

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК

ЧЕРКАСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Серія : Технічні науки

Заснований у грудні 1996 р.

3/2017

Головний редактор д.т.н., професор Лега Ю. Г.

Редакційна колегія:

Заболотній С. В., д.т.н., доц.
(заступник головного редактора)
Астрелін І. М., д.т.н., проф.
Вашенко В. А., д.т.н., проф.
Волошин М. Д., д.т.н., проф.
Дідковський Р. М., д.т.н., проф.
Кажіс Р., д.т.н., проф. (Литва)
Канашевич Г. В., д.т.н., проф.
Котов В. М., д.т.н., проф. (Білорусь)
Кулик А. Я., д.т.н., проф.
Лужецький В. А., д.т.н., проф.
Лукашенко В. М., д.т.н., проф.
Мальований М. С., д.т.н., проф.
Мінаєв Б. П., д.х.н., проф.
Мусієнко М. П., д.т.н., проф.
Осипенко В. І., д.т.н., проф.
Палагін В. В., д.т.н., проф.
Паламарчук І. П., д.т.н., проф.
Первунінський С. М., д.т.н., проф.
Петрищев О. М., д.т.н., проф.
Положаєнко С. А., д.т.н., проф.
Рудницький В. М., д.т.н., проф.
Сетлак Г., д.ф.н. (Польща)
Слатінеану Л., д.т.н., проф. (Румунія)
Снитюк В. Є., д.т.н., проф.
Столярєнко Г. С., д.т.н., проф.
Тєсля Ю. М., д.т.н., проф.
Тимченко А. А., д.т.н., проф.
Хоменко О. М., к.х.н., доц.
Мельник І. В. (відповідальний секретар редакції)

ЗАСНОВНИК І ВИДАВЕЦЬ –
Черкаський державний
технологічний університет

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
КВ № 6061 від 16.04.2002 р.

Виходить 4 рази на рік

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:
ЧДТУ, ІІ корпус, к. 246,
бульвар Шевченка, 460,
м. Черкаси, 18006,
тел. (0472) 73-02-29
chstu@chstu.cherkassy.ua

3 • 2017

ВІСНИК
Черкаського державного
технологічного університету

СЕРІЯ: ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Затверджено до друку
рішенням Вченої ради
Черкаського державного
технологічного університету,
протокол № 7 від 18.12.2017 р.
за рекомендацією науково-
технічної ради ЧДТУ,
протокол № 3 від 23.10.2017 р.

Затверджено наказом
Міністерства освіти і науки України
№ 1328 від 21.12.2015
як фахове видання з технічних наук

**Видання внесено до міжнародної бази індексування
та реферування наукових публікацій
Index Copernicus**

Електронна версія: vtn.chdtu.edu.ua
<https://chdtu.edu.ua>

pISSN 2306-4412 / eISSN 2306-4455

Точка зору редколегії не завжди
збігається з позицією авторів.

При повному або частковому
передрукуванні матеріалів
посилання на “Вісник ЧДТУ”
є обов’язковим.

© “Вісник Черкаського
державного технологічного
університету”, № 3, 2017

© Автори випуску, 2017

ЗМІСТ

<i>Рудницький В. М., Сисоєнко С. В., Мельник О. Г., Пустовіт М. О.</i> Дослідження методу підвищення стійкості комп'ютерних криптографічних алгоритмів	5
<i>Прокопенко Т. О., Прокопенко В. А.</i> Комплексний підхід до оцінювання ефективності технологічного комплексу неперервного типу	10
<i>Підгорний М. В., Тимченко А. А.</i> Наукові засади та методи системних досліджень логістичних процесів на транспорті	16
<i>Крезуб В. І.</i> Розробка структури інформаційної системи оцінки ефективності підприємств хімічної промисловості	22
<i>Базіло К. В., Бондаренко Ю. Ю., Заїка В. М., Петренко С. Ф.</i> П'єзоелектричні перетворювачі для оцінки небезпек навколишнього середовища	28
<i>Филимонов С. А., Базило К. В., Бондаренко Ю. Ю., Батраченко А. В., Филимонова Н. В.</i> Создание высокоэффективного интеллектуального комплекса для разработки и исследования пьезоэлектрических компонентов в приборостроении, медицине и робототехнике	33
<i>Лепський В. В.</i> Ідентифікація цінностей стейкхолдерів проектів проектно-орієнтованого медичного закладу	44
<i>Черненко Ю. В., Семко І. Б.</i> Особливості управління проектами розвитку в інжинірингових компаніях енергорозподільчої галузі	52
<i>Батраченко О. В.</i> Пошук перспективних шляхів розвитку технічної системи на основі методики статистичних даних	57
<i>Тимченко А. А.</i> Системний аналіз процесів та моделей взаємозв'язків і взаємодій. Лінійні динамічні системи	65
<i>Білик Л. І., Чемерис І. А., Старовойтенко Н. В.</i> Екологічна компетентність студентів технологічного університету: виклик часу та реальний стан	72
<i>Капітан Р. Б.</i> Розробка онтологічних моделей визначення технічного стану виробничого обладнання на поліграфічному підприємстві	79

CONTENTS

Rudnitsky V. M., Sysoyenko S. V., Melnyk O. G., Pustovit M. O. Studying method for stability improvement of computer cryptographic algorithm.....	5
Prokopenko T. O., Prokopenko V. A. Comprehensive approach to evaluating efficiency of continuous type technological complex.....	10
Pidhorny M. V., Timchenko A. A. Scientific bases and methods for system studies of transport logistic processes	16
Krezub V. I. Developing structure for informative system estimation of chemical industry enterprises efficiency	22
Bazilo C. V., Bondarenko Yu. Yu., Zaika V. M., Petrenko S. F. Piezoelectric transducers for environmental hazards assessment	28
Filimonov S. A., Bazilo C. V., Bondarenko Yu. Yu., Batrachenko A. V., Filimonova N. V. Creating high-efficient intellectual complex for developing and researching piezoelectric components in instrument making, medicine and robotics	33
Lepskiy V. V. Identifying projects stakeholders' values in project-oriented medical establishment.....	44
Chernenko Y., Semko I. Features of development projects management in engineering companies of energy distribution sector.....	52
Batrachenko O. V. Statistical data methods for searching perspective ways of technical system development	57
Tymchenko A. System analysis: processes and models of relationships and interactions. Linear dynamic systems	65
Bilyk L. I., Chemerys I. A., Starovoitenko N. V. Environmental competence of technological university students: a challenge and a real time situation	72
Kapitan R. B. Developing ontology models for technical condition determination of production equipment at printing enterprise	79

УДК 004.056.55:004.312.2

В. М. Рудницький¹, д.т.н., професор,
e-mail: rvp_2008@ukr.net

С. В. Сисоєнко¹, аспірант,

О. Г. Мельник², к.т.н., ст. наук. співробітник,

М. О. Пустовіт², здобувач

¹ Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

² Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України
вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, 18034, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КОМП'ЮТЕРНИХ КРИПТОГРАФІЧНИХ АЛГОРИТМІВ

У статті розглянуто питання щодо можливості використання для криптографії алгоритму криптографічного перетворення інформації двох блоків змінних; проведено аналіз надлишковості алгоритму побудови псевдовипадкової послідовності. Розроблено алгоритм побудови псевдовипадкових послідовностей на основі використання операцій криптоперетворення та алгоритмів криптографічного перетворення двох блоків змінних.

Наведено приклади обробки двох блоків змінних перетворення за допомогою алгоритму криптографічного перетворення інформації, знайдено обернене матричне криптографічне перетворення на основі методу синтезу операцій оберненого криптоперетворення.

Доведено, що для побудови результуючої послідовності на основі групових операцій криптографічного перетворення достатньо будувати лише ті елементи первинного перетворення, які використовуються в груповій операції. Даний підхід забезпечує побудову результуючої послідовності, а також зменшує в два рази складність розрахунку елементів первинного перетворення.

Ключові слова: криптографічний алгоритм, стійкість, псевдовипадкова послідовність, матричне перетворення, результуюча послідовність.

Постановка проблеми. На більшість важливих рішень, що приймаються на різних рівнях: від глави держави до пересічного громадянина, впливає якість, достовірність та оперативність інформації, що обробляється в автоматизованих системах. Тому нормальне життя суспільства залежить саме від правильності функціонування таких інформаційних систем [1]. Але все частіше дані системи стають об'єктами для атак. Остання масштабна кібератака, що сталася влітку 2017 року, вплинула на роботу багатьох приватних і державних закладів та установ.

На сьогодні актуальними задачами є підвищення якості та ефективності систем інформаційної безпеки за допомогою криптографічних методів і засобів захисту інформації [2].

Питання оцінки криптостійкості систем захисту інформації є досить актуальним в наш час, адже існує велика кількість криптоалгоритмів [3], і постає задача для удосконалення

існуючих та побудови нових ефективних систем захисту інформації й підвищення загального рівня конфіденційності інформації, що передається.

Аналіз останніх досліджень. Серед останніх досліджень і публікацій варто виділити: [4], в якій проведено обґрунтування вимог, побудову та аналіз перспективних симетричних криптоперетворень на основі блочних шифрів. У роботі [5] розглянуто питання удосконалення та аналізу стійкості алгоритму симетричного шифрування ФБШ (блокового шифру на основі перетворення Фейстеля).

В роботі [6] доведено, що використання матричних операцій криптографічного перетворення в поєднанні з груповими операціями криптографічного перетворення забезпечує підвищення якості шифрування (отриманої псевдовипадкової послідовності), а також забезпечує можливість розшифрування інформації, оскільки забезпечує використання умови отримання невиродженого перетворення.

Проте в даних дослідженнях не вивчалось питання щодо можливості використання для криптографії алгоритму криптографічного перетворення інформації двох блоків змінних; не проводився аналіз надлишковості алгоритму побудови псевдовипадкової послідовності.

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є дослідження методу підвищення стійкості комп'ютерних криптографічних алгоритмів на основі використання операцій криптоперетворення та алгоритмів криптографічного перетворення двох блоків змінних.

Виклад основного матеріалу. В роботах [7-10] було доведено, що при кодуванні інформації кількома випадковими невиродженими операціями криптографічного перетворення інформації з подальшим додаванням результатів кодування за модулем 2 підвищується якість псевдовипадкової послідовності за рахунок того, що результат додавання буде виродженим.

Для використання даного результату в криптоперетвореннях скористалися заміною операції додавання за модулем операціями матричного криптоперетворення, що включають в себе додавання за модулем. Дослідження проводилося на основі використання операцій криптоперетворення (табл. 1) та алгоритмів криптографічного перетворення двох блоків змінних (табл. 2).

В роботі [6] було запропоновано, формалізовано та доведено коректність етапів та кроків побудови псевдовипадкових послідовностей на основі операцій криптографічного перетворення інформації двох блоків змінних та алгоритмів криптографічного перетворення двох блоків змінних, які наведено в табл. 3.

Таблиця 1

Операції криптографічного перетворення інформації двох блоків змінних

Номер операції	Модель операції	
	Модель операції прямого перетворення	Модель операції оберненого перетворення
1	$F_{6,5}^k = \begin{bmatrix} z_1 \oplus z_2 \\ z_2 \end{bmatrix}$	$F_{6,5}^d = \begin{bmatrix} w_1 \oplus w_2 \\ w_2 \end{bmatrix}$
2	$F_{3,6}^k = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_1 \oplus z_2 \end{bmatrix}$	$F_{3,6}^d = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_1 \oplus w_2 \end{bmatrix}$
3	$F_{5,6}^k = \begin{bmatrix} z_2 \\ z_1 \oplus z_2 \end{bmatrix}$	$F_{6,3}^d = \begin{bmatrix} w_1 \oplus w_2 \\ w_1 \end{bmatrix}$
4	$F_{6,3}^k = \begin{bmatrix} z_1 \oplus z_2 \\ z_1 \end{bmatrix}$	$F_{5,6}^d = \begin{bmatrix} w_2 \\ w_1 \oplus w_2 \end{bmatrix}$

Таблиця 2

Алгоритм криптографічного перетворення двох блоків змінних

Номер алгоритму	Алгоритми криптографічного перетворення	
	Алгоритм прямого перетворення	Алгоритм оберненого перетворення
1	$G_{6,5}^k = \begin{bmatrix} F_1 \oplus F_2 \\ F_2 \end{bmatrix}$	$G_{6,5}^d = \begin{bmatrix} F_1 \oplus F_2 \\ F_2 \end{bmatrix}$
2	$G_{3,6}^k = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_1 \oplus F_2 \end{bmatrix}$	$G_{3,6}^d = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_1 \oplus F_2 \end{bmatrix}$
3	$G_{5,6}^k = \begin{bmatrix} F_2 \\ F_1 \oplus F_2 \end{bmatrix}$	$G_{6,3}^d = \begin{bmatrix} F_1 \oplus F_2 \\ F_1 \end{bmatrix}$
4	$G_{6,3}^k = \begin{bmatrix} F_1 \oplus F_2 \\ F_1 \end{bmatrix}$	$G_{5,6}^d = \begin{bmatrix} F_2 \\ F_1 \oplus F_2 \end{bmatrix}$

Таблиця 3

Таблиця алгоритму побудови псевдовипадкової послідовності

Етапи реалізації алгоритму	Кроки алгоритму побудови псевдовипадкових послідовностей				
	1	2	3	4	5
Побудова перших операндів	$F_{1;1}^k(z_1)$	$F_{1;2}^k(z_2)$	$F_{1;3}^k(z_3)$	$F_{1;4}^k(z_4)$	$F_{1;5}^k(z_5)$
Побудова других операндів	$F_{2;1}^k(z_1)$	$F_{2;2}^k(z_2)$	$F_{2;3}^k(z_3)$	$F_{2;4}^k(z_4)$	$F_{2;5}^k(z_5)$
Побудова результатуючої послідовності	$G_1^k(F_1, F_2)$		$G_2^k(F_1, F_2)$		$G_3^k(F_1, F_2)$

Розглянемо обробку перших двох блоків змінних перетворення за допомогою першого алгоритму криптографічного перетворення інформації $G_{6,5}^k = \begin{bmatrix} F_1 \oplus F_2 \\ F_2 \end{bmatrix}$.

Позначимо F_1 через $F_{1,1}^k(z_1)$, тоді $F_1 = F_{1,1}^k(z_1) = F_{6,5}^k(z_1) = \begin{bmatrix} z_{1,1} \oplus z_{1,2} \\ z_{1,2} \end{bmatrix}$.

Представимо F_2 через $F_{2,2}^k(z_2)$, тоді $F_2 = F_{2,2}^k(z_2) = F_{6,3}^k(z_2) = \begin{bmatrix} z_{2,1} \oplus z_{2,2} \\ z_{2,1} \end{bmatrix}$.

Перший алгоритм криптографічного перетворення інформації двох блоків змінних буде наступним:

$$G_{6,5}^k = \begin{bmatrix} F_1 \oplus F_2 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{1,1}^k(z_1) \oplus F_{2,2}^k(z_2) \\ F_{2,2}^k(z_2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{1,1} \oplus z_{1,2} \oplus z_{2,1} \oplus z_{2,2} \\ z_{1,2} \oplus z_{2,1} \\ z_{2,1} \oplus z_{2,2} \\ z_{2,1} \end{bmatrix}$$

Перевіримо можливість використання даного перетворення для криптографії. Для цього необхідне існування оберненого перетворення.

Обернене матричне криптографічне перетворення знайдемо на основі методу синтезу операцій оберненого криптоперетворення, наведеного в [2].

Використавши даний метод, отримаємо: $G_{6,5}^d = \begin{bmatrix} w_{1,1} \oplus w_{1,2} \oplus w_{2,1} \oplus w_{2,2} \\ w_{1,2} \oplus w_{2,2} \\ w_{2,2} \\ w_{2,1} \oplus w_{2,2} \end{bmatrix}$.

Перевіримо коректність отриманої операції оберненого перетворення.

$$G_{6,5}^d = \begin{bmatrix} w_{1,1} \oplus w_{1,2} \oplus w_{2,1} \oplus w_{2,2} \\ w_{1,2} \oplus w_{2,2} \\ w_{2,2} \\ w_{2,1} \oplus w_{2,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{1,1} \oplus z_{1,2} \oplus z_{2,1} \oplus z_{2,2} \oplus z_{2,1} \oplus z_{2,1} \oplus z_{2,2} \oplus z_{2,1} \\ z_{1,2} \oplus z_{2,1} \oplus z_{2,1} \\ z_{2,1} \\ z_{2,1} \oplus z_{2,2} \oplus z_{2,1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{1,1} \\ z_{1,2} \\ z_{2,1} \\ z_{2,2} \end{bmatrix}$$

Отримано коректну операцію оберненого криптографічного перетворення. При реалізації даної операції були задіяні обидві псев-

довипадкові послідовності, а це призводить до підвищення якості загального результату перетворення.

Проведемо аналіз надлишковості алгоритму побудови псевдовипадкової послідовності (табл. 3). В результаті дослідження було встановлено наступне:

1. Для побудови коректного групового перетворення

$$G_i^k = (F_{1,2i-1}^k, F_{2,2i}^k), \\ G_i^k = (F_{2,2i}^k, F_{1,2i-1}^k)$$

необхідно знайти $F_{1,2i-1}^k$ та $F_{2,2i}^k$. Знаходити результати перетворення $F_{1,2i}^k$ та $F_{2,2i-1}^k$ не потрібно, так як вони в побудові групових операцій не використовуються.

2. Для побудови коректного групового перетворення

$$G_i^k = (F_{1,2i}^k, F_{2,2i-1}^k), \\ G_i^k = (F_{2,2i-1}^k, F_{1,2i}^k)$$

необхідно знайти $F_{1,2i}^k$ та $F_{2,2i-1}^k$. Знаходити результати перетворення $F_{1,2i-1}^k$ та $F_{2,2i}^k$ не потрібно, так як вони не використовуються.

Виходячи з наведених результатів, можна зробити висновок, що для побудови результуючої послідовності на основі групових операцій криптографічного перетворення достатньо будувати лише ті елементи первинного перетворення, які використовуються в груповій операції. Даний підхід забезпечує побудову результуючої послідовності, а також зменшує в два рази складність розрахунку елементів первинного перетворення, тому що інші елементи не використовуються.

Список літератури

1. Василюк В. Я., Климчук С. О. Інформаційна безпека держави: курс лекцій. Київ: КНТ, Видавничий дім «Скіф», 2008. 136 с.
2. Рудницький В. Н., Мильчевич В. Я., Бабенко В. Г., Мельник Р. П., Рудницький С. В., Мельник О. Г. Криптографическое кодирование: методы и средства реализации (часть 2): монография. Краснодар, 2014. 224 с.
3. Мао В. Современная криптография: теория и практика. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 768 с.

4. Кузнецов О. О., Олійников Р. В., Горбенко Ю. І., Пушкарьов А. І., Дирда О. В., Горбенко І. Д. Обґрунтування вимог, побудування та аналіз перспективних симетричних криптоперетворень на основі блочних шифрів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні системи та мережі*. 2014. № 806. С. 124–141.
5. Лагун А., Поліщук О. Удосконалення та аналіз стійкості алгоритму симетричного шифрування ФБШ. *Захист інформації і безпека інформаційних систем: мат-ли І Міжнар. наук.-техн. конф.*, 31 трав. – 01 черв. 2012 р. Львів, 2012. С. 104–106.
6. Наукоемкие технологии в инфокоммуникациях: обработка информации, кибербезопасность, информационная борьба: монография / под общей редакцией В. М. Безрука, В. В. Баранника. Х.: Издательство «Лидер», 2017. 600 с.
7. Ланських Є. В., Сисоєнко С. В., Пустовіт М. О. Оцінка якості псевдовипадкових послідовностей на основі використання операцій додавання за модулем два. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2015. № 4 (21). С. 147–150. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2015_4_36.
8. Фауре Е. В., Сисоєнко С. В., Миронюк Т. В. Синтез і аналіз псевдовипадкових послідовностей на основі операцій криптографічного перетворення. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава: ПНТУ, 2015. № 4 (36). С. 85–87.
9. Рудницький В. М., Фауре Е. В., Сисоєнко С. В. Оцінка якості псевдовипадкових послідовностей на основі додавання за модулем. *Вісник інженерної академії України*. Київ, 2016. № 3. С. 219–221.
10. Фауре Е. В., Сисоєнко С. В. Метод підвищення стійкості псевдовипадкових послідовностей до лінійного криптоаналізу. *Науковий прогрес та процес розвитку країни в аспекті євроінтеграції: зб. наук. праць «ЛОГОС»*. Спецвипуск. 2016. Т.1. С. 119–122.
- tskyy, S. V. and Melnyk, O. G. (2014) Cryptographic coding: methods and means of realization (part 2): monograph. Krasnodar, 224 p. [in Russian].
3. Venbo, Mao (2005) Modern cryptography: theory and practice. Moscow: Izdatelskiy dom «Williams», 768 p. [in Russian].
4. Kuznetsov, O. O., Oliynykov, R. V., Horbenko, Y. I., Pushkar'ov, A. I., Dyrda, O. V. and Horbenko, I. D. (2014) Substantiation of requirements, construction and analysis of perspective symmetric cryptographic transformations based on block ciphers. *Visnyk Nacionalnogo universytetu «Lvivska politechnika»*. *Kompjuterni systemy ta merezi*, No. 806, pp. 124–141 [in Ukrainian].
5. Lahun, A. and Polishchuk, O. (2012) Improvement and analysis of the stability of the algorithm of symmetric encryption of FBS. *Zakhyst informatsiyi i bezpeka informatsiynykh system: mat-ly I Mizhnar. nauk.-tekhn. konf*, 31 trav. – 01 cherv. 2012 r. Lviv, pp. 104–106 [in Ukrainian].
6. High technology in infocommunications: information processing, cybersecurity, information struggle: monograph / pod obshchey redaktsiyey V. M. Bezruka, V. V. Barannika. Kh.: Yzdatelstvo «Lyder», 2017, 600 p. [in Russian].
7. Lanskykh, Ye. V., Sysoyenko, S. V. and Pustovit, M. O. (2015) Assessing the quality of pseudorandom sequences based on the use of adding operations by module two. *Nauka i tekhnika Povitryanykh Syl Zbroynykh Syl Ukrayiny*, No. 4 (21), pp. 147–150 [in Ukrainian].
8. Faure, E. V., Sysoyenko, S. V. and Myronyuk, T. V. (2015) Synthesis and analysis of pseudorandom sequences based on cryptographic transformation operations. *Systemy upravlinnya, navihatsiyi ta zvyazku*, No. 4 (36), pp. 85–87 [in Ukrainian].
9. Rudnytsky, V. M., Faure, E. V. and Sysoyenko, S. V. (2016) Assessing the quality of pseudorandom sequences based on the addition of a module. *Visnyk inzhenernoyi akademiyi Ukrayiny*, No. 3, pp. 219–221 [in Ukrainian].
10. Faure, E. V. and Sysoyenko, S. V. (2016) Method of increasing the stability of pseudorandom sequences to linear cryptanalysis. *Naukovyy prohres ta protses rozvytku krayiny v aspekti yevrointehratsiyi*, V. 1, pp. 119–122 [in Ukrainian].

References

1. Vasylyuk, V. Y. and Klymchuk, S. O. (2008) Information security of the state: a course of lectures. Kyiv: Vydavnychy dim «Skif», 136 p. [in Ukrainian].
2. Rudnytsky, V. N., Mylchevych, V. Y., Babenko, V. G., Melnyk, R. P., Rudny-

V. M. Rudnitsky¹, Dr.Tech.Sc., professor,
e-mail: rvn_2008@ukr.net
S. V. Sysoyenko¹, Ph.D. student,
O. G. Melnyk², Ph.D., Senior Researcher,
M. O. Pustovit², Applicant

¹ Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

² Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University
of Civil Defense of Ukraine, Onoprienko Str., 8, Cherkasy, 18034, Ukraine

STUDYING METHOD FOR STABILITY IMPROVEMENT OF COMPUTER CRYPTOGRAPHIC ALGORITHM

The article considers the possibility of using cryptographic algorithm for cryptographic information transformation of two blocks of variables; the analysis of the redundancy of the pseudorandom sequence algorithm is carried out. An algorithm for constructing pseudorandom sequences based on the use of cryptographic transformation operations and algorithms for cryptographic transformation of two blocks of variables is developed.

Examples of processing two blocks of transformation variables using cryptographic information transformation algorithm are found; the inverse matrix cryptographic transformation is found on the basis of the synthesis method of inverse cryptographic transformation operations.

It is proved that to construct a resultant sequence on the basis of group operations of cryptographic transformation it is enough to build only those elements of the primary transformation used in the group operation. This approach provides the construction of the resulting sequence, as well as reduces by half the elements calculation complexity of the primary transformation.

Keywords: cryptographic algorithm, stability, pseudorandom sequence, matrix transformation, resultant sequence.

Статтю представляє В. М. Рудницький, д.т.н., професор.

Т. О. Прокопенко, д.т.н., доцент,

В. А. Прокопенко, студент

e-mail: t.prokopenko@chdtu.edu.ua

Черкаський державний технологічний університет

б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ НЕПЕРЕРВНОГО ТИПУ

В статті розглядається питання оцінювання ефективності технологічного комплексу неперервного типу. У новій концепції управління складними організаційно-технологічними об'єктами, до яких відносяться технологічні комплекси неперервного типу в різних галузях промисловості, доцільним є застосування комплексного поєднання різних методів. Проаналізувавши характер і розглянувши особливості технологічних комплексів неперервного типу, автори запропонували комплексний підхід до оцінювання ефективності технологічних комплексів неперервного типу, що базується на комбінованому використанні статистичних методів та когнітивного моделювання.

Ключові слова: технологічний комплекс неперервного типу, оцінювання ефективності, кореляційний та регресійний аналіз, когнітивна модель.

Вступ. Тенденція сучасного розвитку організаційно-технологічних об'єктів спрямована на підвищення ефективності за рахунок забезпечення подвійного управління в поточній та стратегічній діяльності [1]. Нові методи та моделі повинні надати можливості для адаптації стратегій розвитку організаційно-технологічних об'єктів до стратегій зовнішнього оточення шляхом впливу на зовнішнє оточення та прискорення внутрішньої динаміки, а також пошуків ефективних рішень стратегічних завдань з метою підвищення ефективності організаційно-технологічних об'єктів, зокрема технологічних комплексів (ТК) неперервного типу в різних галузях промисловості [2].

Ефективність ТК неперервного типу формується в процесі комплексної взаємодії організаційних та технологічних процесів. До того ж зовнішнє середовище характеризується значним ступенем невизначеності, пов'язаним з нестабільністю сучасної економіки, політичної обстановки, зовнішньої політики та інших факторів, та впливає на ефективність ТК. Взаємодія із зовнішнім середовищем виражається простором показників. Множини показників, що складають цей простір, мають значні потужності. Вони формують функції цілей ефективності ТК неперервного типу що можуть бути траєкторними, робочими і ситуаційними. Характер зміни цих показників часто непередбачений. При цьому, основними

задачами управління ТК неперервного типу є оцінювання і діагностика поточного стану, визначення раціональних траєкторій його функціонування. Тому оцінювання ефективності ТК неперервного типу можна об'єктивно здійснити не через один, навіть найважливіший, показник, а тільки за допомогою комплексу, системи показників, що детально й усебічно характеризують ефективність ТК неперервного типу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Підвищення ефективності ТК неперервного типу, вибір та підтримка оптимальних співвідношень технологічних параметрів в залежності від ситуації з використанням об'єктивної інформації, що надходить та оброблюється в темпі протікання процесів, можливо тільки з використанням сучасних інформаційних систем. Дослідженню ТК неперервного типу в класі організаційно-технологічних систем присвячені роботи вітчизняних вчених Ладанюка А. П. [3], Дубового В. М. [4], Грабовського Г. Г., Богаєнко І. М., Архангельського В. І. [5], а також зарубіжних вчених А. Chochowski [6], О. Klim [7].

Так, в роботі [3] розглядається використання методу ситуаційного управління, що заснований на ідеях теорії штучного інтелекту. Суть даного методу полягає в представленні знань про об'єкт управління та способах управління ним з використанням логіколінгвістичних моделей, нечіткої логіки, про-

цедур навчання та узагальнення при генерації управлінських рішень згідно поточних ситуацій для побудови багатокрокових рішень. В теорії нечіткої логіки терм формалізується нечіткою множиною за допомогою функції належності:

$$\sigma(A) = \{x | \mu_A(x) > 0\} \quad (1)$$

де A – нечітка множина,

$\mu_A(x)$ – функція належності x до A .

Крім того, в [3] для рішення задачі оцінювання стану ТК неперервного типу використовується еталонна модель:

$$x_{mi} = A_{mi}x_{mi}(t) + B_{mi}r_i(t), \quad y_{mi} = L_i x_{mi} \quad (2)$$

де $r_i(t)$ – вектори завдання, елементами яких є частково-неперервні обмежені функції, A_{mi} , B_{mi} – гурвіцеві матриці, $L_i = [1, 0, \dots, 0]$.

Цільовою умовою для даної системи буде вираз:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x_i(t) - x_{mi}(t)) = 0 \quad (3)$$

Отримання найбільш ефективного управління ТК неперервного типу можливе шляхом зміни матеріальних та технологічних режимів. Тому оцінювання ефективності функціонування ТК неперервного типу є важливим аспектом оперативного управління.

Метою даної статті є обґрунтування та дослідження комплексного підходу до оцінювання ефективності технологічних комплексів неперервного типу в галузях харчової, хімічної та ін. промисловостей, що забезпечить можливість визначення подальших перспектив та прийняття відповідних управлінських рішень.

