождения. Природные опасности обуславливают стихийные явления, климатические условия, рельеф местности и т.п. Землетрясения, извержения вулканов, ураганы, бури и др. часто сопровождаются травмами и гибелью людей. Человек, решая задачи своего материального обеспечения, непрерывно действует на среду обитания своей деятельностью и продуктами деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т.п.), генерируя в среде обитания антропогенные и техногенные опасности. Опасности, создаваемые техническими средствами, называются техногенными, а антропогенные опасности возникают в результате ошибочных и несанкционированных действий человека или группы людей.

Рассмотрим пример - определить риск для рабочего Петрова А. В. работающего на небольшой фирме. Исходная информация для расчёта приведена ниже. В небольшой фирме насчитывается 100 работников. Статистические данные за 50 лет, которые мы имеем, информируют о том, что за это время из числа работников фирмы 2 работника погибли, и 50 пострадали от разных несчастных

случаев. Численность работников (общая) за этот период почти не менялась. Работник Петров А.В. на 4 недели в год находится на отдыхе, 2 недели каждый год проводит в командировках, а остальное время находится вне работы (дома, в магазине и т.п.). Работник Петров А.В. работает по 8 часов в одну смену.

Индивидуальный риск гибели для работника Петрова А.В. можно определить по формуле:

$$R_3 = \frac{N_n \cdot D \cdot t}{T \cdot N_o \cdot d \cdot t_d}, \quad (4)$$

где N_n - количество погибших работников фирмы ($N_n = 5,0$); d - количество недель в году ($d = 52$); t_d - количество часов в неделю (24); T - отрезок времени учета статистических данных; t - количество часов в неделю, когда работник Петров А.В. находится в опасности (на работе) ($t = 8 * 6 = 48$); N_o - количество, работающих на фирме ($N_o = 100$); D - количество недель, которые житель проводит на работе ($D = 52 - 4 - 2 = 46$).

Индивидуальный риск стать жертвой несчастного случая N любой степени тяжести ($N_n + N_{тр}$) для работника Петрова А.В. можно определить следующим образом:

$$R_{ж} = \frac{(N_n + N_{тр}) \cdot D \cdot t}{T \cdot N_o \cdot d \cdot t_d}, \quad (5)$$

где $R_{ж}$ - риск получения травмы любой степени тяжести будет равен $2.63 * 10^{-3}$, при N (количество пострадавших от несчастного случая) равным 150 работников.

Допустимый уровень риска - это вероятность события, негативными последствиями которой на данном этапе развития можно пренебречь. Допустимый уровень риска формируется индивидуальным и общественным сознанием, и является функцией социального, экономического и культурного уровня развития общества. Различают индивидуальный допустимый уровень риска и социальный допустимый уровень риска. Каждая отдельно взятый человек на производстве и в быту ежедневно и почасово вынуждена оценивать риск для собственной жизни при достижении определенной цели. При этом одной целью пренебрегают как недопустимой вследствие того, что ее достижение сопровождается слишком большим с точки зрения человека риском собственной гибели или ущерба для здоровья, другая же цель преследуется, так как риск собственной гибели рассматривается в этом случае как такой, которым можно пренебречь. В рассмотренном примере степень риска высокая.

Управление рисками. Международный стандарт ISO 31000 [11]. ISO 31000 предназначен для семейства стандартов, связанных с управлением рисками кодифицированных Международной организации по стандартизации. Цель ISO 31000: 2009 является обеспечение принципов и общих руководящих принципов по управлению рисками. ISO 31000 направлен на обеспечение общепризнанной парадигмы для практиков и компаний, использующих процессы управления рисками, чтобы заменить множества существующих стандартов, методологий и парадигм, которые отличались между отраслями, с учетом вопросов и регионов.

В настоящее время ISO 31000 семьи будет включать в себя:

- ISO 31000: 2009 - Принципы и Руководство по внедрению;
- ISO / IEC 31010: 2009 - Управление рисками - методы оценки риска;

- ISO Guide 73: 2009 - Управление рисками – Словарь.

ISO 31000 был опубликован в качестве стандарта 13 ноября 2009 года, и представляет стандарт об осуществлении управления рисками. Пересмотренный и согласованный стандарт ISO/IEC Guide 73, был опубликован в то же время. Цель ISO 31000:2009 - применение и адаптация для "любых государственных, частных или общественных предприятий, объединений, групп или индивидуумов". ISO 31000:2009 предоставляет общие руководящие принципы для разработки, внедрения и сопровождения процессов управления рисками в рамках всей организации. Такой подход к оформлению практики управления рисками будет способствовать более широкому внедрению компаниями, которые требуют управления рисками. В рамках этого подхода к управлению рисками является обеспечение стратегических, управленческих и оперативных задач организации в проектах, функций и процессов, которые будут согласованы с общим набором целей управления рисками.

Целью создания ISO 31000: 2009 является гармонизация процессов управления рисками в существующих и будущих стандартах, а также обеспечение единого подхода для поддержки и реализации требований стандартов, касающихся конкретных рисков и/или отраслей промышленности. ISO Guide 73: 2009 «Менеджмент рисков. Словарь» дополняет ISO 31000, обеспечивает последовательное понимание и согласованный подход к концепции управления рисками, и содержит определение общих сроков, связанных с идентификацией, анализом, мониторингом, оценкой, управлением риском, а также процессами и, собственно, менеджментом рисков. Данное руководство предназначено для использования лицами, ответственными за управление рисками в организациях, экспертов и специалистов, участвующих в деятельности ISO и IEC, и разработчиков национальных и отраслевых нормативных документов, касающихся менеджмента рисков. Анализируя методы представления информации по рискам, можно сделать вывод о том, что их очень много. В стандарте приведены примеры различных методов оценки риска (в том числе «мозговой штурм», метод Дельфи, «предварительный анализ опасности», методы HAZOP, HAZOP, FMEA, FTA, «дерево принятия решений», техника SWIFT, метод Монте-Карло и др. - всего 31 метод) и даны ссылки на другие международные стандарты, в которых более подробно описано их применение. Наверное, для специалистов, работающих в этой области это хорошо, но для предприятий это вызывает большую проблему. Есть ряд вопросов, на которые необходимо получить ответ от учёных: Какой из методов или группы методов использовать в практических повседневных целях и, прежде всего для информирования работников? Какую объективную информацию необходимо доводить, для того, чтобы можно было отслеживать динамику изменений ситуаций? В каком виде подавать персоналу информацию о рисках на рабочих местах? Это очень непростые вопросы и требующие решения на государственном уровне. В настоящее время в Украине эти вопросы замалчиваются на государственном уровне, а на уровне предприятий требуют решения, т.к. вступление в Европейский союз, кроме ратификации международных стандартов, требует ещё их выполнение.

В настоящее время, при оформлении на работу, чаще всего указываются условия труда – нормальные, что соответствует стандарту, выпущенному ещё в советские времена до 1990 годов, а надо указывать степень риска работника. Но, чтобы определить степень риска каждого рабочего места, необходимо провести сертификацию или аттестацию по рискам всех рабочих мест (конкретных рабочих мест), а кто это будет делать и по какой методике. У нас не обозначено применение, как рекомендованной не одной методики по расчёту рисков. Есть одна, для расчёта рисков для чрезвычайно опасных объектов, рекомендованная МЧС Украины ещё в 2002 году [12], но она ограничена в применении.

Выводы. Анализируя выше приведенные материалы, отмечаем, что в настоящее время необходимо: сосредоточить усилия на разработке и выборе метода оценки риска на рабочих местах предприятий и учреждений любой формы собственности; решить на государственном уровне, вопрос о введении рекомендованных методов расчёта рисков на предприятиях и аттестации по рискам всех рабочих мест, с обязательным указанием степени риска при приёме на работу; определить меру ответственности руководителей предприятий за управление рисками и разработке программ и планов по снижению уровня до допустимых рисков.

Список литературы: 1. Информация [Текст] / Википедия. Свободная энциклопедия, 2015 - Интернет-источник: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Информация>. 2. Теория информации [Текст] / Википедия. Свободная энциклопедия, 2015 - Интернет-источник: https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_информации. 3. Симонова информационная теория эмоций [Текст] / Википедия. Свободная энциклопедия, 2015. - Интернет-источник: http://psychiatry.academic.ru/2485/Симонова_информационная_теория_эмоций. 4. *Березуцкий, В. В.* Теоретические основы безопасности жизнедеятельности [Текст] / В. В. Березуцкий. – Харьков: ХГПУ, 1999. – 170 с. 5. *Березуцкий, В. В.* Разработка универсального показателя опасности оборудования и производств [Текст] / В. В. Березуцкий, А. Н. Древаль // Охрана труда. – 1997. - №5. – С. 34-37. 6. Березуцкий, В. В. Универсальный показатель экологической безопасности изделий, производств, районов, городов и областей [Текст] / В. В. Березуцкий, А. Н. Древаль, Н. Е. Мовмыга, О. А. Музыкина // Вестник ХГПУ. – ХГПУ. – 1998. - Вып. 9. – С.29 – 30. 7. *Березуцкий, В. В.* Производственный риск и человеческий фактор [Текст] / В. В. Березуцкий, И. В. Березуцкий // Безпека життя і діяльності людини-освіта, наука, практика: Матеріали IV науково практичної конференції. - К.: НАУ, 2005 – 288 с. 8. *Березуцький, В. В.* Визначення рівня загрози [Текст] / В. В. Березуцький, Н. Л. Березуцька // «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика» Матеріали XII Міжнародної науково-методичної конференції (15-17 травня 2013 р., Одеса). Одеський національний морський університет, 2013 - С.19-22 9. *Березуцький, В. В.* Сучасна кафедра з охорони праці та навколишнього середовища вищого навчального закладу [Текст] / Л. Л. Товажнянський, В. В. Березуцький, Л. А. Васьковець та ін. ; за ред. проф. В. В. Березуцького. – Х.: «Цифрова друкарня №1», 2013. – 352 с. 10. *Березуцький, В. В.* Индикаторы опасности / Indicators of danger. [Текст] / В. В. Березуцький // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Complex systems security management», 24-28 лютого 2014, Академія збройних сил Словаччини імені генерала М. Р. Стефаніка, г. Липтовський Мікулаш. 11. Міжнародний стандарт ISO 31000-2009 [Текст] / Википедия. Свободная энциклопедия. 2015. - Интернет-источник: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=43170. 12. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки [текст] / Постанова Кабінету Міністрів України, Київ від 11 липня 2002 р. №956. Із змінами і доповненнями, внесеними постановами Кабінету Міністрів України від 11 березня 2004 року N 313, від 21 вересня 2011 року N 990, від 29 травня 2013 року N 380, від 7 серпня 2013 року N 748. - Интернет-источник: <http://www.qdpro.com.ua/document/11441>.

Bibliography (transliterated): 1. Informaciya. (2015). Vikipediya. Svobodnaya enciklopediya. *Internet-istochnik: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Informaciya](https://ru.wikipedia.org/wiki/Informaciya)*. 2. Teoriya informacii. (2015). Vikipediya. Svobodnaya enciklopediya. *Internet-istochnik: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Teoriya_informacii](https://ru.wikipedia.org/wiki/Teoriya_informacii)*. 3. Simonova informacionnaya teoriya emocij. (2015). Vikipediya. Svobodnaya enciklopediya. *Internet-istochnik: [http://psychiatry.academic.ru/2485/ Simonova_informacionnaya_teorija_emocij](http://psychiatry.academic.ru/2485/Simonova_informacionnaya_teorija_emocij)*. 4. Berezuckij, V. V. (1999). Teoreticheskie osnovy bezopasnosti zhiznedeyatel-nosti. *Xarkov: XGPU*, 170. 5. Berezuckij, V. V., Dreval, A. N. (1997). Razrabotka universalnogo pokazatelya opasnosti oborudovaniya i proizvodstv. *Oxrana truda*, №5, 34-37. 6. Berezuckij, V. V., Dreval, A. N., Movmyga, N. E., Muzykina O. A. (1998). Universalnyj pokazatel ekologicheskoy bezopasnosti izdelij, proizvodstv, rajonov, gorodov i oblastej. *Vestnik XGPU. XGPU*, 9, 29 – 30. 7. Berezuckij, V. V., Berezuckij, I. V. (2005). Proizvodstvennyj risk i chelovecheskij factor. *Bezpeka zhittya i diyalnosti lyudini-osvita, nauka, praktika: Materiali IV naukovu praktichnoi konferencii. Kiev.: NAU*, 288. 8. Berezuckij, V. V., Berezucka, N. L. (2013). Vznachennya rivnya zagrozi. «Bezpeka zhittya i diyalnosti lyudini – osvita, nauka, praktika» *Materiali XII Mizhnarodnoi naukovu-metodichnoi konferencii (15-17 travnya 2013 r., Odesa). Odeskij nacionalnij morskij universitet*, 19-22. 9. Berezuckij, V. V., Tovazhnyanskij, L. L., Vaskovec, L. A. ta in. (2013). Suchasna kafedra z oxoroni praci ta navkolishnogo seredovishha vishhogo navchalnogo zakladu. «Cifrova drukarnya №1», 352. 10. Berezuckij, V. V. (2014). Indikatory opasnosti / Indicators of danger. *Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Complex systems security management», 24-28 fevralya 2014, Akademiya vooruzhyonnyx sil Slovakii imeni generala M. R. Stefanika, g. Liptovskij Mikulash*. 11. Mezhdunarodnyj standart ISO 31000-2009. Vikipediya. Svobodnaya enciklopediya. 2015. - *Internet-istochnik: [http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber= 43170](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=43170)*. 12. Pro identifikaciyu ta deklaruvannya bezpeki ob'ektiv pidvishhenoi nebezpeki. Postanova Kabinetu Ministriv Ukraïni, Kiiïv vid 11 lipnya 2002 r. №956. Iz zminami i dopovnenniyami, vnesenimi postanovami Kabinetu Ministriv Ukraïni vid 11 bereznya 2004 roku N 313, vid 21 veresnya 2011 roku N 990, vid 29 travnya 2013 roku N 380, vid 7 serpnya 2013 roku N 748. - *Internet-istochnik: <http://www.qdpro.com.ua/document/11441>*.

Надійшла (received) 27.02.2015

УДК 504.3.054

Н. Л. БЕРЕЗУЦКАЯ, канд. техн. наук., доц., ХНУРЭ;
И. И. ХОНДАК, ст. препод., ХНУРЭ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕСТИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ «ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ОСНОВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ» И ИНФОРМАЦИОННО-ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

В статье рассматриваются вопросы оценивания знаний и обучения студентов действию основных экологических законов и проблем экологической безопасности. Знание и понимание действия экологических законов и экологической безопасности создают фундамент для понимания процессов, которые происходят в окружающей среде вследствие человеческой деятельности. Для проверки знаний и обучения студентов были разработаны тестирующе-обучающие программы.

Ключевые слова: экология, дистанционное обучение, экологическая безопасность, методы защиты, программирование, проверка знаний.

Введение. В современном мире экологические проблемы по своему общественному значению вышли на одно из первых мест, отеснив даже опасность ядерной войны. Бурное развитие хозяйственной деятельности людей

© Н. Л. БЕРЕЗУЦКАЯ, И. И. ХОНДАК, 2015

привело к интенсивному, часто разрушительному, воздействию на окружающую среду. Влияние человека на природу происходит как путем преобразования сложившихся в течение тысячелетий естественных систем, так и в результате загрязнения почв, вод, воздуха. Это привело к резкому ухудшению состояния природы, часто с необратимыми последствиями. Экологический кризис представляет собой реальную опасность; практически в каждом регионе мы станем свидетелями стремительного развития кризисных ситуаций.

Необходимость данной работы возникла в результате активного внедрения в учебный процесс информационных технологий как с целью расширения возможностей учебного процесса, так и с целью проверки знаний.

Активное внедрение модульно-рейтинговой системы обучения в высших учебных заведениях требует повышенного внимания к организации контроля знаний студентов. Для ускорения процесса контроля знаний и повышения его объективности путем выявления и использования личных характеристик тестирующего необходимо использовать системы диагностики знаний на базе современных информационных технологий.

В настоящее время вопросы построения автоматизированных систем диагностики знаний становятся еще более актуальными в связи с подписанием Украиной Болонской декларации, в которой существенное внимание отводится вопросам усовершенствования учебного процесса и объективному оцениванию знаний студентов в высших учебных заведениях.

Цель работы. Целью программы является оценивание знаний и обучение студентов вопросам, которые касаются действия основных экологических законов. При изучении дисциплины «Экология» очень важным является моделирование различных неблагоприятных экологических ситуаций, которые возникают при нарушении экологических законов. Также это полезно при дистанционной и заочной форме обучения, когда ограничена возможность постоянного общения преподавателя и студента.

Эта работа посвящена изучению и визуализации основных экологических законов.

Использование тестирующей программы «исследование действия основных экологических законов». Экологический фактор сейчас все более лимитирует экономическое развитие. Несмотря на продолжающееся расширение масштабов человеческой деятельности, ее влияние на природу не стоит преувеличивать. Законы, по которым развиваются природные и природно-антропогенные системы и процессы, остаются прежними.

Поэтому для организации и управления промышленными предприятиями нужно знать законы экологии.

Экономика должна учитывать и экологические законы. С учетом накопленных предшественниками знаний о фундаментальных законах природы современные ученые-экологи установили законы экологии – общие закономерности и принципы взаимодействия человеческого общества с природной средой. Значение этих законов состоит в регламентации характера и направленности человеческой деятельности в пределах экосистем различного уровня.

Программа также помогает проверить знания студента по данной теме. Программа предоставляет пользователю множество вопросов с несколькими вариантами ответов на каждый (один из которых является правильным). Выбор вопроса сопровождается анимацией барабана, который вращается и определяет один из вопросов (рис. 1). После прохождения теста студент получает оценку, основанную на количестве правильных ответов. Во время прохождения теста студенту предоставляется информация о прогрессе прохождения теста, количестве правильных ответов, проценте правильных ответов на текущий момент.

Программа написана с использованием технологии WPF (Windows Presentation Foundation). WPF - программная прослойка, которая облегчает работу с векторной графикой,

использует технологию DirectX. Использование WPF дает прирост производительности в работе таких анимированных элементов как "барабан". Такие элементы являются векторной графикой, а потому их обработка значительно более эффективна, чем обработка растровой графики, поскольку используется аппаратное ускорение (Hardware Acceleration). Начальная скорость барабана зависит от скорости, с которой студент его раскручивал, для расчета скорости барабана в процессе вращения и замедления используется кубическая интерполяция Бейзера. Это позволяет сделать процесс работы с барабаном максимально приятным и реалистичным.

В качестве контейнера для хранения вопросов выступает формат RTF (Rich Text Format - Обогащенный текстовый формат). Использование данного формата предоставляет возможность использовать форматирование текста, внедрение картинок.

Варианты ответов каждый раз перемешиваются случайным образом для того, чтобы пользователь не смог запомнить просто номер правильного ответа.

Для управления различными экранами (приветствие, правила, барабан, вопрос и т.д.) и переходами между ними был реализован менеджер экранов на основе стека. Текущий экран может либо добавить новый экран сверху, либо закрыться сам - в этом случае управление перейдет к нижнему экрану. Переход между экранами анимирован для более приятного восприятия.

Также присутствует анимация элементов барабана при их выборе и анимация индикатора правильности ответа (рис. 2).

Для создания и конфигурирования анимации используются стандартные средства WPF, такие как класс Animatable и классы Double Animation, Double Animation Using Key Frames.

Элементы барабана, такие как стрелки и конверты, позиционируются на барабане с помощью стандартных возможностей WPF под названием

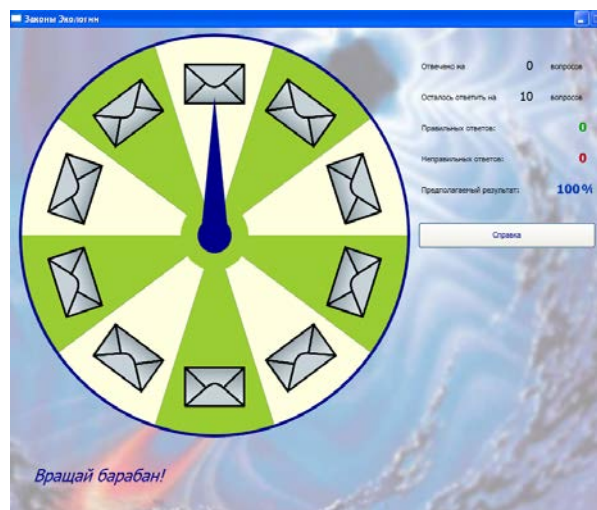


Рис. 1 – Окно выбора задания

трансформации. Были использованы: свойство UIElement Render Trans-form, классы Rotate Tran-sform и Translate Trans-form для задания транс-формаций, класс Trans-form Group для их объединения. Стили визуального оформления, которые включают в себя фон, цвет текста, цвет барабана, цвета границ, вынесены в ресурсы и могут быть легко изменены.