Викладення основного матеріалу дослідження. Ефективність ТК неперервного типу, зокрема в галузях цукрової та хімічної промисловості, залежить від наступних основних факторів: якості сировини, тривалості виробничого сезону, концентрації виробництва, територіального розміщення підприємств. Для технологічних комплексів неперервного типу характерні такі властивості як: наявність підсистем, що пов'язані між собою складними структурними та функціональними відношеннями; наявність ієрархічної структури, що обумовлена існуванням глобальної цілі та локальних цілей підсистем; необхідність адаптації до зміни внутрішніх умов функціонування та зовнішнього середовища; велика розмірність задачі управління. Тому, функціонування ТК неперервного типу відрізняється наступними особливостями: сезонність výro-

бництва або збуту продукції, залежність від сировини, залежність від енергоносіїв, необхідність забезпечення мінімальних втрат цільового продукту при жорстких обмеженнях ресурсів, нестаціонарність процесів [8].

Технологічний процес ТК неперервного типу контролюється сотнями параметрів та показників, що впливають на ефективність. Параметри технологічних процесів представляють елементарні оцінки, що можуть бути виміряні за допомогою будь-яких фізичних приладів або оцінені експертами. Таким чином, процедура оцінювання ефективності ТК неперервного типу забезпечує представлення впливу параметрів технологічного процесу на відповідні показники ефективності, на основі яких робимо висновок про поточний стан ТК та майбутні перспективи.

Щоб визначити найбільш вагомі параметри технологічних процесів, що впливають на показники ефективності, застосуємо методи кореляційного аналізу та регресійного аналізу [9], що забезпечать можливість кількісно оцінити взаємозв'язок між величинами в умовах, коли вплив багатьох факторів невідомий.

Визначимо зв'язок між показниками ефективності p_j , $j = 1, \dots, k$ ТК неперервного типу та параметрами технологічного процесу v_i , $i = 1, \dots, m$, що на них впливають, тобто визначимо ступінь впливу аргументів на функцію:

$$P = f(v_1, v_2, \dots, v_n) \quad (4)$$

Для того, щоб здійснити оцінювання ефективності ТК неперервного типу побудуємо багатфакторне регресійне рівняння, що має степеневу форму зв'язку [10]:

$$P = A_0 v_1^{a_1} \cdot v_2^{a_2} \cdot \dots \cdot v_n^{a_n}, \quad (5)$$

де A_0 – постійний коефіцієнт рівняння регресії;

a_i – коефіцієнт регресії, що відображає ступінь впливу аргументів на функцію;

P – функція, що відповідає показнику ефективності ТК неперервного типу;

v_i – аргумент, що відповідає параметру технологічного процесу.

Для знаходження параметрів степеневі функції (постійного коефіцієнта A_0 та показників степеня при аргументах a_i) приведемо рівняння (5) до лінійного виду:

$$\ln P = \ln A_0 + a_1 \ln v_1 + a_2 \ln v_2 + \dots + a_n \ln v_n \quad (6)$$

Виконаємо заміну:

$$\ln P = z \quad (7)$$

$$\ln A_0 = a_0$$

$$\ln v_1 = u_1$$

$$\ln v_2 = u_2$$

.....

$$\ln v_n = u_n$$

Тоді рівняння множинної регресії (5) має вигляд:

$$z = a_0 + a_1 u_1 + a_2 u_2 + \dots + a_n u_n \quad (8)$$

Логарифми чисельних значень всіх відібраних показників підлягають кореляційному аналізу з обчисленням наступних параметрів:

1. Визначаються середні значення функцій та факторів-аргументів:

$$\bar{z} = \frac{\sum z}{N}; \quad \bar{u}_i = \frac{\sum u_i}{N} \quad (9)$$

2. Середньоквадратичні відхилення:

$$\sigma_{u_i} = \sqrt{\frac{\sum (u_i - \bar{u}_i)^2}{N}} \quad (10)$$

3. Визначення парних коефіцієнтів кореляції між кожною функцією та кожним фактором-аргументом, та між самими факторами-аргументами здійснюється за формулою:

$$r_{zu_i} = \frac{\sum_{j=1}^N (u_{ij} - \bar{u}_i)(z_j - \bar{z})}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (u_{ij} - \bar{u}_i)^2 \sum_{j=1}^N (z_j - \bar{z})^2}} \quad (11)$$

4. Розрахунок середньоквадратичної помилки коефіцієнта кореляції (σ^2) та надійності коефіцієнтів парної кореляції (μ) здійснюємо відповідно за формулами:

$$\sigma^2 = \frac{1 - r^2}{\sqrt{N}}; \quad (12)$$

$$\mu = \frac{|r| \sqrt{N}}{1 - r^2} \quad (13)$$

Якщо коефіцієнт надійності $\mu \geq 2,6$, то зв'язок між ознаками можна вважати надійним.

5. Визначення коефіцієнтів множинної регресії здійснюємо за формулою Крамера:

$$a'_i = -\frac{\sigma_z}{\sigma_{u_i}} - \frac{\Delta z u_i}{\Delta z z} \quad (14)$$

логарифм вільного члена рівняння регресії за формулою:

$$\ln A_0 = z - a'_1 \ln u_1 - a'_2 \ln u_2 - \dots - a'_n \ln u_n \quad (15)$$

6. Після знаходження всіх параметрів рівняння регресії здійснюємо перехід до формули (5).

З метою оцінки повноти впливу на функцію відібраних найбільш суттєвих факторів-аргументів розраховуємо множинний коефіцієнт кореляції (R) між функцією (z) та відібраними факторами аргументами:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta}{\Delta z z}} \quad (16)$$

Δ – визначник, побудований на основі парних коефіцієнтів кореляції.

Отримане значення R має бути наближене до 1, тобто $R \approx 1$. Тоді можна зробити висновок, що в отриману залежність включені найбільш вагомі фактори-аргументи.

Оцінювання ефективності ТК неперервного типу розглядається на прикладі ТК цукрового заводу. Запропонований підхід може бути застосований і для інших галузей промисловості з наявними ТК неперервного типу: хімічної, нафтопереробної та ін.

Побудова регресійного рівняння, що визначає встановлення зв'язку між параметрами технологічного процесу та показниками ефективності для ТК цукрового заводу, здійснюється на основі статистичної інформації, що отримана за декаду та від початку виробництва. Згідно (5) – (15) складено наступні рівняння множинної регресії:

$$p_1 = 58,7 v_1^{0,88} \cdot v_2^{0,37} \cdot v_3^{-0,16} \cdot v_4^{0,02} \cdot v_5^{0,57} \quad (17)$$

$$p_2 = 87,3 v_1^{0,74} \cdot v_2^{0,35} \cdot v_3^{-0,409} \cdot v_4^{-0,416} \cdot v_5^{0,44}$$

$$p_3 = 1,78 v_1^{0,82} \cdot v_2^{0,68} \cdot v_3^{-0,3} \cdot v_4^{-0,383} \cdot v_5^{0,789}$$

де

p_1 – кількість виробленої продукції, т;

p_2 – коефіцієнт виробництва;

p_3 – тривалість виробництва;

v_1 – кількість переробленої сировини, т;

v_2 – продуктивність, т;

v_3 – вихід готової продукції, %;

v_4 – витрати, %;

v_5 – втрати у виробництві.

Коефіцієнти кореляції множинної регресії для залежностей (17) складають відпо-

відно 0,907; 0,976; 0,854, а коефіцієнти надійності – 25,97; 6,16 та 2,74. Отримані значення вказують, що існує зв'язок між показниками ефективності (кількість виробленої продукції, коефіцієнт виробництва, тривалість виробництва) та параметрами технологічного процесу, що їх визначають.

Побудова регресійних рівнянь (17) дає можливість встановити існування зв'язку між визначеними параметрами технологічного процесу та показниками ефективності. Для визначення, як саме параметри технологічного процесу впливають на показники ефективності застосовується когнітивне моделювання [11].

На основі рівняння (17) для показника ефективності p_1 будуємо когнітивну карту, за допомогою якої визначаємо вплив параметрів технологічного процесу один на одного та на показник ефективності (рис. 1).

Вершини (концепти) когнітивної карти відповідають показнику ефективності та параметрам технологічного процесу, дуги відповідають впливам параметрів технологічного процесу на показник ефективності, а також впливам один на одного. Причому дуга позначається вагою. Ваги характеризують силу впливу концептів. В даному випадку для того, щоб характеризувати силу впливу між вузлами-концептами вводяться ваги $w_{ij} \in W$, які характеризують ступінь впливу одного концепту на інший за допомогою значення лінгвістичної шкали типу: *дуже малий, малий, середній, великий, дуже великий*, що задається експертом.

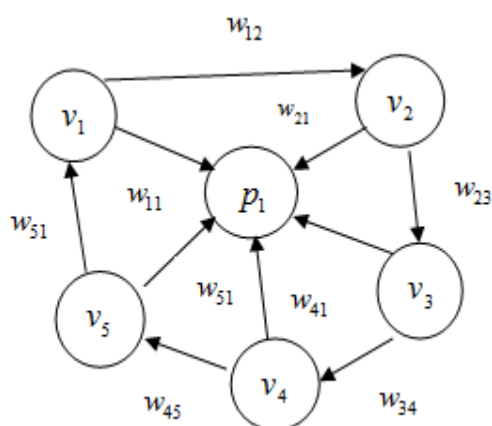


Рис. 1. Когнітивна карта впливу параметрів технологічного процесу на показник ефективності

Параметри технологічного процесу ТК неперервного типу, що характеризують різні складові функціонування підприємства, призводять до зміни кожного з показників ефективності та змінюють ефективність ТК в цілому, а також впливають на стратегічні рішення. Однак зміни цих параметрів позначаються на фінансових показниках через певний проміжок часу, що не дозволяє оперативно реагувати на зміну ситуації на підприємстві. Тому застосування комплексної оцінки ефективності забезпечує зв'язок між поточним станом ТК неперервного типу та розробленими стратегіями. Це дає можливість для прийняття необхідних управлінських рішень у режимі “реального часу”, що дозволяє скоротити можливі витрати.

Висновки. Запропонований комплексний підхід до оцінювання ефективності ТК неперервного типу ґрунтується на комбінованому використанні статистичних методів, зокрема кореляційного та регресійного аналізу, та когнітивного моделювання. Побудова регресійних рівнянь дає можливість визначити які саме параметри технологічного процесу безпосередньо впливають на показники ефективності, а когнітивне моделювання дає можливість дослідження характеру впливу. В даній статті досліджено викладений комплексний підхід для умов ТК цукрового заводу, що дало можливість розробити програмний комплекс для застосування в інтелектуальних системах управління технологічними комплексами неперервного типу, в тому числі на підприємствах, корпораціях цукрової промисловості. Результатом застосування даного комплексного підходу є підвищення ефективності оперативного управління ТК неперервного типу за рахунок зниження виробничих втрат та технологічної витрати ресурсів, зокрема енергоносіїв.

Список літератури

1. Прокопенко Т. О., Ладанюк А. П. Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами: монографія. Черкаси: Вертикаль, видавець Кандич С. Г., 2015. 224 с.
2. Прокопенко Т. А., Ладанюк А. П. Информационная модель управления технологическими комплексами непрерывного типа в классе организационно-технических систем. *Международный научно-технический жур-*

нал «Проблемы управления и информатики». 2014. № 5. С. 64–70.

3. Ладанюк А. П., Шумигай Д. А., Бойко Р. О. Ситуационное координирование подсистем технологических комплексов непрерывного типа. *Проблемы управления и информатики*. 2013. № 4. С. 117–122.
4. Дубовой В. М., Дерман Г. Ю., Пилипенко І. В., Байас М. М. Прийняття рішень в управлінні розгалуженими технологічними процесами: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2013. 223 с.
5. Архангельский В. И., Богаенко И. В., Грабовский Г. Г., Рюмшин Н. А. Интегрированное управление производством: организационные и технологические аспекты менеджмента предприятиями. К.: Техніка, 2005. 328 с.
6. Chochowski A., Chernyshenko I., Kozyrskyi V., Kyshenko V. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control. K.: Tsentr Uchbovoi Literatry, 2014. 240 p.
7. Klim O. V. Devices and method of quality control at the companies in fuel and energy sector, petrochemical and food industries. St. Petersburg: National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2013. 81 p.
8. Прокопенко Т. О., Прокопенко В. А. Когнітивна модель управління ризиками технологічного комплексу неперервного типу. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2017. № 1. С. 39–44.
9. Gorban A. N., Kegl B., Wunsch D., Zinovyev A. Y. Principal Manifolds for Data Visualisation and Dimension Reduction, Series: Lecture Notes in Computational Science and Engineering 58. Springer, Berlin–Heidelberg – New York. 2007. XXIV. 340 p.
10. Прокопенко Т. О., Куліш В. І. Моделювання оцінювання впливів факторів на показники ефективності організаційно-технологічних об'єктів з врахуванням сезонності виробництва. *Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 6/6 (26). С. 15–17.
11. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps *International Journal*. Man-Machine Studies, 1986. Vol. 11. P. 65–67.

References

1. Prokopenko, T. O., Ladanyuk, A. P. (2015) Information technology management organizational and technological systems. Cherkasy: Vertical, publisher Kandych S. G., 224 p. [in Ukrainian].
2. Prokopenko, T. O. (2014) Information model of control of the continuous type technological complexes in the class of organizational and technical systems. *Journal of Automation and Information*, 5, pp. 64–70 [in Russian].
3. Ladanyuk, A. P., Shumigay, D. A., Boyko, R. O. (2013) Case coordination of subsystems of technological systems of continuous type. *Problemy upravleniya i informatiki*, 4, pp. 117–122 [in Ukrainian].
4. Dubovoy, V. M., Derman, G. Y., Piliipenko, I. V., Bayas, M. N. (2013) Decision making in managing branched processes: monograph. Vinnytsia: VNTU, 223 p. [in Ukrainian].
5. Arkhangelsk V. I., Bohaenko I. V., Grabowski G. G., Ryumshyn N. A. (2005) Yntehyrovannoe Production Management: Organizational and Technological aspects of enterprise management. K.: Tekhnika, 328 p. [in Russian].
6. Chochowski, A., Chernyshenko, I., Kozyrskyi, V., Kyshenko, V. (2014) Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control. K.: Tsentr Uchbovoi Literatry, 240 p. [in English].
7. Klim, O. V. (2013) Devices and methods of quality control at the companies in fuel and energy sector, petrochemical and food industries. St. Petersburg: National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 81 p. [in English].
8. Prokopenko, T., Prokopenko, V. (2017) Cognitive models risk management technological complex continuous type. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, №1, pp. 39–44 [in Ukrainian].
9. Gorban, A. N., Kegl, B., Wunsch, D., Zinovyev, A. Y. (Eds.) (2007) Principal Manifolds for Data Visualisation and Dimension Reduction, Series: Lecture Notes in Computational Science and Engineering 58. Springer, Berlin–Heidelberg – New York. 2007. XXIV. 340 p.

- lin – Heidelberg. New York, XXIV, 340 p. [in English].
10. Prokopenko, T., Kulish, V. (2015) Modeling of estimation of factors influence on indicators of efficiency of organizational and technological objects taking into account seasonality of production. *Tehnologicheskii audit i rezervy proizvodstva*, 6/6 (26), pp. 15 – 17 [in Ukrainian].
11. Kosko, B. (1986) Fuzzy Cognitive Maps. *International Journal Man-Machine Studies*, 11, pp. 65–67 [in English].

T. O. Prokopenko, Dr.Tech.Sc, associate professor,

V. A. Prokopenko, student

e-mail: t.prokopenko@chdtu.edu.ua

Cherkasy State Technological University

Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

COMPREHENSIVE APPROACH TO EVALUATING EFFICIENCY OF CONTINUOUS TYPE TECHNOLOGICAL COMPLEX

The article discusses the main question of evaluating the efficiency of a continuous-type technological complex. In the new concept of management of complex organizational and technological objects, which include technological complexes of continuous type in various industries, it is expedient to use a complex combination of different methods. After analyzing the nature and considering the features of continuous systems of technological complexes, the authors proposed a comprehensive approach to the evaluation of the efficiency of continuous-type technological complexes, based on the combined use of statistical methods and cognitive modeling. The use of these methods makes it possible to quantify the relationship between quantities under conditions when a large number of factors operate, some of which are unknown.

The purpose of this article is to substantiate and study the complex approach to the evaluation of the efficiency of continuous processing complexes in the food, chemical and other industry, which will provide the opportunity to identify future perspectives and make appropriate management decisions.

This approach is recommended for application in the development of automated control systems for technological complexes of continuous type, including at enterprises, corporations of chemical, food, and other industries. Research results can also be applied in decision support systems for sugar industry enterprises.

Keywords: continuous type technological complex, evaluation of efficiency, correlation and regression analysis, cognitive model.

Статтю представляє Т. О. Прокопенко, д.т.н., доцент.

М. В. Підгорний, к.т.н., доцент,
А. А. Тимченко, д.т.н., професор
Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна
pmv1971pmv@gmail.com

НАУКОВІ ЗАСАДИ ТА МЕТОДИ СИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТРАНСПОРТІ

Викладено новий системний підхід в дослідженні складних систем логіко-динамічного класу. Наведено узагальнену системну модель як ефективний засіб розв'язання складних задач планування та керування у транспортній галузі. Показано, що основою стратегічного курсу будь-якого транспортного підприємства, його базовим принципом має стати реалізація проектних та програмних засобів, спрямованих на запровадження інноваційної моделі розвитку, структурної перебудови та зростання економічного потенціалу. Поліпшення ефективності складової роботи автомобільного транспорту вимагає вирішення значної кількості наукових та прикладних задач, які передбачають, в першу чергу, вдосконалення управління на підприємствах транспорту. Один із шляхів раціонального вирішення проблеми якості та ефективності логістичного сервісу системи перевезень вантажів та надання транспортних послуг полягає в її системному розгляді та оптимізації основних факторів на основі розроблення та ефективної реалізації організаційних, методичних, технічних і інформаційних засобів управління.

Ключові слова: транспортна інфраструктура; інформаційні технології; логіко-динамічна система; системна ефективність; логістичні процеси.

Вступ. Постановка проблеми.

Інтеграція транспортної системи України в світову спільноту висуває ряд організаційних, соціальних, технологічних та екологічних вимог до функціонування та розвитку її транспортного комплексу.

Інноваційний розвиток транспортних систем України передбачає розв'язання однієї із проблем невідповідності технічного та технологічного рівня вітчизняного транспорту європейським вимогам у зв'язку із тим, що більшість автотранспортних засобів є технічно і морально застарілими. Для її вирішення використовуються новітні інформаційні технології, що реалізують, формування й переробку інформації в різних областях виробничої діяльності підприємств.

В свою чергу розвиток інформаційних технологій в предметних областях народного-господарського комплексу України впливає на ефективність і якість кінцевих результатів їх виробничої діяльності [1].

Об'єктом дослідження в роботі є процеси логістичного сервісу та надання транспортних послуг як окремим користувачам, так і організаціям.

Предметом дослідження є розвиток основ системного аналізу, методологічних і

теоретичних основ формалізації процесів обслуговування з позицій системного підходу, вдосконалення методів формалізації системних задач, розробка алгоритмів та процедур в сфері науково-технічної та соціальної діяльності людини.

Програма інформатизації інфраструктури транспортної галузі України в цілому відкриває принципово нові резерви поліпшення всього господарського механізму, дозволяє всі заходи раціоналізації керування перевести на наукову основу, забезпечує формування нового середовища отримання інформації, її переробку, поширення й перетворення в матеріальні фактори пов'язані з логістичними процесами як мирного так і військового спрямування [2, 4].

Актуальність дослідження.

Використання інформаційних технологій на автомобільному транспорті (АТ) дозволяє оперативно розв'язувати більшість задач обробки економічної інформації, планування й керування виробництвом, прогнозування, зміни окремих виробничих показників і ін.

Разом з тим необхідно відзначити, що існуючі інформаційні системи не повністю забезпечують розв'язок всього комплексу сучасних соціальних, економічних і виробничих

завдань розвитку й удосконалювання транспортної галузі. Частина логістичних процесів залишаються інформаційно не забезпеченими. Це й формує ряд нових задач необхідних для наступного наукового дослідження.

Мета роботи – розробка методологічних основ створення оптимізаційних методів логістичних процесів в умовах автотранспортного підприємства.

Побудова оптимальної структури є центральною задачею програмування, а апарат її підготовки і розв'язання створені на основі банку моделей інформаційної бази і методів моделювання та оптимізації. Системне проектування буде застосовуватися як процес побудови складних об'єктів, як ціле орієнтованих систем в базисах системних властивостей, системних ресурсів та структурах життєвих циклах ОНТ [3, 4].

Результатом такого підходу є створення в подальшому та впровадження в широкі експлуатаційні процеси системних інформаційних технологій з інтегрованими властивостями, котрі дають можливість оптимізувати загальносистемні характеристики та системні ресурси під єдину систему вимог, що в свою чергу дасть можливість вирішити ряд практичних задач:

– розробка методологічних основ оптимізації логістичних процесів, планування і

керування процесами досягнення заданих цілей на транспорті;

– розробка комплексної методики дослідження логістичних процесів як комплексу задач програмування життєвого циклу автотранспортного підприємства;

– розробка комплексної методики дослідження систем обслуговування;

– розробка рекомендацій щодо використання логістичних процесів в перевезенні вантажів, та наданні послуг перевезення;

– підвищення ефективності процесів в матеріально-виробничій системі АТП як об'єкту автоматизації на всіх етапах життєвого циклу, що має чіткий функціональний і економічний зміст.

Значимість дослідження для розв'язання економічних і соціальних проблем полягає у розробці методологічних основ створення оптимізаційних процесів на транспорті та розробці методології дослідження логістичних процесів (рис. 1).

Цей комплекс задач зводиться до проблем керування функціонуванням автотранспортного підприємства і задач обліку витрат енергетичних та матеріальних ресурсів. Ці задачі розглядаються як цільова техніко-економічна структура, що на системній основі об'єднує в єдине ціле процеси проектування побудови і цільового використання автомобільної техніки.

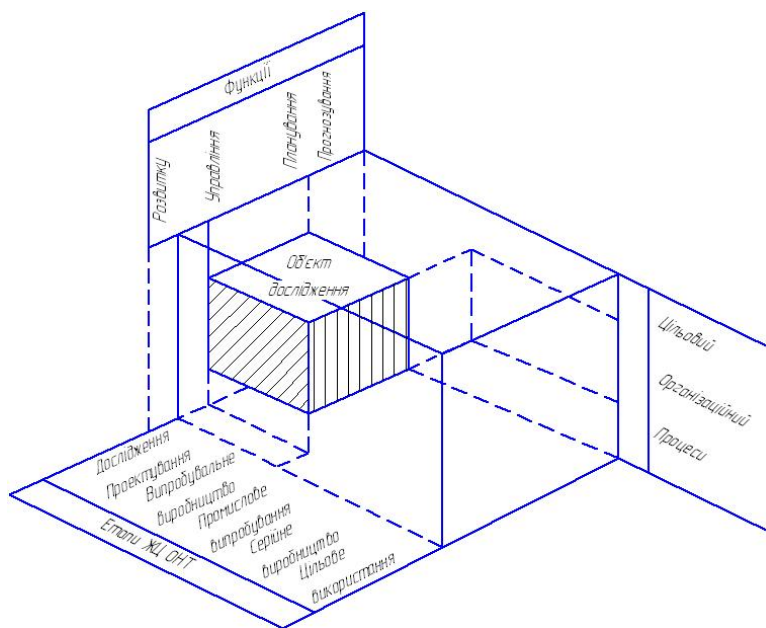


Рис. 1. Діаграма основних системних напрямків дослідження ефективності та якості логістичних процесів автотранспортної галузі

Системні дослідження в логістичні процеси. Значимість дослідження для розв'язання економічних і соціальних проблем полягає у розробці методологічних основ створення оптимізаційних процесів на транспорті та розробці методології дослідження логістичних процесів.

Цей комплекс задач зводиться до проблем керування функціонуванням автотранспортного підприємства і задач обліку витрат енергетичних та матеріальних ресурсів. Ці задачі розглядаються як цільова техніко-економічна структура, що на системній основі об'єднує в єдине ціле процеси проектування побудови і цільового використання автомобільної техніки.

Розбудовуючи основні напрямки підвищення ефективності роботи АТ, викладені в роботах [1, 2, 5], розглянемо з позицій системного підходу основні проблеми інформатизації виробничих процесів на АТ і підходи до їхнього розв'язку.

Методи інформатизації процесів на автомобільному транспорті. Виробничі процеси й інформаційне середовище інфраструктури АТ тісно взаємозалежні. З розвитком інфраструктури транспорту зростає нагромадження інформаційного середовища, що вимагає розвитку досягнень науково-технічного прогресу (НТП) в галузі комп'ютерної техніки, засобів передачі й відображення даних, реалізації нових інформаційних технологій для розв'язку завдань прогнозування, оптимального планування й керування. Інформатизація процесів, які відбуваються в автотранспортній галузі, забезпечує розкриття нових можливостей підвищення ефективності і якості їх функціонування на базі постановки й розв'язку нових задач. Створене в процесі інформатизації нове інформаційне середовище повинно мати унікальні властивості. Воно повинне не тільки оперативно надавати інформацію, але й накопичувати знання, формувати інтелектуальний потенціал який відповідає державним вимогам [2, 6].

Системна ефективність розв'язання комплексу задач управління і оптимізації логістичних процесів. Основні завдання інформатизації АТП були розглянуті в [1, 2], що забезпечують орієнтацію логістичних компаній на високі кінцеві результати діяльності, розглянуті в [2]. Причому, якщо логістичні задачі АТ можуть бути сформульовані у вигляді

деякого дерева цілей $\chi \{ \chi_j \}$, то розв'язання задач управління є потужним засобом їх досягнення, наприклад у вигляді деяких функцій і процедур. У цьому випадку реалізується пара системного підходу:

<цілі> – <засоби їх досягнення>.

Рішення наміченого комплексу завдань вимагає формування системних моделей як основи для постановки і реалізації напрямів концепції чотирьох "І": інтеграція, індивідуалізація, інтелектуалізація і інформатизація виробництва [4].

Розглянемо формування системної моделі для оптимізації логістичних процесів АТП, де ланцюг постачання – один з основних етапів ЖЦ АТП.

Системна модель є сімейство підсистем, що інтерпретують різні рівні процесів ланцюга постачань. Кожна підсистема є сукупність великих множин і відображень між множинами, що визначають структуру рівня.

Розглянемо цільовий рівень, рівень процесів і організаційний рівень (рис. 1).

Позначимо N множину натуральних чисел,

$$IR_i = \{x \in IR / x \geq 0\} \quad (1)$$

де $\beta(A)$ – множина усіх підмножин множини A . Прямим добутком сімейства множин $(A_i)_{i \in L}$ називається множина $\prod_{i \in L} A_i$ сімейств елементів $i \in L$, де $\in, \forall i \in L$. Прямною сумою сімейства множин $(A_i)_{i \in L}$ будемо множину $\bigcup_{i \in L} (A_i \times \{i\})$.

На цільовому рівні здійснюється планування трудових, матеріальних і фінансових ресурсів (закупівля і поставка матеріалів, сировини і напівфабрикатів; зберігання продукції та сировини; розподіл (включаючи відправку товарів зі складу готової продукції) та ін.), необхідних для досягнення наміченої мети, забезпечення заданого рівня технічної та технологічної готовності. Позначимо через S множину замовлень, що поступили; U – множина типів технологічного устаткування; M – множина професій; T – множина моментів часу ($T = IR_i$ або $T = \alpha N$, де $\alpha > 0$); J_m – множина кваліфікаційних розрядів для професії $m \in M$; J – пряма сума сімейства $(J_m)_{m \in M}$, яка характеризує професійно-кваліфікаційні типи. Нехай $\zeta_s: J \rightarrow N$ –

функція, що визначає для будь-кого $j \in J$ кількість $\zeta_s(j)$ логістів (робітників) типу j , необхідних для виконання логістичних робіт за замовленням S ; $\alpha_s: U \rightarrow N$ – функція, що визначає для будь-якого $u \in U$ необхідну кількість технологічного устаткування типу U , для виконання замовлення S ; t_s – тривалість виконання замовлення s .

В цьому випадку організаційний рівень може бути представлений підсистемою

$$\sum_1 = \{(\zeta_s, \alpha_s, t_s) / s \in S\}. \quad (2)$$

Рівень процесів характеризується варіантами технології виконуваних логістичних операцій, розподілом трудомісткості робіт. Позначимо P_s – множина постів і ділянок замовленням S ; $Q_s, w(f), f$ – множина логістичних операцій $f \in F_s$ при вибраному варіанті технологічного процесу w ; E_s, w – пряма сума сімейства $(Q_s, w(f), f), f \in F_s$. Назвемо E_s, w множиною робіт за замовленням S для варіанту w заданої структури w . Вважаємо, що відомі сімейства $(E_s, w), i \in I_s, w$ де E_s, w, i – множина робіт, які не можуть виконуватися одночасно, і $(V_s, w, e \in E_s, w$ де V_s, w, e – множина варіантів технології виконання роботи e . Нехай V_s, w – пряма сума сімейства $(V_s, w, e), e \in E_s, w$.

Позначимо $F_{s1} = F(P_s \times J, IR_t)$ множину функцій $\psi: P_s \times J \rightarrow IR_t$, що визначають для будь-яких $p \in P_s, j \in J$ трудомісткість $\psi(p, j)$ робіт на посту (логістичній операції) p , що доводяться на тип j . Функцію $\psi \in F_{s1}$ назвемо розподілом трудомісткості робіт. Розглянемо функції $\chi_{s,w}: V_{s,w} \rightarrow E_{s,w}$, де $\chi_{s,w}(V)$ – робота, до якої відноситься варіант технології $v \in V_s, w$; $\tau_{s,w}: V_{s,w} \rightarrow F_{s1}$, де $t_{s,w}$ – розподіл трудомісткості по логістичних постах, ділянках і професійно-кваліфікованих типах; $\sigma_{s,w}: E_{s,w} \rightarrow \beta(E_{s,w})$, де $\sigma_{sw}(e)$ множина робіт, які мають бути завершені до початку роботи (e) ; $\gamma_{s,w}: E_{s,w} \rightarrow V_{s,w}$, де $\gamma_{s,w}(e) \in V_{s,w,e}; \forall e$,

$\gamma_{s,w}(e)$ – варіант технології виконуваних робіт $e \in E_{s,w}$.

Таким чином, технологічний рівень можна описати підсистемою

$$\sum_2 = (E_{s,w}, V_{s,w}, F_{s1}, \sigma_{s,w}, \gamma_{s,w}, \tau_{s,w}, \chi_{s,w}). \quad (3)$$

Організаційний рівень характеризує формування бригад логістів, розподіл виконавців і логістів по ділянках, постах і за часом (змінах) виконання робіт.

Позначимо K множину бригад. Нехай $F_{s0} = F(P_s \times J \times T, N)$ – множина функцій $\varphi: F_{s0} = F(P_s \times J \times T \rightarrow N)$, що визначають для будь-якого $p \in P_s, j \in J, i \in T$ – кількість виконавців типу j , що працюють на посту, ділянці p у момент часу $t \in T$. Функції $\varphi \in F_{s0}$ називатимемо розподілами виконавців. Розглянемо функції $\chi_{s,w}: V_{s,w} \times F_{s0} \times F_{s1} \rightarrow T$, де $\chi_{s,w}(v, \varphi, \psi)$ – час виконання робіт $\chi_{s,w}(v)$ по варіанту технології $v \in V_{s,m}$ при розподілі виконавців $u \in F_{s0}$ і розподілі робіт з урахуванням трудомісткості $\psi \in F_{s1}$; $P_{s,w}: V_{s,w} \times F_s \times J \rightarrow F(U, N)$, де $F(U, N)$ – множина відображень множини U в N ; $P_{s,w,v,p,j}(u)$ – множина технологічного і підійомно-транспортного устаткування, необхідного виконавцеві типу $j \in J$ при виконанні роботи.

Нехай функції $Q_k: J \rightarrow N$ визначають для кожного професійно-кваліфікаційного типу $j \in J$ кількість $Q_k(j)$ виконавців цього типу в бригаді $k \in K$, тобто задають розподіл виконавців по бригадах.

Організаційний рівень можна описати підсистемою

$$\sum_3 = (K, F_{s0}, (Q_k) k \in K) \quad (4)$$

Завдання системної оптимізації для даного етапу ЖЦ АТ сформулюємо таким чином.

Обмеження. Позначимо $t_{s1}(e)$ плановий момент початку роботи $e \in E_{s,w}$. Покладемо $\tilde{t}_{s1}(f) = \inf_{e \in \eta^{-1}f} t_{s1}(e)$. Нехай $\beta_s: P_s \rightarrow N$ – функція, що визначає для будь-якого поста $p \in P_s$ його дислокацію $\beta_s(p)$.

Для всякої роботи $e \in E_{s,w}$ справедливо

$$t_{s1}(e) \geq \sup_{(e+k) \in \sigma_{s,w}(e)} (t_{s1}(e+k) - \chi_{s,w}(\gamma_{s,w}(e+k))),$$

$$\varphi_{s,w,e}, \tau_{s,w}, \gamma_{s,w}(e+k),$$

що означає неможливість початку роботи $e \in E_{s,w}$ раніше, ніж будуть закінчені усі роботи $(e+k) \in \sigma_{s,w}(e)$.

Для будь-яких робіт $e, (e+k) \in E_{s,w}$ і будь-якого $i \in I_{s,w}$ справедлива рівність

$$t_{s1}(e); t_{s1}(e) + \chi_{s,w}(\gamma_{s,w}(e), \varphi_{s,w,e}, \tau_{s,w}(e)) \cap]t_{s1}(e+k); t_{s1}(e+k) + \chi_{s,w}(e+k), \varphi_{s,w}, (e+k), \tau_{s,w}, \gamma_{s,w}(e+k)] [\emptyset \quad (5)$$

Це обмеження виражає той факт, що роботи e і e' не можуть бути виконані одночасно.

Для будь-якого типу $u \in U$ і будь-якого моменту часу $t \in T$ справедлива нерівність

$$\sum_{e \in E_{s,w}} \sum_{p \in P_s} \sum_{j \in J} \varphi_{s,w,e}(p, j, t) \cdot P_{s,w} \gamma_{s,w}(e) P_j(U) \leq \alpha_s(u).$$

Це обмеження на матеріальні ресурси.

Для $j \in J$ і $\forall t \in T$ справедлива нерівність

$$\sum_{e \in \Phi_{s,w}^{-1}(k)} \sum_{p \in P_s} \varphi_{s,w,e}(P, j, t) \leq Q_k(j). \quad (6)$$

Це обмеження на трудові ресурси в бригадах. Для будь-якого $j \in J$ справедливо

$$\sum_{k \in K} Q_k(j) \leq \xi_s(j) \quad (7)$$

Критерій. Логістичний ланцюг є етапом ЖЦ АТ. Отже, критерій оптимальності для розглянутої системної моделі є локальний критерій для моделі більш високого рівня – моделі АТП.

Виходячи із структури глобального критерію оптимальності витікає, що як локальний критерій можна прийняти умови звернення в мінімум загальної тривалості ремонту і ТО, тобто

$$J_1 = \sup_{e \in E_{s,w}} (t_{s1}(e) + \chi_{s,w}(\gamma_{s,w}(e), \varphi_{s,w,e}, \tau_{s,w}, \gamma_{s,w}(e))) \rightarrow \min \quad (8)$$

Постановка і розв'язання задачі системної оптимізації дозволяють вибрати оптимальні варіанти технологічних процесів, склад і структуру бригад логістів та ін. [6].

Основні висновки. У роботі сформульовані деякі проблеми і сформовані підходи до інформатизації логістичних процесів на АТ. Прогрес інформаційних технологій в транспортній інфраструктурі розглядається в створенні баз даних, необхідних для розв'язку задач, що включають: розробку інформаційної технології цільового використання об'єктів і логістичних процесів; забезпечення оптимального функціонування АТ; оптимізацію логістичних операцій та формування сукупності нових проектних рішень.

Системна ефективність рішення комплексу логістичних завдань покликана сформувати нове інформаційне середовище, необхідне для вирішення усього комплексу завдань соціального, економічного, науково-технічного управління логістичними ланцюгами.

Список літератури

1. Левковець П. Р., Гедз Ю. М., Канарчук О. В. та ін. Системна ефективність на транспорті. К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. 216 с.
2. Підгорний М. В. Інформатизація виробничих процесів транспортної інфраструктури. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. Черкаси, 2014. № 1. С. 14–19.
3. Тимченко А. А., Підгорний М. В., Тьорло О. В. Структурний синтез законів управління. *Збірник XV Міжнародної конференції з автоматичного управління. (Автоматика – 2008)*. Одеса, 2008. С. 941–944.
4. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: підручник у двох книгах. Книга 1. Основи САПР та системного проектування складних об'єктів / за ред. Бикова В. І. К.: Либідь, 2000. 272 с.
5. Тимченко А. А. Научные основы и методы управления в задачах автоматизированного проектирования логико-динамических систем: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. К.: ИК АН УССР, 1988. 480 с.
6. Тимченко А. А., Підгорний М. В., Бойко В. В. Системний аналіз задач синтезу структури системи метрологічного забезпечення автомобільного транспорту. *Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. «Совре-*

менные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2009». Одесса, 2009. С. 76–78.

References

1. Levkovets, P. R., Gedz, J. M., Kanarchuk, A. V. and others (2002) System efficiency in transport. K.: NTU, IEBT. 216 p.
2. Podhorny, M. (2014) Computerization of production processes of transport infrastructure. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, № 1, pp. 14–19.
3. Timchenko, A. A., Podgorny, M. V., Torlo, A. V. (2008) Structural synthesis of control laws. *Proceedings of the XV International Conference on Automatic Control. (Automation – 2008)*. Odessa, pp. 941–944.
4. Timchenko, A. A. (2000) Fundamentals of system design and system analysis of complex objects: tutorial: in two books. Book 1. Fundamentals of CAD and system design of complex objects / ed. Bykov V. I. K.: Lybid, 272 p.
5. Timchenko, A. A. (1988) Scientific bases and methods of problem management of automated designing of logical and dynamic systems: Doctoral thesis in technical sciences. K.: IK AN USSR, 480 p.
6. Timchenko, A. A., Podhorny, M. V., Boyko, V. V. (2009) System analysis of structure synthesis tasks of metrological support system for motor-car transport. *Collection of scientific works of the international scientific-practical conference. "Modern problems and their solutions in science, transport, manufacturing and education 2009"*. Odessa, pp. 76–78.

M. V. Pidhorny, Ph.D., associate professor,
A. A. Timchenko, Dr.Tech.Sc., professor
 Cherkassy State Technological University
 Shevchenko blvd, 460, Cherkassy, 18006, Ukraine
 pmv1971pmv@gmail.com

SCIENTIFIC BASES AND METHODS FOR SYSTEM STUDIES OF TRANSPORT LOGISTIC PROCESSES

A new system approach for studying logic and dynamic systems is shown. A generalized system model as an effective method of solving some complex problems of planning and management is given. The paper demonstrates that the basis of the strategic course of any transport company, its basic principle should become the realization of project and program tools aimed at implementing innovative model of development, structural rebuilding and growth of economic potential. The improvement of automobile transport work efficiency demands to solve a significant amount of scientific and applied tasks which foresee, first of all, the improvement of management at transport enterprises. One of the ways of rational solving quality and efficiency of logistics services problems of transporting and giving transport services shows its system consideration and optimization of the system main factors based on working out and effective realization of organizational, methodological, technical and informative methods of management.

Keywords: transport infrastructure; Information Technologies; logical and dynamic systems; system efficiency, logistic processes.

Статтю представляє А. А. Тимченко, д.т.н, професор, Черкаський державний технологічний університет.

В. І. Крезуб, аспірант

e-mail: pobeda.victoria@gmail.com

Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна**РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ
ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

В статті розглядаються основні питання розробки структури інформаційної системи оцінювання ефективності підприємств хімічної промисловості. Запропонована інформаційна система включає бази даних технологічних та економічних показників функціонування хімічного підприємства, блок оцінювання ефективності на основі застосування теорії нечітких множин, а також інтелектуальну підсистему прийняття рішення, що забезпечить прийняття стратегічного рішення на основі оцінювання поточного стану підприємства. Досліджено рух інформаційних потоків між різними рівнями управління.

Ключові слова: інформація, інформаційна система, база даних, інформаційні потоки, система інформаційних потоків, оцінка ефективності, хімічна промисловість.

Вступ. Хімічна промисловість на даний час одна з динамічно розвинених галузей України. Підприємства хімічної промисловості потребують якісного управління, що в свою чергу викликає необхідність автоматизації та інформатизації всіх сфер виробничої діяльності. Чим вище рівень керівника, тим складніша задача системного забезпечення його управлінською інформацією: розширюється коло напрямків, що повинні бути охоплені інформаційним забезпеченням, ускладнюється задача її інтеграції [1]. Одержання інформації для прийняття рішень в області управління виробництвом вимагає переробки значних обсягів даних про виробничо-господарські операції. Тому від раціональних методів та технологічних процесів обробки даних нерідко залежить ефективність роботи хімічного підприємства в цілому. Розробка інформаційної системи оцінювання ефективності підприємств хімічної промисловості є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання інформаційного забезпечення на підприємствах різних галузей досліджується у роботах українських та зарубіжних вчених Ладанюка А. П. [2], Грабовського Г. Г., Богаєнка І. М., Архангельського В. І. [3], Дубового В. М. [4], Павленка В. М. [5], Прокопенко Т. А. [6], Alter S. [7], Kvint V. [8]. Сучасні методи автоматизації підприємства хімічної промисловості широко використовуються для оптимізації таких важливих показників роботи хімічного підприємства, як рівень безпеки ро-

бітників, захист навколишнього середовища, відповідність стандартам контролю якості. Автоматизація технологічних процесів хімічної промисловості приводить до зниження собівартості продукції, а також максимальному збільшенню ефективності виробництва. На основі сучасних технологій автоматизації хімічної промисловості її виробничі дані стають базою для прийняття управлінських рішень. Однак, відсутні такі інформаційні системи, які надали б можливості визначення ефективності виробництва та представили б траєкторію розвитку підприємства на основі отриманої оцінки, що є особливо актуальним при швидко змінюваних обставинах, коли необхідно охопити великий обсяг інформації.

Метою даної статті є розробка структури інформаційної системи оцінювання ефективності підприємств хімічної промисловості, яка дає можливість для представлення як структурованих, так і неструктурованих даних про предметну область хімічного виробництва.

Викладення основного матеріалу дослідження. Керівника хімічного підприємства оточують різноманітні засоби інформатизації з новими можливостями, які забезпечують одержання і видачу основних видів повідомлень і даних. Інформаційні потоки – це фізичне представлення та передавання інформації від одного підрозділу підприємства до іншого [9]. На рис. 1 зображена схема управління виробничим підрозділом хімічного підприємства, а також ієрархія передавання ін-

формації. Своєчасне оновлення інформації є достовірним джерелом даних для вирішення комплексу завдань, що пов'язані з виробничим процесом, а також формування системи інформаційних потоків.



Рис. 1. Схема управління виробничим підрозділом хімічного підприємства

Система інформаційних потоків – це сукупність фізичних переміщень інформації, яка дає можливість здійснити будь-який процес, реалізувати будь-яке рішення. Найбільш загальна система інформаційних потоків – сума потоків інформації, яка дозволяє підприємству вести фінансово-господарчу діяльність [9].

Інформаційні потоки забезпечують нормальну роботу хімічного підприємства. Інформація, яка збирається в даній інформаційній системі для накопичення, зберігання, обробки, має відповідати наступним вимогам [10]:

- Своєчасність;
- Достовірність;
- Релевантність (істотність);
- Корисність;
- Зрозумілість;
- Регулярність надходження.

Упорядкування передачі інформації, включаючи форми носіїв інформації, документи, завжди являє собою одну з найбільш сер-

йозних і складних проблем, з якими зіштовхуються в процесі виробництва.

Звичайне формування інформації і самих форм – носіїв інформації – відбувається, як правило, за функціональним принципом. Планово-економічна служба породжує і формує, закріплюючи в документах, форми носіїв інформації й у цілому забезпечення інформації, необхідної для реалізації закріплених за нею функцій.

На обсяг, характер і форму представлення внутрішньозаводських документів значною мірою впливає система зовнішньої звітності підприємства, що побудована також за функціональним принципом. Це правильне з погляду функціональних служб і їхніх осіб, що приймають рішення (ОПР) (включаючи відповідних ОПР функціональних служб корпорацій) положення не забезпечує разом з тим формування всієї необхідної інформації для контролю за ходом поточного виробництва, аналізу його результатів і виявлення тенденцій, що складаються, з боку лінійних керівників цехів і особливо верхньої ланки керівництва (директор, головний інженер, їхні заступники). З вище сказаного необхідно підкреслити зростаючу роль системного інформаційного забезпечення, без чого неможливе істотне підвищення ефективності виробництва в цілому. Таким чином, тенденція, пов'язана з ускладненням сучасного виробництва, з одного боку, ускладнює питання інформаційного забезпечення, з іншого боку – незмірно підвищує значення і роль самої інформації, яку повною підставою можна назвати і розглядати як один з видів виробничих ресурсів, цінність якого безупинно зростає. Як і у відношенні будь-якого виду ресурсів, для інформації необхідно передбачати і розробляти технологію використання, що охоплює всі етапи: збір, передачу, переробку, збереження і використання [1]. Одержання інформації для прийняття рішень в області управління виробництвом вимагає переробки значних обсягів даних про виробничо-господарські операції. Тому ефективність роботи хімічного підприємства у сучасних умовах здебільшого залежить від раціональних методів і технологічних процесів обробки даних, аніж від технології самого виробництва.

Раціональною формою організаційних управлінських систем хімічних підприємств є ієрархічна структура [10]. На кожному з рівнів ОПР приймаються рішення, для чого оці-

нуються значні обсяги аналітичних показників. Відповідно до об'єктного підходу на нижніх рівнях формується простір вхідних показників, що адекватно відображають предметну область хімічного виробництва, при русі нагору відбувається перетворення цих просторів за рахунок їхнього занурення в середовище відповідного рівня, що має визначені цільові настанови і правила переваги. При реалізації такої схеми з'являються визначені переваги за рахунок об'єднання двох підходів: об'єктного й ієрархічного. Цим забезпечуються однозначне відображення предметної області і занурення інформації в різні управлінські рівні.

Виділяють послідовно нараховувані вгору рівні управління:

- технологічний (об'єкт управління – технологічна система);
- інженерний (об'єкт – виробнича система: цех, дільниця, автоматична технологічна лінія, гнучка виробнича система (ГВС));
- організаційний (об'єкт – підприємство з цехами, відділами, службами та комунікаціями);
- корпоративний (об'єкт – юридична особа, тобто фірма, компанія, корпорація – внутрішнє регулювання);
- бізнес – рівень (об'єкт – корпорація в ринковому середовищі, зовнішнє регулювання).

Величина потоку інформації в часі I_t визначається співвідношенням об'єму інформації ΔV до тривалості передачі (прийому) прийнятого об'єму інформації Δt :

$$I_t = \frac{\Delta V}{\Delta t}. \quad (1)$$

Сумарний об'єм інформації за весь період рівний:

$$V_P = V_{\text{ПОСТ}} + V_{\text{СМ}} + V_{\text{ДОБ}} + V_{\text{ДЕК}} + V_{\text{МІС}}, \quad (2)$$

де $V_{\text{ПОСТ}}$ – постійна складова потоку;

$V_{\text{СМ}}, V_{\text{ДОБ}}, V_{\text{ДЕК}}, V_{\text{МІС}}$ – змінні періодичні складові потоку за зміну, добу, декаду, місяць відповідно.

Створення схеми мережі інформаційних потоків починається з існуючої структури схеми управління хімічним підприємством, потім складається схема існуючих потоків інформації, яка надалі мінімізується.

Мінімізація складається з декількох етапів: упорядкування потоків інформації, зміна напрямку потоків інформації, зміна стру-

ктури потоків інформації, зміна кількості потоків інформації.

Упорядкування потоків інформації повинно задовольняти вимогам сфери управління, що пред'являються до забезпечення інформацією. Зміна напрямку потоків викликається зміною структури управління хімічним підприємством, зокрема при автоматизованій переробці інформації, її збору, розподіленні та використанні, реалізацією локальних та корпоративної інформаційних систем. Зміна об'єму циркулюючої інформації та об'єму інформації, що передається окремими потоками, викликається численними причинами:

- з одного боку, збільшення об'єму центрострімких потоків інформації при автоматизованому зборі за рахунок збільшення частоти опитування датчиків;
- з іншого боку, зменшення об'єму за рахунок того, що виконується передача лише необхідних ідентифікуючих ознак в процесі упорядкування потоків оцінюється її надмірність.

Зміна структури потоків інформації залежить від технічних засобів: автоматична передача, автоматизоване збереження [10].

Грунтуючись на вище викладеному варто припустити, що структура інформаційної системи оцінювання ефективності хімічного підприємства повинна мати аналогічну ієрархічну структуру. На першому рівні в інформаційній системі розраховується множина економічних показників, що аналізується ОПР для вироблення раціональних управлінських рішень. При використанні інтелектуальних блоків, ці показники надходять на їхній вхід. На виході виробляється вектор показників, що визначає оцінку стану економічного об'єкту в даний момент часу, що можуть бути символічними і кількісними. При аналізі результатів діагностики ОПР буде виникати необхідність у їхньому коректуванні для установлення відповідності з постійно розвиваючим досвідом і зовнішніми економічними умовами. Такі ж процеси відбуваються на вищестоящих рівнях управління. Крім розрахованих економічних показників, на вхід інтелектуальних блоків надходять з нижніх рівнів значення вихідних показників, що визначають рішення ОПР нижнього рівня. Аналогічні блоки працюють на верхніх рівнях управління.

Структура інформаційної системи оцінювання ефективності (рис. 2) складається з структурованої бази даних вхідної інформації:

вхідні дані про технологічні показники (дані, які надходять згідно виробничо-господарських операцій), вхідні дані про стан зовнішнього середовища (попит на продукцію, економічне та політичне становище). Всі дані, що зберігаються в БД та моделюють стан хімічного виробництва, за способом визначення значення, діляться на первинні і похідні. До первинних відносяться дані, що надходять у розглянуту систему з заданими значеннями чи значення, які визначаються натуральним виміром. БД про показники оцінки

ефективності хімічного підприємства на сучасному етапі орієнтована на універсальний опис структури вхідної і вихідної інформації; контроль і опис носіїв, генерацію програм введення-виведення даних, вибір оптимального складу БД, що забезпечує комплексне моделювання стану об'єкту управління, створення раціональних логічної і фізичної структур БД і її опис, забезпечення ефективного доступу до даних. Всі дані є основою для блоку оцінки ефективності вхідної інформації.

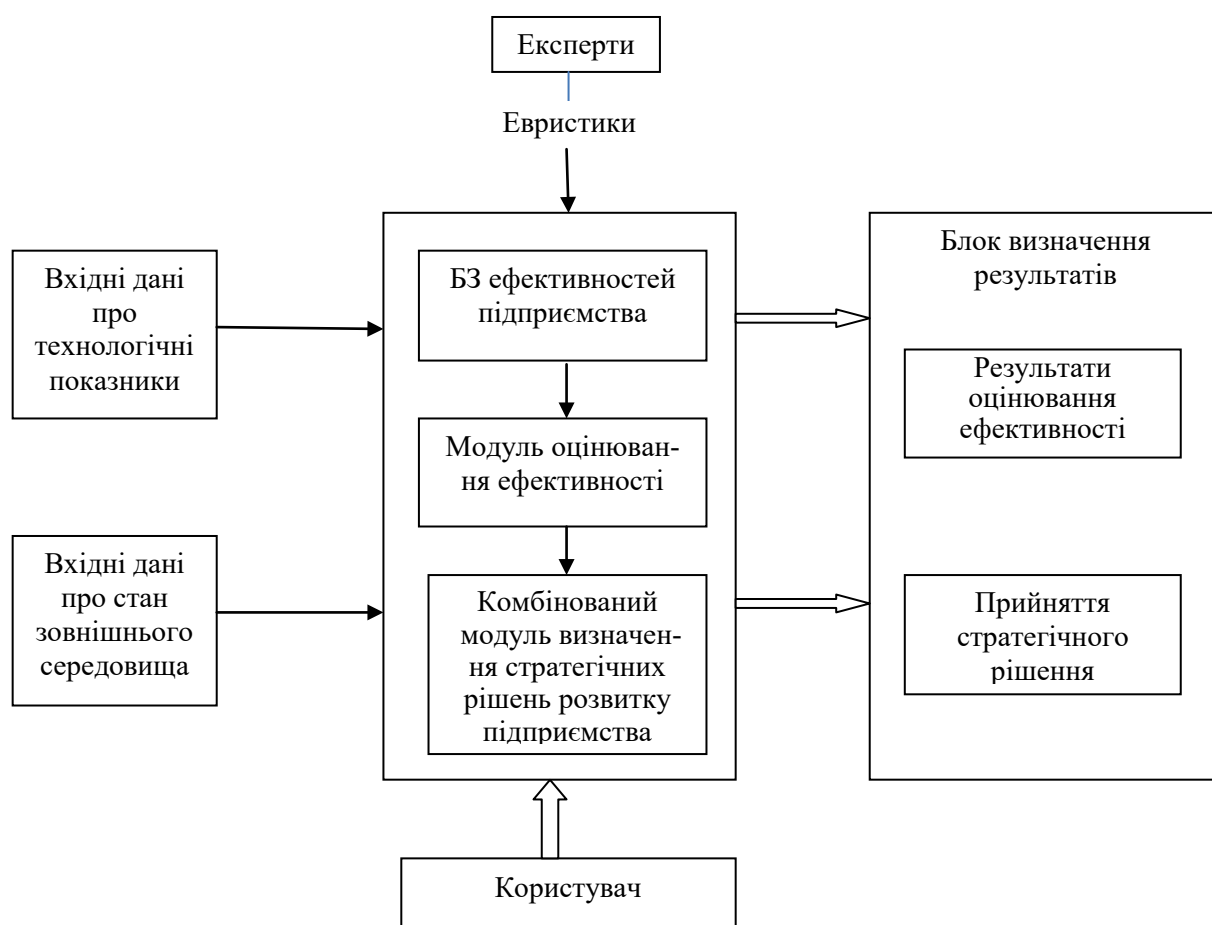


Рис. 2. Структура інформаційної системи оцінювання ефективності

База знань ефективностей підприємства вбирає в себе знання, необхідні персоналу при розробці нового продукту. Робота баз знань полягає в створенні нової інформації та обробки великих обсягів інформації в регламентному і довільному режимах, можливість інтеграції інформації з функціональних служб і рівнів керування, оформлення результатів обробки у формі, зручної для сприйняття.

Модуль оцінювання ефективності має інформаційний доступ до функціонуючих си-

стем автоматизації підприємства, що дозволяє за допомогою БЗ ефективностей підприємства визначати характеристики стану підприємства. Застосування нечіткого управління є однією з найактивніших і найрезультативніших областей досліджень застосування теорії нечітких множин. Нечітке управління виявляється особливо корисним, коли технологічні процеси є занадто складними для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів, або коли доступні джерела інформа-

ції інтерпретуються якісно, неточно або невізначено.

Комбінований модуль визначення стратегічних рішень розвитку підприємства хімічної промисловості за допомогою нечіткого управління дає можливість прийняти ефективні рішення. Нечіткі системи дозволяють підвищити якість інформації при зменшенні ресурсо- і енерговитрат, та забезпечують більш високу стійкість до впливу чинників, що заважають в порівнянні з традиційними системами автоматичного керування. Цей модуль дозволяє вирішувати частково структуровані завдання, результати яких важко наперед спрогнозувати, вони здатні відповідати на питання «що буде, якщо...?». Також має потужний аналітичний апарат з декількома моделями. Інформацію отримує з управлінських і операційних інформаційних систем для прийняття рішень, порівняння змін, що відбуваються в зовнішньому оточенні, з існуючим потенціалом хімічного виробництва.

Блок визначення результатів для оцінювання ефективності хімічного підприємства допоможе систематизувати отриману інформацію.

В структурі інформаційної системи оцінювання ефективності відіграють важливу роль у прийнятті стратегічних рішень та тісно взаємодіють експерти та користувачі. Важливим фактором є необхідність збереження і використання знань окремих досвідчених експертів, отриманих ними в процесі багаторічної роботи і великого практичного досвіду. Проблема витягу знань і їхнього розподілу – сьогодні одна з головних проблем виробничих організацій. Система оцінки має інформаційний доступ до функціонуючих систем автоматизації підприємства, що дозволяє за допомогою блоку визначення результатів ефективності підприємства визначати характеристики стану підприємства.

Висновки. Управління хімічним виробництвом вимагає обробки великого обсягу інформації. Чим більший колектив та складніша його структура, тим більший об'єм інформації необхідно проаналізувати, вищі вимоги до надійності та оперативності обробки інформації та прийняття рішень. Малий проміжок часу на ухвалення рішення – ще одна проблема, що виявляється в міру ускладнення виробництва.

Розроблена структура інформаційної системи оцінювання ефективності дає можли-

вість для представлення як структурованих, так і неструктурованих даних про предметну область хімічного виробництва. Оцінювання ефективності на основі застосування теорії нечітких множин, а також підсистем прийняття рішень дозволяє здійснити вибір найбільш ефективного стратегічного управління хімічним підприємством.

Список літератури

1. Ушаков І. О., Плеханов Г. О. Інформаційні системи та технології на підприємстві: конспект лекцій. Харків: Вид. ХНЕУ, 2009. 128 с.
2. Ладанюк А. П. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 280 с.
3. Архангельский В. И., Богаенко В. И., Грабовский Г. Г., Рюмшин Н. А. Интегрированное управление производством: организационные и технологические аспекты менеджмента предприятиями. Киев: Техника, 2005. 328 с.
4. Дубовой В. М. та ін. Прийняття рішень в управлінні розгалуженими технологічними процесами: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2013. 223 с.
5. Павленко П. М. та ін. Інформаційна технологія управління ефективністю промислового виробництва. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. № 1/2 (73). С. 24–30.
6. Прокопенко Т. О. Методологічні основи управління технологічними комплексами в умовах невизначеності. *Технологічний аудит и резервы производства*. 2013. № 6/4 (14). С. 27–29.
7. Alter S. Work System Theory: Overview of Core Concepts, Extensions, and Challenges for the Future. *Journal of the Association for Information Systems*. 2013. 14(2). Pp. 72–121.
8. Kvint V. The Global Emerging Market: Strategic Management and Economics. Route ledge. 2009. P. 8.
9. Сытник В. Ф., Срока Х., Еремина Н. В. Компьютеризация информационных процессов на промышленных предприятиях. Киев: Техника; Катовице: Экономическая академия им. Кароля Адамецкого, 2015. 215 с.

10. Прокопенко Т. О. Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами: монографія. Черкаси: Вертикаль, видавець Кандич С. Г., 2015. 224 с.