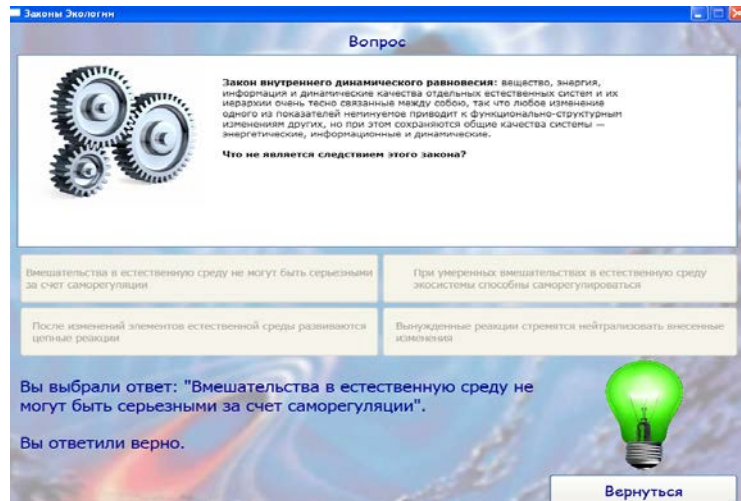


Рис. 2 – Пример вопроса обучающего теста

В целом архитектура системы гибка и расширяема, не составляет труда вносить новые и редактировать существующие вопросы, менять порядок экранов, параметры вращения барабана и т.д. По результатам экспертной оценки, программа является универсальной, носит прикладной характер и может быть использована для контроля знаний не только экологических законов, но и их действия в современном обществе. Круг задач современной экологии очень широкий и охватывает практически все вопросы, которые затрагивают взаимоотношения человеческого общества и естественной среды, а также проблемы гармонизации этих отношений. Из сугубо биологической науки, которой была экология всего каких-то 30 - 40 лет тому, сегодня она стала многогранной комплексной наукой, главной целью которой есть разработка научных основ спасения человечества и среды его существования — биосферы планеты, рационального природопользования и охраны природы. Ныне экологическим воспитанием охватываются все слои населения на планете. Познание законов гармонизации, красоты и рациональности природы поможет человечеству найти верные пути выхода из экологического кризиса. Изменяя и в дальнейшем естественные условия (общество не может жить иначе), люди будут вынуждены делать это обдуманно, взвешенно, предусматривая далекую перспективу и опираясь на знание основных экологических законов. Наряду с проверкой знаний по основным экологическим законам, мы используем программу для проверки итоговых знаний у студентов по дисциплине.

Данная программа состоит из двух блоков.

Первый блок - информационно-обучающий, особенностью которого является наглядная демонстрация экологических катастроф и их последствий для окружающей среды и здоровья человека. В этот блок входят видеоролики, которые отображают глобальную экологическую ситуацию, сложившуюся в мире. Например, загрязнение океанов нефтепродуктами, которые попали в водоем в связи с авариями нефтеналивных танкеров. Студенту предлагается решить данную проблему, применяя знания полученные при изучении дисциплины «Экология». Если методы для решения данной проблемы выбраны не правильно, то программа

автоматически демонстрирует эффективные методы защиты биосферы и предлагает решить задачу во второй раз. Второй блок – проверка знаний студента на основе тестирования. Оценка выставляется по 5 бальной шкале. Преимущества данной системы: преподаватель сам выбирает количество тем, количество вопросов, устанавливает время на выбор варианта ответа (рис. 3).



Рис. 3 – Окно выбора задания

Перед началом работы необходимо пройти обучающее тестирование. (рис. 4)

В этом тестировании наряду с ответом студента одновременно отображается правильный ответ.

Вопросы подобраны таким образом, что отображают современное экологическое состояние планеты вообще и являются актуальными в наше время.

По мнению авторов эти вопросы не оставят безразличным пользователей.

После его прохождения переходим к основному тесту, в котором студент выбирает тему и регистрируется. Разработанный в данной программе тест удовлетворяет всем требованиям, которым должны удовлетворять автоматизированные системы диагностики знаний, а именно:

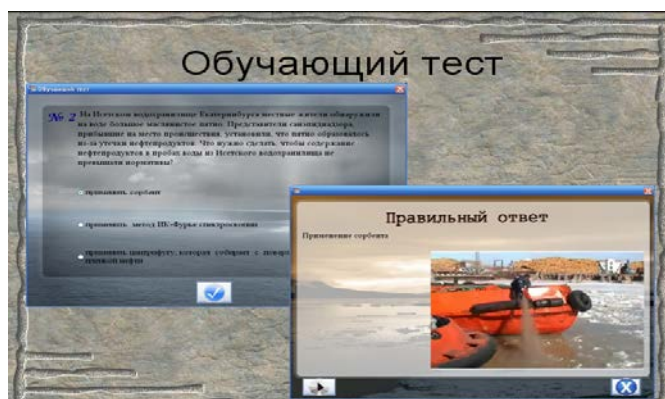


Рис. 4 – Пример вопросов обучающего теста

1. система определяет те знания (умения), которыми студент еще не овладел;

2. система тестирования адаптирована по отношению к тестируемому;

3. система учитывает разные виды неопределенности, которые возникают при эксплуатации современных компьютерных комплексов тестирования.

После прохождения теста на экран монитора выводится результат тестирования (рис. 5) и автоматически генерируется отчет, который содержит количество правильных ответов и оценку. Отчет сохраняется в отдельном файле, который автоматически отправляется на печать. Для ответа на вопрос дается время, которое устанавливает преподаватель.



Рис. 5 – Пример результата тестирования

Преимущества данной работы по сравнению с другими тестирующими программами заключаются в дополнительных следующих возможностях: создание и обновление каталога пользователей программой (возможность добавления и удаления пользователей); редактирование тем, которые используются в тестировании; создание и редактирование файлов исходных данных теста (тема тестирования; общее количество вопросов; количество вопросов, которое используется; количество вариантов ответов; процент правильных ответов, по которым проводится оценивание знаний; время, отведенное на выбор ответа); демонстрация картинок и видеоматериалов, которые характеризуют экологическое состояние

Техническая реализация: программный продукт «Информационно-обучающая тестирующая программа по экологической безопасности» был написан на Borland Delphi7, так как эта объектно-ориентировочная среда визуального программирования. Он предназначен для ускоренной разработки высокопроизводительных 32-битных приложений, которые могут работать в среде Windows или Linux.

При этом Delphi позволяет свести к минимуму объем программного кода, который ввели вручную.

В состав Delphi входят средства, необходимые для разработки, тестирования и установки приложений, присоединяя обширную библиотеку компонентов (VCL – Visual Components Library), средства визуального проектирования, шаблоны приложений и форм.

Выводы. Для своего приложения мы использовали стандартные компоненты, а также подключили Flash-компонент ActiveX, для воссоздания видео.

С этой программой будет приятно работать и студентам и преподавателям, потому что она имеет дружелюбный интерфейс и понятный алгоритм работы.

Данные работы могут быть применены в университетах для разных специальностей и всех форм обучения. Программы также могут быть полезны для тренинга специалистов в области защиты окружающей среды.

Список литературы: 1. Реймерс, Н. Ф. Природопользование [Текст] / Н. Ф. Реймерс // Словарь-справочник. - М., 1990. – 640 с. 2. Бiлявський, Г. та інші. Основи екологічних знань [Текст] / Г. Бiлявський, та інші. - К.:«Либідь», 2000. - 334 с. 3. Экология. Юридический энциклопедический словарь [Текст] / Под ред. С. А. Боголюбова. - М., 2001. - 448 с. 4. «Экология города» [Текст] / Под ред. д. т. н., проф. Стольберга Ф.В. Киев: «Либра», 2000. – 464 с. 5. Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? Под ред. проф. В. И. Данилова-Данильяна. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. 6. *Theelin, Johan*. Foundations of Qt Development [Текст] / *Johan Theelin*. – Berkeley: Apress, 2007. – 535 p. 7. *Александреску, А.* Современное проектирование на C++ [Текст] / *А. Александреску*. – СПб.: Вильямс, 2002. – 336 с. 8. *Христофорова, Н. К.* Основы экологии [Текст] / *Н. К. Христофорова*. - Владивосток: Дальнаука, 1999. – 494 с. 9. *Clarke, G. L.* Elements of Ecology [Текст] / *G. L. Clarke* // New York:Hafner, 2004. - 560 p. 10. *Кучерявий, В. П.* Загальна екологія [Текст] / *В. П. Кучерявий*. - Львів: Світ, 2010. – 520 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Rejmers, N. F.* (1990). *Pririodopolzovanie. Slovar-spravochnik. Moscow*, 640. 2. *Bilyavskij, G. ta insh.* (2000). *Osnovi ekolopchnix znan. Kiev:«Libid»*, 334. 3. *Ekologiya.* (2001). *Yuridicheskij enciklopedicheskij slovar. Pod red. S. A. Bogolyubova. Moscow*, 448. 4. «*Ekologiya goroda*». (2000). *Pod red. d. t. n., prof. Stolberga F.V. Kiev: «Libra»*, 464. 5. *Ekologicheskie problemy: chto proisxodit, kto vinovat i chto delat?* (1997). *Pod red. prof. V. I.*

Danilova-Danilyana. Moscow, Izd-vo MNEPU. 6. Thelin, Johan. (2007). Foundations of Qt Development. Berkeley: Apress, 535. 7. Aleksandresku, A. (2002). Sovremennoe proektirovanie na S++. SPb.: Vilyams, 336. 8. Kristoforova, N. K. (1999). Osnovy ekologii. Vladivostok: Dal-nauka, 494. 9. Clarke, G. L. (2004). Elements of Ecology. New York:Hafner, 560. 10. Kucheryavij, V. P. (2010). Zagalna ekologiya. Lviv: Svit, 520.

Надійшла (received) 21.02.2015

УДК 656.025.2

І. Є. ІВАНОВ, канд. техн. наук, ХНУМГ, Харків;
Р. Б. РОГАЛЬСЬКИЙ, ст. викл., Національний університет «Львівська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ РУХЛИВОСТІ НАСЕЛЕННЯ ЗНАЧНИХ МІСТ

Досліджено фактори, що впливають на рухливість населення. Проведено експериментальні дослідження щодо визначення розподілу реалізації рухливості населення, на основі яких встановлено, що основними видами переміщень населення м. Львова є піші переміщення та поїздки в МПТ. Визначено діапазон розподілу загальної та транспортної рухливості населення. Отримано усереднені значення коефіцієнтів користування транспортом та міським пасажирським, особистим й таксомоторним транспортом.

Ключові слова: рухливість населення, види переміщень, генеральна сукупність, користування транспортом.

Вступ. Динамічність процесів, що відбуваються в розвитку суспільства, безпосередньо впливає на характеристики транспортних систем. Важливим елементом при цьому є перерозподіл переміщень населення між видами реалізованої рухливості.

Доведено, що в країнах з низьким рівнем автомобілізації, значну частину транспортної рухливості складають переміщення на міському пасажирському транспорті (МПТ) [1-2]. Натомість високий рівень автомобілізації (понад 250 автомобілів на 1000 мешканців) призводить до повсякденного використання особистого транспорту при міських переміщеннях [3-4].

Саме визначення динаміки перерозподілу рухливості населення, реалізованої на транспорті є актуальною проблемою організації роботи міських пасажирських транспортних систем.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Дослідження в області переміщень населення є актуальними з точки зору рухливості, яка реалізується: пішки, на транспорті масового та індивідуального користування. При чому на це впливає велика сукупність факторів, які в свою чергу можливо

об'єднати в наступні групи: транспортні, містобудівні, економічні та соціальні (рис. 1) [5].



Рис. 1. Групи факторів, що впливають на рухливість [5]

До групи транспортних факторів відноситься [1–7]:

- 1) рівень автомобілізації;
- 2) питома вага видів транспорту;
- 3) кількість пасажирських транспортних засобів;
- 4) місткість пасажирських транспортних засобів;
- 5) розміщення зупиночних пунктів МПТ;
- 6) коефіцієнт заповнення салонів МПТ та ін.

До групи містобудівних факторів відноситься [1-5, 8-10]:

- 1) щільність транспортної мережі;
- 2) щільність маршрутної мережі;
- 3) щільність забудови;
- 4) селітебна площа міста;
- 5) площа міста на одного мешканця;
- 6) розміщення пунктів тяжіння;
- 7) розміщення функціональних зон міста та ін.

До групи економічних факторів відноситься [3-5, 11-12]:

- 1) річний дохід мешканців міста;
- 2) вартість проїзду в МПТ;
- 3) собівартість проїзду по видах МПТ;
- 4) співвідношення вартості поїздки в МПТ до вартості поїздки в таксі;
- 5) приведена собівартість проїзду в особистому транспорті та ін.

До групи соціальних факторів відноситься [1-5, 12-15]:

- 1) кількість мешканців міста;
- 2) розподіл населення за основними соціальними групами;
- 3) розподіл населення за основними віковими групами;
- 4) співвідношення народжуваності і смертності та ін.

Але все одно таке різноманіття факторів визначає один із способів переміщення [5]:

- 1) переміщення пішки (в межах пішохідної доступності);
- 2) поїздку на міському пасажирському транспорті;
- 3) поїздку на МПТ з пересадкою;
- 4) поїздку на таксі;
- 5) поїздку на особистому транспорті.

Такий розподіл переміщень зумовлений насамперед витратами часу на їх виконання або вартістю проїзду [1-4]. Не варто також забувати про психофізіологічний стан під час виконання самих переміщень, що характеризується стомлюваністю [1]. Все це дозволяє визначити загальні тенденції рухливості, як по категоріям міст (залежно кількості мешканців міста), рівня автомобілізації, мети поїздки та іншого без розподілу між способами переміщень, що обумовлює необхідність проведення досліджень в цьому напрямку.

Ціль та задачі дослідження. Проведені дослідження ставили за мету визначити розподіл між способами переміщень при виконанні основних видів переміщень (трудових та культурно-побутових) та визначити загальну й транспортну рухливість населення.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- провести анкетування мешканців м. Львова для визначення кількості

переміщень за певний період часу;

– виконати статистичний аналіз отриманих даних для визначення усереднених значень коефіцієнтів користування транспортом та міським пасажирським, особистим й таксомоторним транспортом.

Методика дослідження розподілу рухливості населення. Перелічені фактори впливу на вибір способу переміщення (рис. 1) визначають рухливість населення, як загальну так і транспортну. Тому для визначення розподілу рухливості населення було проведено експериментальні дослідження мешканців м. Львова, щодо способу переміщення при виконанні основних видів переміщень (трудових та культурно-побутових).

Для цього була розроблена анкета, в яку входила група питань, що відноситься до рухливості населення (табл. 1). Для отримання достовірних та адекватних значень було встановлено наступні умови:

- 1) враховувалися трудові та культурно-побутові переміщення;
- 2) пересадками вважалася зміна одного виду МПТ на інший;
- 3) пішими переміщеннями вважалися підхід (відхід) до (від) зупинного пункту МПТ або стоянки особистого транспорту та до місця призначення.

Таблиця 1 – Перелік питань анкети, що використовувалися при визначенні рухливості населення

Параметр	Розмірність
Кількість поїздок в МПТ	поїздок
Кількість пересадок	од.
Кількість поїздок на особистому транспорті	поїздок
Кількість поїздок на таксі	поїздок
Кількість піших переміщень	од.

Так як будь-яке опитування повинно мати репрезентативність обсягу вибірки на генеральну сукупність, то відповідно в дослідженні брали участь всі вікові групи самодіяльного населення м. Львова. Характеристика розподілу самодіяльного населення м. Львова за статтю та віковими групами наведено в табл. 2 [16]. Розподіл обсягу вибірки за статтю та віковими групами наведено в табл. 3, 4.

Таблиця 2 – Розподіл самодіяльного населення м. Львова за статтю та віковими групами

Інтервал віку, років	Чоловіки	Жінки	Всього	Частка від загальної кількості, %
15–19	25 048	24 142	49 190	8,8
20–24	31 194	30 599	61 793	11,05
25–29	33 963	31 808	65 771	11,76
30–34	27 608	27 902	55 510	9,93
35–39	25 464	26 469	51 933	9,29
40–44	23 775	25 489	49 264	8,81
45–49	24 731	28 416	53 147	9,51
50–54	25 420	31 508	56 928	10,18
55–59	19 636	26 748	46 384	8,3
60–64	16 704	24 155	40 859	7,31
65–69	11 642	16 666	28 308	5,06
Сума	265 185	293 902	559 087	100

Таблиця 3 – Розподіл обсягу вибірки за статтю

Ознака		Розподіл обсягу вибірки		Генеральна сукупність, %
		Чисельно	Відсотково	
Стать	Чоловіки	95	48,72	47,43
	Жінки	100	51,28	52,57
Разом		195	100	100

Таблиця 4 – Розподіл обсягу вибірки за віковими групами

Ознака		Розподіл обсягу вибірки		Генеральна сукупність, %	
		Чисельно	Відсотково		
Інтервал років	віку,	15–19	15	7,69	8,8
		20–24	20	10,26	11,05
		25–29	25	12,82	11,76
		30–34	20	10,26	9,93
		35–39	20	10,26	9,29
		40–44	15	7,69	8,81
		45–49	20	10,26	9,51
		50–54	20	10,26	10,18
		55–59	15	7,69	8,3
		60–64	15	7,69	7,31
		65–69	10	5,13	5,06
Разом		195	100	100	

Для оцінки результатів експериментальних досліджень було застосовано пакет статистичного аналізу програмного продукту MS Excel.

Результати експериментальних досліджень та обробка статистичних даних. В результаті проведених експериментальних досліджень було отримано інформацію щодо рухливості населення м. Львова (табл. 5).

Таблиця 5 – Параметри реалізації рухливості населення м. Львова

Номер опитування	Кількість поїздок в МПТ за рік $\tau(n_1)$	Кількість поїздок на особистому транспорті за рік $\tau(n_2)$	Кількість поїздок на таксі за рік $\tau(n_3)$	Кількість пересадок за рік $\tau(n_4)$	Кількість піших пересувань за рік $\tau(n_5)$
1	383	183	18	0	913
2	438	0	4	0	730
3	584	0	0	1	730
.....
53	592	0	40	0	867
55	1031	0	0	1	364
.....
112	350	166	0	0	381
.....
186	0	863	0	0	594
.....
194	522	0	37	1	440
195	703	0	0	1	247

Таким чином стало можливим отримати інформацію щодо загальної та транспортної рухливості кожного учасника опитування

$$P_3 = n_1 + n_2 + n_3 + n_5, \quad (1)$$

$$P_{TP} = n_1 + n_2 + n_3, \quad (2)$$

де P_3 , P_{TP} – відповідно загальна і транспортна рухливість населення міст.

Також використовуючи параметри реалізації рухливості населення можливо визначити:

– коефіцієнт користування транспортом φ_{mp}

$$\varphi_{mp} = \frac{P_{TP}}{P_3}, \quad (3)$$

– коефіцієнт користування пасажирським транспортом загального користування $\varphi_{МПТ}$

$$\varphi_{МПТ} = \frac{P_{МПТ}}{P_{TP}}, \quad (4)$$

– коефіцієнт користування особистим транспортом φ_{OT}

$$\varphi_{OT} = \frac{P_{OT}}{P_{TP}}, \quad (5)$$

– коефіцієнт користування таксомоторним транспортом φ_{TT}

$$\varphi_{TT} = \frac{P_{TT}}{P_{TP}}. \quad (6)$$

Для оцінки отриманих результатів був проведений статистичний аналіз (табл. 6, 7) розрахованих показників роботи пасажирської транспортної системи.