References

1. Ushakov, I. O., Plekhanov, G. O. (2009) Information systems and technologies at the enterprise: summary of lectures. Kharkiv, 128 p. [in Ukrainian].
2. Ladanyuk, A. P., Reshetyk, V. M., Kishenko, V. D., Smithy, Ya. V. (2014) Innovative technologies in the management of complex biotechnological objects of the agro-industrial complex. Kyiv, 280 p. [in Ukrainian].
3. Arkhangelsk V. I., Bohaenko I. V., Grabowski G. G., Ryumshyn N. A. (2005) Yntehryrovannoe Production Management: Organizational and Technological aspects of enterprise management. Kyiv: Technica, 328 p. [in Russian].
4. Dubovoi, V. M., Derman, G. Yu., Pylypenko, I. V., Bayas, M. M. (2013) Decision-making in the management of branched-up technological processes. Vinnitsa: VNTU, 223 p. [in Ukrainian].
5. Pavlenko, P. M., Zaritsky, O. V., Hlevny, A. O. (2015) Information technology for the management of the efficiency of industrial production. *East European Journal of Advanced Technologies*, № 1/2 (73), pp. 24–30.
6. Prokopenko, T. O. (2013) Methodological bases of management of technological complexes under uncertainty. *Technological audit and production reserves*, № 6/4 (14), pp. 27–29.
7. Alter, S. (2013) Work System Theory: Overview of Core Concepts, Extensions, and Challenges for the Future. *Journal of the Association for Information Systems*, 14(2), pp. 72–121.
8. Kvint, V. (2009) The Global Emerging Market: Strategic Management and Economics. Routledge, p. 8.
9. Sytnyk, V. F., Sroka, H., Eremina, N. V. (2015) Computerization of information processes in industrial enterprises. Katowice: Technika, Katowice: Academy of Economics Karoly Adametskiy, 215 p.
10. Prokopenko, T. O., Ladanyuk, A. P. (2015) Information technology management organizational and technological systems. Cherkasy: Vertical, publisher Kandych S. G., 224 p. [in Ukrainian].

V. I. Krezub, Ph.D. student

e-mail: pobeda.victoria@gmail.com

Cherkasy State Technological University

Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

DEVELOPING STRUCTURE FOR INFORMATIVE SYSTEM ESTIMATION OF CHEMICAL INDUSTRY ENTERPRISES EFFICIENCY

The article discusses the basic issues of structure development of informative system estimation of chemical industry enterprises efficiency. The informative system includes bases of technological and economic indexes of functioning chemical enterprise, block of efficiency estimation by application of fuzzy sets theory, and also intellectual subsystem of decision-making, that will provide the acceptance of strategic decision by evaluation of enterprise current status. Motion of information flows between different levels of management is investigated.

Keywords: information, informative system, database, information flows, system of information flows, estimation of efficiency, chemical industry.

Рецензенти: А. П. Ладанюк, д.т.н., професор,

Т. О. Прокопенко, д.т.н., доцент

К. В. Базіло, к.т.н., доцент,
Ю. Ю. Бондаренко, к.т.н., доцент,
В. М. Зайка, к.т.н.,

Черкаський державний технологічний університет
вул. Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна,

С. Ф. Петренко, д.т.н., професор,
НВК ТОВ «Лілея», м. Київ, Україна

П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕК НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначає здоров'я як "стан повного фізичного, психічного та соціального благополуччя, а не лише як відсутність хвороби чи недуги". Фізичні чинники (шум, вібрація, електромагнітні поля, іонізоване випромінювання) можуть негативно впливати як на навколишнє середовище, так і на здоров'я населення. П'єзоелектричні датчики можуть використовуватися в різних сферах, таких як медичний аналіз, моніторинг навколишнього середовища тощо. Метою даної роботи є дослідження датчиків для моніторингу навколишнього середовища та їх моделювання. В роботі розглянуто небезпеки навколишнього середовища, їх джерела та вплив на людський організм. Для покращення характеристик п'єзоелектричних перетворювачів може бути застосований метод просторової та кутової взаємодії, який використовується для максимального збільшення коливань згину, а також метод додаткових елементів. Фізичні процеси, що відбуваються в дискових п'єзоелектричних перетворювачах, змодельовано в програмі COMSOL Multiphysics.

Ключові слова: моніторинг навколишнього середовища, фізичне забруднення, шум та вібрація, оцінка небезпек навколишнього середовища, моделювання, п'єзоелектричні перетворювачі.

Вступ. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначає здоров'я як "стан повного фізичного, психічного та соціального благополуччя, а не лише як відсутність хвороби чи недуги". Фізичні чинники (шум, вібрація, електромагнітні поля, іонізоване випромінювання тощо) можуть негативно впливати як на навколишнє середовище, так і на здоров'я населення [1]. Шум та вібрація представляють для суспільства зростаючі екологічні проблеми. Вони є небезпечними для людини, коли мають високі рівні, або продовжуються протягом тривалого часу [2].

Шум та вібрація як екологічні небезпеки. Шум є одним із факторів навколишнього середовища, який впливає на наше здоров'я в сучасному світі. Шум, як правило, визначається як неприємні звуки (наприклад, поширені машиною або літаком), які порушують фізичні і фізіологічні характеристики людини та спричиняють забруднення навколишнього середовища шляхом руйнування екологічних властивостей [3]. Прямим впливом на здоров'я, пов'язаним із шумом, є втрата слуху при

шумі, рівень якого перевищує 90 децибел. Існує також декілька неслухових фізіологічних впливів шуму, включаючи головний біль, запаморочення, підвищений кров'яний тиск, втрата концентрації, захворювання серця тощо.

Шум у робочому середовищі спричиняє серйозну людську, соціальну та економічну проблеми. Дії у міжнародному масштабі сприятимуть вирішенню цієї проблеми і будуть особливо корисними для країн, що розвиваються [2].

Відповідно до Директиви ЄС з питань вібрації можна виділити дві її форми: 'whole-body vibration' (WBV), яка передається мобільними або стаціонарними машинами, де оператор стоїть або сидить, а також 'hand-arm vibration' (HAV), яка передається через ручні або керовані інструменти. Директива визначає ці терміни наступним чином:

– 'whole-body vibration': механічна вібрація, яка при передачі всьому тілу спричиняє ризики для здоров'я та безпеки працівників, зокрема захворюваності нижньої частини спини та травми хребта;

– ‘hand-arm vibration’: механічна вібрація, яка при передачі в систему рук людини призводить до ризиків для здоров'я та безпеки працівників, зокрема судинних, кісткових або суглобових, неврологічних або м'язових розладів [4].

WBV впливає на водіїв важких сільськогосподарських тракторів, де вона передається через сидіння, раму та елементи керування до всього тіла водія.

Є чимало негативних медичних ефектів, спричинених впливом вібрації на водіїв. Коли вплив коливань короткотерміновий, симптомами є коротке дихання, нудота та порушена рівновага, тоді як тривалий вплив викликає розлади в психомоторних, фізіологічних та психологічних системах. В свою чергу, сільськогосподарські трактори були визначені як небезпечні машини з точки зору WBV. Існує ризик навіть для тих водіїв, які піддаються вібрації лише одну годину на день.

Тому важливо постійно вимірювати рівень шуму та вібрації, оцінювати їх та визначати ризики для безпеки водія. Залежно від ризику, слід вживати організаційні та технічні заходи для зменшення вібрації [5]. В ряді досліджень було виявлено підвищений ризик для здоров'я людей, які живуть поруч із дорогами та залізницями [6–8].

Безсумнівно, існує потреба в подальших дослідженнях для уточнення цієї комплексної області, включаючи краще вимірювання шуму та вібрації, а також дослідження наслідків їх впливу на здоров'я [9].

Метою даної роботи є дослідження датчиків для моніторингу навколишнього середовища та їх моделювання.

П'єзоелектричні перетворювачі та їх моделювання

П'єзоелектричні датчики можуть використовуватися в різних сферах, таких як медичний аналіз, моніторинг навколишнього середовища тощо. П'єзоелектричний акселерометр – це пристрій, який вимірює вібрацію або прискорення руху структури. Він служить зв'язком між вібраційними конструкціями та електронним вимірювальним обладнанням. П'єзоелектричні акселерометри широко використовуються для вимірювання вібрацій. У порівнянні з іншими типами датчиків, п'єзоелектричні акселерометри мають важливі переваги: надзвичайно широкий динамічний діапазон, низький вихідний шум, лінійність в широкому діапазоні, самогенерація [10].

Принцип дії п'єзоелектричних акселерометрів заснований на п'єзоелектричному ефекті кварцових або керамічних кристалів, що генерують електричний сигнал, пропорційний прикладеному прискоренню. Завдяки п'єзоелектричному ефекту відбувається накопичення заряджених частинок на кристалі. Цей заряд пропорційний прикладеній силі або напруженню. Загальна кількість накопиченого заряду пропорційна прикладеній силі, а прикладена сила пропорційна прискоренню. Такі ж принципи використовуються і при оцінці шуму п'єзоелектричними мікрофонами, які складаються з п'єзоелектричного елемента, прикріпленого до діафрагми [11].

Для покращення характеристик п'єзоелектричних перетворювачів були застосовані метод просторової та кутової взаємодії, який використовується для максимального збільшення коливань згину, а також метод додаткових елементів [12]. Були проведені дослідження схем з трансформаторною розв'язкою, яка дозволяє утворити біжучу хвилю та максимально збільшити коливання згину.

Для експериментальних досліджень використовувався п'єзоелектричний перетворювач діаметром Ø66 мм, який показано на рис. 1.

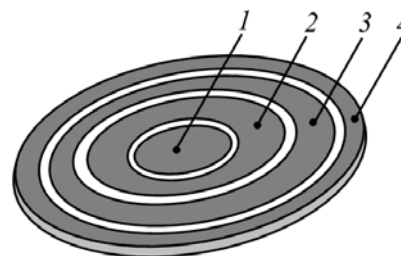


Рис. 1. Дисківий п'єзоелектричний перетворювач з розділеними електродами

Електроди 1–4 на поверхні п'єзоелектричного перетворювача (рис. 1) виготовлені методом хімічного травлення. Така конструкція дозволяє проектувати велику кількість з'єднань, застосовувати різноманітні методи покращення характеристик, такі як метод просторової та кутової взаємодії, метод додаткових елементів, метод трансформаторної розв'язки тощо. Результати вимірювання для різних схем підключення дисківого перетворювача з трансформаторною розв'язкою наведені в табл. 1.

Таблиця 1

**Схеми підключення дискового п'єзоелектричного перетворювача
з трансформаторною розв'язкою**

№	Схема	C , nF	L , H	Звуковий тиск, dB
1		$C_{\Sigma} = 1,7$	—	80
2		$C_{1',4,4'} = 1,7$ $C_{2-4'} = 0,5$	$L_I = 0,25$ $L_{II} = 1,5$	108
3		$C_{1',4-1,4'} = 1,8$ $C_{2-1,4'} = 0,85$	$L_I = 0,12$ $L_{II} = 1,15$	112

В табл. 1 використані наступні позначення: C – міжелектродна ємність; L – додаткова індуктивність.

П'єзоелектричний елемент є електро механічною коливальною системою. Таким чином, додавання електричних компонентів може впливати на характеристики п'єзоелектричного перетворювача. Точно підібрана індуктивність L до міжелектродної ємності C може значно збільшити вихідний сигнал. Як видно з табл. 1, використання трансформаторної розв'язки (схема 2, 3) дозволяє створити в п'єзоелектричному перетворювачі коливання згину, що призводять до збільшення вихідного сигналу (108–112 dB) порівняно з традиційним підключенням (80 dB) [13] (схема 1).

В даний час відсутні надійні та достовірні методи побудови математичних моделей п'єзоелектричних трансформаторів, які могли б бути використані як теоретичні основи розрахунку характеристик і параметрів цього класу функціональних елементів сучасної п'єзоелектроніки. Описані методи моделювання п'єзоелектричних перетворювачів в більшості своїй засновані на використанні еквівалентних електричних схем [14–16], які не дозволяють проводити аналіз напружено-деформованого стану твердих тіл з п'єзоелектричними ефектами. Кінцевою метою математичного моделювання фізичного стану коливальних п'єзокерамічних елементів є якісний і кількісний опис характеристик і параметрів існуючих в них електричних і пружних полів.

Найбільш ефективним методом чисельного моделювання складних систем є метод кінцевих елементів. Фізичні процеси, що відбуваються в дискових п'єзоелектричних перетворювачах, моделювалися в COMSOL Multiphysics. Зміщення матеріальних частинок п'єзокерамічного дискового перетворювача з найбільшим вихідним сигналом (табл. 1, схема 3) показано на рис. 2.

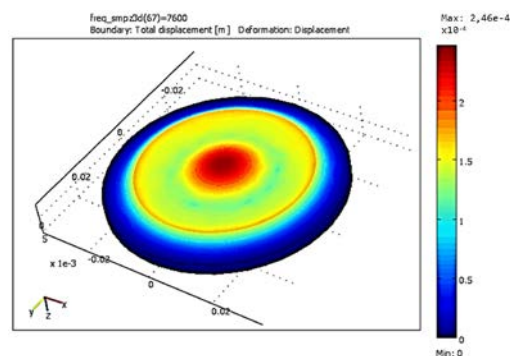


Рис. 2. Зміщення матеріальних частинок дискового п'єзокерамічного перетворювача

Використовуючи таке моделювання, легко визначити чутливість характеристик п'єзоелектричних перетворювачів до варіацій їх конструктивних параметрів. Маючи доступ до цих залежностей, ми можемо виконати раціональний вибір технології виготовлення продукції, тобто вибрати найменш дорогі технології з ряду. Таким чином, якісне моделювання дозволяє істотно скоротити час і вартість розробки нових моделей п'єзоелектричних перетворювачів.

Робота виконана за матеріалами 10th International Conference Environmental Engineering, 2017, Vilnius, Lithuania.

Висновки

Основні результати даної роботи можна зафіксувати наступним чином.

1. Розглянуто небезпеки навколишнього середовища, їх джерела та вплив на людський організм.

2. Для покращення характеристик п'єзоелектричних перетворювачів можуть бути застосовані метод просторової та кутової взаємодії, який використовується для максимального збільшення коливань згину, а також метод додаткових елементів. Використання трансформаторної розв'язки дозволяє створити в п'єзоелектричному перетворювачі коливання згину, що призводять до збільшення вихідного сигналу (108-112 dB) порівняно з традиційним підключенням (80 dB).

3. Фізичні процеси, що відбуваються в дискових п'єзоелектричних перетворювачах, було змодельовано в COMSOL Multiphysics. Максимальне зміщення для перетворювача з трансформаторною розв'язкою в 4 рази більше, ніж для перетворювача з традиційним з'єднанням. Це дає можливість отримати збільшення вихідного сигналу п'єзоелектричних перетворювачів для моніторингу навколишнього середовища.

References

1. Vasilyev, A., Zabolotskikh, V., Vasilyev, V. (2013) Development of methods for the estimation of impact of physical factors on the health of population, *Safety of Technogenic Environment*, 4, pp. 42–45.
2. Abdel-Rahman, S. M. (2008) Environmental impact assessment of pump noise, *Proc. of Twelfth International Water Technology Conference, IWTC12, Alexandria, Egypt*, pp. 459–476. URL: http://iwtc.info/2008_pdf/6-2.PDF
3. Atmaca, E., Peker, I., Altin, A. (2005) Industrial Noise and Its Effects on Humans, *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(6), pp. 721–726.
4. EU-OSHA (2008) *Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review*. European Agency for Safety and Health at Work. Available from Internet: <https://osha.europa.eu/pt/node/6879>
5. Cvetanovic, B., Zlatkovic, D. (2013) Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(5), pp. 1155–1160.
6. Aasvang, G. M., Overland, B., Ursin, R., et al. (2011) A field study of effects of road traffic and railway noise on polysomnographic sleep parameters, *J Acoust Soc Am* 129: 3716–26.
7. Eriksson, C., Nilsson M. E., Willers S. M. et al. (2012) Traffic noise and cardiovascular health in Sweden: The roadside study, *Noise Health*, 14, 140–147.
8. Babisch, W. F., Beule, B., Schust, M. et al. (2005) Traffic noise and risk of myocardial infarction, *Epidemiology*, 16, pp. 33–40.
9. Stansfeld, S., Matheson, M. (2003) Noise pollution: non-auditory effects on health, *British Medical Bulletin*, 68(1), pp. 243–257.
10. Metra Mess- und Frequents technik (2001) Piezoelectric Accelerometers: Theory and Application. URL: <http://www.gracey.co.uk/downloads/accelerometers.pdf>
11. PCB Piezotronics, Inc. Introduction to Piezoelectric Accelerometers. URL: [http://www.pcbpiezotronics.be/TestMeasurement\(en-CA\)/Accelerometers\(en-CA\)/tech_accel\(en-CA\)](http://www.pcbpiezotronics.be/TestMeasurement(en-CA)/Accelerometers(en-CA)/tech_accel(en-CA))
12. Bondarenko, Yu. Yu., Bazilo, K. V., Kunytska, L. G. (2015) The increase of sound pressure level of monomorph transducers with the use of spatial energy force structure of a piezoelement, *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, No. 3, pp. 5–9.
13. Sharapov, V. (2011) Piezoceramic sensors, *Springer*, 500 p.
14. Lineykin, S., Ben-Yaakov, S. (2004) Feedback isolation by piezoelectric transformers: comparison of amplitude to frequency modulation, *35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference*, Aachen, Germany, pp. 1834–1840.
15. Ozeri, S., Shmilovitz, D. (2006) A Time Domain Measurements Procedure of Piezoelectric Transformers Equivalent Scheme Parameters, *ISCAS*, pp. 2281–2284.
16. Buchacz, A., Placzek, M., Wrobel, A. (2014) Modelling of passive vibration damping using piezoelectric transducers – the mathematical model, *Maintenance and reliability*, 16(2), pp. 301–306.

C. V. Bazilo, Ph. D. (Eng.), associate professor,
Yu. Yu. Bondarenko, Ph. D. (Eng.), associate professor,
V. M. Zaika, Ph. D. (Eng.),
Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine,
S. F. Petrenko, doctor of science, professor
Research and production complex "Lileya", Kyiv, Ukraine

PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS FOR ENVIRONMENTAL HAZARDS ASSESSMENT

World Health Organization (WHO) defined health as being "a state of complete physical, mental, and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity". Physical factors (noise, vibration, electromagnetic fields, ionized radiation, etc.) may have a negative influence on both the environment and the health of population. Piezoelectric transducers can be used for environmental monitoring, hazards assessment. Piezoelectric sensors have been employed in different fields such as medical analysis, environmental monitoring, etc. The object of the study is piezoelectric sensors for environmental monitoring and their simulation. Environmental hazards, their sources and effects on the human body are considered. For transducers characteristics improvement the method of spatial and angular interaction, which is used in order to maximize bending vibrations, and the method of additional elements were improved. Physical processes which occur in disk piezoelectric transducers were simulated in COMSOL Multiphysics.

Keywords: environmental monitoring, physical pollution, noise and vibration, environmental hazards assessment, mathematical simulation, piezoelectric transducers.

Рецензенти: *В. М. Рудницький, д.т.н., професор,*
В. І. Гордієнко, д.т.н.

УДК 681.586

С. А. Филимонов, к.т.н., доцент,
К. В. Базило, к.т.н., доцент,
Ю. Ю. Бондаренко, к.т.н., доцент,
А. В. Батраченко, к.т.н., доцент,
Н. В. Филимонова, ассистент

Черкасский государственный технологический университет
ул. Шевченко, 460, Черкасы, 18006, Украина

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ, МЕДИЦИНЕ И РОБОТОТЕХНИКЕ

Статья посвящена проектированию и разработке комплекса для диагностики и исследования пьезоэлектрических изделий, которые нашли широкое применение в области приборостроения, медицины, робототехники. Проблема измерения характеристик и диагностики пьезоэлектрических компонентов заключается в специфике этих компонентов, а именно, в присущих им как электрических, так и механических свойств. В рамках работы используется комплексный подход к измерению электрических и механических параметров пьезоэлектрических элементов и изделий на их основе. Особое внимание в проекте уделяется разработке интеллектуального программного обеспечения, которое позволит быстро и удобно получать, анализировать и корректировать характеристики и параметры исследуемых пьезоэлектрических объектов. По результатам исследований проводится разработка высокоэффективного интеллектуального комплекса, автоматизируется метод оптимизации основных параметров пьезоэлектрических изделий, а также на основе анализа результатов исследований основных компонентов пьезотехники устанавливаются основные критерии проектирования высокоэффективных пьезоэлектрических систем.

Ключевые слова: пьезоэлемент, пьезомотор, исследования пьезоэлементов, программное обеспечение для обработки данных.

Введение

На сегодняшний день все чаще в промышленности и бытовых устройствах используются пьезокерамические материалы. Пьезоэлемент является важным компонентом в электронных, механических, медицинских устройствах, мехатронике, микро- и нанотехнике и других областях. Например, пьезоэлементы являются основной частью электроакустических преобразователей, которые используются в приборостроении, вычислительной и измерительной технике, охранных системах и устройствах, а также частью гидроакустических преобразователей и антенн для подводных лодок и надводных судов. В медицине на основе пьезоэлементов изготавливают преобразователи для измерителей артериального давления и ультразвуковой диагностики. Пьезоэлементы используют в качестве чувствительных элементов в датчиках давления для испытания оружия и взрывчатых веществ, а также измерения давления в двигателях внутреннего сгорания или пере-

грузок и ускорений в движущихся объектах, например, в ракетах, самолетах, автомобилях и т. д. В сканирующих зондовых микроскопах пьезоэлементы выполняют роль точных позиционирующих устройств, а в робототехнике – безредукторных высокоточных исполнительных механизмов и датчиков [1–7].

Одной из важных задач при разработке указанных выше устройств является измерение электрических и механических характеристик пьезокерамических изделий. Правильно полученные характеристики пьезоэлемента ускоряют их производство, а новые преобразователи, разработанные с помощью предложенного комплекса, будут иметь лучшие технические характеристики.

Целью настоящей статьи является создание высокоэффективного интеллектуального комплекса, с помощью которого будут разработаны и исследованы высокоэффективные многокомпонентные пьезоэлектрические элементы для приборостроения, медицины, робототехники и др.

Постановка задачи

Тематика работы направлена на решение следующих задач:

1. Разработать модули для измерения электрических параметров: амплитудно-частотной, фазочастотной, импульсной и переходной характеристик, а также заряда, мощности, времени отклика, динамической емкости пьезоэлементов, которые являются составными частями высокоэффективного многомодульного комплекса.

2. Разработать модули для измерения механических параметров, которые позволяют определить форму и амплитуду колебаний, массу, пьезомодуль, мощность излучаемого звукового давления, влияние температуры и скорость звука в пьезоэлементе.

3. Разработать программное обеспечение для сбора, обработки, анализа полученных данных с пьезокерамических элементов и управления периферийными устройствами.

4. Разработать новую технологию проектирования изделий пьезоэлектроники с помощью предложенного комплекса.

5. Разработать интерактивный модуль звукового сопровождения, который позволит облегчить взаимодействие пользователя с предложенной системой.

6. Разработать и изготовить конструкцию предложенной системы и исследовать с ее помощью экспериментальные образцы пьезоэлектрических преобразователей.

Обзор литературы. Измерение и контроль параметров пьезоэлектрических колебательных систем невозможно без количественной и качественной информации об их параметрах [8]. Получение такой информации возможно только с помощью измерений. В таблице 1 приведена классификация измеряемых параметров пьезоэлемента.

Таблица 1

Классификация измеряемых параметров пьезоэлементов

Электрические параметры	Физические параметры (механические)
Электрическая емкость	Температура Кюри
Индуктивность	Скорость звука
Активное электрическое сопротивление	Механическая добротность
Относительная диэлектрическая проницаемость	Амплитуда колебаний
Резонансная и антирезонансная частота	Форма колебаний
Электрическая прочность	Механическая деполяризация
Электрическая деполяризация	Термальная деполяризация
Коэффициент электромеханической связи	Плотность
Тангенс угла диэлектрических потерь	Модуль Юнга

Как видно из таблицы измеряемые параметры можно разделить на электрические и условно физические (механические).

В процессе анализа измеряемых параметров были определены методы измерения параметров пьезоизделий, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2

Классификация методов измерения параметров пьезоэлементов

Электрические параметры	Физические параметры
Фазовый и амплитудный метод измерения резонансной и антирезонансной частоты колебаний	Определение формы колебаний с помощью Хладни фигур
Квазистатистический метод измерения сопротивления	Дифракционный метод измерения микроперемещений
Метод схем замещения измерения сопротивления	Метод оптической регистрации акустических колебаний пьезоэлементов
Метод последовательного резонанса для измерения ёмкости и индуктивности	Определение виброакустических характеристик методом лазерно-компьютерной интерферометрии
Метод затухания свободных колебаний для измерения ёмкости, индуктивности и сопротивления	Использование специализированных датчиков для определения микроперемещений

Специфичность и малая распространенность технологических аппаратов обусловили отсутствие специализированного измерительного оборудования, поэтому возникла необходимость в разработке новых методов измерения и группирование старых в единый комплекс для анализа электрических и механических параметров пьезокерамического изделия. Для разработки нового комплекса по определению параметров пьезокерамических изделий проведен поиск аналогов, который представлен ниже.

Дифракционный метод для измерения микроперемещений. При применении дифракционного метода для измерения микроперемещений обычно используют метод теневой проекции, который заключается в регистрации координаты перепада свет-тень с помощью многоэлементного фотоприемника. В этом случае изменение положения перепада свет-тень линейно связано с изменением длины образца. Недостатком данного метода является низкая чувствительность к перемещению и необходимость калибрования регистратора изображения [9].

Измерительный преобразователь. К преимуществам созданных измерительных преобразователей следует отнести возможность прямого превращения амплитуды в электрический сигнал и малую площадь контакта с излучающей поверхностью, что позволяет исследовать распределение колебаний на ней.

Стробоскопический бесконтактный метод контроля. Способ стробоскопического бесконтактного контроля колебаний излучающей поверхности колебательной системы основан на использовании двухцветного источника излучения, который позволяет повысить точность и автоматизировать процесс измерений. Метод основан на регистрации изображения, которое перекрывается колеблющейся поверхностью. Недостатком данного метода является невозможность перенастройки под другие образцы пьезокерамики.

Программно-аппаратный комплекс FREGRAF для исследования и контроля параметров пьезопреобразователей и пьезоэлементов. Комплекс состоит из компьютера и автономного блока, функционирование которых обусловлено специально разработанным пакетом программ [10].

Программное обеспечение комплекса создано с использованием объектно-

ориентированного подхода. Основная работа ведется в отдельном потоке, что позволяет избежать замедления работы интерфейса. Есть возможность подключения плагинов.

Недостатком данного комплекса является его относительно малая функциональность, заключающаяся в том, что с его помощью возможно определение только электрических характеристик.

Автомат для измерения параметров и паспортизации пьезоэлементов, преобразователей, и устройств пьезотехники «Пьезо-1». Автомат предназначен для использования в качестве универсального рабочего измерительного средства при измерении параметров и паспортизации пьезокерамики, пьезоэлементов, преобразователей и других устройств пьезотехники.

Измерения параметров проводятся податчей на исследуемый образец переменного электрического напряжения в области резонанса. Основное преимущество автомата – высокая производительность определения широкого спектра параметров контролируемых изделий при обеспечении всех метрологических требований стандартов, которые действуют, и автоматической паспортизации измеряемых устройств.

Тестеры пьезомодуля. Приборы предназначены для определения пьезомодуля пьезоэлемента [11].

В своих трудах Земляков В. Л., Ключников С. Н. [12] значительное внимание уделяют определению электрических характеристик пьезокерамических элементов, таких как модуль проводимости, добротность и пьезомодуль. Однако, полученные данные не полностью характеризует пьезокерамическое устройство. Эти методики могут быть применены для упрощенной проверки бракованных элементов в промышленных условиях. В частности, примером этого является методика контроля электрических параметров, описанная в работе Бодриковой Т. А. [13]. Определение некоторых механических параметров, например, исследование колебаний и микроструктуры пьезоэлемента описаны в работах Pavel Psota, Yibo Li, Seonghoon Kim и Галияровой Н. М. [14–17]. Однако, для разработки, например, ультразвукового дальномера или пьезоэлектрических моторов этих параметров недостаточно. Кроме этого, в приведённых работах не рассматривается взаимосвязь пьезо-

зокерамического изделия с электронными компонентами.

Таким образом, представленные в данном обзоре устройства для исследования пьезоэлементов определяют либо только электрические, либо только механические характеристики, что в большинстве случаев бывает недостаточно.

Материалы и методы

В рамках работы предлагается новая методика исследования пьезоэлектрических элементов (изделий) для приборостроения, медицины, робототехники и др. На сегодня основные методы исследования пьезоэлементов узкоспециализированные. То есть при изготовлении изделий определенного класса

используются системы узкого назначения. В свою очередь изменение типа изделия требует использования другого типа оборудования. Свидетельством этого, например, является производство электроакустических преобразователей, в которых при изготовлении необходимо контролировать резонансную частоту, ток и диаграмму направленности, что требует применения нескольких измерительных приборов. Поэтому, отличие предложенной методики исследования заключается в комплексном подходе к контролю электрических и механических параметров пьезоэлектрических элементов.

Функциональная схема разработанного устройства состоит из модулей (рис. 1).

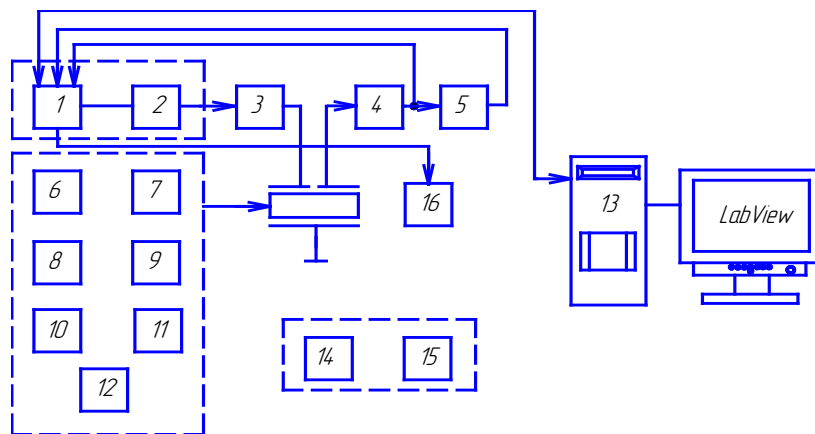


Рис. 1. Функциональная схема устройства для исследования ПЭ:

- 1 – микроконтроллерный блок; 2 – генератор; 3 – усилитель мощности; 4 – пиковый детектор; 5 – фазовый детектор; 6 – модуль для воздействия внешней силой на ПЭ; 7 – модуль для определения формы колебания ПЭ; 8 – модуль для определения амплитуды колебаний ПЭ; 9 – модуль для определения массы ПЭ; 10 – модуль для определения звукового давления излучающим ПЭ; 11 – модуль для определения вибрации; 12 – модуль для определения влияния температуры на свойства ПЭ; 13 – компьютер; 14 – звуковое сопровождение; 15 – сенсорная панель; 16 – модуль памяти

Основным узлом для сбора, обработки и управления всеми процессами в разработанном комплексе является микроконтроллерный блок. В данном блоке использован микроконтроллер фирмы Microchip (PIC18F4550). Основным преимуществом микроконтроллера PIC18F4550 является многофункциональность, большое количество встроенных каналов АЦП, большой объем памяти, аппаратная реализация протокола USB, а также низкое энергопотребление, основанное на разных программных опциях и фирменной технологии nanoWatt.