Таблиця 6 – Статистична оцінка результатів досліджень

Назва статистичного показника	Параметри реалізації рухливості населення					
	Кількість поїздок в МПТ	Кількість поїздок на особистому транспорті	Кількість поїздок на таксі	Кількість піших пересувань	Загальна рухливість	Транспортна рухливість
Середнє	528,0974	202,8103	11,29231	616,4718	1358,672	742,2
Стандартна помилка	23,72105	23,76545	1,074275	17,33639	21,11793	15,86426
Медіана	576	0	4	582	1335	711
Мода	0	0	0	730	1460	767
Стандартне відхилення	331,2464	331,8665	15,00143	242,0895	294,8958	221,5323
Дисперсія вибірки	109724,2	110135,4	225,043	58607,32	86963,56	49076,56
Інтервал	1232	1184	51	952	1620	929
Мінімум	0	0	0	240	804	303
Максимум	1232	1184	51	1192	2424	1232
Сума	102979	39548	2202	120212	264941	144729
Рахунок	195	195	195	195	195	195

Таблиця 7 – Характеристика коефіцієнтів кореляції

Назва показника	Кількість поїздок в МПТ	Кількість поїздок на особистому транспорті	Кількість поїздок на таксі	Кількість піших пересувань	Загальна рухливість	Транспортна рухливість
Кількість поїздок в МПТ	1	-	-	-	-	-
Кількість поїздок на особистому транспорті	-0,77054	1	-	-	-	-
Кількість поїздок на таксі	-0,13615	-0,02451	1	-	-	-
Кількість піших пересувань	0,059956	-0,18567	-0,06907	1	-	-
Загальна рухливість	0,298415	0,106173	-0,18635	0,675814	1	-
Транспортна рухливість	0,33172	0,344236	-0,17258	-0,19318	0,592638	1

Проведений статистичний аналіз (табл. 6,7) дозволив отримати також і усереднені значення показників рухливості населення м. Львова (табл. 8).

Таблиця 8 – Усереднені значення показників рухливості населення м. Львова

Назва показника	Коефіцієнт користування транспортом, $\varphi_{тр}$	Коефіцієнт користування МПТ, $\varphi_{МПТ}$	Коефіцієнт користування особистим транспортом, $\varphi_{от}$	Коефіцієнт користування таксомоторним транспортом, $\varphi_{тт}$
Значення показника	0,55083	0,733964	0,249127	0,016909

Як бачимо 55 % всіх переміщень реалізуються на транспорті, із них: 73% на міському пасажирському; 25 % на особистому та 2 % на таксомоторному.

Обговорення результатів дослідження реалізації рухливості населення

Отримані результати експериментальних досліджень (табл. 5) та статистичного аналізу (табл. 6,7) показують, що для такої категорії міст, як значні є характерним розкид значень загальної рухливості в межах 804-2424 переміщень, а транспортної – 303-1232 поїздок за рік.

Натомість середні значення наведених показників 1358,672 переміщень та 742,2 поїздки відповідно, свідчать про те, що протягом року кожен мешканець щоденно виконує 3,72 переміщення, з них 2 поїздки на транспорті.

Проведена оцінка кореляційного зв'язку отриманих даних показала, що між всіма видами переміщень існує обернений зв'язок, про що свідчать від'ємні значення. Це пояснюється вибором одного виду переміщень за весь період часу. Найтісніший обернений зв'язок між поїздками в МПТ та особистому транспорті (-0,77054), що свідчить про надання однозначної переваги тому чи іншому виду переміщення.

Проведений розрахунок усереднених значень коефіцієнтів користування транспортом та міським пасажирським, особистим й таксомоторним транспортом підтвердив існування закономірностей функціонування транспортних систем міст,

що висвітлюються в роботах [1-4]. З розрахунків також видно, що 73 % всіх поїздок припадають на МПТ.

Висновки. В результаті проведених експериментальних досліджень розподілу рухливості населення було встановлено, що основними видами переміщень населення м. Львова є піші переміщення та поїздки в МПТ. В свою чергу найменш затребуваними є поїздки на таксі, які складають 1,7% всіх поїздок на транспорті. Натомість особистому транспорту належать 25 % всіх поїздок мешканців міста.

Так як результати досліджень були отримані в м. Львові, яке відноситься до категорії значних міст, то вони можуть бути застосовані лише для даної категорії міст. Для визначення розподілу рухливості населення інших категорій міст необхідно провести додаткові дослідження.

Список літератури: 1. Доля, В. К. Пасажирські перевезення [Текст] / В. К. Доля. – Х.: Вид-во „Форґ”, 2011. – 507 с. 2. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. – М.: Высшая школа, 1980. – 535 с. 3. J.Simpson, B. Urban public transport today [Text] / B. J.Simpson. – E&FN Spon, 2003. – 222 p. 4. Iles, R. Public Transport in Developing Countries [Text] / R. Iles. – Elsevier, 2005. – 478 p. 5. Доля, В. К. Визначення математичної моделі транспортної рухливості населення / В. К. Доля, І. Є. Іванов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №. 4/4(64). – С. 18-21. 6. Mattson, J. Travel Behavior and Mobility of Transportation-Disadvantaged Populations: Evidence from the National Household Travel Survey [Text] / J. Mattson. – Fargo, 2012. – 49 p. 7. Wei Zeng. Visualizing Mobility of Public Transportation System [Text] / Wei Zeng, Chi-Wing Fu, Arisona S.M., Erath A., Huamin Qu // Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 2014. – Vol. 20, Iss. 12. – P. 1833-1842. 8. Doi, K. Looking at sustainable urban mobility through a cross-assessment model within the framework of land-use and transport integration [Text] / K. Doi, M. Kii // IATSS Research, 2012. – Vol. 35. – P. 62-70. 9. Camagni, R. Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion [Text] / R. Camagni, M. C. Gibelli, P. Rigamonti. – [Ecological Economics](#), 2002. – Vol. 40, Iss. 2. – P. 199-216. 10. Pouyanne, G. Urban form and daily mobility: methodological aspects and empirical study in the case of Bordeaux [Text] / G. Pouyanne // European Transport, 2010. – №. 44. – P. 76-95. 11. Frändberg, L. More or less travel: personal mobility trends in the Swedish population focusing gender and cohort [Text] / L. Frändberg, B.Vilhelmson // Journal of Transport Geography, 2011. – Vol. 19, Iss. 6. – P. 1235–1244. 12. Banister, D. The sustainable mobility paradigm [Text] / D. Banister // [Transport Policy](#), 2008. – Vol. 15, Iss. 2. – P. 73-80. 13. Bocarejo S., J. P. Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments [Text] / J. P. Bocarejo S., D. R. Oviedo H. – Journal of Transport Geography, 2012. – Vol. 24. – P. 142-154. 14. Kim, S. Assessing mobility in an aging society: Personal and built environment factors associated with older people’s subjective transportation deficiency in the US [Text] / S. Kim. – Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2011. – Vol. 14, Iss. 5. – P. 422–429. 15. de Boer, E. Transport Sociology: Social Aspects of Transport Planning [Text] / E. de Boer. – Elsevier, 2013. – 248 p. 16. Статистичний щорічник міста Львова за 2013 рік [Текст] / За ред. С. І. Зимовіної. – Львів: Головне управління статистики у Львівській області, 2014. – 140 с.

Bibliography (transliterated): 1. Dolya, V. (2011). Passenger traffic. Kharkiv: Publisher “Fort”, 507. 2. Efremov, I., Kobozev V., Yudin, V. (1980). The theory of urban passenger transport. Moscow: Higher School, 535. 3. J.Simpson, B. (2003). Urban public transport today. E&FN Spon, 222. 4. Iles, R. (2005). Public Transport in Developing Countries. Elsevier, 478. 5. Mattson, J. (2012). Travel Behavior and Mobility of Transportation-Disadvantaged Populations: Evidence from the National Household Travel Survey. Fargo, 49. 6. Dolya, V., Ivanov. I. (2013). Determine the mathematical

model of the transport mobility of the population. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4/4(64), 18-21. **7.** [Wei Zeng](#), [Chi-Wing Fu](#), [Arisona S.M.](#), [Erath A.](#), [Huamin Qu](#). (2014). Visualizing Mobility of Public Transportation System. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 20, 12, 1833-1842. **8.** Doi, K., Kii, M. (2012). Looking at sustainable urban mobility through a cross-assessment model within the framework of land-use and transport integration. IATSS Research, 35, 62-70. **9.** [Camagni](#), R., [Gibelli](#), M. C., [Rigamonti](#), P. (2002). Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. [Ecological Economics](#), 40, 2, 199-216. **10.** Pouyanne, G. (2010). Urban form and daily mobility: methodological aspects and empirical study in the case of Bordeaux. European Transport, 44, 76-95. **11.** Frändberg, L., Vilhelmson. B. (2011). More or less travel: personal mobility trends in the Swedish population focusing gender and cohort. Journal of Transport Geography, 19, 6, 1235-1244. **12.** [Banister](#), D. (2008). The sustainable mobility paradigm. [Transport Policy](#), 15, 2, 73-80. **13.** Bocarejo S., J. P., Oviedo H., D. R. (2012). Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. Journal of Transport Geography, 24, 142-154. **14.** Kim, S. (2011). Assessing mobility in an aging society: Personal and built environment factors associated with older people's subjective transportation deficiency in the US. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 14,5, 422-429. **15.** [de Boer](#), E. (2013) Transport Sociology: Social Aspects of Transport Planning. Elsevier, 248. **16.** Zymovinoi, S. (2014). Statistical Yearbook of the city Lviv by 2013. Department of Statistics in the Lviv region, 140.

Надійшла (received) 21.02.2015

УДК 62.493+687.1

О. Ю. МУРАХІВСКА-ПЕЧЕНЕЖСЬКА, аспірант, УПА, Харків

УДОСКОНАЛЕННЯ СТВОРЕННЯ МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ПІДСТАВІ ТРЬОХВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Розв'язана важлива задача з розроблення методики створення заданої форми одягу для жінок на основі дослідження форми тіла, розробки методики побудови розгортки, тривимірного проектування форми. Досліджені методи визначення і забезпечення розмірів і форм одягу на людині. Визначені методи проведення експериментальних досліджень, планування та обстеження антропометричних показників, визначення тривимірних характеристик тіла людини.

Ключові слова: тривимірне проектування форми, антропометричні показники, тривимірне сканування, розгортка.

Вступ. На сучасному етапі розвитку людського суспільства активно розвивається процес розробки і впровадження в усі сфери життя людини інформаційних технологій, які дозволяють замість жорсткого механічного контролю впровадити гнучке інтелектуальне управління, підвищити продуктивність праці, збільшити обсяги виробництва, знизити собівартість виготовлення виробів. Одним з випадків подібного процесу є розвиваються програмні продукти та наукові напрямки в області проектування одягу в 3D просторі, який дає можливість використовувати віртуальне середовище для створення не тільки поверхні тіла людини, але і об'ємних моделей одягу. Такий спосіб створення конструкції виробу є засобом формалізації макетного методу і візуалізації уяв проектувальника про зовнішній вигляд майбутнього зразка, що дозволяє отримувати модель без попередньої примірки, а також виконувати примірку без виготовлення зразка.

Шляхи розвитку сучасних 3D САПР одягу дуже різноманітні. Проте ні в одну з існуючих САПР не вбудований: модуль повноцінної роботи над ескізом, тобто модуль проектування і творчої обробки майбутнього образу створюваного виробу. Даний модуль повинен забезпечувати отримання об'єктивної конструкторської інформації і спростити роботу конструктора в процесі проектування нових моделей складних форм.

При традиційному проектуванні конструкцій одягу проект моделі одягу задається ескізом або технічним малюнком, які не несуть інформації про просторової форми виробу. Тому конструктор часто працює в суперечності з художником. Відсутність повноцінного вирішення проблеми пошуку просторової форми виробу і засобів її відображення призводить до іншої проблеми - як зафіксувати знайдену просторову форму і передати цю інформацію конструктору. Існує необхідність розробки тривимірного модуля паралельної роботи над ескізом (графічної тривимірною моделлю виробу) та конструкцією (розгорткою модельної

поверхні). Рішення даної задачі ґрунтується на розробці методів інформаційного параметричного зв'язку початкових етапів проектування: тривимірного ескізу й інтерактивно пов'язаної з ним конструкції, а також розробці ескізної - конструкторського модуля інтегрованої САПР. У рамках концептуально нової системи проектування одягу будуть вирішені не тільки вузько промислові завдання, а й складні завдання з точки зору візуалізації об'єкту і побудови конструкцій. Нова система дозволить модельєрові - конструктору вийти за рамки жорстких умов традиційних кроїв, дозволить створювати творчий продукт, моделювати нові силуети, проектувати вироби складних об'ємних форм.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Сучасні методи вимірювання пов'язуються, насамперед, з впровадженням методів комп'ютерної графіки [1]. Впровадження цих методів найбільш актуальне до складних поверхонь, до яких відноситься, зокрема, тіло людини. Його вимірювання безпосередньо пов'язане з технологією виготовлення продукції легкої промисловості і забезпечується антропологічними стандартами.

В існуючих антропометричних стандартах [2, 3] наведені десятки розмірних ознак. Можна виділити лінійні ознаки (зростання), широтні (ширина спини, ширина грудей), обхоплювальної (обхват стегон, обхват талії). Досі їх рекомендують визначати за допомогою механічних вимірювальних засобів (вимірювальна стрічка, ростомір, вимірювальні циркулі) [4, 5]. Дані методи є дуже часовитратними, вимагають високої кваліфікації персоналу, відрізняються невисокою точністю. У деяких публікаціях [6, 7] розробляються методи фотограмметрії для визначення розмірних ознак. Проте варто відзначити реальність застосування таких методів для визначення широтних розмірів. При визначенні обхоплювальної характеристики вводиться ряд припущень, які, безсумнівно, значно знижують точність вимірювань.

Однією з актуальних задач при дизайні одягу є автоматизація процесу отримання інформації про параметри тіла людини на етапі розробки креслень конструкцій. [8, 9] Об'єднання системи автоматизованого проектування (САПР) одягу з системою автоматичного сканування (САС) фігур і одягу в єдиний вимірювально-проектний комплекс дозволяє включити всі етапи проектування одягу в єдину проектну середу. Дані можливості реалізуються в системі, яка являє собою 3-х мірний бодісканерах [10]. Дані системи поки ще досить дорого коштують. Як правило в 3D сканерах виходить поле точок, які показують загальну поверхню фігури людини. Отримання стандартних розмірних ознак на підставі поверхні точок реальної фігури залишається окремим завданням.

Мета дослідження: розробити методіку створення заданої форми одягу на основі дослідження форми тіла, розробки методіку побудови розгортки, тривимірного проектування форми.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі: дослідити методи визначення і забезпечення розмірів і форм одягу на людині; визначити методи проведення експериментальних досліджень, планування та обстеження антропометричних показників, визначення тривимірних характеристик тіла людини; розглянути технологію тривимірного проектування одягу; дослідити методи формування поверхні за допомогою розгортки; розробити автоматизовану систему параметричного зображення одягу.

Методи визначення і забезпечення розмірів і форм складних поверхонь.

Антропометрію проводять за допомогою ретельно перевірених і відрегульованих вимірювальних приладів: ростоміра, сантиметрової стрічки, динамометра і так далі. Всі виміри бажано виробляти в першій половині дня, людина що обмірюється має бути одягнений в легкий трикотажний одяг. Для об'єктивності подальшої оцінки необхідно дотримувати вимоги до правил виміру. Аналіз антропометричних показників - найважливіший елемент дослідження відповідності фізичного розвитку віковим нормативам. Виявлені відхилення можуть представлятися чинниками для виготовлення одягу для людей з відхиленнями від норми фізичних показників. Тому уміння правильно оцінити отримані результати вимірів, може сприяти правильному підбору одягу.

Перший крок побудова діаграми (гістограма) розподілення частот, з якими зустрічаються різні розміри. Для цього вибираємо мінімальний визначений розмір.

Після побудови діаграм (гістограм) по всім або деяким розмірним ознакам треба з'ясувати закон розподілення випадкової величини, якою виступає розмірна ознака в інтервалі розмірів, що досліджуються.

Більшість подальших дій засновано на положенні про нормальне розподілення випадкових величин (рис. 2).

З тривимірними характеристиками у теперішній час пов'язують як правило, тривимірне бодисканування.

Основні властивості системи 3-мірного бодисканування: цифрова проекція структурованого білого світу; автоматизоване вимірювання тіла людини без контакту; незалежність точності вимірювання; час зняття розмірних ознак в межах 30 секунд; автоматичний аналіз тіла

клієнта і знаходження розмірних ознак; легке і швидке калібрування з управлінням щодо вимірюючої області; стаціонарність пристрою (ніякі частини не переміщаються) для кращої послідовності зняття вимірювань, легкого і дешевого обслуговування; програмне забезпечення, що дозволяє використовувати вимірювання в більшості систем САПР. Сканер ідентифікує десять ключових точок на тілі людини, а потім генерує розмірні ознаки. Сканер

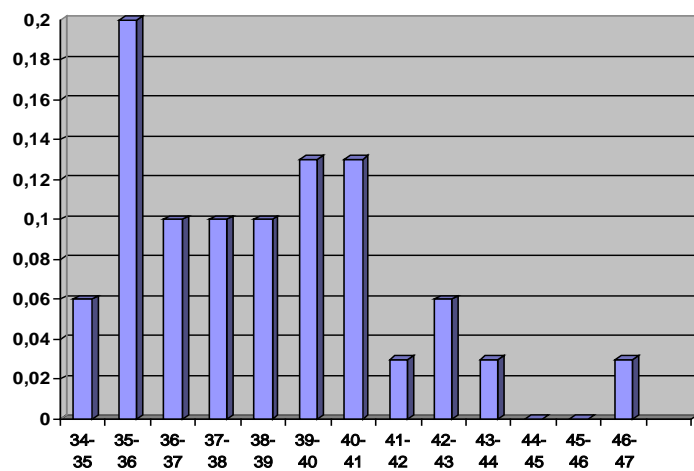


Рис. 1 – Діаграма (гістограма) залежності густини від розміру

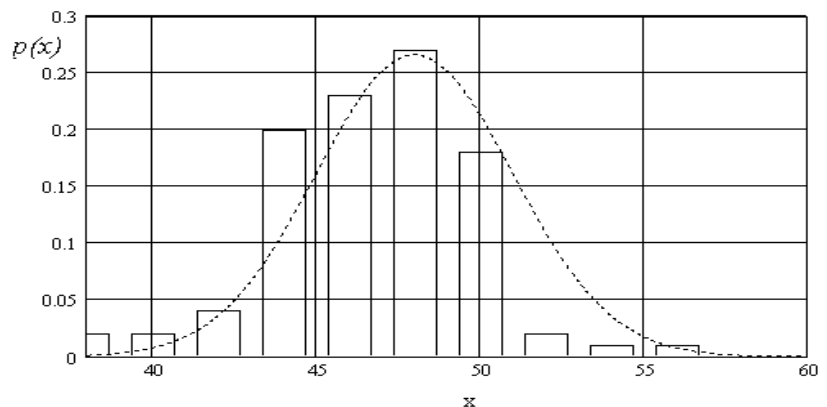


Рис. 2 – Порівняння теоретичних і експериментальних даних

дозволяє проводити повністю автоматичні вимірювання параметрів тіла і визначати розміри фігури.

Після зйомки на екрані комп'ютера з'являється 3-мірне зображення, з якого «знімаються» автоматично від 35-ти і більш розмірних ознак. Нами були проведені процедури сканування манекенів, які підтвердили досить високу точність визначення розмірів. При необхідності користувач в ручному режимі може зняти будь-яку кількість розмірних ознак додатково.

В Українській інженерно педагогічній академії функціонує порівняно недорогий 3D сканер. Процес проведення досліджень за допомогою нього полягає в обведенні вимірюваного об'єкта приладом. Точки досліджуваного об'єкта фіксуються комп'ютером і відображається на екрані у вигляді поверхні (рис. 3). На жаль, безпосередньо використовувати отримані дані важко. Насправді поверхню (рис. 3) являє собою безліч незв'язаних з собою точок, кількість яких становить близько двох мільйонів. Навіть сучасні комп'ютери насилу справляються з такою кількістю інформації.

У зв'язку з цим можна поставити ряд завдань щодо використання даного пристрою. Перша полягає в побудові реальної поверхні фігури або одягу для використання з метою дизайну або подальшого отримання розгортки. Друге завдання - визначення реальних розмірних ознак для реального конструювання. Займемося поки другим завданням і зосередимося на найбільш складній частині - визначенні охоплювальної розмірів.

З'ясуємо спочатку, яку інформацію можна витягти з отриманих даних. При збереженні даних з 3D сканера у вигляді DXF файлу, останній можна відкрити за допомогою текстових програм. Кожна точка в ньому виділяється визначником POINT, після чого слід ряд даних (номер, колір і т.д.). Нас найбільше цікавлять координати точок. Так, після визначника 10 у файлі розташовується число абсциса точки, після визначника 20 - ордината точки, після визначника 30 - аппликата точки.

Враховуючи наше прагнення визначити охоплювальні ознаки, які розташовуються на певній висоті, спробуємо позбутися однієї координати.

Для цього розіб'ємо загальну поверхню точок поперечними перетинами з відстанями між ними Δz на ряд областей, кожна з яких близька до плоскої фігури (рис. 4)



Рис. 3 – Поверхня, одержана за допомогою 3D сканеру

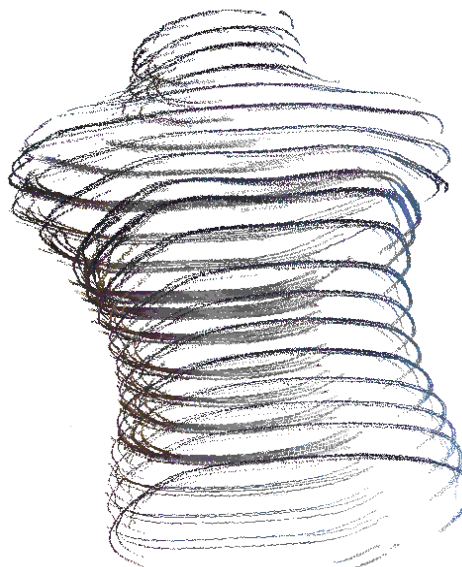


Рис. 4 – Розбиття поверхні поперечними перетинами

Методи формування поверхні за допомогою розгортки. Контрольні вимірювання можуть проводитися за допомогою 3D сканеру або механічними засобами. Експериментальна установка з вимірювання поверхні тіла людини наведена на рис. 5. На ньому означено – 1 – тіло, поверхню якого досліджується, 2 – стійка дослідної установки, 3 – кільце, 4 – спиці.

Вимірюючи довжину спиць, можна знайти параметри поверхні на різній висоті. За допомогою тривимірних методів побудований віртуальний манекен (рис. 6)

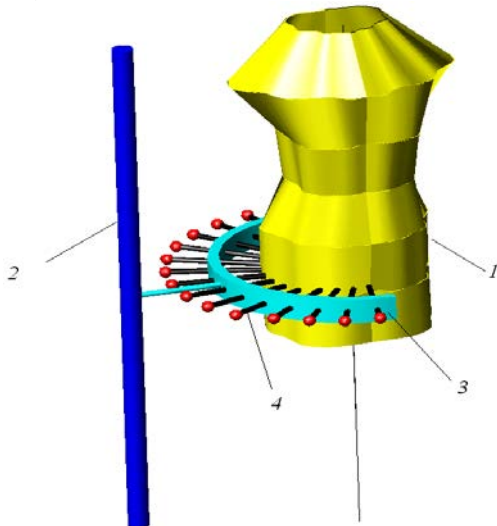


Рис. 5 – Експериментальна установка

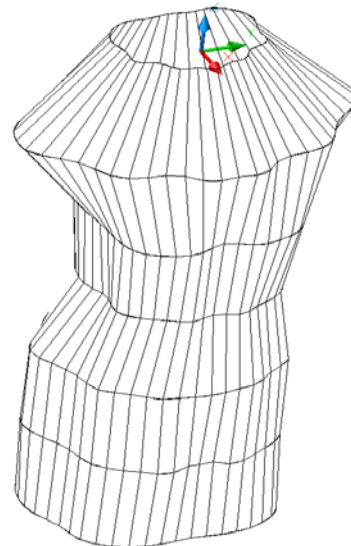


Рис. 6 – Віртуальний манекен

Спробуємо виконати розгортку плечової області даного манекену.

Для цього виділимо ділянки так, як показано на рис. 7.

Введемо означення, показані на рис. 8



Рис. 7 – Виділення елемента

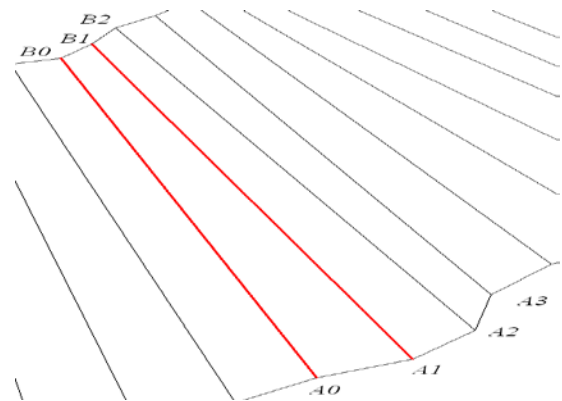


Рис. 8 – Визначення координат елемента манекену

Шукаємо координати наведених точок

Довжини нижніх горизонтальних ділянок будемо шукати за формулами

$$L_0 = \sqrt{(xA_{i+1} - xA_i)^2 + (yA_{i+1} - yA_i)^2 + (zA_{i+1} - zA_i)^2} .$$

Довжини верхніх горизонтальних ділянок будемо шукати за формулами

$$L_1 = \sqrt{(xB_{i+1} - xB_i)^2 + (yB_{i+1} - yB_i)^2 + (zB_{i+1} - zB_i)^2} .$$

Довжини вертикальних ділянок знаходимо за формулами

$$L_2 = \sqrt{(xB_i - xA_i)^2 + (yB_i - yA_i)^2 + (zB_i - zA_i)^2}.$$

Довжини діагоналей знаходимо за формулами

$$L_3 = \sqrt{(xB_{i+1} - xA_i)^2 + (yB_{i+1} - yA_i)^2 + (zB_{i+1} - zA_i)^2}$$

За допомогою сучасних програмних засобів можна виконати розгортку плечової зони манекену (рис. 9)

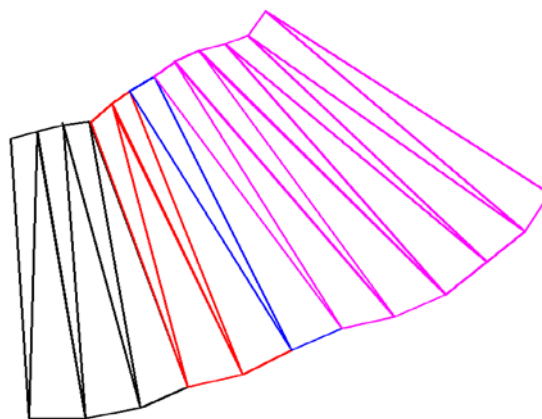


Рис. 9 – Розгортка плечової зони манекену

Висновки. В результаті виконання роботи розв’язана важлива задача з розроблення методики створення заданої форми одягу для жінок на основі дослідження форми тіла, розробки методики побудови розгорток, тривимірного проектування форми.

1. Досліджені методи визначення і забезпечення розмірів і форм одягу на людині.
2. Визначені методи проведення експериментальних досліджень, планування та обстеження антропометричних показників, визначення тривимірних характеристик тіла людини.
3. Розглянута технологія тривимірного проектування одягу для жінок.
4. Досліджені методи формування поверхні за допомогою розгортки.

Список літератури: 1. [Sumanta, Guha](#). Computer Graphics Through OpenGL: From Theory to Experiments Hardcover [Текст] NW CRC press. Taylor and Francis book– August 6, 2014 - 350 p. 2. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды ГОСТ 17522-72 Межгосударственный стандарт [Текст] М.: Стандартинформ -1987. -91с. 3. Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования одежды ГОСТ 17521-72 Межгосударственный стандарт [Текст] МКС 61.020 М.: Стандартинформ- 2005. 25 с. 4. Коблякова, Е. Б. Конструирование одежды с элементами САПР: Учебник для вузов [Текст] / Коблякова, Е. Б., Ивлева, Г. С., Романов, В. Е и др. – М.: Легпромбытиздат, 1988 5. Залкінд, В. В. Удосконалення процесу проектування жіночого плечового одягу з урахуванням вікових груп українського споживача [Текст]/. Дис.канд.техн.наук. Хмельницький національний університет. – 2009. – 194 с. 6. Система для автоматического трехмерного измерения тела человека и автоматического расстояния между размерными точками [Текст]/СПб: ЛабДепо, 2013,- 2 с. 7. Иванов, А. Ю. Технологические методы обеспечения качества изделий [Текст] / А. Ю. Иванов, Д. Б. Леонов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. — Санкт-Петербург, 2011. — № 5 (75). — С. 111—114. 8. Шершнева, Л. П. Прогнозирование перспективной потребности на швейные изделия [Текст] / Л. П. Шершнева, С. Г. Сунаева // Швейная промышленность. — Москва, 2010. — № 5. — С. 42—44. 9. Яковлева, С. В. Методика группирования сборочных единиц изделия : [швейное предприятие] [Текст] / С. В. Яковлева // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — Ростов-на-Дону, 2011. — № 1 (159). — С. 145—148. 10. Яковлева, С. В. Совершенствование технической подготовки швейного производства на основе групповой технологии [Текст] / С. В. Яковлева // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. — Ростов-на-Дону, 2010. — № 6 (158). — С. 120—122.

Bibliography (transliterated): 1. Sumanta, Guha (2014). Computer Graphics Through OpenGL: From Theory to Experiments Hardcover. NW CRC press. Tailor and Francis book, August 6, 350. 2. GOST 17522-72 Tipovyye figuryi zhenshin. Razmernyye priznaki dlya proektirovaniya odezhdyi Mezhgosudarstvennyiy standart, M.: Standartinform, 1987, 91. 3. GOST 17521-72 Tipovyye figuryi muzhchin. Razmernyye priznaki dlya proektirovaniya odezhdyi Mezhgosudarstvennyiy standart, MKS 61.020 M.: Standartinform, 2005, 25. 4. Koblyakova, E. B. (1988). Konstruirovaniye odezhdyi s elementami SAPR, Uchebnik dlya vuzov , M.: Legprombytizdat, 355, 96. 5. ZalkInd, V. V. (2009) Udoskonalennyya protsesu proektuvannya zhInochogo plechovogo odyagu z urahuvannyam vIkovih grup ukraYinskogo spozhivacha. Dis.kand.tehn.nauk. Hmelnitskiy natsIonalniy unIversitet, 194. 6. Sistema dlya avtomaticheskogo trehmernogo izmereniya tela cheloveka i avtomaticheskogo rasstoyaniya mezhdru razmernyimi tochkami (2013). SPb: LabDepo, 2. 7. Ivanov, A. Yu. (2011). Tehnologicheskie metodyi obespecheniya kachestva izde-lyiy. Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta informatsionnyih tehnologiy, mehaniki i optiki. Sankt-Peterburg, 5 (75), 111—114. 8. Shershneva, L. P. (2010). Prognozirovaniye perspektivnoy potrebnosti na shveynyye izdeliya. Shveynaya promyshlennost. Moskva, 5, 42—44. 9. Yakovleva, S. V.(2011). Metodika gruppировaniya sborochnyyih edinits izde-lyiya: shveynoe predpriyatie. Izvestiya vyisshih uchebnyih zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tehnicheskiiye nauki Rostov-na-Donu, 1 (159), 145—148. 10. Yakovleva, S. V. (2010). Sovershenstvovaniye tehnicheskoy podgotovki shveynogo proizvodstva na osnove gruppovoy tehnologii. Izvestiya vyisshih uchebnyih zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tehnicheskiiye nauki. — Rostov-na-Donu, 6 (158), 120—122.

Надійшла (received) 28.02.2015

Г. І. ФАЛЕЦЬКА, канд. техн. наук, доц., Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетові

АЛГОРИТМ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРСЬКИХ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ МІЖ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ВАРІАНТАМИ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ

Розроблено алгоритм моделі розподілу кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування. В якості характеристик альтернатив враховано витрати часу на здійснення пересування, вплив транспортної стомлюваності та рівень тарифів на послуги маршрутного пасажирського транспорту.

Ключові слова: алгоритм, розподіл кореспонденцій, шлях пересування, пасажиропотік, узагальнена вартість пересування.

Вступ. Міський пасажирський транспорт як одна із соціально значущих галузей міського господарства відіграє значну роль у забезпеченні якості життя міського та приміського населення.

Вирішення різних завдань організації пасажирських перевезень ґрунтується на визначенні величин пасажиропотоків, в основі формування яких лежать рішення, які приймають пасажирів при виборі шляху пересування. В результаті того, як пасажирів обирають шлях пересування формується розподіл кореспонденцій між альтернативними варіантами здійснення пересування. Від повноти врахування закономірностей вибору пасажирів шляху пересування при моделюванні пасажиропотоків на маршрутах міського пасажирського транспорту залежить точність розрахунку, а отже, й обґрунтованість рішень щодо удосконалення перевізного процесу.

Зважаючи на вказане, розробка моделі розподілу кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування, що враховує особливості цього процесу є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Достовірні дані про кореспонденції пасажирів між різними пунктами міста можуть бути отримані внаслідок проведення суцільного або вибіркового анкетного обстеження пересувачів населення міста [1, 2].

Натурні обстеження дають змогу одержати найбільш достовірні дані на момент їхнього проведення, що робить їх незамінними при вирішенні завдань поточного планування й оперативного управління пасажирськими перевезеннями. Для вирішення завдань прогнозування, тим більше довгострокового, використання натурних обстежень може бути недостатньо, тому що вони дають «фотографію» існуючих пасажиропотоків (кореспонденцій) [2]. Так само до недоліків натурального підходу варто віднести високу трудомісткість проведення й обробки матеріалів обстеження [3].

Унаслідок цього дослідники при вирішенні питань, що передбачають внесення змін у структуру маршрутної мережі, найчастіше застосовують

моделювання процесу формування пасажиропотоків [1–3]. Метою такого моделювання є створення достатньо адекватних правил (алгоритмів) перетворення входів системи (планувальна структура міста, соціально-економічні характеристики населення, характеристики розглянутого варіанта транспортного обслуговування) на її виходи (загальноміські та маршрутні кореспонденції, пасажирські потоки на всіх елементах транспортної мережі) [4].

До переваг модельного підходу відносять наступні [5]: можливість оцінки різних варіантів транспортної системи; модель дає змогу задавати різні умови формування пасажиропотоків, у тому числі й екстремальні, не завдаючи шкоди інтересам пасажирів; експерименти на моделі значно дешевші за натурні обстеження та можуть проводитися в мінімальний термін; модель дає змогу здійснювати експерименти із системами перевезень, які ще не створені, а лише проектуються.

Найбільш складним питанням транспортного проектування, що вносить основну частку невизначеності у транспортний розрахунок і визначає основну частку помилки розрахунку кореспонденцій, є розподіл пасажиропотоків транспортною мережею. При загальній похибці розрахунку сумарного обсягу перевезень близько 15–20 % похибка розподілу пасажиропотоків ділянками мережі може досягати 100 % і більше [2].

Завдання вивчення і прогнозування пасажиропотоків має як наукову, так і практичну значущість [5]. Із практичної точки зору вирішення цієї проблеми дає змогу визначити очікуваний пасажиропотік і на цій основі розраховувати технічні й експлуатаційні показники функціонування маршрутів [5].

Наукова мета вирішення завдання вивчення і прогнозування пасажиропотоків полягає в дослідженні впливу різних факторів на формування пасажиропотоку [5].

Разом із тим, створення методів надійного прогнозування потреб населення в пересуваннях, з одного боку, обумовлено основними складнощами в розв'язанні транспортних проблем міст [14]. Це пов'язано з тим, що методи транспортного прогнозування мають істотні недоліки, обумовлені не тільки станом теорії міських пасажирських перевезень, але й недостатньо розробленими розділами загальної прогностики, соціологічних теорій поведінки окремих людей і колективів [10].

Із другого боку, труднощі математичного опису причинно-наслідкових зв'язків процесу формування пасажирських потоків пов'язані з такими властивостями транспортної системи, які дають змогу віднести її до розряду складних [4]: стохастичність процесів формування пасажирських потоків, нестационарність і активність об'єкта управління.

Аналіз теоретичних і практичних підходів до моделювання вибору пасажиром шляху пересування [1-10] засвідчив, що в них недостатньо враховано поведінкові аспекти вибору пасажиром шляху пересування та сукупність факторів, які на них впливають. Зокрема недостатньо досліджено питання здійснення пасажиром пішохідного складника транспортного пересування (вибору зупинного пункту).

При моделюванні пасажиропотоків на маршрутній мережі міст слід враховувати факт погіршення характеристик шляху пересування для пасажирів при зростанні величини пасажиропотоку на його складниках. Існуючи методи

недостатньо повно враховують взаємозв'язок між попитом на використання шляху пересування та характеристиками комфортабельності пересування.

Значущість критеріїв вибору пасажирями шляху пересування згодом змінюється, що обумовлено сукупністю соціально-економічних факторів. Цей взаємозв'язок є недостатньо дослідженим та потребує подальшого вивчення.

Метою роботи є розробка алгоритму моделі розподілу кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування.

Методика розробки алгоритму моделі розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування. Схема алгоритму моделі розподілу кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування наведена на рис. 1.

У алгоритмі (рис. 1) прийнято наступні позначення: 1 - початок; 2 - уведення вхідних даних; 3 - визначення поточного номера шляху пересування; 4 - визначення часу пішого підходу пасажирів до зупиночного пункту; 5 - розрахунок показника функціонального стану пасажирів після здійснення пішого підходу; 6 - визначення поточного номера маршрутної поїздки; 7 - визначення часу очікування пасажиром транспортного засобу на зупинному пункті; 8 - розрахунок показника функціонального стану пасажирів наприкінці часу очікування; 9 - визначення часу здійснення маршрутної поїздки пасажирів; 10 - розрахунок показника функціонального стану після здійснення маршрутної поїздки; 11 - перевірка (розглянуто всі маршрутні поїздки?); 12 - визначення витрат часу на здійснення пересадки; 15 - розрахунок показника функціонального стану пасажирів після здійснення пересування; 16 - визначення витрат часу на пересування; 17 - розрахунок відсотка зниження продуктивності праці пасажирів внаслідок пересування; 18 - розрахунок зниження доходу пасажирів внаслідок впливу транспортної стомлюваності; 19 - розрахунок сумарної плати за проїзд при здійсненні пересування; 20 - розрахунок узагальненої вартості пересування за шляхом; 21 - перевірка (розглянуто всі варіанти шляху пересування?); 22 - визначення шляху пересування, що є мінімальним за узагальненою вартістю пересування; 23 - визначення відхилення узагальненої вартості пересування від найкоротшого; 24 - Розрахунок частки кореспонденції, що буде реалізована за кожним шляхом пересування; 25 - виведення результатів розрахунку; 26 - кінець.

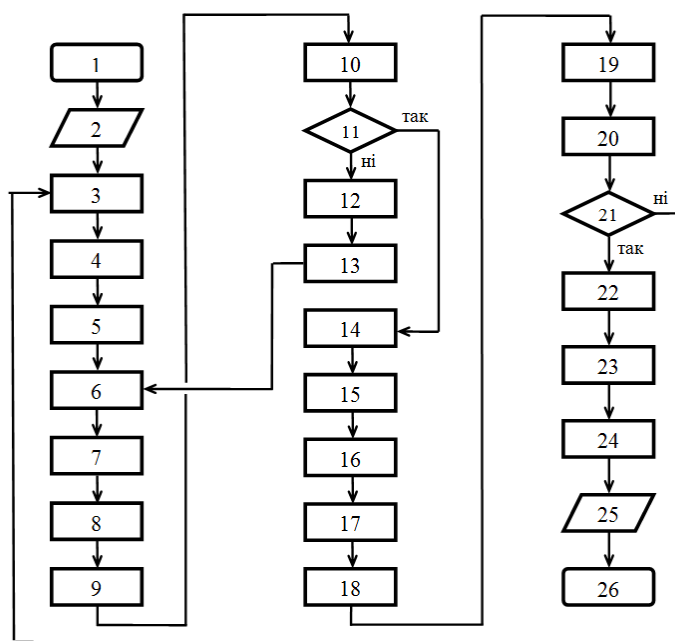


Рис. 1 – Алгоритм моделі розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування

На першому етапі моделювання виконується введення вихідних даних для альтернативних варіантів

шляху пересування (рис. 1, блок 2).

У якості вхідних даних для моделювання пасажиропотоків використовуються параметри, що характеризують соціально-економічні умови життя населення, параметри перевізного процесу на маршрутах, що входять до шляху пересування, і величина встановленого тарифу для цих маршрутів.

До параметрів маршрутів міського пасажирського транспорту належать такі показники: траса маршруту; час обороту транспортних засобів на маршруті, хв.; кількість транспортних засобів, що працюють на маршруті в годину «пік», од.; пасажиромісткість транспортних засобів, пас.; швидкість сполучення, км/год; середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу, хв.; тариф на перевезення, грн.

В якості показників, що характеризують пасажирів виділено наступні: дохід середньостатистичного пасажирів за місяць, грн.; функціональний стан пасажирів перед початком пересування, балів; вартість вільного часу пасажирів, грн./год.

Наступним етапом є визначення поточного номера шляху пересування (n_m^k), для якого проводяться обчислення (рис. 1, блок 3). Після цього розраховують показники, що характеризують піший підхід пасажирів до зупинного пункту, – час підходу та зміну функціонального стану пасажирів внаслідок його здійснення (рис. 1, блоки 4, 5).