В модуле для измерения электрических характеристик пьезоэлемента основным элементом является микросхема-синтезатор (AD9833), которая используется в качестве широкополосного генератора сигналов. Она позволяет формировать нужную форму (синусоидальную, прямоугольную и треугольную) и частоту (0–5 МГц) сигнала с шагом 0,1 Гц. На рис. 2 показана принципиальная схема и формы выходного сигнала генератора на частоте 70 кГц, которая соответствует рабочей частоте пьезоэлектрического мотора PM-20R.

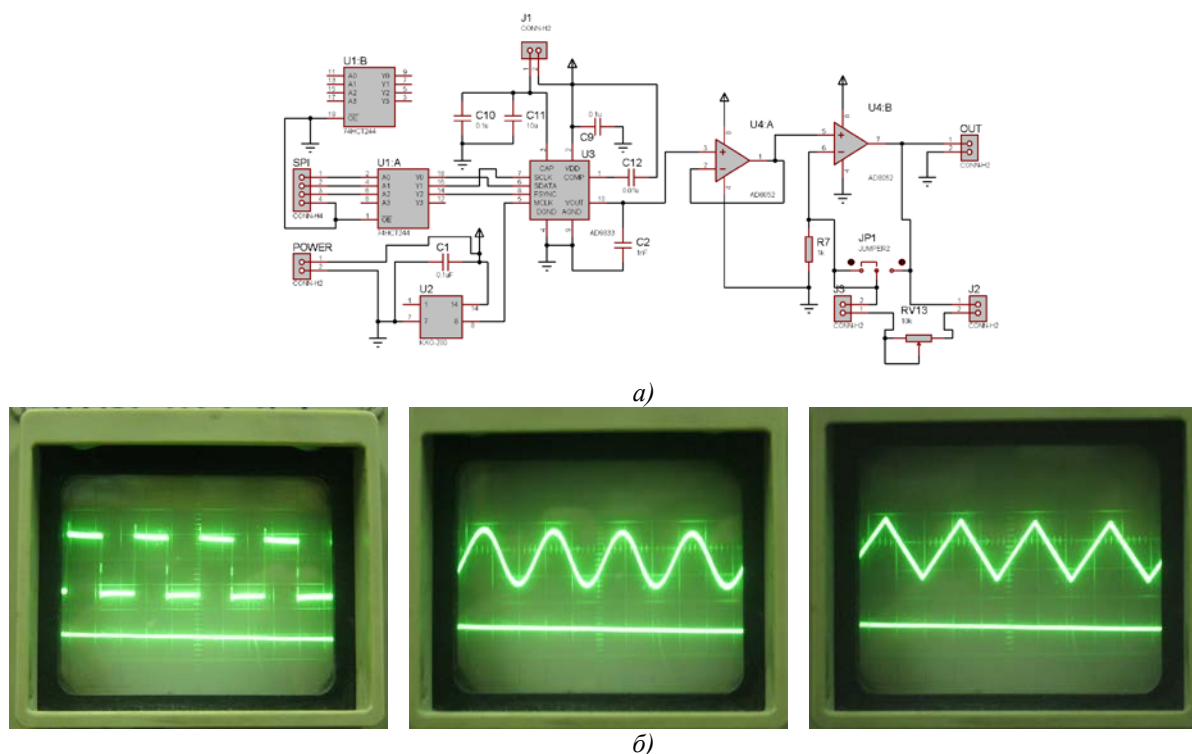


Рис. 2. Модуль генератора сигналов: а) принципиальная схема;
б) форма выходных сигналов на частоте 70 кГц

Для увеличения мощности выходного сигнала генератора было исследовано два варианта выходных каскадов. Первый выходной каскад основан на полумостовой схеме MOSFET транзисторов, которые управляются специализированным драйвером IR2101 (рис. 3а). Второй вариант основан на выход-

ном повышающем высокочастотном трансформаторе (рис. 3б). В практическом исполнении было реализовано по два каскада каждого из вариантов на одной печатной плате (рис. 3в). Это необходимо для настройки и исследования пьезоэлектрических моторов на основе бегущей волны.

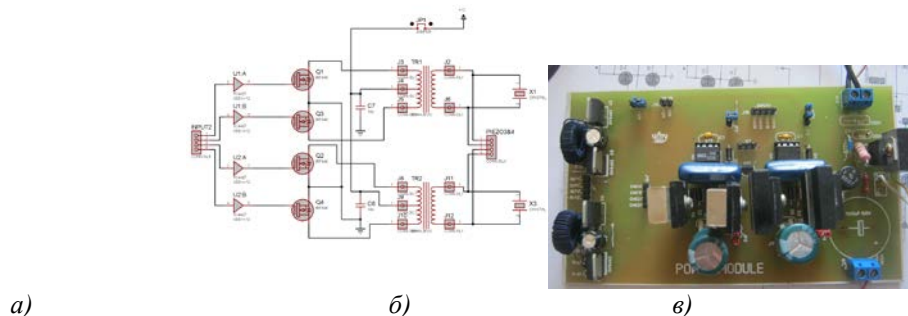


Рис. 3. Модуль усилителя мощности: а) принципиальная схема полумостового выходного каскада;
б) принципиальная схема выходного каскада на основе повышающего высокочастотного трансформатора

Таким образом, используя генератор с усилителем мощности и встроенный АЦП микроконтроллера можно измерять амплитудно-частотную, фазочастотную, импульсную, переходную характеристики, а также активное сопротивление ПЭ, динамическую емкость и индуктивность.

Для измерения механических характеристик ПЭ используются дополнительные модули, которые расположены в устройстве. Эти модули позволяют определить форму и амплитуду колебания, массу, пьезомодуль, мощность излучаемого звукового давления, влияние температуры и скорость звука, а также нагрев в пьезоэлементе.

Модуль для определения силы включает ударный механизм, который влияет на ПЭ с заданной силой. В основе модуля измерения амплитуды колебаний лежит емкостной датчик. Измерительным устройством модуля для определения звукового давления ПЭ является электретный микрофон. Кроме того, разработанное устройство позволяет передавать из-

меренные данные на компьютер для последующей обработки.

Модуль для определения вибрации (ускорения) основан на акселерометре MMA8451Q. Этот модуль может быть использован и для определения формы колебаний пьезоэлемента (рис. 4). Модуль закрепляется или на ПЭ, или на основании, где располагается исследуемый объект.

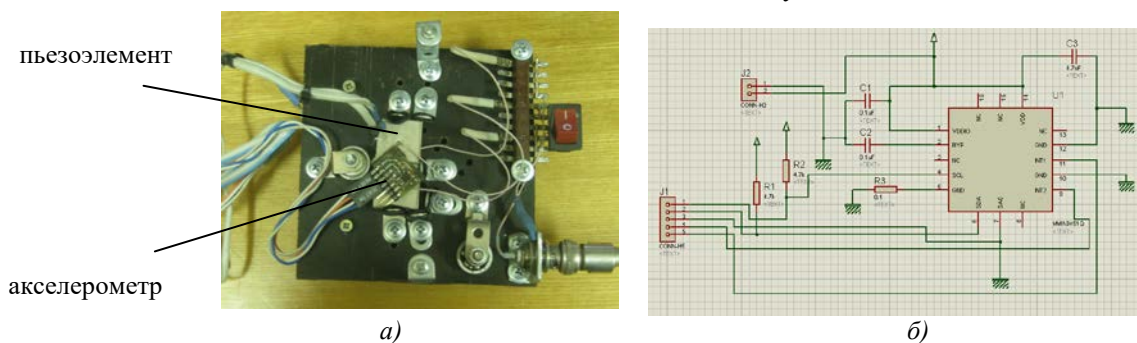


Рис. 4. Модуль для определения вибрации (ускорения):

а) экспериментальный образец; б) принципиальная схема

На рис. 5 представлен модуль памяти, который состоит из микросхем ОЗУ, EEPROM и MMC карты. Этот модуль предна-

значен для буферизации измеренной информации, а также для хранения констант и эталонных значений.

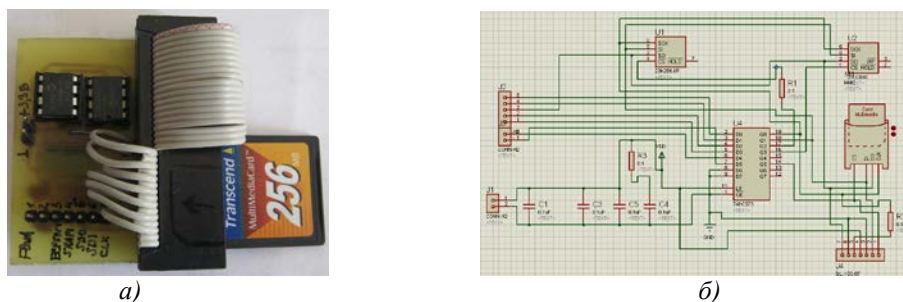


Рис. 5. Модуль памяти: а) экспериментальный образец; б) принципиальная схема

Разработанный комплекс может работать в ручном режиме или под управлением компьютера. Связь между компьютером и разработанным комплексом осуществляется согласно протоколу USB. Программное обеспечение комплекса основано на пакете программ Labview.

Программирование в Labview осуществляется на уровне функциональных блок-диаграмм. Объединение графического языка программирования и современного компилятора позволяет значительно сократить время разработки сложных систем при сохранении высокой скорости выполнения программ. Labview, как графическая система программирования на уровне функциональных блок-диаграмм, позволяет графически объединять

программные модули в виртуальные инструменты (Virtual Instruments – VI).

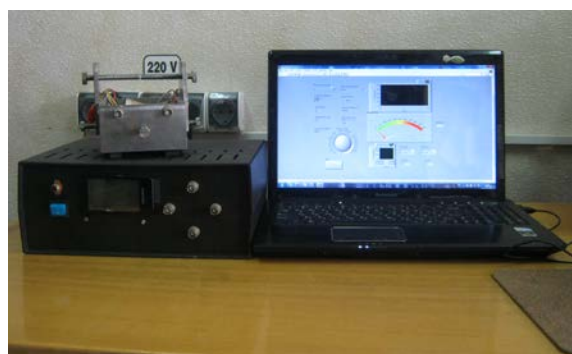


Рис. 6. Высокоэффективный интеллектуальный комплекс для разработки и исследования пьезоэлектрических компонентов в приборостроении, медицине и робототехнике

Разработанное программное обеспечение расширяет функциональные возможности предложенного комплекса. Оно позволяет использовать комплекс в качестве генератора качающейся частоты (путем изменения начальной и конечной частоты, а также формы сигнала), а также контролировать перемещение пьезоактуатора, выводить в графиках сигналы, измеренные акселерометром, термодатчиком и т.д.



а)



б)

Рис. 7. Исследуемые образцы:

а) пьезомотор PM-20R; б) разработанный пьезоэлектрический актуатор

Разрабатываемый комплекс позволяет использовать множество схем измерения пьезокерамических изделий. Приведем одну из них.

Для определения подходящей формы колебаний в разрабатываемом пьезоэлектрическом актуаторе можно воспользоваться двумя методами: на основе фигур Хладни и при помощи акселерометра.

Схема измерения представлена на рис. 8. Обязательным элементом в схеме измерения является контроль тока, поскольку этим параметром определяется резонансная частота пьезомотора, вторым элементом измерения является контроль температуры.

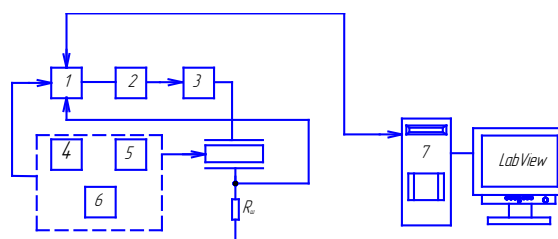
Данная схема также используется для настройки пьезоэлектрического мотора на рабочую резонансную частоту, с учетом его тепловых характеристик. Принцип работы заключается в следующем. Управляющая программа с компьютера по протоколу USB передает данные в микроконтроллер. Данные содержат значения частоты, форму сигнала, сдвиг фазы, выбор канала, а также запуск измерения температуры и тока. В свою очередь микроконтроллер по протоколу SPI передает значения частоты синтезатору (генератору), который формирует нужный сигнал (рис. 2б). Определение нужной формы сигнала осуществляется при помощи метода фигур Хлад-

Общий вид разработанного интеллектуального технологического комплекса для исследования пьезокерамических изделий представлен на рис. 6.

Эксперименты

При помощи разработанного комплекса были проведены исследования пьезодвигателей. На рис. 7 показаны экспериментальные образцы пьезодвигателей, один из которых заводской, а второй – разработанный коллективом авторов пьезоактуатор.

ни, а также экспериментального метода, основанного на акселерометре. Контроль тока осуществляется при помощи шунта $R_{ш}$. Датчик температуры располагается в непосредственной близости от исследуемого образца.

**Рис. 8. Общая измерительная схема экспериментов для определения подходящей формы колебания пьезокерамического актуатора, а также его нагрева и потребления тока:**

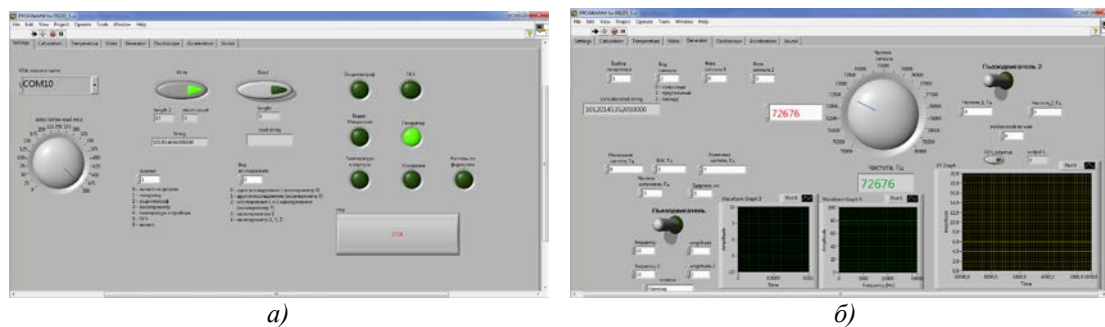
1 – микроконтроллер; 2 – генератор;
3 – усилитель мощности; 4 – датчик температуры;
5 – акселерометр; 6 – видеокамера; 7 – компьютер

Кроме представленных выше образцов были проведены исследования и с другими изделиями из пьезокерамики.

Результаты

Далее приведены результаты, полученные на основе представленного выше метода.

На рис. 9 представлено рабочее окно управляющей программы.



а) б)

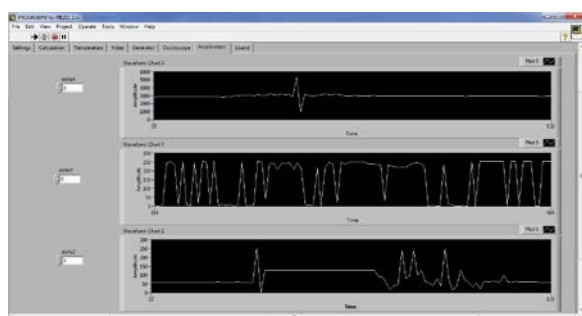
Рис. 9. Рабочее окно управляющей программы:

а) окно настроек и выбора режима; б) окно настроек генератора

Распределение колебаний по поверхности одного из актуаторов оценивалось методом фигур Хладни. В случае стоячих волн на резонансных частотах контрастный по цвету порошок распределялся со стороны металлической пластины в узлах колебаний и, таким образом, выявлял их. На рис. 10 представлены экспериментально полученные фигуры Хладни разрабатываемого пьезоэлектрического актуатора.

**Рис. 10. Определение формы колебания пьезоэлемента при помощи фигур Хладни**

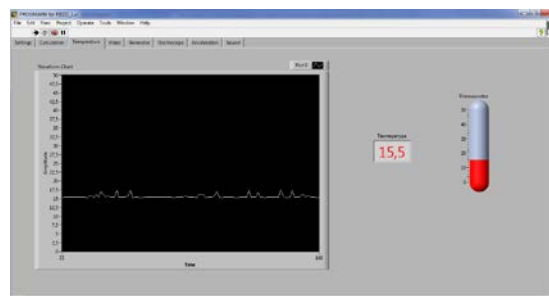
На рис. 11 представлены графики зависимости измерения вибрации при помощи разработанного комплекса.

**Рис. 11. Графики зависимости измерения вибрации**

Изменение температуры исследуемого образца фиксировалось при помощи цифрового датчика DS18B20. Полученные данные представлены на рис. 12.

Таким образом, предложенный высокоэффективный интеллектуальный комплекс для разработки и исследования пьезоэлектри-

ческих компонентов в приборостроении, медицине и робототехнике, используя комплексный подход к определению характеристик пьезоэлектрических изделий, дает общую оценку исследуемых образцов.

**Рис. 12. Измерение температуры при помощи разработанного комплекса**

Обсуждение

По мнению авторов, подход к проблеме создания пьезоэлектрических компонентов должен быть комплексным, поскольку спецификой этих компонентов является дуализм физической природы пьезоэлектрических материалов и компонентов на их основе. То есть пьезоэлектрическим компонентам свойственны как электрические, так и механические свойства. Новизной работы является комплексный подход к измерению электрических и механических параметров пьезоэлектрических элементов (изделий), в частности, формы и амплитуды колебаний, массы, пьезомодулей, мощности излучаемого звукового давления, влияния температуры и скорости звука, амплитудно-частотной, фазочастотной, импульсной и переходной характеристик, а также заряда, времени отклика, динамической емкости пьезоэлементов. Особое внимание уделяется разработке интеллектуального программного обеспечения, позволяющего быстро и удобно получать, анализировать и кор-

ректировать характеристики и параметры исследуемых пьезоэлектрических объектов.

Выводы

Снижение рабочей частоты колебаний, повышение уровня звукового давления и расширение полосы пропускания, которые являются основными параметрами пьезоэлектрических компонентов и характеризуют их эффективность, чувствительность, дальность обнаружения объектов, можно обеспечить за счет разработанных авторами методов дополнительных электрических, электромеханических и акустических систем. Автоматизация данного процесса позволит ускорить и наладить технологию проектирования высокоэффективных пьезоэлектрических систем.

С практической точки зрения результаты будут полезными, поскольку расширят возможности проектирования пьезоэлектрических компонентов и систем, предназначенных для приборостроения, медицины и робототехники.

Таким образом, разработан высокоэффективный интеллектуальный комплекс для разработки и исследования пьезоэлектрических компонентов в приборостроении, медицине и робототехнике. В перспективе возможно дальнейшее усовершенствование модулей и методик измерения, используемых в данном комплексе, а также разработка новых модулей и методик для последующего расширения возможностей разрабатываемого комплекса.

Благодарности

Авторы выражают признательность за научную консультацию и техническую помощь д.т.н., профессору Петренко Сергею Федоровичу, директору ТОВ «Лилея» (<http://piezomotor.com.ua/>).

Список літератури

1. Шарапов В. М., Мусиенко М. П., Шаропова Е. В. Пьезокерамические преобразователи физических величин: монография. М.: Техносфера, 2006. 632 с.
2. Смирнов А. Б. Мехатроника и робототехника. Системы микроперемещений с пьезоэлектрическими приводами: учеб. пособ. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003.
3. Бобцов А. А., Бойков В. И., Быстров С. В., Григорьев В. В. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений. СПб.: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2011. 131 с.
4. Панич А. Е., Жуков С. Н. Пьезоэлектрическое приборостроение. Т. 4: Пьезоэлектрические актуаторы. Ростов-на-Дону: Издательство ЦВВР, 2008. 159 с.
5. Physik Instrumente (PI) URL: <http://www.physikinstrumente.com/>
6. Петренко С. Ф. Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении. К.: Корнійчук, 2002. 96 с.
7. Tichy Jan, Erhart Jiry, Kittinger Erwin, Privratska Jana. Fundamentals of Piezoelectric Sensorics. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, 2010.
8. Sharapov V. Piezoceramic sensors. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, 2011. 498 p.
9. Журавлёв О. А., Шапошников Ю. Н., Щеглов Ю. Д. Электронный корреляционный спекл-интерферометр. Тезисы докладов VI учебно-методической конференции стран Содружества. М., 2000.
10. Программно-аппаратный комплекс Fregraf для исследования и контроля параметров пьезопреобразователей и пьезоэлементов. URL: <http://fvt.sfedu.ru/ksoftware/KFreGraf2Article1.html/>
11. Пьезоэлектрическая керамика: принципы и применение / пер. с англ. С. Н. Жукова Мн. ООО «ФУА информ», 2003. 112 с.
12. Земляков В. Л., Ключников С. Н. Упрощенное определение параметров пьезоматериалов на образцах элементов в форме диска. *Инженерный вестник Дона*. 2012. № 3. С. 483–490.
13. Бодрикова Т. А., Ключников С. Н. Исследование быстродействия методов определения параметров пьезокерамических элементов. *Инженерный вестник Дона*. 2013. Т. 24. № 1.
14. Pavel Psota, Vaclav Kopecky, Vit Ledl, Roman Doleček. Digital Holographic Method for Piezoelectric Transformers Vibration Analysis. *EPJ Web of Conferences*. 2013/48, 00021. P. 1–6.

15. Yibo Li, Zhaohui Liu, Yanmei Liu. Hysteresis Modeling of Piezoelectric Actuators and Feed – Forward Compensation Algorithm Research. *International Journal of Control and Automation*. 2015. Vol. 8. No. 12. P. 331–340.
16. Seonghoon Kim, Junan Shen Piezoelectric-Based Energy Harvesting Technology for Roadway Sustainability. *International Journal of Applied Science and Technology*. 2015. Vol. 5. No. 1. P. 20–25.
17. Галиярова Н. М., Стреляева А. Б. Микро-структура пьезокерамики на основе титаната-цирконата. *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. 2012. № 2 (18). С. 114–119.
9. Zhuravlyov, O. A., Shaposhnikov, Yu. N., Shheglov, Yu. D. (2000) E'lektronny'j korrelyacionny'j spekl-interferometr. *Tezisy' dokladov VI uchebno-metodicheskoy konferencii stran Sodruzhestva*.
10. Programmno-aparatnij kompleks Fregraf dlya issledovaniya i kontrolya parametrov p'ezo-preobrazovatelej i p'ezozoelementov. URL: <http://fvt.sfedu.ru/ksoftware/KFreGraf2Article1.html/>
11. P'ezoe'lektricheskaya keramika: principy i primeneniye (2003) / per. s angl. S. N. Zhukova. Mn. ООО “FUA inform”, 112 p.
12. Zemlyakov, V. L., Klyuchnikov, S. N. (2012) Uproshhennoe opredeleniye parametrov p'e-zomaterialov na obrazczax e'lementov v forme diska. *Inzhenerny'j vestnik Dona*, № 3, pp. 483–490.

References

1. Sharapov, V. M., Musienko, M. P., Sharapova, E. V. (2006) P'ezokeramicheskie preobrazovateli fizicheskix velichin: monografiya. M.: Texnosfera, 632 p.
2. Smirnov, A. B. (2003) Mexatronika i robototexnika. Sistemy' mikroperemeshhenij s p'ezoe'lektricheskimi privodami: ucheb. posob. SPb.: Izd-vo SPbGPU.
3. Bobczov, A. A., Bojkov, V. I., By'strov, S. V., Grigor'ev, V. V. (2011) Ispolnitel'ny'e ustrojstva i sistemy' dlya mikroperemeshhenij. SPb.: Izd-vo SPbGU ITMO, 131 p.
4. Panich, A. E., Zhukov, S. N. (2008) P'ezoe'lektricheskoe priborostroenie. T. 4: P'ezoe'lektricheskije aktuatory'. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo CzVVR, 159 p.
5. Physik Instrumente (PI). URL: <http://www.physikinstrumente.com/>.
6. Petrenko, S. F. (2002) P'ezoe'lektricheskij dvigatel' v priborostroenii. K.: Korniiichuk, 96 p.
7. Tichy, Jan, Erhart, Jirj, Kittinger, Erwin, Privratska, Jana (2010) Fundamentals of Piezoelectric Sensorics. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer.
8. Sharapov, V. (2011) Piezoceramic sensors. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, 498 p.
13. Bodrikova, T. A., Klyuchnikov, S. N. (2013) Issledovanie by'strodejstviya metodov opredeleniya parametrov p'ezokeramicheskix e'lementov. *Inzhenerny'j vestnik Dona*, vol. 24, № 1.
14. Psota, Pavel, Kopecky, Vaclav, Vit, Ledl, Doleček, Roman (2013) Digital Holographic Method for Piezoelectric Transformers Vibration Analysis. *EPJ Web of Conferences*. 2013/ 48, 00021, pp. 1–6.
15. Yibo, Li, Zhaohui, Liu, Yanmei, Liu (2015) Hysteresis Modeling of Piezoelectric Actuators and Feed – Forward Compensation Algorithm Research. *International Journal of Control and Automation*, vol. 8, No. 12, pp. 331–340.
16. Seonghoon, Kim, Shen, Junan (2015) Piezoelectric-Based Energy Harvesting Technology for Roadway Sustainability. *International Journal of Applied Science and Technology*, vol. 5, No. 1, pp. 20–25.
17. Galiyarova, N. M., Strelyaeva, A. B. (2012) Mikrostruktura p'ezokeramiki na osnove titanata-cirkonata svincza. *Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vy'sokie texnologii*, № 2 (18), pp. 114–119.

S. A. Filimonov, Ph. D. (Eng.), Assoc. Prof.,
C. V. Bazilo, Ph. D. (Eng.), Assoc. Prof.,
Yu. Yu. Bondarenko, Ph. D. (Eng.), Assoc. Prof.,
A. V. Batrachenko, Ph. D. (Eng.), Assoc. Prof.,
N. V. Filimonova, assistant
Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

**CREATING HIGH-EFFICIENT INTELLECTUAL COMPLEX FOR DEVELOPING
AND RESEARCHING PIEZOELECTRIC COMPONENTS IN INSTRUMENT MAKING,
MEDICINE AND ROBOTICS**

The designing and development of a complex for diagnostics and research of piezoelectric products, which have found wide application in the field of instrument making, medicine, robotics, are conducted in the work. The problem of characteristics measurement and diagnostics of piezoelectric components is the specificity of these components, namely in their inherent electrical and mechanical properties. Within the framework of the work, an integrated approach to measuring electrical and mechanical parameters of piezoelectric elements and products based on them is used. The project pays special attention to the development of intelligent software that will quickly and conveniently receive, analyze and correct the characteristics and parameters of the piezoelectric objects under study. Based on the research results, a highly effective intelligent complex is being developed, the method for the basic parameters of piezoelectric products optimization is automated, and the main criteria for high-efficiency piezoelectric systems designing on the basis of analysis of the results of research of the main components of piezoelectric equipment are established.

Keywords: Piezoelectric element, piezomotor, piezoelement research, data processing software.

*Рецензенти: В. М. Рудницький, д.т.н., професор,
В. І. Гордієнко, д.т.н.*

В. В. Лепський, к.мед.н., доцент, докторант

e-mail: cherkassymsek@ukr.net

Черкаський державний технологічний університет,
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЦІННОСТЕЙ СТЕЙКХОЛДЕРІВ ПРОЕКТІВ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО МЕДИЧНОГО ЗАКЛАДУ

Інтеграція України у європейську та світову спільноту є актуальною у всіх сферах життєдіяльності населення та промисловості нашої країни. Це призводить до того, що кожна галузь економіки країни повинна забезпечувати конкурентоспроможність своїх товарів, робіт та послуг, що також стосується й медичної галузі. Протягом останнього десятиліття керівництво галузі ставило перед собою задачу щодо реформування системи охорони здоров'я з метою приведення її у відповідність до європейських та міжнародних стандартів, забезпечення надання якісних медичних послуг в умовах українського сьогодення. Одним із шляхів забезпечення життєздатної конкурентоспроможної системи охорони здоров'я є застосування проектного підходу в медичній галузі, який дозволить підвищити ефективність управління медичними закладами. У статті пропонується проведення ідентифікації цінностей стейкхолдерів проектів проектно-орієнтованого медичного закладу (ПОМЗ), як складової методології інтегрованого управління медичними закладами, що дозволить провести аналіз характеристик всіх зацікавлених сторін медичних проектів з метою задоволення їх потреб як для успішної реалізації медичних проектів, так і для отримання вигоди самими стейкхолдерами.

Ключові слова: медичний заклад, інтегроване управління проектно-орієнтованими медичними закладами, медичний проект, ідентифікація цінностей, стейкхолдери медичних проектів.

Постановка проблеми

Проекти ПОМЗ характеризує наявність зовнішнього та внутрішнього оточення, елементи якого виявляють зацікавленість у ході планування або реалізації проектів або зацікавлені у їх результатах, з причини чого вони можуть здійснювати вплив на проекти. Такі елементи оточення в управлінні проектами та програмами називають зацікавленими сторонами проекту або стейкхолдерами.