Після розрахунку показників підходу пасажирів до зупинного пункту визначається поточний номер (n_m) маршрутної поїздки (рис. 1, блоки 6), а також характеристики її здійснення: час очікування пасажирів транспортного засобу на зупинному пункті, час здійснення маршрутної поїздки пасажирів та функціональний стан пасажирів після здійснення цих складників пересування (рис. 1, блоки 7 – 10). Після цього перевіряється умова:

$$n_m^k \geq N^k, \quad (1)$$

де n_m^k – поточний номер маршрутної поїздки; N^k – кількість маршрутних поїздок при здійсненні пересування по шляху k .

Якщо умова (1) не виконується, визначаються витрати часу на здійснення пересадки та зміни показника функціонального стану пасажирів внаслідок її здійснення (рис. 1, блоки 12, 13). Після цього визначається новий поточний номер маршрутної поїздки n_m^k+1 , і послідовність розрахунку показників здійснення наступної маршрутної поїздки повторюється.

У випадку якщо умова (1) виконується, тобто розглянуто всі маршрутні поїздки, визначається час пішого руху пасажирів від зупинного пункту до місця призначення та показник функціонального стану пасажирів внаслідок здійснення пересування (рис. 1, блоки 14, 15). У блоці 16 обчислюється час пересування шляхом складання витрат часу на здійснення складників пересування.

Використовуючи дані про функціональний стан пасажирів внаслідок здійснення пересування, розраховується відсоткове зниження продуктивності праці пасажирів (рис. 1, блок 17). На підставі цього визначається зниження доходу пасажирів внаслідок впливу транспортної стомлюваності (рис. 1, блок 18).

Сумарну плату за проїзд внаслідок здійснення пересування визначають як суму тарифів за маршрутними поїздками (рис. 1, блок 19). Узагальнена вартість пересування визначається за формулою:

$$C_{періj}^k = \left[\sum_{i,j} \frac{l_{ніu i(j)}^k}{V_{ніu}} + \sum_{z=1}^n \left(\frac{l_{mz}^z}{V_c^z} + \left(\frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від}^z}{1 - P_{від}^z} I_{nl}^z \right) \frac{1}{60} \right) + \sum_{z=1}^{n-1} t_n^z \right] C_{zод} + \frac{D_m(-0,0709 + 0,545(\Pi^k - 3)^2)}{D_{pm} 100} + \sum_{z=1}^n T^z, \quad (2)$$

де $V_{ніu}$ – середня швидкість пішохода, км/год; $l_{ніu i(j)}^k$ – відстань пішого руху відповідно у транспортному районі відправлення i та прибуття j при здійсненні пересування по шляху k , км; l_{mz}^z – відстань маршрутної поїздки на z -му маршруті, км; V_c^z – швидкість сполучення на z -му маршруті, км/год; I_{nl}^z – плановий інтервал руху на маршруті z , хв.; σ_z – середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу руху, хв.; $P_{від}^z$ – імовірність відмови пасажиру в посадці на зупинному пункті маршруту z ; D_m – дохід середньостатистичного пасажира за місяць, грн.; T^z – величина тарифу на маршруті z , грн.; D_{pm} – середня кількість робочих днів у місяці, дн.; Π^k – показник, що характеризує функціональний стан організму пасажира наприкінці здійснення пересування по шляху k , бали; n – кількість маршрутних поїздок у мережній, од.; t_n^z – час на пішохідний рух між зупинними пунктами при здійсненні пересадки, год.

У разі здійснення мережної поїздки узагальнені витрати пасажирів визначаються за такою формулою:

В разі здійснення маршрутної поїздки та формулою при мережній поїздки (рис. 1, блок 20).

$$C_{періj}^k = \left[\sum_{i,j} \frac{l_{ніu i(j)}^k}{V_{ніu}} + \sum_{z=1}^n \left(\frac{l_{mz}^z}{V_c^z} + \left(\frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від}^z}{1 - P_{від}^z} I_{nl}^z \right) \frac{1}{60} \right) + \sum_{z=1}^{n-1} t_n^z \right] C_u + \frac{D_m(-0,0709 + 0,545(\Pi^k - 3)^2)}{D_{pm} 100} + \sum_{z=1}^n T^z, \quad (3)$$

де n – кількість маршрутних поїздок у мережній, од.; t_n^z – час на пішохідний рух між зупинними пунктами при здійсненні пересадки, год.

Наступний етап – перевірка умови (рис. 1, блок 20):

$$k_m \geq K, \quad (4)$$

де k_m – поточний номер шляху пересування; K – кількість шляхів пересування, що мають розглядатися.

У разі невиконання умови (4) починається розгляд наступного шляху пересування, в іншому випадку – переходимо до розрахунку розподілу

пасажирських кореспонденцій за альтернативними варіантами шляху пересування (рис. 1, блоки 22 – 24).

Спочатку визначають шлях пересування, що є мінімальним за узагальненою вартістю пересування (рис. 1, блоки 22):

$$C_{nepij}^{min} = \min\{C_{nepij}^1, C_{nepij}^2, \dots, C_{nepij}^k\}. \quad (5)$$

Після цього для кожного з альтернативних шляхів розраховується відхилення узагальненої вартості пересування від найкоротшого шляху (рис. 1, блок 23) за формулою:

$$\Delta C_{nepij}^k = \frac{C_{nepij}^k - C_{nepij}^{min}}{C_{nepij}^{min}} 100\%, \quad (6)$$

де C_{nepij}^{min} – мінімальне значення узагальнених витрат на пересування між транспортними районами i та j , грн.

Обчислення частки кореспонденції, що буде реалізована за альтернативними варіантами шляху пересування, виконують за залежністю у 24 блоці алгоритму:

$$P_{ij}^k = \frac{\left[1 + \left(\frac{\Delta C_{nepij}^k}{33,9559} \right)^{1,5988} \right]^{\frac{6,31984}{1,5988}}}{\sum_{k=1}^m \left[1 + \left(\frac{\Delta C_{nepij}^k}{33,9559} \right)^{1,5988} \right]^{\frac{6,31984}{1,5988}}}, \quad (7)$$

де m – кількість шляхів пересування, що використовують пасажири при здійсненні пересування між районами i та j .

Кінцевим етапом алгоритму є виведення результатів розрахунку, що являють собою частку розподілу кореспонденцій за альтернативними варіантами шляху пересування (рис. 1, блок 25).

Таким чином розроблена модель дає змогу проводити розподіл кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування. При цьому в якості характеристик альтернатив враховано витрати часу на здійснення пересування, вплив транспортної стомлюваності та рівень тарифів на послуги маршрутного пасажирського транспорту.

Величина кореспонденції, реалізована по шляху пересування k між транспортними районами i відправлення та j призначення, визначається таким чином:

$$h_{ij}^k = H_{ij} P_{ij}^k, \quad (8)$$

де H_{ij} – величина кореспонденції між транспортними районами відправлення i та призначення j , пас.

Обговорення результатів розробки алгоритму моделі розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування. Розроблена модель вибору пасажиром шляху пересування дає змогу врахувати взаємозв'язок між характеристиками альтернативних варіантів і величиною попиту на їхнє використання як функцію від імовірності відмови пасажиру в посадці та рівня заповнення салону транспортного засобу.

Запропонований підхід дозволяє врахувати особливості формування пасажиропотоків у найзначніших містах, що характеризуються високим попитом мешканців на послуги маршрутного пасажирського транспорту й обмеженим рівнем транспортної пропозиції.

Висновки. Розроблена модель розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування враховує поведінкові аспекти вибору пасажиром шляху пересування та сукупність факторів, що обумовлюють цей процес. До моделі включено показники, що характеризують рівень транспортного обслуговування, рівень тарифів на послуги міського пасажирського транспорту та соціально-економічні характеристики життя населення. Крім цього враховано факт погіршення характеристик шляху пересування для пасажирів зі зростанням величини пасажиропотоку на маршрутах, що до нього входять.

Список літератури: 1. Доля, В. К. Пасажирські перевезення [Текст] / В. К. Доля. – Х.: «Видавництво «Форт»», 2011. – 504 с. 2. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с. 3. Антошвили, М. Е. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ [Текст] / М. Е. Антошвили, Г. А. Варелопуло, М. В. Хрущев. – М.: Транспорт, 1974. – 104 с. 4. Грановский, Б. И. Моделирование пассажирских потоков в транспортных системах [Текст] / Б. И. Грановский // Итоги науки и техники. Серия «Автомобильный и городской транспорт», 1986. - Т. 11. – С. 67 – 107. 5. Мун, Э. Е. Организация перевозок пассажиров маршрутными такси [Текст] / Э. Е. Мун, А. Д. Рубец. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с. 6. Горбачов, П. Ф. Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортні системи» [Текст] / П. Ф. Горбачов. – Х., 2009. – 39 с. 7. Садыхова, О. С. Выбор пассажиром пути следования [Текст] / О. С. Садыхова // Городской транспорт и инженерная подготовка городской территории. Сб. науч. трудов ЛИСИ №91, 1974. – С. 33–41. 8. Lam, W. H. K. Advanced modeling for transit operations and service planning [Text] / W. H. K. Lam, M. G. H. Bell // Pergamon, Elsevier Science Ltd., Oxford, 2003. – 345 p. 9. Cepeda, M. A frequency-based assignment model for congested transit networks with strict capacity constraints: characterization and computation of equilibria [Text] / M. Cepeda, R. Cominetti, M. Florian // Transportation Research 40B, 2006. - P. 437–459. 10. Nuzzolo, A. Schedule-based path choice models for public transport networks [Text] / A. Nuzzolo // Proceedings of Advanced Course on Transit Networks, Rome, 2001. - P. 15.

Bibliography (transliterated): 1. Dolya, V. K. (2011). Passenger transportation. Kharkiv, 504. 2. Efremov, I. S., Kobozev, V. M., Yudin, V. A. (1980). The theory of urban passenger transport. Moscow, 535. 3. Antoshvili, M. E., Varelopulo, G. A., Khrushchev, M. V. (1974). Organization of urban bus transport with application of mathematical methods and computers. Moscow, 104. 4. Granovsky, B. I. (1986). Modelling passenger flows in transport systems // Results of science and technology. A series "Road and urban transport", V.11, Moscow, 67 – 107. 5. Moon, E. E. (1986). Organization of passengers transportation by bus. Moscow, 136. 6. Gorbachov, P. F. (2009). Concept of formation systems routeing passenger transport in cities. Kharkiv, 39. 7. Sadikhova, O. S. (1974). Passenger route choice // Public transport and engineering preparation of the urban area, 91, 33-41. 8. Lam, W. H. K., Bell, M. G. H. (2003). Advanced modeling for transit operations and service planning, Pergamon, Elsevier Science Ltd., Oxford, 345. 9. Cepeda, M., Cominetti, R., Florian, M. (2006). A frequency-based assignment model for congested transit networks with strict capacity constraints: characterization and computation of equilibria. Transportation Research 40B, 437–459. 10. Nuzzolo, A. (2001). Schedule-based path choice models for public transport networks. Proceedings of Advanced Course on Transit Networks, Rome, 15.

Поступила (received) 19.02.2015

ЗМІСТ

Янко Т. Б. Дослідження хімічного складу та мікроструктури губчастого титану, отриманого за технологією комплексного легування алюмінієм та ванадієм	3
Воляр Р. Н. Выбор материала контейнера для плавки кремния	8
Сергеева О. В., Пивоваров А. А. Некоторые особенности получения оксидных соединений металлов при плазмохимической обработке растворов	14
Сапрыка А. В. Анализ надежности осветительного комплекса	21
Малярец Л. М., Ковалева Е. А. Создание интерактивных тестов учебной дисциплины «Высшая математика. Линейная алгебра»	26
Ракитянська Г. Б. Нейро-мережевий підхід до настройки нечітких баз знань на основі трендових і сполучених правил	32
Кравчук М. П., Шулевка В. В. Аналіз характеристик електричного приводу газоперекачуючого агрегату, як об'єкта керування	45
Атаманюк І. П., Волосяк Ю. В. Метод прогнозування споживання електроенергії на основі апарату канонічних розкладань випадкових процесів	51
Кудряшов А. В. Дослідження впливу різних факторів на величину інтервалів на розділових стрілках	57
Савельева О. С. Применение энтропийного показателя при поддержке принятия решений на этапе проектирования строительных конструкций	63
Семенов Г. Н., Фешанич Л. И. Інформаційна технологія підвищення швидкодії автоматичного захисту компресора від помпажу на основі злиття даних (data fusion)	68
Сокол Р. М., Смітюх Я. В. Автоматизація управління продуктивним відділенням на основі інтелектуальних систем	83
Панченко Б. Е., Печенюк Д. А. Система коммутации телевизионных сигналов	88
Хайрова Н. Ф., Аджит Пратап Сингх Гаутам. Информационное пространство фактов интегрированной корпоративной системы	96
Лозинська О. В., Давидов М. В. Математична модель граматично-доповненої онтології	102

Шумакова Т. А. Повышение производительности механической обработки деталей из отбеленных высоколегированных чугунок	108
Галушак І. Д., Курляк П. О. Дослідження надійності та ефективності роботи електрообладнання об'єктів нафтогазового комплексу	115
Горбунов А. П. Нова конструкція автотранспортного засобу для міського маршрутного транспорту і методика визначення його основних параметрів	122
Малашкін В. В. Інтелектуальна система кількісної оцінки конструкції колійного розвитку залізничних станцій	128
Рожко Ю. В., Лимаренко О.М. Можливості та перспективи використання геотермальної енергії в Україні	134
Григорова Т.М. , Давідч Ю.О., Доля В.К. Оцінка впливу некомфортних умов перевезення на зміну транспортної стомлюваності пасажирів	140
Притульская Н. В., Сеногонова Г. И., Вдовенко Н. В. Исследование функциональной композиции «спорт слим» для специальных продуктов (для контроля веса тела)	146
Толкунов І. О. Прогнозування наслідків позапроектних аварій в сховищах відпрацьованого ядерного палива	151
Березуцкий В. В., Березуцкая Н. Л. Влияние представления информации о рисках на безопасность процесса труда	158
Березуцкая Н. Л. , Хондак И. И. Использование тестирующей программы «исследование действия основных экологических законов» и информационно-обучающей программы по экологической безопасности в учебном процессе	164
Іванов І. Є. , Рогальський Р. Б. Дослідження розподілу рухливості населення значних міст	170
Мурахівська-Печенежська О. Ю. Удосконалення створення моделей складних об'єктів на підставі трьохвимірного моделювання	178
Фалецька Г. І. Алгоритм моделі розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування	185
РЕФЕРАТИ	194
РЕФЕРАТЫ	201
ABSTRACTS	209

УДК 669.295

Дослідження хімічного складу та мікроструктури губчастого титану, отриманого за технологією комплексного легування алюмінієм та ванадієм/ Янко Т. Б. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 3–8. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Проведено дослідження хімічного складу та мікроструктури титану губчастого, що було отримано за технологією комплексного легування алюмінієм та ванадієм, із заданим вмістом легувальних елементів на рівні хімічного складу сплаву ВТ-6. На основі хімічного, мікроструктурного та енергодисперсійного аналізу встановлено, що розроблена технологія дозволяє отримувати титан губчастий із вмістом основних легувальних елементів (алюмінію та ванадію), який задовольняє хімічному складу сплаву ВТ-6.

Ключові слова: мікроструктура, легувальні елементи, титан, алюміній, ванадій, відновлення

УДК 621.315

Вибір матеріалу контейнера для плавки кремнію/ Воляр Р. М. / //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 8–14. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459

У роботі розглядається взаємодія матеріалів контейнеру (графіту, алунда і кварцу) з розплавом кремнію. Виконані термодинамічні розрахунки підтвердили високу реакційну здатність розплаву кремнію з усіма контейнерними матеріалами. Для організації промислового виробництва кристалів кремнію рекомендується використовувати кварцеві тиглі отримані з природного кварцу або синтетичним шляхом.

Ключові слова: контейнер, тигель, кремній, монокристал, плавка, термодинаміка.

УДК 66:661.49

Деякі відмінності отримання оксидних з'єднань металів при плазмохімічній обробці розчинів/ Сергєєва О. В., Півоваров О. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 14–20. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459

У даній роботі розглянуті питання отримання оксидних сполук металів з водних середовищ при плазмохімічній обробці в системі газ-рідина. З'ясовано, що в результаті дії контактної низькотемпературної нерівноважної плазми на розчин виявлено значно більше число чинників, що сприяють отриманню оксидних сполук металів, ніж при хімічних методах отримання.

Ключові слова: контактна низькотемпературна нерівноважна плазма, заряджені частинки, гідрооксиди, плазмохімічна обробка рідини.

УДК 628.9

Аналіз надійності освітлювального комплексу/ Саприка О.В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 21–26. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

У даній статті зроблено аналіз надійності освітлювального комплексу. Сучасний комплекс зовнішнього освітлення міста являє собою складну систему, надійність якої визначається здатністю об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання.

Ключові слова: надійність, зовнішнє освітлення, аналіз, освітлювальна установка, базовим комплектом, енергоспоживання, статистичний ряд

УДК 37.046

Створення інтерактивних тестів учбової дисципліни «Вища математика. Лінійна алгебра»/ Малярець Л. М., Ковальова К. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 26–31. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079-5459

Стаття присвячена створенню інтерактивних тестів, суттю яких є порівняно велика зацікавленість учнів здійснювати тестування в режимі діалогу з комп'ютером і відразу отримувати результат, а не чекати, коли вчитель перевірить паперові тести. Процес створення інтерактивних тестів розділений на декілька етапів, кожен з яких детально описаний в цій статті

Ключові слова: вища математика, лінійна алгебра, інтерактивний тест, оцінювання, Adobe Captivate.

УДК 681.5.015:007

Нейро-мережевий підхід до настройки нечітких баз знань на основі трендових і сполучених правил/ Ракитянська Г. Б. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 32–45. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459

Пропонується підхід до настройки експертних нечітких баз знань на основі розв'язання рівнянь нечітких відношень, що дозволяє уникнути злиття або селекції правил. Суть підходу полягає у побудові та навчанні *min-max* нейро-нечіткої мережі, ізоморфної лінгвістичним розв'язкам рівнянь нечітких відношень, яка дозволяє поетапно налаштовувати структуру і параметри трендових і сполучених правил.

Ключові слова: настройка нечітких баз знань, розв'язання рівнянь нечітких відношень, *min-max* нейронна мережа.

УДК 004.087.5:004.841.3(045)

Аналіз характеристик електричного приводу газоперекачуючого агрегату, як об'єкта керування/ Кравчук М. П., Шулевка В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 45–50. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

В зв'язку з безперервним ростом вартості енергоресурсів, збільшенням собівартості транспорту газу, не відновленням його природних ресурсів, найважливішими напрямками робіт в області трубопровідного транспорту газів слід вважати розробки, направлені на зниження та економію енерговитрат, використання з максимальною ефективністю та надійністю газоперекачуючі агрегати (ГПА).

Ключові слова: ГПА, газотранспортна система (ГТС), система автоматичного управління (САУ), об'єкт управління.

УДК 519.216

Метод прогнозування споживання електроенергії на основі апарату канонічних розкладань випадкових процесів/ Атаманюк І. П., Волосюк Ю. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 51–56. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459

Запропоновано метод прогнозування споживання електроенергії на основі апарату канонічних розкладань випадкових процесів. Метод повністю враховує особливості процесу споживання електроенергії (нестационарність, значна післядія, наявність нелінійних стохастичних зв'язків), що дозволяє підвищити якість вирішення задачі прогнозування. Результати чисельного експерименту на основі статистичних даних підтвердили високу ефективність запропонованого методу.

Ключові слова: споживання електроенергії, прогнозування, випадковий процес, канонічне розкладання, середній квадрат похибки екстраполяції.

УДК 656.212.5:681.3

Дослідження впливу різних факторів на величину інтервалів на розділових стрічках/ Кудряшов А. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 57–62. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Виконано дослідження впливу таких випадкових факторів, як значення основного питомого опору руху вагону та точності реалізації швидкості виходу відчепа з гальмової позиції на величину інтервалів між відчепами составу, що розформовуються на сортувальній гірці. Виконано статистичну обробку величини різниці між інтервалами, що отримані за результатами оптимізації режиму розформування составу та при скочуванні в умовах дії випадкових факторів.

Ключові слова: відчеп, сортувальна гірка, режим гальмування, оптимізація, опір руху, автоматизація, імітаційне моделювання, розформування.

УДК 621.1016-001.57

Застосування ентропійного показника при підтримці прийняття рішень на етапі проектування будівельних конструкцій/ Саєльєва О. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 63–68. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Розглядаються питання, пов'язані з розробкою та обґрунтуванням вибору залізобетонних конструкцій. Запропоновано за підтримки прийняття рішень розглядати структурну схему об'єкта та визначати його відмовостійкість за допомогою інформаційних структурних статистичних моделей.

Ключові слова: будівельні конструкції, інформаційні моделі, ентропійний показник, проектування, структурні статистичні моделі

УДК 681.513.52:622.691.4

Інформаційна технологія підвищення швидкодії автоматичного захисту компресора від помпажу на основі злиття даних (data fusion)/ Семенов Г. Н., Фешанич Л. И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 68–82. – Бібліогр.: 26 назв. – ISSN 2079-5459

Обґрунтовано доцільність застосування новітніх методів злиття даних для вирішення науково-практичної проблеми автоматичного захисту компресора від помпажу, як явища, яке приводить до втрати працездатності газоперекачувального агрегату і має складний нелінійний характер. Доведено, що застосування інформаційної технології багатопараметричного злиття даних покращує продуктивність системи оцінювання поточних значень в декількох напрямках таких як швидкодія, точність, надійність і робастність.

Ключові слова: автоматичний захист, швидкодія, явище помпажу, компресор, кластерний аналіз, злиття даних.

УДК 681.513:5.664.12

Автоматизація управління продуктивним відділенням на основі інтелектуальних систем / Сокол Р. М., Смітюх Я. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 83–88. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459

У статті розглядається питання автоматизації продуктового відділення цукрового заводу на основі нових методів управління.

Одним з новітніх методів управління технологічними процесами виробництва є використання інтелектуальних систем управління на основі нечіткої логіки. Використання нечіткої логіки забезпечує відносно простий шлях управління складних для опису слабоформалізованих процесів, які характеризуються суттєво нелінійною поведінкою.

Ключові слова: інтелектуальні системи прийняття рішень, нечітка логіка, нечіткий регулятор

УДК 004.652, 621.397

Система комутації телевізійних сигналів/ Б. Є. Панченко, Д. А. Печенюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 88–96. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459

Проведено каркасний аналіз спеціалізованої предметної області – нового способу комутації сигналів з пакетною періодично-дискретною структурою. Виявлено нові технічні рішення - багатокористувацький режим. Наводяться функціональна та принципова схеми базового блоку пристрою. Завдяки концепції каркасного аналізу робиться висновок про можливість оптимізації завантаження тракту при значному числі джерел.

Ключові слова: спосіб комутації телевізійних сигналів, автоматизація буферизації, багатокористувацький режим, ПТС, ПТС-тренажер

УДК 004.89

Інформаційний простір фактів інтегрованої корпоративної системи/ Хайрова Н. Ф., Аджит Пратап Сінгх Гаутам // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 96–102. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

У роботі пропонується інформаційно-лінгвістична технологія виділення фактів з слабоструктурованих і неструктурованих текстів. Технологія заснована на використанні спеціальних семантико-алгебраїчних (логічних) методах, які дозволяють отримувати точність і повноту фактів, порівнянню з експертними. Для витягання і структурування фактографічної інформації в тексті виділяються сутності, і використовується структуроване уявлення семантики факту в термінах предикатних операцій.

Ключевые слова: простір фактів, автоматична ідентифікація та екстракція, слабоструктуровані текст, предикатні операції

УДК 004.912

Математична модель граматично-доповненої онтології/ Лозинська О. В., Давидов М. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 102–107. – Бібліогр.: 15 назв. – ISSN 2079-5459

Дослідження відомих методів вирішення проблеми багатозначності слів з використанням онтологій показало, що відомі методи обмежені лише контекстом слова і не надають додаткових переваг для граматичного і семантичного розбору речення. Для вирішення цієї проблеми розроблено математичну модель граматично-доповненої онтології. Ця модель використана для граматичного розбору речень української мови. Отримані результати показали адекватність розробленої моделі, але її використання вимагає наповнення словників нового типу.

Ключові слова: українська жестова мова, онтологія, граматично-доповнена онтологія, синсет, предикат.

УДК 621.771.07

Підвищення продуктивності механічної обробки деталей із вибілених високолегованих чавунів/ Шумакова Т. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 108–115. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

У статті представлені результати досліджень впливу на продуктивність процесу механічної обробки деталей з вибілених високолегованих чавунів матеріалу змінних пластин різців. Встановлено, що при виконанні чорнової вальцетокарної операції різці, ріжуча частина яких оснащена пластинами з кубічного нітриту бору алотропної модифікації – гексанит мають в 3 рази більшою стійкістю, ніж різці, що було оснащено пластинами з ВКЗМ.

Ключові слова: механічна обробка деталей, вибілений високолегований чавун, гексанит, режими різання, різець.

УДК 621.311

Дослідження надійності та ефективності роботи електрообладнання об'єктів нафтогазового комплексу/ Галушак І. Д., Курляк П. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 115–121. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Під час експлуатації газотурбінних компресорних систем магістральних газопроводів в електричних мережах виникають різного роду перенапруги, які створюють негативний вплив на електрообладнання і знижують його надійність та ефективність роботи. Досліджено способи забезпечення електромагнітної сумісності електротехнічних комплексів газотурбінних компресорних систем магістральних газопроводів при впровадженні вакуумних вимикачів, а також підвищення надійності і якості зовнішнього електропостачання.

Ключові слова: надійність, ефективність, компресорні станції, магістральні газопроводи, електромагнітна сумісність, електромагнітні перешкоди.

УДК 629.113.066

Нова конструкція автотранспортного засобу для міського маршрутного транспорту і методика визначення його основних параметрів/ Горбунов А. П. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 122–128. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Представлено нову конструктивну схему автотранспортного засобу для міського маршрутного транспорту, котрий буде забезпечувати суттєве зниження витрат пального і викиди шкідливих речовин в атмосферу. Концепція, що пропонується нами, передбачає в автотранспортному засобі для міського маршрутного транспорту (АТЗММТ) наявність приладів і пристосувань котрі забезпечують рух АТЗММТ на спуску на електричній тязі від акумуляторних батарей, а на підйом і по горизонтальній дорозі тільки на тязі двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ).

Ключові слова: міський транспорт, електрична тяга, пасажирські перевезення, гібридна силова установка

УДК 656.212

Інтелектуальна система кількісної оцінки конструкції колійного розвитку залізничних станцій/ Малашкін В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 128–134. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

У статті наведено опис інтелектуальної системи, яка дозволяє виконувати комплексний аналіз конструктивних параметрів та експлуатаційних характеристик колійного розвитку залізничних станцій з метою отримання загальної кількісної оцінки. В основі аналізу лежать процедури визначення кількісних та якісних показників, що характеризують конструкцію колійного розвитку станції. Для отримання кількісної оцінки проектного рішення використаний метод аналізу ієрархій, що адаптований для вирішення задач такого типу.

Ключові слова: інтелектуальна система, колійний розвиток, залізнична станція, аналіз ієрархій, кількісна оцінка.

УДК 620.9

Можливості та перспективи використання геотермальної енергії в Україні/ Рожко Ю. В., Лимаренко О.М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 134–139. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459

У статті надано оцінку геотермальним ресурсам та можливостям досягнення технічного енергетичного потенціалу геотермальної енергії України з виділенням найбільш придатних для розвитку геотермальної енергетики регіонів. Наведенні данні по використанню геотермальної енергії в Європі для обігріву і охолодження житла, в сільському господарстві, туризмі, лікуванні.

Ключові слова: геотермальна енергія, геотермальні ресурси, геотермальна енергетика, теплова потужність

УДК 656.13

Оцінка впливу некомфортних умов перевезення на зміну транспортної стомлюваності пасажирів/ Григорова Т.М., Давідіч Ю.О., Доля В.К. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 140–146. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459

Проведено дослідження транспортної стомлюваності пасажирів при поїзді в некомфортних умовах стоячи в автобусах приміського сполучення. Отримано регресійну модель зміни показника активності регуляторних систем пасажира при поїзді стоячи. Проведено аналіз впливу параметрів транспортного процесу на зміну транспортної стомлюваності пасажирів при поїзді у некомфортних умовах.

Ключові слова: пасажир, транспортна стомлюваність, перевезення, регресійна модель, час поїздки, коефіцієнт кореляції.

УДК 642.58:796.071.2

Дослідження функціональної композиції «спорт слім» для спеціальних продуктів (для контролю ваги тіла)/ Прітульська Н. В., Сєногорова Р. І., Вдовенко Н. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 146–151. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Представлений аналіз результатів розробки функціональної композиції, з біологічно активних речовин з направленою фізіологічною дією на організм для використання їх в професійному спорті а також в харчуванні населення: особливо для людей з надмірною вагою для регуляції ваги тіла. Застосування методології проектування модельною функціональною композицій дає можливість розширювати асортимент харчових продуктів спеціального призначення, який можна використовувати в кондитерському виробництві.

Ключові слова: надмірна вага, ожиріння, функціональна композиція, інгредієнти, спеціальні харчові продукти, спортсмени, регуляція ваги тіла.

УДК 504.054

Прогнозування наслідків позапроектних аварій в сховищах відпрацьованого ядерного палива/ Толкунов І. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 151–158. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459

Запропонована модель щодо оцінки радіаційної обстановки, що може виникнути внаслідок руйнування оболонки пеналів, в яких зберігається відпрацьоване ядерне паливо в сховищі «мокрого» типу Чорнобильської атомної електростанції. Також наведені розрахункові показники радіоактивного забруднення в зоні відчуження та в межах промислового майданчика станції при можливих позапроектних аваріях сховища відпрацьованого ядерного палива.

Ключові слова: радіоактивні матеріали, басейн витримки, ядерне паливо, сховище відпрацьованого ядерного палива.

УДК 614: 18: 574.2

Вплив представлення інформації про ризики на безпеку процесу праці/ Березуцький В. В., Березуцька Н. Л. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 158–164. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459

У статті розглянуті питання впливу подання інформації про ризики на робочих місцях службовців і працівників, на безпеку процесу праці. Порушені питання визначення інформації, вплив інформації на емоції людини, розрахунки ризиків та впровадження міжнародних стандартів, у тому числі ISO 31000, на підприємствах України. Порушені питання проведення атестації робочих місць за ризиками та обліку ризиків. Розглянуто пропозиції щодо вибору методики розрахунку ризиків.

Ключові слова: інформація, безпека, емоція, ризик, стандарти, методики, ISO 31000.

УДК 504.3.054

Використання тестуючих програм «дослідження дії основних екологічних законів» та інформаційно-навчальна програма з екологічної безпеки в навчальному процесі/ Березуцька Н. Л., Хондак І. І. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 164–170. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

У статті розглядаються питання оцінювання знань та навчання студентів дії основних екологічних законів і проблем екологічної безпеки. Знання і розуміння дії екологічних законів та екологічної безпеки створюють фундамент для розуміння процесів, які відбуваються в навколишньому середовищі внаслідок людської діяльності. Для перевірки знань і навчання студентів були розроблені тестуюче-навчальні програми. Дані роботи можуть допомогти студентам в більш якісному засвоєнні знань в області екологічної безпеки.

Ключові слова: екологія, дистанційне навчання, екологічна безпека, методи захисту, тестування, програмування, перевірка знань.

УДК 656.025.2

Дослідження розподілу рухливості населення значних міст/ Іванов І. Є., Рогальський Р. Б. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 170–177. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459

Досліджено фактори, що впливають на рухливість населення. Проведено експериментальні дослідження щодо визначення розподілу реалізації рухливості населення. Визначено діапазон розподілу загальної та транспортної рухливості населення. Отримано усереднені значення коефіцієнтів користування транспортом та міським пасажирським, особистим й таксомоторним транспортом.

Ключові слова: рухливість населення, види переміщень, генеральна сукупність, користування транспортом.

УДК 62.493+687.1

Удосконалення створення моделей складних об'єктів на підставі трьохвимірного моделювання/ Мурахівська-Печенежська О. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 178–184. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Розв'язана важлива задача з розроблення методики створення заданої форми одягу для жінок на основі дослідження форми тіла, розробки методики побудови розгортки, тривимірного проектування форми. Досліджені методи визначення і забезпечення розмірів і форм одягу на людині. Визначені методи проведення експериментальних досліджень, планування та обстеження антропометричних показників, визначення тривимірних характеристик тіла людини.

Ключові слова: тривимірне проектування форми, антропометричні показники, тривимірне сканування, розгортка.

УДК 656.13

Алгоритм моделі розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування/ Фалецька Г. І. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.185-191. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Розроблено алгоритм моделі розподілу кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування. В якості характеристик альтернатив враховано витрати часу на здійснення пересування, вплив транспортної стомлюваності та рівень тарифів на послуги маршрутного пасажирського транспорту.

Ключові слова: алгоритм, розподіл кореспонденцій, шлях пересування, пасажиропотік, узагальнена вартість пересування.

УДК 669.295

Исследование химического состава и микроструктуры губчатого титана, полученного по технологии комплексного легирования алюминием и ванадием/ Янко Т. Б. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.3–8. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Проведено дослідження хімічного складу і мікроструктури губчатого титана, отриманого за технології комплексного легування алюмінієм і ванадієм, з заданим вмістом легируючих елементів на рівні хімічного складу ВТ-6. На основі хімічного, мікроструктурного і енергодисперсійного аналізу встановлено, що розроблена технологія дозволяє отримувати губчатий титан з вмістом основних легируючих елементів (алюмінію і ванадію), що відповідає хімічному складу сплаву ВТ-6.

Ключевые слова: мікроструктура, легируючі елементи, титан, алюміній, ванадій, відновлення, сплав, технологія, порошок

УДК 621.315

Выбор материала контейнера для плавки кремния/ Воляр Р. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.8–14. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459

В роботі розглядається взаємодія матеріалів контейнера (графіта, алунда і кварца) з расплавом кремнію. Виконані термодинамічні розрахунки підтвердили високу реакційну здатність расплаву кремнію до всіх контейнерних матеріалів. Для організації промислового виробництва кристалів кремнію рекомендується використовувати кварцеві тигли отримані з природного кварца або синтетичним шляхом.

Ключевые слова: контейнер, тигель, кремній, монокристал, плавка, термодинаміка.

УДК 66:661.49

Некоторые особенности получения оксидных соединений металлов при плазмохимической обработке растворов/ Сергеева О. В., Пивоваров А. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.14–20. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459

В даній роботі розглянуті питання отримання оксидних сполучень металів з водних серед при плазмохімічній обробці в системі газ-рідкість. Виявлено, що в результаті дії контактної низькотемпературної нерівноважної плазми на розчин виявлено значно більше число факторів, що сприяють отриманню оксидних сполучень металів, ніж при хімічних методах отримання.

Ключевые слова: контактна низькотемпературна нерівноважна плазма, заряджені частинки, гідроксиди, плазмохімічна обробка рідини.

УДК 628.9

Анализ надежности осветительного комплекса/ Сапрыка А. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.21–26. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

В даній статті зроблено аналіз надійності освітельного комплексу. Сучасний комплекс зовнішнього освітлення міста є складною системою, надійність якої визначається здатністю об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання.

Ключевые слова: надійність, зовнішнє освітлення, аналіз, освітельна установка, базовий комплект, енергопотреблення, статистичний ряд

УДК 37.046

Создание интерактивных тестов учебной дисциплины «Высшая математика. Линейная алгебра» / Малярец Л. М., Ковалева Е. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.26–31. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079-5459

Статья посвящена созданию интерактивных тестов, сутью которых является сравнительно большая заинтересованность учащихся осуществлять тестирование в режиме диалога с компьютером и сразу получать результат, а не ждать, когда учитель проверит бумажные тесты. Процесс создания интерактивных тестов разделен на несколько этапов, каждый из которых подробно описан в данной статье.

Ключевые слова: высшая математика, линейная алгебра, интерактивный тест, оценивание, Adobe Captivate.

УДК 681.5.015:007

Нейро-сетевой подход к настройке нечетких баз знаний на основе трендовых и составных правил/ Ракитянская А. Б. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.32–45. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459

Предлагается подход к настройке экспертных нечетких баз знаний на основе решения уравнений нечетких отношений, что позволяет избежать слияния или селекции правил. Суть подхода состоит в построении и обучении *min-max* нейро-нечеткой сети, изоморфной лингвистическим решениям уравнений нечетких отношений, которая позволяет поэтапно настраивать структуру и параметры трендовых и составных правил.

Ключевые слова: настройка нечетких баз знаний, решение уравнений нечетких отношений, *min-max* нейронная сеть.

УДК 004.087.5:004.841.3(045)

Анализ характеристик электрического привода газоперекачивающих агрегата, как объекта управления/ Кравчук Н. П., Шулевка В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.45–50. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

В связи с непрерывным ростом стоимости энергоресурсов, увеличением себестоимости транспорта газа, не восстановлением его природных ресурсов, важнейшими направлениями работ в области трубопроводного транспорта газов следует считать разработки, направленные на снижение и экономию энергозатрат, использование с максимальной эффективностью и надежностью газоперекачивающие агрегаты (ГПА).

Ключевые слова: ГПА, газотранспортная система (ГТС), система автоматического управления (САУ), объект управления.

УДК 519.216

Метод прогнозирования потребления электроэнергии на основе аппарата канонических разложений случайных процессов/ Атаманюк И. П., Волосюк Ю. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.51–56. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459

В статье предложен метод прогнозирования потребления электроэнергии на основе аппарата канонических разложений случайных процессов. Метод полностью учитывает особенности процесса потребления электроэнергии (нестационарность, существенное последствие, наличие нелинейных стохастических связей), что позволяет повысить качество решения задачи прогнозирования. Результаты численного эксперимента на основе статистических данных подтвердили высокую эффективность предложенного метода.

Ключевые слова: потребление электроэнергии, прогнозирование, случайный процесс, каноническое разложение, средний квадрат погрешности экстраполяции.

УДК 656.212.5:681.3

Исследование влияния различных факторов на величину интервалов на разделительных стрелках/ Кудряшов А. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХП», – 2015. – № 11 (1120). – С.57–62. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Выполнено исследование влияния таких случайных факторов, как значение основного удельного сопротивления движению вагона и точности реализации скорости выхода отцепя с тормозной позиции на величину интервалов между отцепами состава, который расформируется на сортировочной горке. Выполнена статистическая обработка величины разницы между интервалами, полученными по результатам оптимизации режима расформирования состава и при скатывании в условиях действия случайных факторов.

Ключевые слова: отцеп, сортировочная горка, режим торможения, оптимизация, сопротивление движению, автоматизация, имитационное моделирование, расформирование.

УДК 621.1016-001.57

Применение энтропийного показателя при поддержке принятия решений на этапе проектирования строительных конструкций / Савельева О. С. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХП», – 2015. – № 11 (1120). – С.63–68. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Рассматриваются вопросы связанные с разработкой и обоснованием выбора железобетонных конструкций. Предложено при поддержке принятия решений рассматривать структурную схему объекта и определять его отказоустойчивость с помощью информационных структурных статистических моделей.

Ключевые слова: строительные конструкции, информационные модели, энтропийный показатель, проектирование, структурные статистические модели.

УДК 681.513.52:622.691.4

Информационная технология повышения быстродействия автоматической защиты компрессора от помпажа на основе слияние данных (data fusion)/ Семенцов Г. Н., Фешанич Л. И. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХП», – 2015. – № 11 (1120). – С.68–82. – Бібліогр.: 26 назв. – ISSN 2079-5459

Обоснована целесообразность применения новейших методов слияния данных для решения научно-практической проблемы автоматической защиты компрессора от помпажа, как явления, которое приводит к потере работоспособности газоперекачивающего агрегата и имеет сложный нелинейный характер. Доказано, что применение информационной технологии многопараметрического слияния данных улучшает производительность системы оценки текущих значений в нескольких направлениях как быстродействие, точность, надежность и робастность.

Ключевые слова: автоматическая защита, быстродействие, явление помпажа, компрессор, кластерный анализ, слияния данных.

УДК 681.513:5.664.12

Автоматизация управления продуктовым отделением на основе интеллектуальных систем / Сокол Р. М., Смитюх Я. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХП», – 2015. – № 11 (1120). – С.83–88. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459

В статье рассматривается вопрос автоматизации продуктового отделения сахарного завода на основе новых методов управления. Одним из новейших методов управления технологическими процессами производства является использование интеллектуальных систем управления на основе нечеткой логики. Использование нечеткой логики обеспечивает относительно простой путь управления сложных для описания слабоформализованных процессов, которые характеризуются существенно нелинейной поведением.

Ключевые слова: интеллектуальные системы принятия решений, нечеткая логика, нечеткий регулятор

УДК 004.652, 621.397

Система коммутации телевизионных сигналов/ Б. Е. Панченко, Д. А. Печенюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.88–96. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459

Проведен каркасний аналіз спеціалізованої предметної області – нового способу комутації сигналів з пакетною періодично-дискретною структурою. Обнаружені нові технічні рішення – багатопользовательський режим. Приводиться функціональна і принципіальна схеми базового блоку пристрою. На основі концепції каркасного аналізу робиться висновок про можливість оптимізації завантаження тракту при значительному числі джерел.