Управління зацікавленими сторонами або стейкхолдерами проектів ПОМЗ є актуальним та вимагає здійснення постійної комунікації із стейкхолдерами для розуміння їх потреб та очікувань, реагування на проблеми, що можуть виникнути, управління конфліктуючими інтересами та залучення зацікавлених сторін у прийняття рішень та в операції проекту. Задоволеністю стейкхолдерів слід управляти як однією із ключових цілей проекту.

Це свідчить про необхідність створення ефективної системи охорони здоров'я з метою надання якісних медичних послуг для задоволення потреб у лікуванні населення всіх регіонів України. Ефективна система охорони

здоров'я повинна забезпечити економічну, соціальну та наукову переваги на конкурентному ринку медичних послуг. Для цього необхідно ідентифікувати цінності стейкхолдерів медичних проектів.

Аналіз останніх досліджень

Управління зацікавленими сторонами проекту включає чотири стандартних етапи [1, 2]:

- визначення зацікавлених сторін;
- планування управління зацікавленими сторонами;
- управління залученням зацікавлених сторін;
- контроль залучення зацікавлених сторін.

На етапі визначення зацікавлених сторін здійснюється «процес виявлення людей, груп і організацій, на яких може впливати рішення, операцію або результат проекту або які можуть надавати зворотний вплив, а також аналізу і документування значимої інформації щодо їх інтересів, залучення, взаємозалежностей, впливу і потенційного впливу на успіх проекту» [1, с. 391]. При визначенні стейкхо-

лдерів використовуються моделі у вигляді матриць: матриці влади/інтересів, матриці влади/впливу, матриці впливу/дії тощо [3, 4]. Результатом етапу є складений і класифікований реєстр зацікавлених сторін у проекті [5, 6].

На етапі планування управління зацікавленими сторонами відбувається розробка стратегій щодо зацікавлених сторін для забезпечення їх залучення протягом усього проекту, що здійснюється за результатами аналізу їх інтересів, потреб і можливостей впливу на проект [3, 7, 8]. Метою цього етапу є ідентифікація поточного рівня залучення стейкхолдерів у проект (сам рівень, зазвичай, визначається наступною множиною: «необізнаний», «той, що чинить опір», «нейтральний», «той, що підтримує», «той, що лідирує»), планування бажаного рівня залученості, розробка дій щодо ліквідації наявного розриву між поточним і бажаним рівнями. Результатом етапу є план управління зацікавленими сторонами проекту, який, зокрема, у якості суттєвої частини, має містити детальний план комунікацій із стейкхолдерами протягом життєвого циклу проекту або поточної фази.

На етапі управління залученням зацікавлених сторін відбувається реалізація взаємодії зі стейкхолдерами і управління цією взаємодією, що включає здійснення плану комунікацій, реагування (управлінські впливи) на відхилення від плану у вигляді неочікуваних ризиків, проблем та відкритих питань з метою забезпечення визначеного рівня залученості зацікавленої сторони у проект на протязі кожної його фази [1, 6, 8]. Одним з найсуттєвіших процесів, що має відбуватися на цьому етапі, є постійне управління очікуваннями стейкхолдерів в межах взаємодій із ними. При цьому використовуються методи розв'язання конфліктів, методи подолання спротиву змінам тощо. В результаті цього етапу формуються документи щодо результатів взаємодії із стейкхолдерами, а саме: запити на зміни проекту або продукту проекту, журнал проблем, оновлення плану або документів проекту.

На етапі контролю залучення зацікавлених сторін відбувається відслідковування усіх взаємодій зацікавлених сторін з проектом, під час чого здійснюється коригування планів, підходів і моделей залучення стейкхолдерів у проект [1, 3, 7]. Відбувається обмін інформацією із зацікавленими сторонами щодо ходу

реалізації проекту і обговорення щодо задоволення очікувань стейкхолдерів на поточному етапі його реалізації. Для цього проводяться спільні із зацікавленими сторонами наради зі статусу проекту («статус-мітинги»). Результатами етапу є: інформація щодо стану виконання проекту, зворотний зв'язок від стейкхолдерів щодо задоволення їх очікувань і дії з коригування проекту у вигляді запитів на зміни, оновлення документів проекту.

В роботі [9] надано визначення стейкхолдерам медичного проекту.

Для кожного типу медичного проекту ПОМЗ (лікувального, організаційного, наукового) характерним буде свій реєстр стейкхолдерів зі збереженням спільної основної їх групи для усіх типів проектів [9]. Ідентифікація зацікавлених сторін трьох типів медичних проектів буде приведена нижче.

Метою статті є проведення ідентифікації цінностей стейкхолдерів проектів ПОМЗ для визначення ступеня впливу їх на діяльність проектно-орієнтованих медичних закладів, зокрема реалізацію відповідних проектів.

Виклад основного матеріалу

В моделі PMBOK шостої редакції [2] передбачаються деякі зміни щодо наведених етапів. Зокрема, модель відходить від поняття «управління» зацікавленими сторонами, оскільки вони є зовнішніми щодо проекту, і постулювати управління ними є дещо некоректним і занадто амбіційним. Тому в новій редакції стандарту замість «управління» зацікавленими сторонами (Stakeholder Management) буде використовуватись поняття «взаємодія» із зацікавленими сторонами (Stakeholder Engagement), в іншому етапі цієї підсистеми спостереження за зацікавленими сторонами (Monitor Stakeholders) замість знову таки управління ними (Control Stakeholders). Таким чином, у новому стандарті до підсистеми управління взаємодією із зацікавленими сторонами поставились обережніше і коректніше.

В роботі [10] на основі, зокрема, досліджень Скотта [11], пропонується методика взаємодії зі стейкхолдерами з урахуванням фінансового аспекту і необхідності забезпечення планових пропорцій очікуваних вигод стейкхолдерів. Методика складається з наступних кроків [10, с. 129]:

1) виявити стейкхолдерів, структурувати і класифікувати їх;

2) визначити закладені в плани інтереси стейкхолдерів і вивести спільний знаменник фінансових інтересів;

3) опитати представників стейкхолдерів, з'ясувати і проаналізувати обґрунтування очікуваних ними економічних вигод від реалізації стратегії. Порівняти очікування з біржовою і галузевою інформацією;

4) спроектувати нововиявлені інтереси стейкхолдерів на фінансову модель, отримати фінансові інтереси;

5) побудувати кооперативну теоретико-ігрову модель поділу і знайти її рішення для нововиявлених інтересів;

6) зіставити закладені в плани пропорції вигод стейкхолдерів і знайдений теоретико-ігровий баланс інтересів; визначивши ступінь відхилення інтересів в планах від балансу, дати оцінку ймовірності виникнення конфлікту інтересів стейкхолдерів при реалізації стратегії і, відповідно, ймовірності досягнення планових показників.

За результатами досліджень встановлено, що робота із стейкхолдерами має базуватися на сучасних підходах, моделях, методах і методиках. Отже, здійснимо ідентифікацію стейкхолдерів для трьох типів проектів ПОМЗ [12].

Зацікавлені сторони лікувальних проектів ПОМЗ визначимо наступним набором елементів:

- фармацевтичні компанії;
- інвестори (власники) ПОМЗ;
- адміністрація ПОМЗ;
- медичний персонал ПОМЗ;
- допоміжний персонал ПОМЗ;
- постачальники та обслуговуючі організації;
- пацієнти;
- спонсори пацієнтів;
- рідні пацієнтів.

Зацікавлені сторони організаційних проектів ПОМЗ визначимо таким набором елементів:

- місцеві органи влади;
- консалтингові компанії;
- інвестори (власники) ПОМЗ;
- адміністрація ПОМЗ;
- медичний персонал ПОМЗ;
- допоміжний персонал ПОМЗ;

- постачальники та обслуговуючі організації;

- пацієнти;
- спонсори пацієнтів;
- рідні пацієнтів.

Серед зацікавлених сторін наукових проектів ПОМЗ виділимо наступні:

- Міністерство охорони здоров'я України;

- наукова спільнота;

- учбові заклади медичного спрямування;

- наукові і дослідницькі медичні центри;

- інвестори (власники) ПОМЗ;

- адміністрація ПОМЗ;

- медичний персонал ПОМЗ;

- допоміжний персонал ПОМЗ;

- постачальники та обслуговуючі організації;

- пацієнти;
- спонсори пацієнтів;
- рідні пацієнтів.

Модель стейкхолдерів медичних проектів ПОМЗ зображена на рис. 1.

Ідентифікація зацікавлених сторін має супроводжуватися їх категоризацією за певною ознакою. Суттєвим параметром стейкхолдерів може бути визначений їх інтерес до проекту або рівень такого інтересу, сила впливу стейкхолдера на проект або ступінь його залученості до проекту [12].

Однак найбільш адекватною категорією для опису стейкхолдерів проекту вважаємо категорію «цінності». Поняття управління цінностями у проектах привнесено японською методологією Program and project management for enterprise innovation (P2M) [13] і розвинуте, зокрема, у роботах Бушуєва С. Д. [14, 15]. Методологія P2M визначає цінність проекту через його місію: «Цінність проекту визначається вигодою, яку надає продукт проекту при виконанні вимог, що містяться в місії проекту» [13, с. 42], а також виділяє чотири типових цінності, що у нашому випадку доцільно застосувати до зацікавлених сторін:

- унікальна цінність активу;
- цінність інновації;
- цінність для власника і зацікавлених сторін;
- цінність інтелектуального активу.

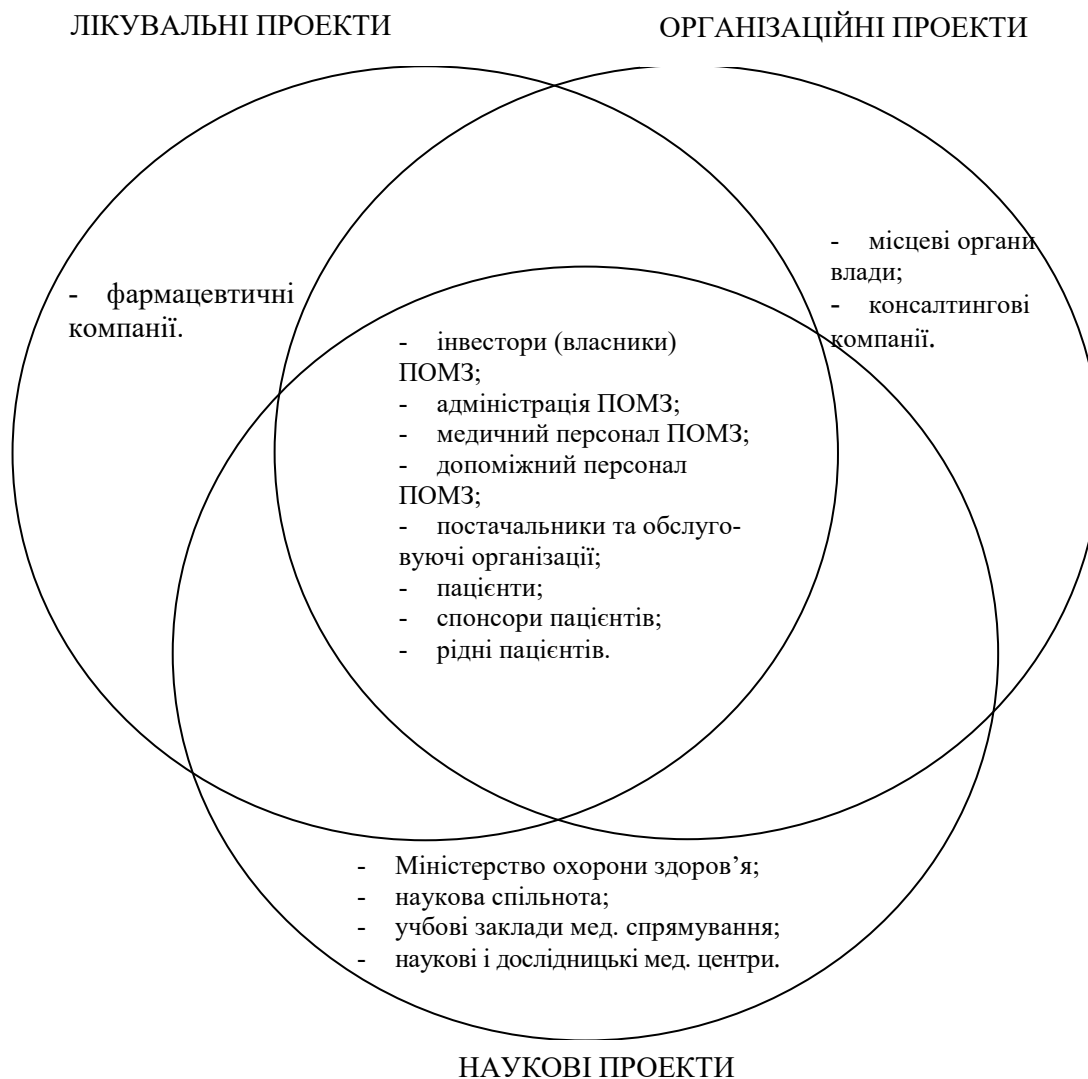


Рис. 1. Спільні і унікальні стейкхолдери трьох типів медичних проектів ПОМЗ

Унікальна цінність активу належить, як правило, користувачу продукту проекту. У ролі такого користувача виступає сам медичний заклад для організаційних і наукових проектів, і пацієнт – для лікувальних проектів [3, 9, 16]. Цінність інновації розділяють команда проекту, власник проекту (інвестор або власник ПОМЗ) і користувач продукту проекту. Носієм цінності інтелектуального активу є команда проекту, яка під час реалізації проекту надбає необхідний досвід для реалізації подібних проектів у майбутньому [2, 10, 13].

Слід детальніше зупинитися на цінності для власника і зацікавлених сторін. Залишаючи за дужками безпосереднього учасника про-

екту – команду управління проектом, визначимо цінності зацікавлених сторін лікувальних (табл. 1), організаційних (табл. 2) і наукових (табл. 3) проектів ПОМЗ [4, 9, 16].

Серед інших характеристик зацікавлених сторін, в зазначених таблицях визначені показники: ймовірності здійснення впливу зацікавленої сторони на проект, сили впливу зацікавленої сторони на проект і можливість команди проекту управляти відносинами із зацікавленою стороною (керованість стейкхолдера). Показники були оцінені за простою якісною шкалою з градаціями: «Н» – низький рівень, «С» – середній рівень, «В» – високий рівень.

Таблиця 1

Характеристика зацікавлених сторін лікувальних проектів ПОМЗ

№	Зацікавлена сторона	Цінності зацікавлених сторін	Ймовірність впливу	Сила впливу	Керованість
1.	Фармацевтичні компанії	Збільшення прибутку, позитивні відгуки пацієнтів, репутація	Н	Н	Н
2.	Інвестори (власники) ПОМЗ	Мінімізація витрат, репутація	В	В	Н
3.	Адміністрація ПОМЗ	Мінімізація витрат, робоче місце, задоволеність пацієнтів	В	В	С
4.	Медичний персонал ПОМЗ	Високий рівень винагороди, робоче місце, задоволеність пацієнтів, визнання	В	С	В
5.	Допоміжний персонал ПОМЗ	Високий рівень винагороди, робоче місце	Н	Н	В
6.	Постачальники та обслуговуючі організації	Репутація, реклама, отримання прибутку, зростання частки ринку	Н	С	С
7.	Пацієнти	Здоров'я, самопочуття, комфорт перебування, приязність персоналу	В	С	С
8.	Спонсори пацієнтів	Реклама, задоволеність пацієнтів, репутація	В	В	Н
9.	Рідні пацієнтів	Ефективність лікування, здоров'я пацієнта, приязність персоналу	С	С	С

Таблиця 2

Характеристика зацікавлених сторін організаційних проектів ПОМЗ

№	Зацікавлена сторона	Цінності зацікавлених сторін	Ймовірність впливу	Сила впливу	Керованість
1.	Місцеві органи влади	Репутація регіону, особиста репутація, зміцнення влади	С	В	Н
2.	Консалтингові компанії	Репутація, реклама, отримання прибутку, розширення ринку	Н	С	С
3.	Інвестори (власники) ПОМЗ	Мінімізація витрат, репутація, підвищення ефективності	В	В	Н
4.	Адміністрація ПОМЗ	Мінімізація витрат, робоче місце, задоволеність пацієнтів, визнання, підвищення ефективності	В	В	С
5.	Медичний персонал ПОМЗ	Високий рівень винагороди, робоче місце, задоволеність пацієнтів	В	В	В
6.	Допоміжний персонал ПОМЗ	Високий рівень винагороди, робоче місце	Н	Н	В
7.	Постачальники та обслуговуючі організації	Репутація, реклама, отримання прибутку, зростання частки ринку	Н	Н	С
8.	Пацієнти	Здоров'я, самопочуття, комфорт перебування, приязність персоналу, поліпшення обслуговування	Н	Н	С
9.	Спонсори пацієнтів	Реклама, задоволеність пацієнтів, репутація	В	С	Н
10.	Рідні пацієнтів	Ефективність лікування, здоров'я пацієнта, приязність персоналу, поліпшення обслуговування	Н	Н	С

Таблиця 3

Характеристика зацікавлених сторін наукових проектів ПОМЗ

№	Зацікавлена сторона	Цінності зацікавлених сторін	Ймовірність	Сила впливу	Керованість
1.	Міністерство охорони здоров'я	Репутація України, сучасний розвиток галузі, позиції на світовому (європейському) ринку, здоров'я населення	С	В	Н
2.	Наукова спільнота	Розвиток науки, престиж фаху, досягнення	Н	С	Н
3.	Учбові заклади мед. спрямування	Престиж фаху, співпраця із медичними закладами	Н	Н	С
4.	Наукові і дослідницькі мед. центри	Впровадження розробок, реклама, престиж, зростання частки ринку	С	В	Н
5.	Інвестори (власники) ПОМЗ	Мінімізація витрат, репутація, лідерство в галузі	С	В	Н
6.	Адміністрація ПОМЗ	Мінімізація витрат, робоче місце, престиж закладу	В	В	С
7.	Медичний персонал ПОМЗ	Високий рівень винагороди, робоче місце, задоволеність пацієнтів, визнання	С	С	В
8.	Допоміжний персонал ПОМЗ	Високий рівень винагороди, робоче місце	Н	Н	В
9.	Постачальники та обслуговуючі організації	Репутація, реклама, отримання прибутку, зростання частки ринку	С	С	С
10.	Пацієнти	Здоров'я, самопочуття, комфорт перебування, приязність персоналу	Н	Н	С
11.	Спонсори пацієнтів	Реклама, задоволеність пацієнтів, репутація	В	С	Н
12.	Рідні пацієнтів	Ефективність лікування, здоров'я пацієнта, приязність персоналу	Н	Н	С

За результатом аналізу характеристик стейкхолдерів необхідно відмітити, що ймовірність впливу зберігається високою у власника проекту і користувача продукту проекту. Так, наприклад, пацієнт, що є користувачем продукту лікувального проекту ПОМЗ, має високу ймовірність впливу на проект, тоді як на організаційні і наукові проекти, де пацієнт не є користувачем продукту, його ймовірність впливу низька.

Високою силою впливу володіють: для лікувальних проектів – інвестори (власники) ПОМЗ, адміністрація ПОМЗ, спонсори пацієнтів; для організаційних проектів – місцеві органи влади, інвестори (власники) ПОМЗ, адміністрація ПОМЗ, медичний персонал ПОМЗ; для наукових проектів – Міністерство охорони здоров'я, наукові і дослідницькі медичні центри, інвестори (власники) ПОМЗ, адміністрація ПОМЗ.

Висновки.

Цінності стейкхолдерів медичних проектів ПОМЗ мають бути задоволені з боку команди проекту під час його реалізації, однак

конкурентні цінності зацікавлених сторін, зовнішні загрози і непередбачувані події можуть перешкоджати цьому процесу. З метою вирішення зазначеної проблеми в подальших дослідженнях необхідно приділити увагу розробленню моделей та методів протидії таких перешкод.

Список літератури

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). Fifth Edition. USA. PMI, 2013. 589 p.
2. Klein M. PMBOK® Guide 6th Edition will be released towards the end of 2017 – what will change? URL: <https://www.projectmanagement.com/blog-post/19415/PMBOK—Guide-6th-Edition-will-be-released-towards-the-end-of-2017---what-will-change-->.
3. Shirley D. (2011) Project Management for Healthcare (ESI International Project Management Series). Taylor&Francis Group, LLC. 240 p.

4. Schwalbe K. An Introduction to Healthcare Project Management. LLC. 2013. 513 p.
5. Ким Е. А. Реализация масштабных инновационных проектов на основе стратегического партнерства в проектно-ориентированных компаниях. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. URL: http://guu.ru/files/referate/2015/kim_e_otz_nau.pdf.
6. Рассел Д. Арчибальд. Управление высокотехнологичными программами и проектами / пер. с англ. Мамонтова Е. В.; под ред. Баженова А. Д., Арефьева А. О. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2010. 464 с.
7. Илларионов А. В., Клименко Э. Ю. Портфель проектов: Инструмент стратегического управления предприятием. М.: Альпина Паблишер, 2013. 312 с.
8. Бурков В. Н., Заложнев А. Ю., Новиков Д. А. Теория графов в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2001. 121 с.
9. Лепский В. В., Данченко Е. Б. Принципы стратегического управления проектами, программами и портфелями медицинского учреждения. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*: Зб. наук. праць. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. Х.: НТУ «ХПІ», 2017. №3 (1225). 110 с. С. 53–58.
10. Санин В. В. Баланс и конфликт интересов стейкхолдеров в стратегических и бизнес-планах компании. *Электронный журнал «Корпоративные финансы»*. № 2(10). 2009. С. 112–132. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/balans-i-konflikt-interesov-steykholderov-v-strategicheskikh-i-biznes-planah-kompanii>.
11. Скотт Марк К. Факторы стоимости: Руководство для менеджеров по выявлению рычагов создания стоимости / пер. с англ. М.: Олимп-Бизнес, 2005. 427 с.
12. Лепський В. В. Стратегічне управління медичними закладами. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2016. № 4. С. 62–67.
13. Руководство по управлению инновационными проектами и программами: т. 1, версия 1.2 / пер. на рус. язык под ред. С. Д. Бушуева. К.: Наук. світ, 2009. 173 с.
14. Бушуев С. Д., Бушуева Н. С., Ярошенко Р. Ф. Модель гармонизации ценностей программ развития организаций в условиях турбулентности окружения. *Управління розвитком складних систем*. 2012. Вип. 10. С. 9–13.
15. Бушуев С. Д., Бушуева Н. С. Формування цінності в діяльності проектно-орієнтованих організацій. *Управління проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. праць*. Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. № 3 (31). С. 5–14.
16. Zanora V., Lepsky V. Integrated management of project-oriented organizations: methodological basis. *European Journal of Economics and Management Sciences*, «EastWest» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. № 2. 2017. Pp. 24–26.

References

1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), Fifth Edition (2013), USA: PMI.
2. Klein, Markus (2016) PMBOK® Guide 6th Edition will be released towards the end of 2017 – what will change? [Internet]. Project Management.com. URL: <https://www.projectmanagement.com/blog-post/19415/PMBOK-Guide-6th-Edition-will-be-released-towards-the-end-of-2017---what-will-change-->.
3. Shirley, D. (2011) Project Management for Healthcare (ESI International Project Management Series): Taylor&Francis Group, LLC.
4. Schwalbe, K. (2013) An Introduction to Healthcare Project Management: LLC.
5. Kim, E. A. (2015) Implementation of large-scale innovative projects based on strategic partnership in project-oriented companies. *Thesis abstract for the degree of candidate of technical sciences*. URL: http://guu.ru/files/referate/2015/kim_e_otz_nau.pdf.
6. Russel, D. Archibald (2010) Management of high-tech programs and projects / translated by Mamontova, E. V., Bazhenov, A. D., Arefiev, A. O. (Ed.), Company IT: DMK PRESS, Moscow, Russia.
7. Illarionov, A. V., Klimenko, E. Yu. (2013) Project Portfolio: Strategic Management Tool : Alpina Publisher, Moscow, Russia.
8. Burkov, V. N., Zalozhnev, A. Yu., and Novikov, D. A. (2001) Graph theory in the

- management of organizational systems: Moscow: Sinteg.
9. Lepskyy, V. V., Danchenko, E. B. (2017) Principles of strategic management of projects, programs and portfolios of a medical institution. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Collection of scientific works. Series: Strategic Management, Portfolio Management, Programs and Projects*, vol. 1225, No. 3, pp. 53–58.
 10. Sanin, V. V. (2009) Balance and conflict of interests of stakeholders in the company's strategic and business plans [Internet]. *Electronic Journal "Corporate Finance"*, vol. 10, No. 2, pp. 112–132. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/balans-i-konflikt-interesov-steykholderov-v-strategicheskikh-i-biznes-planah-kompanii>.
 11. Scott, Mark K. (2005) Cost Factors: A Guide for Managers to Identify Values of Value Creation, translated with Eng, Olimp-Biznes, Moscow.
 12. Lepskiy, V. V. (2016) Strategic management of medical supplies. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, No. 4, pp. 62–67.
 13. The management of innovative projects and programs: Vol. 1, version 1.2 (2009) translated on rus. ed. by S. D. Bushuyeva, Kiev: Science Svit.
 14. Bushuev, S. D., Bushueva, N. S. & Yaroshenko, R. F. (2012) The Model of Harmonization of Values of Development Programs of Organizations in Conditions of Environment Turbulence. *Management of Development of Complex Systems*, No. 10, pp. 9–13.
 15. Bushev, S. D. & Bushueva, N. S. (2009) Formation of value in the activity of design-oriented organizations. *Project management and production development: Collection of scientific works*, vol. 31, No. 3, pp. 5–14.
 16. Zanora V., Lepskyy, V. (2017) Integrated management of project-oriented organizations: methodological basis. *European Journal of Economics and Management Sciences*, «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, No. 2, pp. 24–26.

V. V. Lepskiy, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Doctoral Student
Cherkasy State Technological University
boulevard Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine,
cherkassymsek@ukr.net

IDENTIFYING PROJECTS STAKEHOLDERS' VALUES IN PROJECT-ORIENTED MEDICAL ESTABLISHMENT

Integration of Ukraine into the European and world community is relevant in all spheres of population vital activity and industry of our country. As a result each branch of the country's economy must ensure the competitiveness of its goods, works and services, as well as medical industry.

During the last decade the main task of the industry's management was reforming health care system in accordance with European and international standards, providing high-quality medical services under the conditions of present-day Ukraine.

One of the ways to ensure a viable and competitive health care system is to apply a project approach in medical sector that will improve the efficiency of medical institution management.

The article proposes to determine projects stakeholders' values in project-oriented medical establishment (POME) as a component of integrated management methodology of medical institutions. It allows analyzing characteristics of all medical projects stakeholders for satisfying their requirements both for medical projects successful implementation and for receiving benefits by stakeholders.

The identified stakeholders' value of medical projects will allow teams of these projects to identify obstacles for their successful implementation and develop appropriate models and methods to counteract them.

Keywords: medical institution, integrated management of project-oriented medical establishment, medical project, value identification, stakeholders of medical projects.

Рецензенти: О. Б. Данченко, д.т.н., доцент,
О. В. Коломицева, д.е.н., професор

УДК 005.33

Ю. В. Черненко¹, генеральний директор,**І. Б. Семко²**, к.т.н., старший викладач¹ТОВ «Мастергаз», вул. Лариси Руденко, 6А, оф. 623, м. Київ 02140, Україна²Черкаський державний технологічний університет,
б-р Шевченка, 460 м. Черкаси 18006 Україна

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ РОЗВИТКУ В ІНЖИНІРИНГОВИХ КОМПАНІЯХ ЕНЕРГОРОЗПОДІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

В роботі проводиться аналіз специфіки діяльності інжинірингових компаній енергорозподільчої галузі, наводиться класифікація напрямленостей проектів розвитку в них, визначаються основні обмеження, в оточенні яких знаходяться проекти розвитку.

Ключові слова: управління, проект, розвиток, компанія, енергорозподільча галузь.

Постановка проблеми

Енергоефективність – ефективне (раціональне) використання енергетичних ресурсів. Використання меншої кількості енергії для забезпечення того ж рівня енергетичного забезпечення будівель або технологічних процесів на виробництві. Ця галузь знань перебуває на стику інженерії, економіки, юриспруденції і соціології [1–4].

Енергоефективність визначена пріоритетним напрямом розвитку енергетичного сектору України відповідно до проекту Концепції нової Енергетичної стратегії України до 2035 року [3]. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2015 р. № 1228-р схвалено Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року, що передбачає реалізацію ряду Директив Європейського Парламенту і Ради з енергоефективності [4]: 1) Директиви 2006/32/ЄС – щодо енергетичної ефективності кінцевого використання енергії та енергетичних послуг; 2) Директиви 2010/31/ЄС – щодо енергоефективності в будівлях; 3) Директиви 2010/30/ЄС – щодо маркування енергетичної продукції. Здійснення заходів, необхідних для досягнення національної індикативної мети енергозбереження, потребує мобілізації значних фінансових ресурсів, розширення заходів з підвищення енергоефективності, запланованих державою, подальшої лібералізації енергетичного ринку, розвитку державно-приватних партнерств у сфері енергоефективності тощо.

Саме робота інжинірингових компаній енергорозподільчої (електрика, вода, газ, тепло) галузі має пріоритетне значення в реалізації зазначених вище планів держави та суспільних інтересів. У Києві, наприклад, до таких компаній відносяться так звані природні монополії у вигляді ПАТ «Київенерго», ПАТ

«Київгаз», ПрАТ «АК «Київводоканал», ТОВ «Євро-Реконструкція» та інші, що виконують технічне обслуговування монополістів – як ТОВ «Мастергаз».

Енергорозподільча галузь є найважливішою сферою соціальної та економічної структури суспільства. Якість її функціонування на базі рівноправного існування в даній сфері всіх форм власності дозволяє створити мережеве середовище для реалізації принципів соціально-орієнтованої ринкової економіки.