Ключевые слова: спосіб комутації телевизионних сигналів, автоматизація буферизації, багатопользовательський режим, ПТС, ПТС-тренажер

УДК 004.89

Информационное пространство фактов интегрированной корпоративной системы/ Хайрова Н. Ф., Аджит Пратап Сингх Гаутам // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.96–102. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

В роботі пропонується інформаційно-лінгвістична технологія виділення фактів з слабкоструктурованих і неструктурованих текстів. Технологія ґрунтується на використанні спеціальних семантико-алгебраїчних (логічних) методів, які дозволяють отримувати точність і повноту фактів, порівнювану з експертними. Для вилучення і структурування фактографічної інформації в тексті виділяються сутності, і використовується структуроване представлення семантики факта в термінах предикатних операцій.

Ключевые слова: простір фактів, автоматична ідентифікація і екстракція, слабкоструктурований текст, предикатні операції.

УДК 004.912

Математична модель граматично-доповненої онтології/ Лозинська О. В., Давидов М. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.102–107. – Бібліогр.: 15 назв. – ISSN 2079-5459

Дослідження відомих методів вирішення проблеми багатозначності слів з використанням онтологій показало, що відомі методи обмежені лише контекстом слова і не надають додаткових переваг для граматичного і семантичного розбору речення. Для вирішення цієї проблеми розроблено математичну модель граматично-доповненої онтології. Ця модель використана для граматичного розбору речень української мови. Отримані результати показали адекватність розробленої моделі, але її використання вимагає наповнення словників нового типу.

Ключові слова: українська жестова мова, онтологія, граматично-доповнена онтологія, синсет, предикат.

УДК 621.771.07

Повышение производительности механической обработки деталей из отбеленных высоколегированных чугунов/ Шумакова Т. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.108–115. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

В статті представлені результати досліджень впливу на продуктивність процесу механічної обробки деталей з отбелених високолегированих чугунів матеріала сменних пластин різців. Установлено, що при виконанні чергової вальцетакарної операції різця, режуща частина яких оснащена пластинами з кубічного нітрита бора аллотропної модифікації – гексаніт мають в 3 рази більшу стійкість, ніж різці, оснащені пластинами з ВКЗМ.

Ключевые слова: механічна обробка деталей, отбелений високолегирований чугун, гексаніт, режими різання, різець.

УДК 621.311

Исследование надежности и эффективности работы электрооборудования объектов нефтегазового комплекса/ Галушак И. Д., Курляк П. Е. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.115–121. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

При эксплуатации газотурбинных компрессорных систем магистральных газопроводов в электрических сетях возникают разного рода перенапряжения, которые создают негативное влияние на электрооборудование и снижают его надежность и эффективность работы. Исследованы способы обеспечения электромагнитной совместимости электротехнических комплексов газотурбинных компрессорных систем магистральных газопроводов при внедрении вакуумных выключателей, а также повышение надежности и качества внешнего электроснабжения.

Ключевые слова: надежность, эффективность, компрессорные станции, магистральные газопроводы, электромагнитная совместимость, электромагнитные помехи.

УДК 629.113.066

Новая конструкция автотранспортных средств для городского маршрутного транспорта и методика определения его основных параметров/ Горбунов А. П. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.122–128. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Представлена новая конструктивную схему автотранспортного средства для городского маршрутного транспорта, который будет обеспечивать существенное снижение расхода топлива и выбросы вредных веществ в атмосферу. Концепция, предлагается нами, предусматривает в автотранспортном средстве для городского маршрутного транспорта (АТЗММТ) наличие приборов и приспособлений обеспечивающих движение АТЗММТ на спуске на электрической тяге от аккумуляторных батарей, а на подъем и по горизонтальной дороге только на тяге двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

Ключевые слова: городской транспорт, электрическая тяга, пассажирские перевозки, гибридная силовая установка

УДК 656.212

Интеллектуальная система количественной оценки конструкции путевого развития железнодорожных станций /Малашкин В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.128–134. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

В статье приведено описание интеллектуальной системы, которая позволяет выполнять комплексный анализ конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик путевого развития железнодорожных станций с целью получения общей количественной оценки. В основе анализа лежат процедуры определения количественных и качественных показателей, характеризующих конструкцию путевого развития станции. Для получения количественной оценки проектного решения использован метод анализа иерархий, адаптированный для решения задач такого типа.

Ключевые слова: интеллектуальная система, путевое развитие, железнодорожная станция, анализ иерархий, количественная оценка.

УДК 620.9

Возможности и перспективы использования геотермальной энергии в Украине/ Рожко Ю. В., Лимаренко А. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.134–139. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459

В статье дана оценка геотермальным ресурсам и возможностям достижения технического энергетического потенциала геотермальной энергии Украины с выделением наиболее подходящих для развития геотермальной энергетики регионов. Приведенные данные по

использованию геотермальной энергии в Европе для обогрева и охлаждения жилья, в сельском хозяйстве, туризме, лечении.

Ключевые слова: геотермальная энергия, геотермальные ресурсы, геотермальная энергетика, тепловая мощность

УДК 656.13

Оценка влияния некомфортных условий перевозки на изменение транспортной утомляемости пассажиров / Григорова Т.М., Давидич Ю.А., Доля В.К. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.140–146. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459

Проведено исследование транспортной утомляемости пассажиров при поездке в некомфортных условиях стоя в автобусах пригородного сообщения. Получено регрессионную модель изменения показателя активности регуляторных систем пассажира при поездке стоя. Проведен анализ влияния параметров транспортного процесса на изменение транспортной утомляемости пассажиров при проезде в некомфортных условиях.

Ключевые слова: пассажир, транспортная утомляемость, перевозка, регрессионная модель, время поездки, коэффициент корреляции.

УДК 642.58:796.071.2

Исследование функциональной композиции «спорт слим» для специальных продуктов (для контроля веса тела)/ Притульская Н. В., Сеногонова Г. И., Вдовенко Н. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.146–151. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Представлен анализ результатов разработки функциональной композиции, из биологически активных веществ с направленным физиологическим действием на организм для использования их в профессиональном спорте а также в питании населения: особенно для людей с избыточным весом для регуляции веса тела. Применение методологии проектирования модельной функциональной композиций дает возможность расширять ассортимент пищевых продуктов специального назначения, которую можно использовать в кондитерском производстве.

Ключевые слова: избыточный вес, ожирение, функциональная композиция, ингредиенты, специальные пищевые продукты, спортсмены, регуляция веса тела.

УДК 504.054

Прогнозирование последствий внепроектных аварий в хранилищах отработанного ядерного топлива/ Толкунов И. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.151–158. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459

Предложена модель для оценки радиационной обстановки, которая может возникнуть вследствие разрушения оболочек пеналов, где хранится отработанное ядерное топливо в хранилище «мокрого» типа Чернобыльской атомной электростанции. Также приведены расчетные показатели радиоактивного загрязнения в зоне отчуждения и в пределах промышленной площадки станции при возможных внепроектных авариях хранилища отработанного ядерного топлива.

Ключевые слова: радиоактивные материалы, бассейн выдержки, ядерное топливо, хранилище отработанного ядерного топлива.

УДК 614:18:574.2

Влияние представления информации о рисках на безопасность процесса труда/ Березуцкий В. В., Березуцкая Н. Л. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С.158–164. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459

В статье рассмотрены вопросы влияния представления информации о рисках на рабочих

местах служащих и работников, на безопасность процесса труда. Затронуты вопросы определения информации, влияние информации на эмоции человека, расчёты рисков и внедрение международных стандартов, в том числе ISO 31000, на предприятиях Украины. Затронуты вопросы проведения аттестации рабочих мест по рискам и учёта рисков. Рассмотрены предложения по выбору методики расчёта рисков.

Ключевые слова: информация, безопасность, эмоция, риск, стандарты, методики, ISO 31000.

УДК 504.3.054

Использование тестирующей программы «исследование действия основных экологических законов» и информационно-обучающей программы по экологической безопасности в учебном процессе/ Березуцкая Н. Л., Хондак И. И. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХП», – 2015. – № 11 (1120). – С. 164–170. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

В статье рассматриваются вопросы оценивания знаний и обучения студентов действию основных экологических законов и проблем экологической безопасности. Знание и понимание действия экологических законов и экологической безопасности создают фундамент для понимания процессов, которые происходят в окружающей среде вследствие человеческой деятельности. Для проверки знаний и обучения студентов были разработаны тестирующе-обучающие программы.

Ключевые слова: экология, дистанционное обучение, экологическая безопасность, методы защиты, тестирование, программирование, проверка знаний.

УДК 656.025.2

Исследование распределения подвижности населения крупных городов/

И. Е. Иванов, Р. Б. Рогальский // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХП», – 2015. – № 11 (1120). – С. 170–177. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459

Исследованы факторы, влияющие на подвижность населения. Проведены экспериментальные исследования по определению распределения реализации подвижности населения. Определен диапазон распределения общей и транспортной подвижности населения. Получены усредненные значения коэффициентов пользования транспортом и городским пассажирским, личным и таксомоторным транспортом.

Ключевые слова: подвижность населения, виды перемещений, генеральная совокупность, пользование транспортом.

УДК 62.493+687.1

Усовершенствование создания моделей сложных объектов на основании трехмерного моделирования/ Мураховская-Печенежская Е. Ю. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХП», – 2015. – № 11 (1120). – С. 178–184. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Решена важная задача по разработке методики создания заданной формы одежды для женщин на основе исследования формы тела, разработаны методики построения разверток, трехмерного проектирования формы. Исследованы методы определения и обеспечения размеров и форм одежды на человеке. Определены методы проведения экспериментальных исследований, планирования и обследования антропометрических показателей, определения трехмерных характеристик тела человека.

Ключевые слова: трехмерное проектирование формы, антропометрические показатели, трехмерное сканирование, развертка.

УДК 656.13

Алгоритм модели распределения пассажирских корреспонденций между альтернативными вариантами пути следования/ Фалецкая Г. И. // Вісник НТУ «ХП».

Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2015. – № 11 (1120). – С. 185-191. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459

Разработан алгоритм модели распределения корреспонденций между альтернативными вариантами пути передвижения. В качестве характеристик альтернатив учтены затраты времени на осуществление передвижения, влияние транспортной усталости и уровень тарифов на услуги маршрутного пассажирского транспорта.

Ключевые слова: алгоритм, распределение корреспонденции, путь передвижения, пассажиропоток, обобщенная стоимость передвижения.

ABSTRACT

UDC 669.295

Investigation of chemical composition and microstructure of titanium sponge obtained by the technology of aluminum and vanadium complex alloying/ Ianko T. B. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 3–8. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

The investigation of the chemical composition and microstructure of titanium sponge obtained by the technology complex alloying aluminum and vanadium, with the specified content of alloying elements at the level of the chemical composition of VT-6 (6Al-4V). On the basis of chemical, microstructural and energodispersion analysis was found that technology allows to obtain titanium sponge with the content of the main alloying elements (aluminum and vanadium), corresponding to the chemical composition of alloy VT-6 (6Al-4V). It was confirmed the uniform penetration of alloying elements in titanium base, which was manifested in the formation of microstructure characteristic of doped titanium alloys.

Results of analysis make possible to recommend titanium sponge of the new complex alloying technology of aluminum and vanadium, for the production of titanium alloys for the needs of additive technologies.

Keywords: microstructure, alloying elements, titanium, aluminum, vanadium, reduction, powder, alloy, technology

UDC 621.315

Choice of container material for silicon melting/ Volyar R. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 8–14. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459

The choice of container material is responsible process in the organization of the silicon melting. This is due to the fact that, to ensure a high degree of purity of the melt is necessary to eliminate the interaction of the container material and silicon melt. Silicon melt has a high reactivity with various metals and their oxides.

In the article it is considered an interaction of the container materials (graphite, alundum and quartz) with silicon melt. Performed thermodynamic calculations of interaction of silicon melt and graphite have shown that the greatest possible of silicon carbide formation takes place at a temperature close to the melting point of silicon. The resulting silicon carbide creates slag on the silicon melt surface, which prevents the growing of the single crystal during its crystallization with given structural characteristics.

In case of alundum usage as a container material, and reacting the silicon melt and alundum it is formed the alumina and aluminosilicate oxides of various configurations. This is the same as the use of graphite as the container leads to the formation of slag in a silica-alumina on the surface of the silicon melt and breaking the growing conditions of single crystal with established structural properties and electrical and physical parameters.

Analysis of the quartz interaction with silicon melt shows that the Gibbs energy change almost to the boiling point has values close to zero which implies that chemical interaction is unlikely.

Keywords: container, crucible, silicon, single crystal, melting, thermodynamics.

UDK 66:661.49

The some distinction of receipt of metals oxides by the plasmochemical treatment of water solutions/ Sergeyeva O. V., Pivovarov A. A. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 14–20. – Bibliogr.: 16. – ISSN 2079-5459

This paper deals with the preparation of oxide compounds of metals from aqueous media at plasma chemical processing in the gas-liquid interface. It was found that the effect of low-temperature nonequilibrium plasma contact on the solution revealed a greater number of factors conducive to the production of metal oxide compounds than with chemical methods of preparation. The sequence of physical and chemical processes occurring in plasma-chemical treatment of metal-containing

solutions. In plasma chemical treatment of aqueous solutions of the nanoparticles obtained by reduction of metal cations in solution under conditions conducive to the subsequent formation of small metal clusters or aggregates. Noted that the systematization of plasma-chemical synthesis, reaction mechanisms makes it possible to solve many of the problems associated with the modeling, design, manufacturing processes and the creation of materials with desired properties.

Keywords: contact low-temperature nonequilibrium plasma, charged particles, hydroxides, plasma-chemical treatment of liquid.

UDC 628.9

Analysis nadezhnomy osvetytelnoho complex/ Sapryka A. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 21–26. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

This article made an analysis of the reliability of complex outdoor lighting. Modern outdoor lighting system of the city is the most complex set of reliability is determined by the ability of an item to perform specified functions, saving time values set operational parameters within the prescribed limits, corresponding to the set terms and conditions for use. The process of changing the parameters of the operating mode in the outdoor lighting is usually accidental. This is due primarily to the random nature of the changes and loads the appropriate random nature of changes in the quality of electricity. Reliable operation of the lighting of the complex is of great importance in the overall balance of power consumption, so the reliability of the simulation emitting devices is important. A model of reliability LED emitting devices based on the schedule cycling lighting and monthly temperature and prospects for further improving the outdoor lighting of the city. Also, when assessing the reliability of a complex metropolis outdoor lighting must be considered really existing power quality .

Keywords: reliability, outdoor lighting, analysis, lighting system, basic kit, power consumption, statistical series

UDC 37.046

Creation of interactive tests of educational discipline is «Higher mathematics. Linear algebra»/ Malyarec L., Kovalova K. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 26–31. – Bibliogr.: 14. – ISSN 2079-5459

The theme of this article is sanctified to creation of computer dough on higher mathematics of division "Linear algebra" in the environment of Adobe Captivate, one of basic functions of that are creation and realization of the computer testing, collection and analysis of results.

From the methodical point of view 70 variants of test tasks on the foregoing topic, the unicity of that consists in the correctly worked out "scenarios", are worked out. The program of testing works with seven types of tasks : single choice, plural choice, establishing order of the following, establishment of accordance, pointing of truth or falsity of statements, manual input of number (numbers), manual input of text, that embrace all "scenarios" fully.

The worked out computer interactive test allows objectively to estimate the level of knowledge of students, and his use on personal PCS does not require setting of some additional software. The system of automatic count of testing results will bring down loading on teachers, related to waste of time on verification of works of students.

The algorithm unicity going near creation of similar computer tests consists in that using the algorithm presented in the article it is possible to create an analogical test on any discipline, that allows using this article as manual for the teachers of Institutions of higher learning, not having the special education in computer technologies.

Keywords: higher mathematics, linear algebra, interactive test, evaluation, Adobe Captivate.

UDC 681.5.015:007

Neural network approach to fuzzy knowledge bases tuning based on trend and composite rules/ Rakytyanska H. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 32–45. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459

The method of tuning of the expert fuzzy knowledge bases, which connect causes and effects by trend rules and causes and effects significance measures by composite rules, is proposed. It is shown, that the classification fuzzy IF-THEN rules represent the solution set of the system of fuzzy relation equations in the form of composite fuzzy terms, where causes and effects significance measures are described by fuzzy quantifiers. The essence of the method lies in constructing and training the specific *min-max* neuro-fuzzy network isomorphic to linguistic solutions of fuzzy relation equations, which allows tune the structure and parameters of the trend and composite rules consecutively.

Using expert rules cannot guarantee that the structure of the fuzzy model will be optimal, and the further tuning of the model's parameters will ensure the coincidence of the theoretical results with the experimental data.

Expert rules tuning by solving fuzzy relation equations ensures the optimal number of fuzzy rules for each output term and optimal form of the membership functions of the fuzzy input terms for each linguistic solution.

Consecutive solution of the optimization problems provides complexity reduction of the problem of fuzzy classification knowledge bases tuning.

Keywords: fuzzy knowledge base tuning, solving fuzzy relation equations, *min-max* neural network.

UDK 004.087.5:004.841.3(045)

Analysis of the characteristics electrically driven gas compressor units/ Kravchuk N., Shulevka V. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 11 (1120).- P. 45–50. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

Due to the incessant growth energy resources costs, increasing the cost of transportation gas, non-regenerability its natural resources, the most important areas of work in the field of gas pipelines should be considered elaborations aimed to reduce and save its energy consumption, using with maximum efficiency and reliability gas-compressor units. The electric driven gas-compressor units based on synchronous engines megawatt-class mainly operated with a lot of worn-out and obsolete. They have their own specific characteristics and prospects of progress caused by mode parameters and the loading conditions, as well as possibilities of new techniques and technologies. As for the automatic system control pumping gas with opportunities to adapt to the characteristics of gas-transport system, their synthesis is timely and promising.gas-transport system.

Keywords: gas-compressor units, reliable, synchronous engines, gas pipeline, energy consumption, loading conditions

UDC 519.216

Method for prediction of electricity consumption based on the theory of canonical expansions of random processes/ Atamanyuk I., Volosyuk Y. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 11 (1120).- P. 51–56. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459

Feature of power systems that distinguishes them from other complex objects and control, is the inability to store their product is electricity. This means that the mode of operation of the electricity system should be selected so that the electricity was exactly its consumption (taking into account various losses). A violation of this balance in one direction or another leads to a decrease of quality of functioning of the electricity system, so for the efficient running of one of the most important tasks is the most accurate forecasting of electricity consumption by consumers in future moments of time.

A feature of the process of change in electricity consumption is stochastic in nature, so, given the features of functioning of electric power systems, to solve the problem of forecasting the consumption of electricity is required to apply the methods of the theory of random processes.

Existing best practices used to solve applied problems obtained for some classes of random processes (methods A. Kolmogorov and N. Wiener - stationary process with discrete argument, filter extrapolator Kalman – Markov random processes, methods of V. Pugachev, V. Kudrytskiy – for non-stationary Gaussian processes and other). Therefore their use allows to obtain optimal results only for processes with certain a priori known characteristics.

Keywords: energy consumption, forecasting, stochastic process, the canonical decomposition, the mean square error of extrapolation.

UDC 656.212.5:681.3

Study of the influence of various factors on measurement intervals on the switch points/ kudryashov A. V. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 57–62. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

Investigation of the process rolling cuts with different parameters under the action of random factors showed that their influence makes it much difficult to determine the retarding regimes at the breaking up process.

When sliding down a hump the force of resistance to movement has its impact onto the cut, the true value of which is unknown before it starts its motion. Therefore, in the model the train the average values of the main resistivity is used. The research of the effect on the value of the intervals between the cuts on the switch-points was made. In this research the true value of the main resistivity was substituted by its average value.

During the implementation of the calculated values of the speed rate of releasing the retarding positions may occur errors of different nature that have a significant negative impact on the quality of the hump. In this work there was made a research of the effect of accuracy implementing the specified output speed rate from the retarding position onto the value of the intervals on the switch-points.

In order to reduce the number of colliding cuts at the drain part of the hump there was made a research of the effect at the optimization phase restrictions on the minimum speed of the average output cut from the middle retarding position onto the value of the intervals.

Executed researches have shown that even with the combined action of a number of random factors resulting in the optimization of retarding regimes, it is possible to provide enough quality of the interval regulation, as well as the possibility of implementing a safe speed collision of wagons in marshalling tracks at the automated humps.

Keywords: cut, sorting hump, braking modes, optimization, resistance to the movement, automation, simulation, disbandment.

UDC 621.1016-001.57

Application of entropy indicators in decision support at the design stage construction/ Saveleva O. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 63–68. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

The issues related to the development and justification of the choice of reinforced concrete structures. In the design of monolithic structures must be provided for each object the size of a minimum number of standardized sections of beams, columns and other elements. The paper proposed to consider a block diagram of an object and to assess its resilience. Determination of fault tolerance structures made using structural information of statistical models. Work model based on morphological similarity of structures and object model. The statistical data determined as a result of information from the model. The software module provides options for generating the block diagram of the proposed facility. Going evaluation of fault tolerance structure by removing its elements. With the help of this model is determined by the value of the index of structural fault tolerance for each alternative structure. The magnitude of the index is used to select the structure of reinforced concrete structures. This information model can be easily integrated into CAD and can process as a tool for automated design of reinforced concrete structures. Using the index of structural fault tolerance allows the technician at the design stage and the choice of the structural scheme will significantly increase the efficiency of the design process.

Keywords: building construction, information model, entropy measure, design, structural statistical models.

UDC 681.513.52:622.691.4

Informative technology of improving the high-performance of automatic protection of the compressor from surging based on the data fusion/ Sementsov G., Feshanych L. //Bulletin of

NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 68–82. – Bibliogr.: 26. – ISSN 2079-5459

The article deals with the nature and advisability of further informative support of automatic antisurge protection system and regulation of gas pumping plant boosters of natural gas storage compressor station based on improved high-performance of existing antisurge control systems by means of data merge method.

A number of process parameters, describing the operation mode of the compressor, were found to have been based on the experimental research. The method being able to manage all the information got in the form of measured signals quickly and simultaneously was investigated. This method identifies a significant deviation of signals and combines the measuring signals with almost equal values.

The expediency of advanced data merge methods to solve scientific and practical problems of automatic protection of compressor from surging as a phenomenon leading to disability of gas compressor units and having a complex nonlinear nature was determined. The application of multi-parameter data merge informative technology improving the system performance evaluation of the current data in such ways as high-performance, accuracy, reliability and robustness was proved.

Keywords: automatic protection, high-performance, surging, compressor, cluster analysis, data fusion.

UDC 681.513:5.664.12

Management automation grocery offices through intelligent systems / Sokol R., Smityuh Y. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 83–88. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459

We consider the possibility of automating product separation sugar factory on the basis of new management techniques. We consider that the main roles of modern management sugar boiling sugar factory.

One of these methods of production process control is the use of intelligent control systems based on fuzzy logic.

Given the complexity of the processes of product separation and seasonality of the sugar factory, it is advisable to supplement existing automated intelligent system for decision -making that would help service personnel to properly assess the situation and for appropriate action and to ensure the maximum possible output of the finished product.

Using fuzzy logic provides a relatively simple way to describe the complex management of weakly-formalized processes which are characterized by nonlinear behavior.

Described that fuzzy controller consists of four interconnected blocks, and forming a knowledge base based on the methods of representation and retrieval of knowledge. The main role in this process is given to the operator-expert who provides content knowledge base set of rules. Also indicated that an important condition for the effective functioning of the fuzzy controller is to build a consistent and optimal complete knowledge base. This operation is performed layered knowledge base inference machine, which is a mechanism considerations, operating expertise and to obtain new knowledge.

Keywords: intelligent decision-making systems, fuzzy logic, fuzzy controller

UDC 004.652, 621.397

System of television signal commutation/ B. E. Panchenko, D. A. Pechenyuk //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 88–96. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459

Framework analysis of a specialized non-computing subject domain has been carried out - method of signal commutation with a packet periodically-discreet structure. In the two existing approaches to signal synchronization, an abnormality has been found - redundancy. A new technical solution is suggested - automatization of the process of digital buffering of only the chosen signal on the previous one. Under the concept of framework analysis about the degree of relations of independent entity-objects "many-to-many", a solution for the multi-user mode of the work of the methodics and the corresponding devices is offered. Special cases of the solution are investigated.

Functional and principal device schemes are suggested. A conclusion about the possibility of optimization of tract loading with a considerable number of sources is made based on the analysis. A conclusion about the usage of the new method of commutation in different areas is made.

Keywords: framework analysis of a subject domain, method of signal commutation, automatization of buffering of the chosen signal, multi-user commutation mode, television signals, PTS

UDC 004.89

The facts information space of the integrated corporate system/ Khairova N., Ajit Pratap Singh Gautam //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 96–102. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

This paper proposes a logical-linguistic model extracting semi-structured facts in English texts. To identify the fact some entities expressed by lexical units as well as semantic relations between them are defined in the text. The semantic relations are expressed by semantic functions of sentence participants. The functions are described by predicates of algebra of finite predicates. The model is applied to the semantic stage of linguistic processor of information subsystem for facts identification, which are essential for business analysis, in the framework a semi-structured texts. Software implementation of the model is designed. The input subsystem receives text streams disparate sources of information of the integrated corporate system, basic facts of space of the system are output. The accuracy and completeness extracted facts from texts in English by the subsystem are compatible with extracted facts by an expert.

Keywords: facts space, automatic identification and extraction, semi-structured text, predicate operations.

UDC 621.311

Research of the reliability and efficiency of oil and gas electrical facilities/ Galushchak I., Kurlyak P. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 102–107. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

During gas turbine compressor systems’ operation of the main gas pipelines in electrical networks occur different kinds of overvoltage that create a negative impact on the electrical equipment and reduce the reliability and efficiency. Ways to ensure electromagnetic compatibility of electrical complexes of the main gas pipelines in the vacuum circuit breakers implementation gas turbine compressor systems have been investigated, as well as increased reliability and power supply external quality. Methodical forming the boundary conditions or criteria provisions of providing electromagnetic compatibility of electrical power supply networks compressor systems are often defined as the level of noise immunity. They regulate the flow of electromagnetic interference and electrical ability to withstand them. All electrical installations are characterized by their own objective immunity levels, which in most cases approximately estimate regulatory allowed of electromagnetic compatibility.

Keywords: reliability, efficiency, compressor stations, main gas pipelines electromagnetic compatibility, electromagnetic interference.

UDC 004.912

Mathematical model of grammatically-augmented ontology/ O. V. Lozynska, M. V. Davydov //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 108–115. – Bibliogr.: 15. – ISSN 2079-5459

The modern science development, society computerization, use of multimedia and Internet technologies have created conditions for creation of computer communication systems for people with impaired hearing. Automatic translation means help these people to communicate and to overcome language and cultural barriers. The urgent task is to develop software tools that help in the study and translation of Ukrainian Sign Language (USL). Translation of Ukrainian Sign Language is a complex task, that requires the analysis grammar of USL, building rules for translation of Ukrainian Sign Language into text and vice versa. The study of well-known ontology-based approaches for word

sense disambiguation shown that they are limited to word context only and do not provide additional benefits for parsing sentence grammar and semantics. The mathematical model of grammatically-augmented ontology is introduced to address this issue. It was utilized for machine parsing of Ukrainian sentences. The obtained results shown adequacy of the developed model but it's application requires new kind of dictionaries.

Keywords: Ukrainian Sign Language, ontology, grammatically-augmented ontology, synset, predicate.

UDC 621.771.07

Increasing of parts made of chilled alloy cast iron machining /Shumakova T. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 11 (1120).- P. 115–121. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

The results of studies of influence on productivity of mechanical machining of details from chilled alloy cast iron, which is a material for tools removable plates, are presented in the article. It was found that when performing rough valachchenai operations tools, the cutting part with plates of cubic boron nitride allotropic modifications – hexanic metal removal one tool from hexanite 4,1 times more in comparison with processing VCM. The use of inserts hexanite compared with used plates from VCM can improve the productivity of treatment of barrel rolls in 3,3 times. When this alloy VCM most efficient at low speeds ($V=4,5...6$ m/min) and high longitudinal feed ($S=2...3$ mm/rev), and for plates of hexanite acceptable reverse effect – high cutting speed ($V=23...27$ m/min) and small longitudinal feed ($S=0,6...0,8$ mm/rev). Using hexanite allows to achieve not only high quality surface treatment of components made of chilled alloy cast iron shore hardness to HSD = 80 units and reduce the number of defects in the operations roughing barrel rolls.

Keywords: machining parts, bleached high-alloy cast iron, hexanic, cutting, cutter.

UDC 629.113.066

New design of motor vehicles for urban transport and routing method for determining parameters egoosnovnyh/ Gorbunov A. P. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 11 (1120).- P. 122–128. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

A new constructive scheme of the vehicle for urban transport route, which will provide a significant reduction in fuel consumption and emissions of harmful substances into the atmosphere. The concept proposed by us provides a motor vehicle for urban transport route (VCB) the availability of instruments and appliances for the propulsion VCB downhill on electricity from the battery, and the rise and horizontal road only to pull the internal combustion engine.

The concept proposed by us provides the vehicle for a city bus VCB availability of instruments and devices that provide movement VCB downhill on electric-powered from batteries, and the rise and horizontal road traction only the internal combustion engine. In addition, during the development of conceptual VCB proposed to take into account traffic conditions bus in big cities - low speed, congestion at intersections, bridges, narrow roads roadway stations (called plugs) and modern requirements to ecology.

Keywords: public transportation, electric traction, passenger transportation, hybrid

UDC 656.212

Intelligent system for quantifying the track design for the development of railway stations /Malashkin V. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 11 (1120).- P. 128–134. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

The article describes an intelligent system that allows you to perform a comprehensive analysis of the design parameters and performance characteristics limit the development of railway stations in order to obtain an overall quantitative assessment.

A system of assessment of plans limit the development of the station provides design parameters and quality characteristics of track plans for the development of railway stations and their comparative analysis to obtain quantitative estimates. Input data to the task analysis and assessment of plans for

end development stations serve their canonical models in the form of oriented graphs. For the formation of many options schemes stations, using a system of structural-parametric models and methods for automated synthesis of track development of railway stations.

Procedures for determining the quantitative and qualitative indicators, which characterize the design of track development station, based on the methods of mathematical statistics and graph theory. To obtain a quantitative evaluation of the design solutions used method of analysis of hierarchies. To this end the method is adapted for solving problems of this type. Developed methods and procedures are implemented in a software system.

Keywords: intelligent system, gridiron, railway station, the analytic hierarchy process, quantitative assessment.

UDC 620.9

Opportunities and prospects geothermal energy utilization Ukraine/ Rozhko V., Lymarenko O. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 134–139. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459

In the article the estimation of geothermal resources and technical capabilities of achieving energy potential of geothermal energy Ukraine with the release of the most suitable for the development geo-thermalnoi energy regions. However data on the use of geothermal energy in Europe for heating and cooling housing, agriculture, tourism, medical treatment. We describe the main characteristics of geothermal Ukraine. Main factors influencing the extraction of geothermal energy. Deals with investments in the geothermal energy. Consider the use of dormant oil wells to extract geothermal waters, environmental issues using geothermal energy for power generation, reduction of harmful gases into the atmosphere, their reuse and recycling. Emphasis was placed on the possibilities and the future use of this type of renewable energy to replace the traditional comprehensive energy in terms of the energy crisis in Ukraine.

Keywords: geothermal energy, geothermal resources, geothermal energy, heat capacity, technically achievable energy potential

UDC 656.13

Assessment of uncomfortable conditions transportation to change the transport of passengers fatigue/ Grigorova T., Davidich Y., Dolya V. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 140–146. – Bibliogr.: 13. – ISSN 2079-5459

The use of the index evaluation of transport fatigue of passengers with the task of organizing the transport of passengers in suburban traffic is discussed in the article and some results of our research in this area are given. The main aim of the investigation is to identify the patterns of influence of the conditions of passengers waiting for their transport fatigue. The use of statistical methods to assess complex objects allows to take into account the interests of both carriers and passengers during development of process the carriage of passengers on suburban routes. The method of estimating the transport fatigue of the passenger by determining the activity of regulatory systems of his body is discussed in the article. Results of field studies have established the influence of age of passenger and waiting time at the value of its index of activity of regulatory systems. The developed regression model of the change in the activity of regulatory systems of passenger allows to estimate the change in transport fatigue of passengers standing by waiting vehicles. This makes it possible to assess various design options of suburban bus station with accounting the technological process parameters and passengers. The research results can be applied by transport specialists involved in the organization of passenger transportation in suburban traffic.

Keywords: transport service, suburban traffic, transport fatigue, conditions of waiting, waiting time.

UDC 642.58:796.071.2

Research of functional composition «sport of slim» for the special products (for control of b.w.)/ Pritulskaya N.V., Sienogonova G.I., Vdovenko N. V. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-

technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 146–151. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

This article presents the analysis of results of development of functional composition «Effect», which is balanced in correlation of basic components, are well combined with all of constituents of the base compounding, does not worsen the органолептические and physical and chemical indexes of quality of new food product. Efficiency of influence of functional composition is set on the functional consisting of organism, improvements of exchange of matters of organism, blocking of synthesis of fat in fatty fabric, decline of suction of carbonhydratess and grew fat from a digestive highway and leadingout of superfluous liquid, accelerations of breaking up of fatty molecules and transformation of fat in free energy, increasing its expense.

A socio-economic effect is confirmed from introduction of developments, which consists in expansion of assortment of candies for people with the overweight of certain functional action, which will be instrumental in the acceleration of motion of process of exchange of matters, rapid breaking up of fat (to abdominal) in Ukraine, to creation of effective alternative to the imported candies.

Keywords: overweight, obesity, functional composition, ingredients, special food products, sportsmen, adjusting of b.w..

UDK 504.054

Forecasting the effects of non-project accidents in the storage of spent nuclear fuel/ Tolkunov I. A. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 151–158. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459

The studies of accidents in the storage of spent nuclear fuel the model of evaluation of the radiation situation that may occur due to the destruction of the membranes of the canisters containing spent nuclear fuel in storage «wet» type Chernobyl nuclear electrostation. Also shown are calculated indicators of radioactive contamination in the exclusion zone and within the industrial site of the station if possible beyond design basis accidents storage for spent nuclear fuel. This will help determine the area of the radioactive contamination as a result of unforeseen accidents in the project repository for spent nuclear fuel Chernobyl nuclear electrostation and radiation doses plant personnel and the population living in the area, based on the improvement of the evaluation model the radiation environment.

The results of modeling the consequences of a possible accident, which goes beyond the project, spent nuclear fuel Chernobyl nuclear electrostation show that in the area of radioactive contamination consists radiation conditions that lead to radiation damage of the population. In all cases, the value of total radiation doses during the first two weeks after the accident did not reach the level at which carried NRB-97 immediate evacuation of the population. However exceeded the lower level (5 mSv), which provides shelter people.

Keywords: radioactive materials, cooling pool, nuclear fuel, storage of spent nuclear fuel.

UDC 614: 18: 574.2

Influence of presentation information about of risk for safety of labor/ Berezutskyi V., Berezutskaya N. //Bulletin of NTU “KhPI”. Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 11 (1120).- P. 158–164. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459

The article discusses the impact of information on the risks in the workplace employees and workers, the safety of the labor process. The issues of determining the information, the impact of information on human emotions, calculations of risks and implementation of international standards, including ISO 31000, at Ukrainian enterprises. Touched on the certification of jobs on the risks and accounting risks. Consider proposals for the selection of methods of calculating risks. In OSH management system can be a few situations that determine there is a danger in the workplace, as the impact of information: lack of, incomplete and false (incorrect) information. Information supplied to the employee on different channels from different sources. Receives information through a conductor, in which can be a master site foreman, engineer and other members of the labor process, including work colleagues. From the "quality" of the conductor and his authority, for the employee depends on the perception of information and the results of the labor process, including the state of labor

protection. Analyzing the above mentioned materials, note that in the present time, the infusion should: focus on the design and choice of method for workplace risk businesses and institutions of any form of property; solved at the state level, the question of the introduction of the recommended methods for calculating risks in enterprises and validation of the risks of all jobs, with the obligatory indication of the degree of risk in hiring; determine the degree of responsibility of business leaders for risk management and the development of programs and plans to reduce risks to acceptable levels.

Keywords: information security, emotion, risk, standards, methods, ISO 31000.

UDC 504.3.054

Using testyruyushey program "investigation of action of major laws ecologically 's information and tutoring program ekologhycheskoy in security in uchebn process/ Berezutskaya N. L., Hondak I. I. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 11 (1120).- P.164–170. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

In the article the questions of evaluation of knowledges and teaching of students are considered to action of basic ecological laws and problems of ecological safety. Knowledge and understanding of action of ecological laws and cological safety create foundation for the idea of processes which take place in an environment because of still human activity.

For verification of knowledges and teaching of students the teaching programs were developed. The given works can help students in more high-quality mastering of znaniyi in area of ecological safety. The developed computer models are comfortable for the use in teaching controlled and extra-mural from distance. The developed programs are satisfied to all requirements which the automated systems of diagnostics of knowledges must satisfy to.

Keywords: ecology, teaching controlled from distance, and ecological safety, methods of defence, testing, programing, verification of knowledges.

UDC 656.025.2

Research the distribution of mobility of the population major cities/ Ivanov I., Rogalskyi R. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 11 (1120).- P.170–177. – Bibliogr.: 16. – ISSN 2079-5459

A number of recent studies show that the organization and planning of urban passenger transport consists in adequate calculation or prediction of labor movements between individual and public transport.

Previously it was believed that meet of potential mobility carried on transport and on foot. So today we have a need to define the function of transport utilization and urban passenger transport utilization on a combination of factors, using different percentages between the main groups of people.

This article was grouped main factors influencing transport mobility, according to foreign and domestic research and obtained during the survey of urban residents.

As a result of the research it was obtained data set using transport utilization and urban passenger transport utilization for all cities covered by the investigation at different ratios of proposed factors. Revealed set of factors influencing the transport mobility allows to fully estimate the distribution of urban residents travel between individual and public transport.

Keywords: population mobility, passenger transport, questionnaire-interview, level of motorization, factor analysis

UDC 62.493+687.1

Improvement of creation models of complex objects based on the three-dimensional modeling/ Murahivska-Pechenegska O. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 11 (1120).- P.178–184. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

Important task is solved to develop methods of creating the desired shape wear for women based research body shape, to develop methods of constructing reaming , three-dimensional design forms. Methods of determining and sizes and shapes of clothing in a man. Identified methods of experimental

research , planning and survey anthropometric indicators determining three-dimensional characteristics of the human body. The technology of three-dimensional design clothes for women is worked out. Methods of forming surface with the sweep are investigated.

The instrument design three-dimensional shape of the human body is a 3-D scanner that allows fully automatic measurement parameters and determine the size of the body shapes. Scanner Features allow you to: obtain digital projection of structured white light, independent measurement accuracy; automated measuring human body without contact; removing the cut size of signs to 30 seconds; • perform automatic analysis of the body of the client; easy and quick control on calibrated by measuring the area; use measurement in most CAD systems.

Building a real surface figure or clothing allows data to design or receive further scans and to determine the dimensional features for real design.

Keywords: three-dimensional design forms , anthropometric indices , three-dimensional scanning, scanning .

UDC 656.13

Algorithm of the passenger's trip alternative paths distribution model/ Faletska G. I. // //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 11 (1120).- P. 185-191. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459

In this article noted that the solution of various problems of passenger transport is based on the determination of the quantities passenger flows. In the simulation of passenger flows is essential accounting behavioral aspects is passengers path choice. As a result of the passengers path choice formed the distribution of the trips between alternative variants. The completeness of accounting path choice regularities in the transit flows simulation depends on the accuracy of the calculation. This causes the urgency of the task of developing the appropriate trip distribution models. The developed model of the trip distribution takes into account the behavioral aspects of path choosing and a set of factors that influence on this process: characteristics of transport services, the level of fare and some socio-economic characteristics. Also take into account the fact of path attractiveness degradation for passengers with an increase of the value of the passengers flow on routes that are part of this path. The developed model can be used for prediction of the flow of passengers in solving problems of the transit system designing.

Keywords: algorithm, trip distribution, path of trip, choice model, the generalized cost of trip.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХПІ"**

Збірник наукових праць

Серія:

Механіко-технологічні системи та комплекси
№ 11(1120)

Науковий редактор д-р техн. наук, проф. Д. О. Дьомін
Технічний редактор к. т. н., доц. В. О. Костик
Відповідальний за випуск: к. т. н. І. Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Кафедра ливарного виробництва, тел. (057) -707-68-54
e-mail: c7508990@gmail.com

Обл.-вид. № 11-15

Підп. до друку «26» 03. 2015р. Формат 60x84/16. Надруковано на різнографі
Gestetner 6123CP. Ум.-друк. арк. 9,4. Облік.вид.арк. 10,0.
Наклад 300 прим. Зам. № 23. Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта
видавничої справи ДК №3657 від 24.12.2009
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня "Технологічний Центр"
Свідоцтво про державну реєстрацію №1 480 120 0000 021055 від 02.04.2002
Адреса: 61145, м. Харків, вул. Шатилова дача,4