Розвиток енергорозподільчої галузі пройшов кілька стадій: від екстенсивного до інтенсивного, якісного, що відбувається останні декілька років. Сьогодні перед нею стоїть завдання вдосконалення технології надання послуг, забезпечення їх якості та підвищення якості і ефективності діяльності інжинірингових компаній, що в ній працюють. Питання підвищення якості послуг енергорозподільчої галузі, пошук резервів, можливостей контролю розглядаються на державному рівні, на рівні професійних об'єднань. Контроль за якістю послуг стає суспільно значущим, причому проведення міжнародних конференцій по реалізації стратегії TQM (Total Quality Management – Глобальний Менеджмент Якості) на базі відкритих міжнародних стандартів якості товарів, продукції і послуг ISO 9000 та ISO 14000 дає уявлення про те, що в даний момент завдання пошуку резервів підвищення якості послуг енергорозподільчої галузі є актуальним питанням як для вітчизняних, так і для закордонних організацій.

Управління проектами являє собою окремо розвинену область менеджменту зі своєю методологією, програмними засобами, професійними знаннями, методами та інструментами. Особливість проектного управління полягає в передачі прав, повноважень і відпо-

відальності за досягнення цілей проекту на одну людину – керівника проекту. Його завдання полягає у взаємодії з замовником та проектувальниками, постачальниками і орендодавцями, співробітниками компанії та іншими зовнішніми контрагентами. Інноваційний досвід свідчить, що впровадження проектного управління дозволяє суттєво скорочувати витрати на виробництво та швидкість реалізації завдань економіки: тому гравці енергорозподільчої галузі все більше приділяють уваги саме проектним підходам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Будь-яка компанія (якщо тільки вона не знаходиться в стані стагнації або навмисного згортання діяльності) розвивається, проводячи ту чи іншу зміну своєї внутрішньої або зовнішньої діяльності в рамках стратегічного розвитку в цілому. Об'єктами розвитку є практично всі види діяльності компанії – виробнича, адміністративно-господарська, комерційна, науково-дослідна та ін.

Аналіз дає можливість виділити бізнес-процеси і плани розвитку, тобто процеси і плани, метою яких є забезпечення виживання підприємства і галузі, створення і завоювання нових ринків і приросту прибутку в довгостроковій перспективі. У більшості випадків ці бізнес-процеси розвитку носять одноразовий характер і представляють не що інше, як проекти, що складаються з разових унікальних і неповторних заходів щодо проведення реструктуризації, автоматизації, виведення нових продуктів на ринок і інших проектів, які є невід'ємною частиною стратегічного розвитку компанії.

Резюмуючи діяльність з розвитку як повноцінну корпоративну діяльність, яка використовує спеціально відведений час і спеціально виділені ресурси, слід зазначити, що вона може і повинна бути реалізована за допомогою проектних принципів. Проекти і проектне управління якраз і є ефективним засобом організації нетипової діяльності.

Підкреслимо ряд особливостей розвитку компанії:

- діяльність з розвитку, як правило, носить міжфункціональний характер, будучи спрямованою на всю або майже всю компанію, бізнес;
- можливий селективний розвиток однієї з функцій або напрямку, при цьому інші в даний момент у цьому розвитку участі не беруть;

- можливий розвиток декількох близьких або пов'язаних функцій, чи одночасний розвиток багатьох непов'язаних функцій;

- діяльність з розвитку має додатковий характер і не внесена в основні посадові інструкції та положення.

Проектом розвитку називається проект, основною метою якого є вдосконалення виробничої або допоміжної діяльності компанії; спрямований на поліпшення, вдосконалення, оптимізацію діяльності підприємства в цілому або його структурних підрозділів, що не передбачає отримання прямої комерційної вигоди [7, 8].

Метою даної статті є проведення класифікації напрямленостей проектів розвитку в інжинірингових компаніях енергорозподільчої галузі та визначення основних обмежень, в оточенні яких вони знаходяться.

Виклад основного матеріалу

Енергорозподільча галузь водночас поєднує в собі особливості секторів житлово-комунального господарства, будівництва, нафтогазового сектору і, навіть, інформаційних технологій (оскільки передбачає необхідність збору, обробки, зберігання великого об'єму даних щодо власників об'єктів нерухомості, пломб суворой звітності, показів лічильників, нарахування пільг та ін.).

Зважаючи на специфіку проектів розвитку та предметну галузь, що досліджуємо, на рис. 1 наведено основні напрямки проектів розвитку інжинірингових компаній енергорозподільчої галузі.

Нижче розглянемо специфіку бізнесу, в якому функціонують інжинірингові компанії енергорозподільчої галузі [9, 10]:

1. Бізнес залежить від тарифів, які встановлюються Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг.

2. Діяльність цих компаній чітко регулюється нормативами, що видаються та постійно коригуються органами державної влади (Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Міністерством енергетики та вугільної промисловості України, Міністерством соціальної політики України, Міністерством економічного розвитку і торгівлі України, Міністерством екології та природних ресурсів України, Державною інспекцією енергетичного нагляду України, Державною службою України з питань праці, міжвідомчими комісіями) та місцевого самоврядування.



Рис. 1. Основні напрямки проектів розвитку інжинірингових компаній енергорозподільчої галузі (ІКЕГ)

3. Інжинірингові компанії енергорозподільчої галузі (ПАТ «Київенерго», ПАТ «Київгаз», ПрАТ «АК «Київводоканал», ТОВ «Євро-Реконструкція», ТОВ «Мастергаз» та ін.) на сьогодні мають класичну функціональну організаційну структуру, і навіть використання слабкої матричної структури тільки починається.

4. Проектне управління на сьогодні не є в них основним.

5. Великий рівень формальностей (оскільки роботи пов'язані як із небезпечними роботами, що можуть призвести до значних наслідків, так і з великою низкою юридичних питань дозвільного характеру).

6. Значна зношеність матеріально-технічної бази.

7. Брак та плин кадрів.

8. Постійне порушення ритмічності фінансування.

9. Тривалість, географічна роз'єднаність та багатостадійність реалізації технічних проектів (оскільки в загальному випадку вони складаються з наступних кроків: обстеження об'єктів, збору вихідних даних, отримання необхідних технічних умов, розробки проектно-кошторисної документації та узгодження її з відповідними інстанціями, закупки та доставки на об'єкти необхідного обладнання та матеріалів, забезпечення їх охорони, інформування абонентів про дату / час проведення робіт, синхронізації з аварійними службами, виконання монтажних та пусконаладжувальних робіт, організації опломбувань, оформлення

документів для постановки вузлів обліку на комерційний облік та ін.).

10. Низька маржинальність (економічний ефект компаніям дає тільки великий об'єм виконаних однотипних проектів).

11. Залежність від коливання курсів валют (оскільки багато обладнання і матеріалів закуповується за кордоном в іноземній валюті, а реалізація послуг на внутрішньому ринку прив'язана до гривні).

12. Використання програмного забезпечення, яке між собою не синхронізоване (окремо ведення бухгалтерського обліку, проектно-кошторисної документації, білінгу, системи обліку пломб суворості звітності, системи обліку самих лічильників (паспорти, дати виготовлення, останні повірки і т. ін.), CRM-системи та ін.

13. Необхідність розробки кошторисної документації відповідно до ДБН (вони мають застарілий характер, і тому адміністративний облік і бухгалтерський облік згідно норм ДБН значно різняться, постійно конфліктуючи одне з одним; невідповідність контрольних сум).

14. Малий розмір власного капіталу: оскільки через ризик втрати ліцензії, політичних коливань засновники таких компаній не вважають за доцільне, з точки зору ризиків, тримати великі активи на зазначених підприємствах.

15. Неможливість дотримання існуючих норм та правил в галузі в повному обсязі.

16. Великі проміжки часу між тендером і реальним початком робіт: що призводить до значних похибок в результаті план-факт.

17. Ці компанії відносяться до так званих «Природних монополій» – стан товарного ринку, при якому задоволення попиту на цьому ринку є більш ефективним за умови відсутності конкуренції внаслідок технологічних особливостей виробництва (у зв'язку з істотним зменшенням витрат виробництва на одиницю товару в міру збільшення обсягів виробництва), а товари (послуги), що виробляються суб'єктами природних монополій, не можуть бути замінені у споживанні іншими товарами (послугами), у зв'язку з чим попит на цьому товарному ринку менше залежить від зміни цін на ці товари (послуги), ніж попит на інші товари (послуги).

18. Історично склалося, що оплата за енергоресурси (газ, вода, тепло) за нормами споживання є основою тарифоутворення в

нашій країні. При цьому фактичний баланс енергоресурс – транспортування – споживання не зводиться; він зводиться лише по бухгалтерському обліку. Тому зведення балансу в таких компаніях є завжди «відкритим» питанням.

19. Є проблема отримання керівним складом оперативної, достовірної та своєчасної інформації («верхи» не знають, що відбувається на місцях), внаслідок чого контроль за виконавчою дисципліною неефективний, прийняття швидких рішень з управління відхиленнями неможливе.

Резюмуючи наведене вище, можливо відстежити основні обмеження, з якими стикаються проекти розвитку в інжинірингових компаніях енергорозподільчої галузі – їх наведено на рис. 2.



Рис. 2. Основні обмеження проектів розвитку інжинірингових компаній енергорозподільчої галузі (ІКЕГ)

Висновки

Оскільки проектний підхід впроваджено на сьогоднішній день у багатьох компаніях країни, його застосування в інжинірингових компаніях енергорозподільчої галузі не є виключенням, про що свідчить запропонована класифікація проектів розвитку.

З огляду на те, що управління проектами ставить своєю метою урівноваження конкуруючих обмежень проектів, які включають у себе, серед іншого: зміст, якість, розклад, бюджет, ресурси, ризики, виявлені особливості та обмеження проектів розвитку інжинірингових компаній енергорозподільчої галузі потребують великої уваги не тільки в ході загального управління ними, а й з точки зору управління ризиками.

Зазначене сприятиме вирішенню задачі щодо пошуку резервів якості послуг у галузі та підвищенню ефективності діяльності компаній у конкурентному середовищі.

Список літератури

1. Енергоефективність. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Енергоефективність> (дата звернення: 28.08.2017).
2. Кицкай Л. І. Енергоефективність в Україні: аналіз, проблеми та шляхи підвищення. *Інноваційна економіка: Всеукраїнський науково-виробничий журнал*. 2013. № 3 (41). С. 32–37.
3. Ажнакін С. Г. Проблеми енергозбереження та енергоефективності діяльності електроенергетичних підприємств. *Економічні*

- інновації: зб. наук. праць. Одеса: ІПРЕД НАН України, 2013. Вип. 55. С. 9–22.
4. Копецька Ю. О. Теоретичні засади дослідження енергозбереження та енергоефективності. *Економічний аналіз*: зб. наук. праць. 2016. Т. 24. № 2. С. 85–91.
 5. Енергетична стратегія України на період до 2035 року (проект). URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=244979237> (дата звернення: 28.08.2017).
 6. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-p> (дата звернення: 28.08.2017).
 7. Фунтов В. Н. Развитие компании и проекты развития. *Экономика и управление*. 2010. № 10 (71). С. 112–116.
 8. Фунтов В. Н. Управление проектами развития фирмы: теория и практика. СПб.: Питер, 2009. 496 с.
 9. Дьяченко В. А. Записки об инжиниринге. СПб.: ДЕАН, 2016. 216 с.
 10. Осика Л. К. Инжиниринг объектов интеллектуальной энергетической системы. Проектирование. Строительство. Бизнес и управление. Практическое пособие. М.: МЭИ, 2014. 784 с.
 11. Чубатюк Ю. В., Некіпелова І. В. Проблеми та перспективи розвитку інжинірингу в Україні. *Економічний простір*: зб. наук. праць. 2010. № 11. С. 29–35.
 2. Kitskay, L. I. (2013). Energy efficiency in Ukraine: analysis, problems and ways of increase. An all Ukrainian scientific and production magazine is the *Innovative economy*, No 3 (41), pp. 32-37 [in Ukrainian].
 3. Azhnakin, S. H. Problemy enerhozberezhennia ta enerhoefektyvnosti diialnosti elektro-enerhetychnykh pidpriemstv. *Ekonomichni innovatsii*: zb. nauk. pr., Odessa: IPREED NAN Ukrainy, 2013, vyp. 55, S. 9–22.
 4. Kopetska, Yu. O. Teoretychni zasady doslidzhennia enerhozberezhennia ta enerhoefektyvnosti. *Ekonomichnyi analiz*: zb. nauk. prats, 2016, T. 24, № 2, S. 85–91.
 5. Energy Strategy of Ukraine till 2035 (draft) – URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=244979237> [in Ukrainian].
 6. National Action Plan for Energy Efficiency until 2020 URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-p> [in Ukrainian].
 7. Funtov, V. N. (2010) Company development and development projects: *Economics and Management*, № 10 (71), pp. 112-116 [in Russian].
 8. Funtov, V. N. (2009). Management of firm's development projects: theory and practice. St. Petersburg: Peter, 496 p. [in Russian].
 9. Dyachenko, V. A. (2016) Notes on engineering. St. Petersburg: DEAN, 216 p. [in Russian].
 10. Osika, L. K. (2014) Engineering of objects of intellectual energy system. Design. Building. Business and management. Practical manual. Moscow: MEI, 784 p. [in Russian].
 11. Chubatiuk, Yu. V. Nekipelova, I. V. (2010) Problemy ta perspektyvy rozvytku inzhynirynhu v Ukraini. *Ekonomichni prostir* : zb. nauk. prats, № 11, S. 29–35.

References

1. Energy efficiency. Wikipedia [Internet] URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Енергоефективність> [in Ukrainian].

Y. Chernenko¹, General Director

I. Semko², Ph.D, Senior Lecturer

¹Mastergaz LLC, of. 623, 6A, Larisy Rudenko Str., Kyiv, 02140, Ukraine

²Cherkasy State Technological University
blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

FEATURES OF DEVELOPMENT PROJECTS MANAGEMENT IN ENGINEERING COMPANIES OF ENERGY DISTRIBUTION SECTOR

The article analyzes specific features of engineering companies' activity of energy distribution branch, provides classification of development projects orientation in the companies, identifies the main constraints of development projects.

Keywords: management, project, development, company, energy distribution sector.

Рецензенти: О. Б. Данченко, д.т.н., доцент,
О. В. Коломицева, д.е.н., професор

УДК 637.5.02

О. В. Батраченко, к.т.н., доцент

e-mail: batrachenko@rambler.ru

Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

ПОШУК ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МЕТОДИКИ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ

Розроблено методику статистичних даних, яка дозволяє визначати такі шляхи розвитку технічної системи, які сприятимуть найскорішому набуттю нею конкурентних переваг. Особливістю методики є кількісний аналіз цільового спрямування відомих технічних рішень з удосконалення розглядуваної ТС. Виявляється відсоткове співвідношення пропозицій щодо усунення різних недоліків технічної системи, в результаті чого стає можливим виявити недостатню увагу до вирішення певних технічних задач або навіть повну відсутність таких технічних рішень. Наведено приклади застосування розробленої методики для розвитку такої технічної системи харчових виробництв, як м'ясорізальний вовчок. Представлена методика може бути корисна інженерним працівникам машинобудівних підприємств, науковцям, здобувачам наукових та освітньо-наукових ступенів.

Ключові слова: технічні системи, розвиток, вдосконалення, перспективні шляхи, методика статистичних даних.

Постановка проблеми. Розвиток технічних систем (ТС), зокрема обладнання харчових виробництв може здійснюватись шляхом вирішення конкретних, вже відомих, технічних задач, які були виявлені в ході виготовлення та тривалої експлуатації певної моделі обладнання. Відомо багато методик з вирішення технічних та винахідницьких задач [1–6]. Також достатньо детально розроблені методики, які дозволяють відшукувати недоліки в тих ТС, які випускаються та експлуатуються, наприклад [7]. Але в сучасних умовах розвиненої конкурентної боротьби між виробниками техніки в багатьох випадках актуальним є створення будь-яких значущих переваг над продукцією інших виробників. В такому разі стає актуальним виявлення тих невирішених задач з розвитку даної моделі обладнання, які сприятимуть найскорішому набуттю нею конкурентних переваг в порівнянні з системами-аналогами.

Аналіз останніх джерел. В роботах [1–6] представлено наступні методики пошуку нових ідей, нових рішень при розв'язанні вже сформульованої, чітко окресленої проблеми: теорія вирішення винахідницьких задач, «мозковий штурм», метод фокальних об'єктів, метод контрольних запитань, синектика тощо. В роботі [7] представлено функціонально-вартісний аналіз, призначений для методично-

го, поелементного пошуку невідповідностей у функціональній значущості підсистем та витратах на їх виготовлення і експлуатацію.

Відомі методики володіють цілком певними перевагами, але вони не дозволяють визначати саме найбільш перспективні шляхи розвитку ТС з точки зору якнайшвидшого надання їй конкурентних переваг. Актуальним є вирішення даної задачі.

Метою роботи є: розробка методики, що дозволить визначати такі шляхи розвитку технічної системи, які сприятимуть найскорішому набуттю нею конкурентних переваг в порівнянні з системами-аналогами.

Виклад основного матеріалу. Автор пропонує методику знаходження шляхів вдосконалення технічних систем, яка дозволяє акцентувати увагу саме на їх невирішених технічних проблемах. Її назва – «Методика статистичних даних».

Дана методика базується на кількісному аналізі цільового спрямування відомих технічних рішень з вдосконалення розглядуваної ТС. Під час такого аналізу виявляється відсоткове співвідношення пропозицій по усуненню різних, заздалегідь відомих, недоліків технічної системи. В результаті стає можливим виявити недостатню увагу до усунення окремих недоліків ТС або навіть повну відсутність таких технічних рішень. Це дозволяє обирати

такі проблемні питання у розвитку ТС, для яких будь-які пропозиції по їх усуненню будуть володіти новизною та високою ефективністю, а значить гарантовано створювати цілком конкретні технічні переваги у порівнянні з системами-аналогами.

При аналізі ТС за представленою методикою необхідно виконати низку послідовних дій (рис. 1). При з'ясуванні принципу дії машини (етап 1) слід враховувати: зміни в

технологічних режимах обробки сировини в межах робочого циклу та при переході на інший вид сировини; зусилля, що діють на робочі органи; тривалість і складність допоміжних і ремонтних операцій; вимоги до вхідної сировини і готової продукції; взаємодію з сусідніми ТС в технологічному ланцюзі, що дає змогу визначити на яких етапах технологічної обробки можливе дублювання або часткове виконання функцій даної машини.

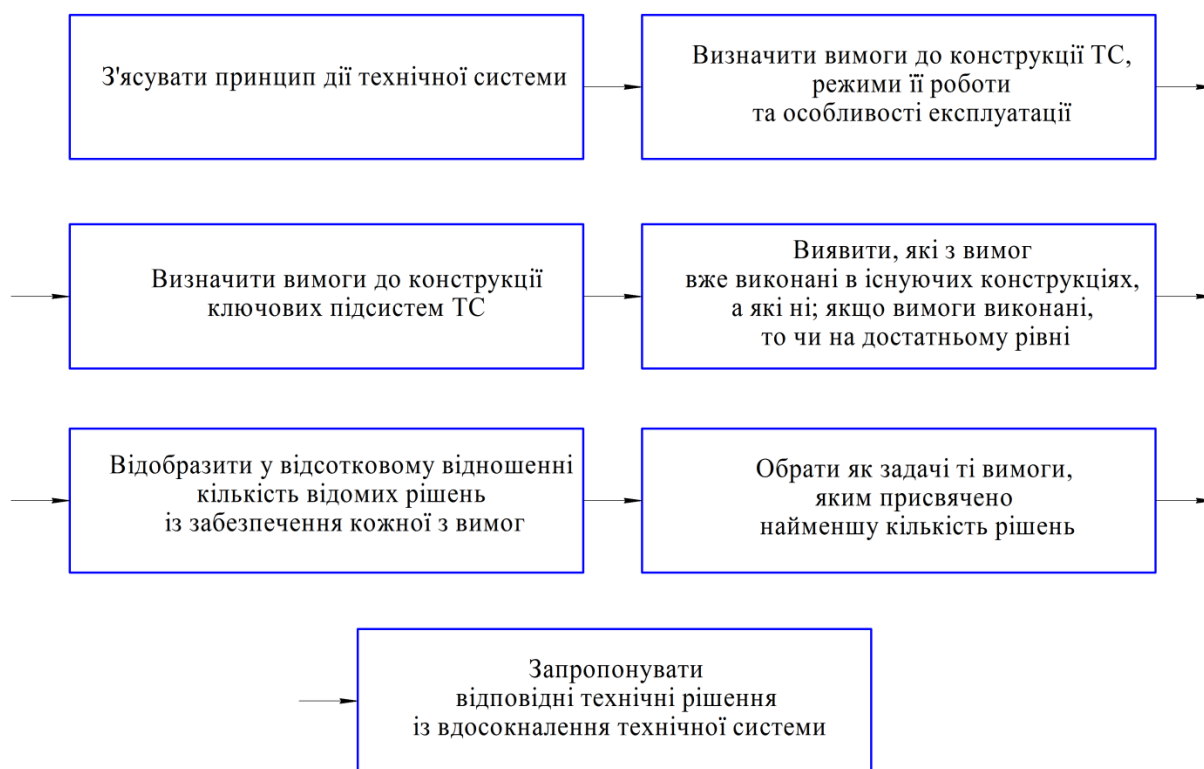


Рис. 1. Блок-схема прийняття рішень за методикою статистичних даних

При вивченні особливостей будови та принципу дії ТС бажано користуватися якомога більш ґрунтовною та фаховою інформацією, спеціалізованою літературою. По більшості видів устаткування харчових виробництв існують джерела, в яких наведено докладні відомості про будову обладнання і його вузлів, особливості експлуатації. Особливо цінними є дані наукових статей про дослідження тих чи інших параметрів машин і апаратів.

При визначенні вимог до конструкції машини (етап 2), виходячи з її принципу дії та будови слід з'ясувати сприятливі та несприятливі фактори для процесу функціонування та експлуатації обладнання. Іншими словами, слід визначити «що для машини є добре, а що - погано». При цьому доцільно вказувати позитивні вимоги словами «максимальна ...», а

негативні вимоги словами «мінімальний...». Наприклад, «максимальна продуктивність», «мінімальне зношування робочих органів», «мінімальна тривалість операцій завантаження і вивантаження сировини» тощо.

Після визначення вимог до конструкції всієї ТС необхідно визначити аналогічні вимоги до конструкції окремих вузлів та робочих органів (етап 3). Тобто необхідно деталізувати (розділити) вимоги, що були визначені в етапі 2, відповідно до конкретних вузлів та деталей.

При виявленні вимог, що вже виконані в існуючих конструкціях, та їх повноти реалізації (етап 4) слід користуватися усім наявним масивом патентної та іншої технічної інформації. При цьому необхідно ретельно аналізувати як позитивні, так і негативні якості відо-

мих технічних рішень. Задля зручності подальшого аналізу отриманих результатів на цьому етапі бажано складати підсумкові таблиці, в яких напроти кожної вимоги слід зазначати кількість відомих конструкцій обладнання, в якому дані вимоги вже реалізовані. Це доцільно відображати у відсотковому відношенні.

Постановку завдань на вдосконалення конструкції того чи іншого вузла (етап 5) слід проводити за результатами аналізу даних підсумкових таблиць. При виборі завдань перевагу слід віддавати тим вимогам, які ще не були реалізовані у відомих конструкціях цього типу обладнання або на реалізацію яких спрямовано найменшу кількість (%) відомих технічних рішень. У такому разі практично будь-яка технічна пропозиція по виконанню такої вимоги буде новою та актуальною для підвищення конкурентоспроможності даного типу обладнання.

Проте можливе і успішне вирішення завдань, яким було присвячено максимальну кількість досліджень (наприклад, форма отвору решіток вовчка). Результативність рішення в такому разі залежить від глибини і повноти визначення вимог до даного вузла.

Врешті, можливе виконання суміщеної таблиці, де після аналізу патентної інформації можна виявити статистику вирішення тих чи інших вимог до конструкції обладнання. Це дозволить комплексно покращити технічний рівень обладнання при вдосконаленні низки вузлів та деталей. При розробці технічних рішень по вирішенню обраних проблемних задач (етап 6) слід використовувати весь інструментарій теорії вирішення винахідницьких задач, а також функціонально-вартісний аналіз. Рішення слід підтверджувати відповідними розрахунками, фізичним чи математичним моделюванням або даними літературних (наукових) джерел.

Нижче наведено приклад застосування методики статистичних даних для розвитку конструкції м'ясорізального вовчка. Після аналізу низки літературних джерел можна сформулювати такі вимоги до конструкції вовчка [8]: головною корисною функцією вовчка є подрібнення м'яса до стану фаршу; висока продуктивність машини; якісне розрізання волокон м'яса; низькі витрати енергії на тертя

в шнековому та різальному механізмах; низькі витрати енергії на різання сировини; низькі витрати енергії на подачу сировини до різального вузла; низькі витрати енергії на вдавлювання сировини в отвори решіток; низькі витрати енергії на проштовхування сировини крізь отвори; мале зношування ножів; мале зношування решіток; швидке встановлення та зняття різального комплекту; високий ступень подрібнення сировини; висока однорідність ступеню подрібнення сировини; мінімальний нагрів сировини при переробці; можливість зміни ступеню подрібнення без зупинки машини; автоматичний контроль якості переробки сировини; автоматичний контроль процесу роботи машини; висока міцність ножа; висока міцність та жорсткість решітки; малий вплив точності поверхні на знос ножа; висока технологічність виготовлення ножа; висока технологічність виготовлення решітки; мінімальне витискування м'ясного соку із сировини; відсутність коливань решіток при роботі подачі сировини шнеком; відсутність пульсацій потужності при роботі різального комплекту тощо.

На основі означених вимог до конструкції вовчка, були визначені вимоги до конструкції решіток (табл. 1), ножів (табл. 2) і пристроїв фіксації різального комплекту (табл. 3). Були проаналізовані 45 конструкцій решіток вовчка, 39 конструкцій ножів та 20 конструкцій пристроїв для фіксації різального комплекту. Результати аналізу зведені до таблиць 1–3.

Якщо звернути увагу на дані табл. 2, то можна визначити, що вимоги 13÷15 у розглянутих відомих конструкціях вовчків забезпечені не були. Це означає, що доцільно насамперед зайнятися вирішенням саме цих завдань, рішення у такому разі буде потенційно новим та ефективним на даному етапі розвитку цієї технічної системи. І навпаки, хоча вимога № 1 вважається найбільш важливою для ножів вовчка, кількість вже відомих рішень по її реалізації (вид кривої леза) не дозволяє сподіватися на істотний успіх у її черговому вирішенні в порівнянні із відомими аналогами. Таким чином, в якості завдання на вдосконалення конструкції ножа в контексті даної статті можна обрати реалізацію вимоги № 13.

Таблиця 1

Аналіз конструкцій решіток вовчка

№	Найменування вимоги	Кількість, шт.	Кількість, %
1	Висока різальна здатність отворів	18	40
2	Велика площа загального живого перерізу решітки	5	11
3	Легке втискування сировини в отвори	5	11
4	Легке проштовхування сировини в отворах	3	7
5	Висока технологічність конструкції	3	7
6	Наявність функції жилювання сировини	3	7
7	Висока зносостійкість решітки	2	4
8	Висока надійність роботи	2	4
9	Зменшення собівартості	1	2
10	Висока однорідність подрібнення сировини	1	2
11	Висока міцність та жорсткість решітки	1	2
12	Висока різальна здатність отворів з обох торців решітки	0	0

Таблиця 2

Аналіз конструкцій ножів вовчка

№	Найменування вимоги	Кількість, шт.	Кількість, %
1	Висока різальна здатність ножа	18	46
2	Висока технологічність виготовлення	4	10
3	Наявність змінних ріжучих елементів	3	8
4	Великий ступінь подрібнення сировини	2	5
5	Малі витрати на перемішування сировини	2	5
6	Висока пропускна спроможність різального вузла	2	5
7	Висока однорідність подрібнення сировини	2	5
8	Висока надійність роботи	2	5
9	Висока зносостійкість лез	1	3
10	Наявність функції жилювання сировини	1	3
11	Висока міцність лез та ступиці	1	3
12	Можливість використання тильної сторони отворів решітки	1	3
13	Можливість самовстановлення по відношенню до решіток	0	0
14	Можливість переналаджування ножа	0	0
15	Уніфікація конструкції	0	0

Означена проблема обумовлена тим, що після складання та фіксації з різального комплексу з необхідним зусиллям в перший період часу його роботи відбувається притирання ножів до решіток, що, в свою чергу, призведе до погіршення процесу подрібнення сировини. Причиною такого притирання ножів та решіток є непаралельність площини торця решітки

та площини різальних крайків ножа, що з нею контактує. Така непаралельність може бути спричинена (рис. 2, а) багатьма чинниками (відхилення від форми та розташування поверхонь ножів 3, решіток 2 і 3, пальця шнека, горловини вовчка, підпірного кільця, гайки-маховика тощо).

Таблиця 3

Аналіз конструкцій пристроїв фіксації різального комплекту

№	Найменування вимоги	Кількість шт.	Кількість %
1	Можливість компенсації зношування ножів і решіток	8	40
2	Можливість реалізації заданого зусилля стискання різального комплекту	2	10
3	Швидка зміна різального комплекту	2	10
4	Можливість фіксації приймальних решіток від коливань	2	10
5	Автоматичний контроль параметрів роботи різального вузла	2	10
6	Можливість забезпечувати зміну ступеня подрібнення сировини	1	5
7	Механізоване виштовхування шнеку	1	5
8	Усунення перекошування ножів і решіток	1	5
9	Автоматична видача різального комплекту в разі несправності	0	0

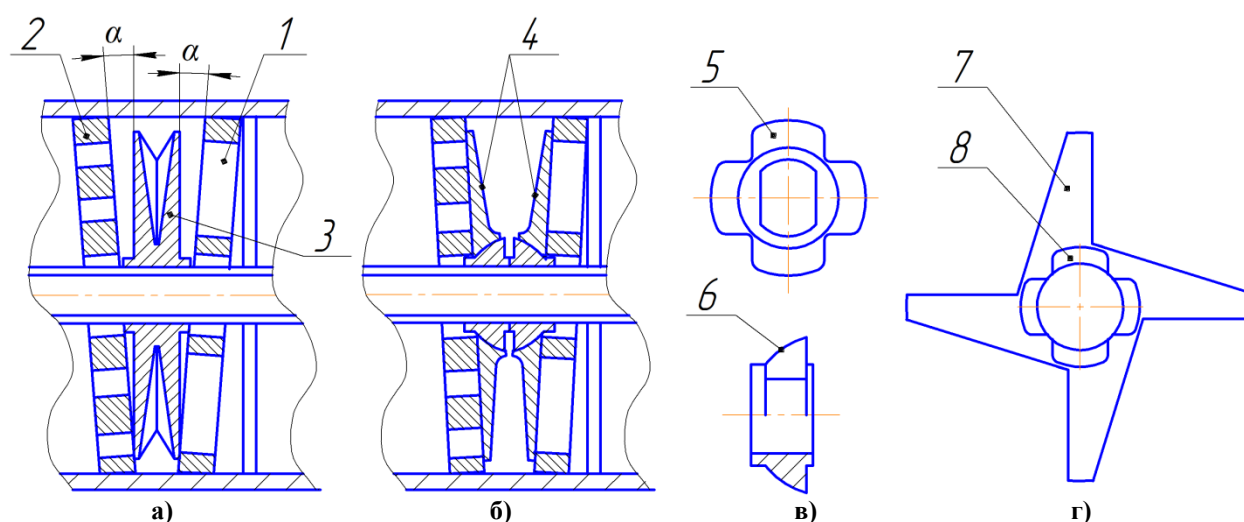


Рис. 2. Будова ножа, який здатен самовстановлюватись відносно решітки

Оскільки деталі різального комплекту фіксуються із значним зусиллям стискання, то на ділянках різальних крайків ножа створюються високі питомі тиски, що призводить до інтенсивного зношування цих ділянок та до вказаних вище негативних наслідків. Усунути зазначене негативне явище та розв'язати поставлену задачу можна шляхом забезпечення можливості адаптування положення лез ножа по відношенню до площин решіток. Це твердження відповідає закону розвитку технічних систем «Узгодження ритміки частин системи» [1]. При вирішенні задачі доцільно використати такі типові прийоми розв'язання технічних

протиріч, як «Підвищення ступеня динамічності» та «Перехід на макрорівень» [1].

Як результат, запропоновано [7] використовувати два односторонні ножі замість одного двостороннього. Кожен односторонній ніж 4 має роз'ємну конструкцію (рис. 2, б-г), яка складається з корпусу 7, що встановлений на ступиці 5. Ступиця 5 на зовнішній поверхні має декілька зубців, передня поверхня 6 яких є сферичною. Корпус ножа має впадини 8, форма яких відповідає формі зубців ступиці. Завдяки наявності зубців та сферичній формі їх передньої поверхні вісь симетрії корпусу ножа 7 може відхилятися відносно осі симетрії ступиці 5 на кут α у будь-якому напрямку.

Це дозволяє ножу самовстановлюватись відносно решітки, з якою він контактує, і забезпечувати паралельності торців ножів та решіток. Одночасно з цим покращено умови заточування – стає можливим заточувати корпус 7 окремо від ступиці 5, яка має буртик. Виконання корпусу ножа намагніченим дозволяє покращити зручність його встановлення та зняття в різальному вузлі.

Далі виконаємо вдосконалення конструкції пристрою фіксації різального комплекту. Для цього необхідно забезпечити виконання вимог 9, 1, 2, 3 табл. 3, що дасть можливість зменшити витрати часу на встановлення та зняття деталей різального комплекту та підвищити параметричну надійність роботи різального вузла.

Вирішити ці задачі дозволить конструкція пристрою [10], який обладнаний рухомою кареткою 11, прихватами 10, пружиною притисною 12, пружинами стиснення 9, гайкою упорною 2 та гідроциліндром 14 (рис. 3). Зусилля стискання різального комплекту ство-

рюється пружиною притисною 12, що діє на каретку 11, в якій закріплені прихвати 10. Прихвати 10 передають зусилля стискання до решіток через кільце 8 та кільце 7. При необхідності заміни різального комплекту вмикається гідропривід, і каретка 11 під дією гідроциліндру 14 починає рухатись вздовж осі горловини 1 у напрямку до її вихідного торця. Прихвати 10 мають криволінійні пази, якими вони взаємодіють із упорними гвинтами 13, що дозволяє забезпечувати їх обертання навколо власних осей. Завдяки цьому при русі каретки 11 прихвати звільняють різальний комплект, ножі та решітки якого виводяться із горловини вовчка за допомогою пружин стиснення 9. Після чергового встановлення різального комплекту подача робочої рідини до гідроциліндру 14 припиняється, чим зумовлюється зворотній рух каретки 11 під дією пружини 12 та фіксація деталей різального комплекту.

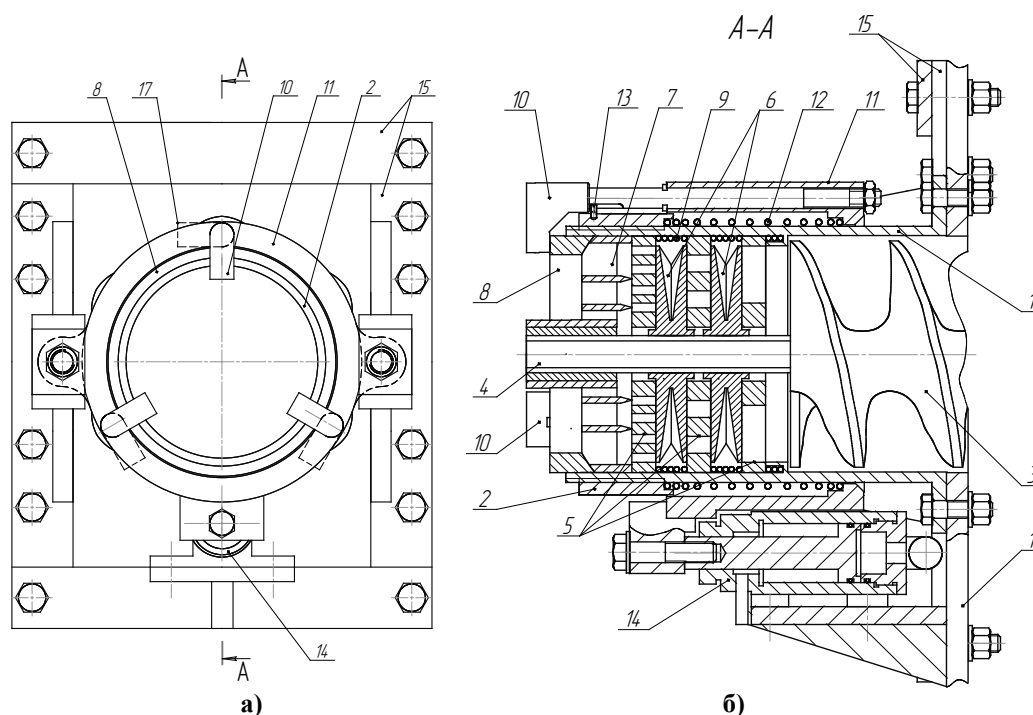


Рис. 3. Будова пристрою для фіксації різального комплекту вовчка

Застосування у різальному вузлі пружин стиснення 9 забезпечує плавність руху при затисненні та належне встановлення ножів 6 та решіток 5. При русі ножів та решіток виникають опрокидуючі моменти, що призводить до перекошування ножів 1 та решіток 2. Щоб позбутися вказаного негативного явища,

необхідно позбутися негативного впливу опрокидуючого моменту. Цього можна досягти компенсуючи момент іншим моментом зворотного напрямку. Такий вплив можна здійснити за допомогою пружини стиснення 3, оскільки, як відомо, величина сили тиску пружини прямо пропорційна величині дефор-

мації пружини, таким чином при перекошуванні решітки на її верхню частину діятиме більша сила ніж на нижню. Також в запропонованій конструкції витримування заданого оптимального значення сили притискання ножів та решіток забезпечується шляхом застосуванням притискної пружини 12.

З метою забезпечення автоматизованої видачі різального комплекту в разі аварійної зупинки вовчка пристрій доцільно оснастити датчиками для вимірювання тиску сировини та її температури. Це дозволить контролювати параметри роботи вовчка в автоматичному режимі. При надмірному зношуванні різальних окрайків ножів процес подрібнення порушується, при цьому підвищується температура сировини. В запропонованій конструкції в разі перевищення температури сировини заданого значення датчик подає сигнал до системи керування, внаслідок чого привод шнеку зупиняється та вмикається гідропривід пристрою для фіксації різального комплекту. Комплект автоматично виводиться з горловини, при цьому на панелі керування вмикається індикатор температури, який сигналізує операторові машини про причину її зупинки. У випадку, коли забиваються отвори вихідної решітки спрацьовує інший датчик – тиску. Він сигналізує про перевищення встановленого значення тиску сировини на вихідну решітку. В цьому разі також зупиняється привод вовчка та автоматично виштовхується різальний комплект, а на панелі керування вмикається індикатор тиску. Така будова вовчка дозволяє його оператору швидко виявити причину зупинки машини та зменшити обсяги ручної праці, що прискорює введення в дію машини. Подібним чином може бути проведене вирішення інших задач, що впливають з аналізу таблиць 1–3. Так забезпечення вимоги 12 таблиці 1 наведено в [11].

Висновки. Показано, що існуючі методики вирішення технічних та винахідницьких задач мають той загальний недолік, що вони не дозволяють виявляти ті невирішені задачі з розвитку технічної системи, які сприятимуть найскорішому набуттю нею конкурентних переваг в порівнянні з системами-аналогами.

Розроблено методику статистичних даних, яка дозволяє визначати такі шляхи розвитку технічної системи, які сприятимуть найскорішому набуттю нею конкурентних переваг. Особливістю методики є кількісний аналіз цільового спрямування відомих техніч-

них рішень з удосконалення розглядуваної ТС. Виявляється відсоткове співвідношення пропозицій по усуненню різних недоліків технічної системи, в результаті чого стає можливим виявити недостатню увагу до вирішення певних технічних задач або навіть повну відсутність таких технічних рішень. Наведено приклади застосування розробленої методики для розвитку такої технічної системи харчових виробництв, як м'ясорізальний вовчок. Представлена методика може бути корисна інженерним працівникам машинобудівних виробництв, науковцям та здобувачам наукових та освітньо-наукових ступенів.

Список літератури

1. Косіюк М. М., Черменський Г. П. Основи науково-технічної творчості. Хмельницький, 1997. 392 с.
2. Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. М.: Московский рабочий, 1973. 296 с.
3. Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. М.: Советское радио, 1979. 126 с.
4. Альтшуллер Г. С. Найти идею. 3-е изд., доп. Петрозаводск: Скандинавия, 2003. 345 с.
5. Горев П. М., Утемов В. В. Практическое руководство по развитию креативного мышления. Методы и приемы ТРИЗ 3-е изд. Москва: URSS (Ленанд), 2014. 112 с.
6. Михайлов А. Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2009. 346 с.
7. Герасимов В. М., Калиш В. С., Карпунин М. Г., Кузьмин А. М., Литвин С. С. Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа. Методические рекомендации. М.: МП Информ-ФСА, 1991. 22 с.
8. Некоз О. І. Батраченко О. В. Проектування м'ясорізальних вовчків: навч. посіб. Черкаси: ЧДТУ, 2014. 221 с.
9. Пат. 37171 Україна, МПК В02С18/00. Ніж до пристрою для подрібнення м'яса / Некоз О. І., Столяренко Г. С., Батраченко О. В.; заявник та патентовласник Батраченко О. В. № u200804335; заявл. 07.04.2008; опубл. 25.11.2008 р., Бюл. № 22/2008.
10. Пат. 31558 Україна, МПК В02С18/00. Різальний вузол вовчка / Некоз О. І., Сто-

- ляренко Г. С., Батраченко О. В.; заявник та патентовласник Черкаський державний технологічний університет. № u200711453; заявл. 21.12.2007; опубл. 10.04.2008 р., Бюл. № 7/2008.
11. Пат. 39838 Україна, МПК B02C18/00. Решітка збірна до пристрою для подрібнення м'яса / Некоз О. І., Боровик А. І., Батраченко О. В.; заявник та патентовласник Батраченко О. В. № u200812826; заявл. 03.11.2008; опубл. 10.03.2009 р., Бюл. № 5/2009.
- References**
1. Kosiyuk, M. M., Chermens'kyj, G. P. (1997) Osnovy naukovykh tekhnicheskoy tvorchoy. Xmel'nyy ch'kyj. 392 s.
 2. Al'tshuller, G. S. (1973) Al'gorytm y'zobreteny'ya. M.: Moskovsky'j rabochy'j, 296 s.
 3. Al'tshuller, G. S. (1979) Tvorchestvo kak tochnaya nauka. M.: Sovetskoe rady'o, 126 s.
 4. Al'tshuller, G. S. (2003) Najty' y'deyu. 3-e y'zd., dop. Petrozavodsk: Skandy'navy'ya, 345 s.
 5. Gorev, P. M., Utemov, V. V. (2014) Prakticheskie rukovodstvo po razvy'ty'yu kreatyvnogo myshleny'ya. Metody y'pry'my TRY`Z 3-e y'zd. M.: URSS (Lennand), 112 s.
 6. My'xajlov, A. N. (2009) Osnovy syntezy funkcyonal'no-oryentyrovannykh tekhnologiy' mashynostroeny'ya. Doneczk: Y'zd-vo DonNTU, 346 s.
 7. Gerasymov, V. M., Kaly'sh, V. S., Karpunyn, M. G., Kuz'myn, A. M., Ly'tvy'n, S. S. (1991) Osnovnye polozheny'ya metody' provedeny'ya funkcyonal'nostoy' mostnogo analy'za. Metody'chesky'e rekomendacy'y'. M.: MP Y'nform-FSA, 22 s.
 8. Nekoz, O. I., Batrachenko, O. V. (2014) Proektuvannya m'yasorizal'ny'h vovchiv: navch. posib. Cherkasy: ChDTU, 221 s.
 9. Pat. 37171 Ukrayina, MPK V02S18/00. Nizh do pry'stroyu dlya podribnennya m'yasa / Nekoz O. I., Stolyarenko G. S., Batrachenko O. V.; zayavny'k ta patentovlasny'k Batrachenko O. V. № u200804335; zayavl. 07.04.2008; opubl. 25.11.2008 r., Byul. № 22/2008.
 10. Pat. 31558 Ukrayina, MPK V02S18/00. Rizal'ny'j vuzol vovchka / Nekoz O. I., Stolyarenko G. S., Batrachenko O. V.; zayavny'k ta patentovlasny'k Cherkas'ky'j derzhavny'j tekhnologichny'j universytet. № u200711453; zayavl. 21.12.2007; opubl. 10.04.2008 r., Byul. № 7/2008.
 11. Pat. 39838 Ukrayina, MPK V02S18/00. Reshitka zbirna do pry'stroyu dlya podribnennya m'yasa / Nekoz O. I., Borovy'k A. I., Batrachenko O. V.; zayavny'k ta patentovlasny'k Batrachenko O. V. № u200812826; zayavl. 03.11.2008; opubl. 10.03.2009 r., Byul. № 5/2009.

O. V. Batrachenko, Ph.D., associate professor,
e-mail: batrachenko@rambler.ru
Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

STATISTICAL DATA METHODS FOR SEARCHING PERSPECTIVE WAYS OF TECHNICAL SYSTEM DEVELOPMENT

The article deals with statistical data methods for determining perspective ways of technical system development that will promote the fastest acquisition of its competitive advantages. A special feature of the methods is a target-oriented direction quantitative analysis of known technical solutions for improving the considered TS. The author shows suggestions percentage for eliminating various technical system defects therefore it is possible to define lack of attention for solving technical tasks or even complete absence of such technical solutions.

This article gives examples showing application of the developed methods for developing such technical system of food production as meat mincing machine. The presented methods can be useful for engineers of machine-building enterprises, scientists, applicants of scientific and educational-scientific degrees.

Keywords: technical systems, development, improvement, perspective ways, statistical data methods.

Рецензенти: Т. М. Вітенько, д.т.н., професор,
Є. В. Штефан, д.т.н., професор

УДК 681.32

А. А. Тимченко, д.т.н., професор
Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ТА МОДЕЛЕЙ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ І ВЗАЄМОДІЙ. ЛІНІЙНІ ДИНАМІЧНІ СИСТЕМИ

Природа не боится математических трудностей.
Ст. Бир «Кибернетика и управления производством»

Розглядається підхід до створення свого роду мови спілкування з ЕОМ дослідника технічних систем з використанням т. зв. стандартизованого математичного (матричного) опису взаємодій, який дозволяє формувати моделі лінійних динамічних систем. При цьому використовується апарат теорії графів потоків сигналів для структурованого опису елементів та зв'язків між ними.

Ключові слова: елементи, зв'язки, система вхід-вихід, структура, модель взаємодій, задача, граф потоків сигналів, системний аналіз та підхід.

Вступ. Із системного аналізу моделі статичної системи типу <вхід/вихід> (Y – вхід, X – невідоме) отримані результати, які стали можливими при використанні методу графів потоків сигналів, де виділено як перетворення елементів (власних) та елементів зв'язків, можливо і не одинарних.

Граф, у свою чергу, будується на основі закону про вузол потоків сигналів (умова гомеостазису): *алгебраїчна сума вузла дорівнює нулю, тобто все, що входить у вузол, перетворюється у вихід* ($\sum (Y, X) = 0$).

Таким чином, на основі цієї рівності було отримано матричне рівняння < вихід/вхід > деякої статичної системи [1-3]:

$$A X = B Y. \quad (1)$$

Формально розв'язок цього рівняння можливо записати у вигляді операцій над матрицями A і B :

$$X = A^{-1} B Y. \quad (2)$$

У прикладному плані цей вираз дає можливість побудови статичних характеристик системи (при наявності умови динамічної рівноваги) це можуть бути, наприклад, характеристики системи: *швидкісні*, ті що дозволяють *регулювати* відношення, а також визначати взаємозв'язок з *навантаженнями*, які характеризують *режими* використання системи.

Здавалося б, що в цій ситуації і проблеми не існує – тому що все інше буде залежати від характеристик елементів матриць A , B – арифметичні значення, алгебраїчні величини або, можливо, і ще щось інше (функції, функ-

ціональні матриці, блочні матриці, або предметні змінні).

Стаття є в деякій мірі логічним продовженням роботи [1, с. 111] і присвячена системному дослідженню моделі неперервної лінійної динамічної системи та є основою для використання засобів обчислювальної техніки при синтезі й аналізі широкого класу інформаційних систем і технологій.

Мета та задачі системного аналізу

Система як об'єкт дослідження. При створенні та дослідженні системи як *мережі* зв'язаних *динамічних* елементів, де мережа зв'язків визначається як *структура*, а елементи як їх *сукупність*. Така практика існує при створенні систем керування т.зв. *об'єктами автономного функціонування (ОАФ)* (транспортними засобами, робото подібними комплексами, інформаційними системами, технологічними енергетичними комплексами, засобами зв'язку та телекомунікацій, можливими віртуальними інформаційними структурами).

Результати обробки експериментальних досліджень, виконаних на базі різного роду макетів та аналогів, які характеризують реакції конструкцій на входи, дають можливість побудувати математичні моделі <вхід-вихід> в вигляді різного роду функціональних залежностей.

З цієї точки зору розглянемо основні етапи створення системи :

$$\begin{aligned} <\text{будова-структура}> \rightarrow <\text{функція-процес}> \\ &\rightarrow <\text{технологія-результат}>, \end{aligned}$$

що базується відповідно на процесах:

$\langle \text{структуризація} \rangle \rightarrow \langle \text{алгоритмізація} \rangle \rightarrow$
 $\langle \text{цілеорієнтація} \rangle$.

При описі моделі функціонування динамічної системи введемо додаткове поняття *стану*. Опис загального перетворення в системі буде мати вигляд [2, с. 415]:

$\langle \text{стан наступний} \rangle = \langle \text{стан попередній} \rangle +$
 $+ \langle \text{вхід системи} \rangle,$
 $\langle \text{вихід системи} \rangle = \langle \text{стан попередній} \rangle,$

$$\dot{X}(t) = A X(t) + B Y(t),$$

$$Z(t) = C X(t), \quad (3)$$

де $X(t)$, $Z(t)$, $Y(t)$ – вектори виходу та входу системи,

$\dot{X}(t)$ – вектор похідних стану системи, A, B, C – матриці коефіцієнтів, включаючи описи перетворення елементів та їх зв'язків.

Відповідно до принципу Д'Аламбера-Лагранжа для механічної системи, приєднуючи сили інерції в вигляді похідних змінних стану до опису діючих активних сил, використаємо його до вирішення задач динаміки. Це дає можливість використати загальний метод розв'язку задач статки та динаміки і дозволяє вивчати функціонування динамічних систем, не вводячи в рівняння невідомі реакції зв'язків.

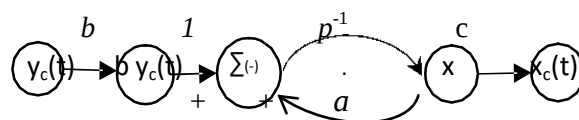
Якщо мова йде про динамічну систему, то основні її перетворення відбуваються в динамічних елементах, які, будучи зв'язаними між собою, формують різні реакції на виходах системи.

Елемент як система. Почнемо з розгляду опису перетворення одного динамічного елемента та його наступного (системного) аналізу:

$$\dot{x}_c(t) = c x(t), \quad x(t) = p^{-1}(a x(t) + b y_c(t)), \quad (4)$$

де $x(t)$ – вихід елемента, $y_c(t)$ – вхід системи, a, b, c коефіцієнти перетворення, $p^{-1} = d/dt$.

Графічне зображення цього перетворення: (граф потоків сигналів – граф Мезона) надає можливість проаналізувати і уточнити схему перетворення (4):



Побудова математичної моделі лінійної динамічної системи

Динамічна система як матричний елемент:

$$C \dot{X}_c(t) = A X(t) + B Y_c(t).$$

Використовуючи топологічні властивості матриць, структуруємо залежність (3), ($C=I$):

$$\dot{X}(t) = (Ae + Az) X(t) + (Be + Bz) Y(t), \quad (5)$$

де Ae, Be – матриці коефіцієнтів, перетворення елементів, Az, Bz матриці зв'язків. Формально розв'язання цих матричних рівнянь можна записати з використанням оберненої матриці (рис. 1а):

$$X(t) = P^{-1} [(Ae + Az) X(t) + (Be + Bz) Y(t)], \quad (6)$$

На етапі *структуризації* на вибраному наборі динамічних елементів для реалізації моделі системи необхідно сформувати систему їх відношень (рівнянь), (тобто структуру, як мережу зв'язків). Для поелементного опису динамічної системи існує система алгебро-диференціальних рівнянь типу (3) (рис. 1а, 1б):

$\langle \text{вхід} \rangle \langle \text{динамічний елемент} \rangle \langle \text{вихід} \rangle$.

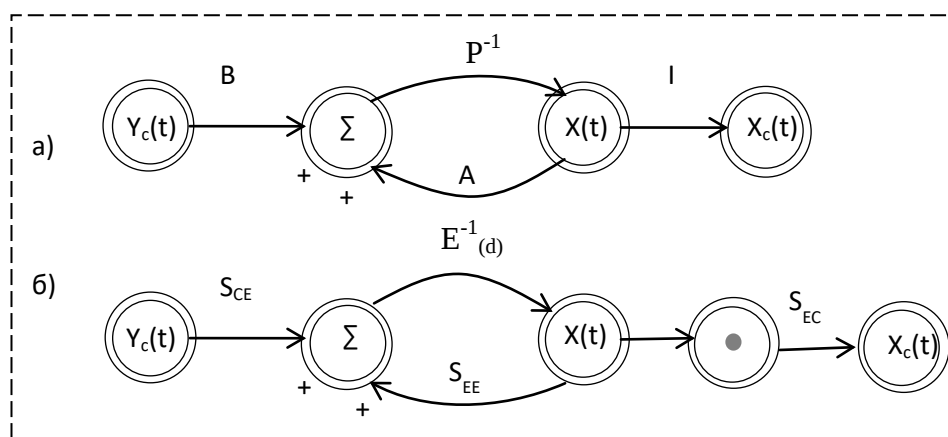


Рис. 1. Граф-схема матричних перетворень: а) – (8), б) – (9)

Вище наведені рівняння в скалярному вигляді алгебраїчно розв'язані відносно кожної своєї головної змінної з виділенням відпо-

відного перетворення a_i (в круглих дужках елементи зв'язків як на вході, так і на виході) (рис. 2).

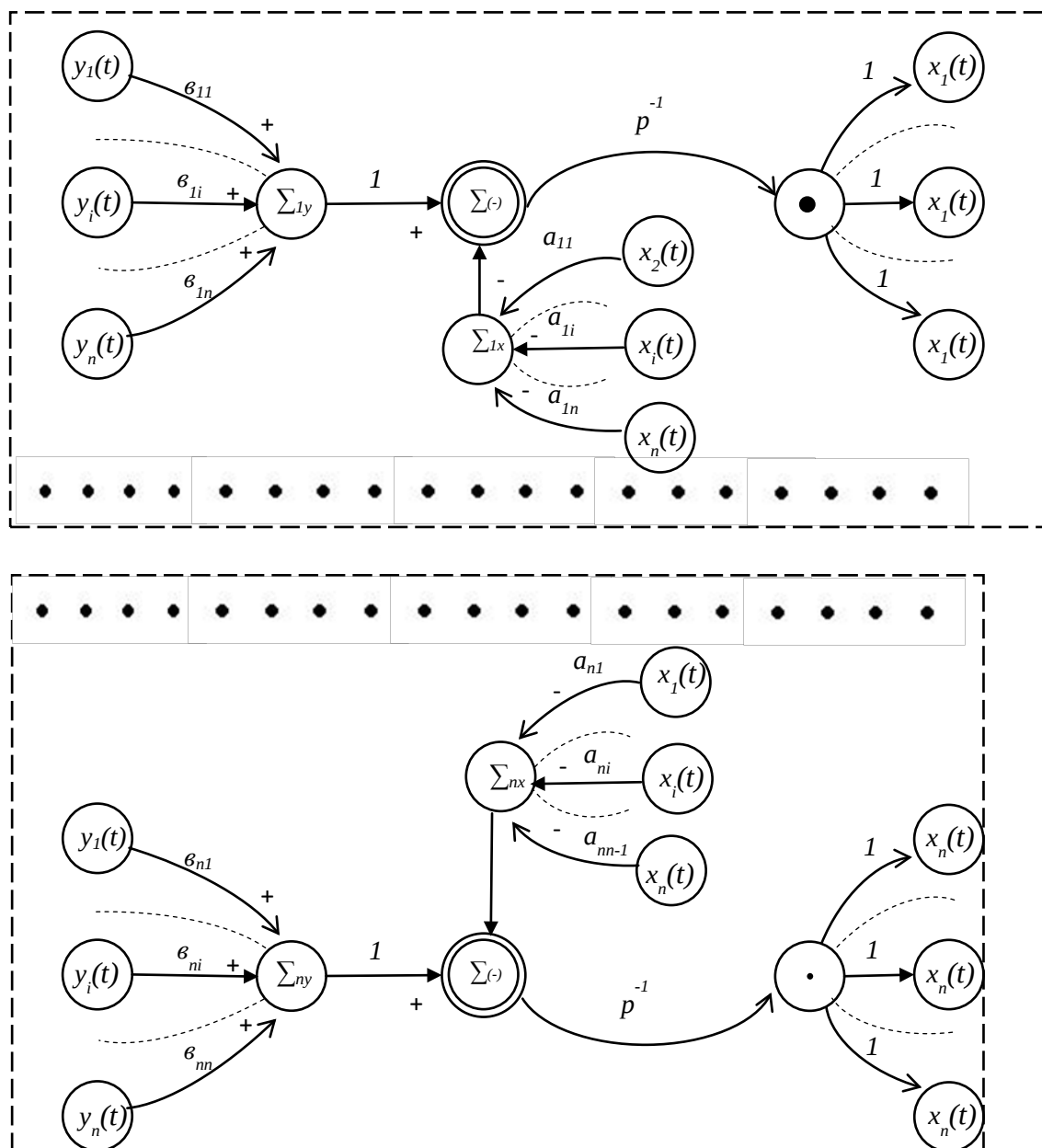


Рис. 2. Граф-схема системи з'єднання динамічних елементів

В квадратних дужках показано відповідно зв'язки на входах та виходах із елементів:

$$\begin{cases} x(t)'_1 = a_{11}^{-1}[(-X_{1\Sigma} + Y_{1\Sigma}) + b_{11}y_1] - x_1, \\ \dots\dots\dots(7) \\ x(t)'_n = a_{nn}^{-1}[(-X_{n\Sigma} + Y_{n\Sigma}) + b_{nn}y_n] - x_n. \end{cases}$$

При більш уважному розгляді граф-схеми приходимо до висновку, що для опису системи:

<ВХОДИ> <динамічні елементи> <ВИХОДИ>

необхідно додати опис системних зв'язків відповідно на вході та виході елементів типу:

$$\begin{aligned} X_C(t) &= S_{CE} * X_E(t), Y_E(t) = S_{EC} * \\ &Y_C(t); \end{aligned} \quad (8)$$

$$X_E(t) = E_{(d)}^{-1}(B_e Y_E(t) + B_3 Y_E(t) + A_3 X_E(t)) \quad (9)$$

Системний аналіз структурних з'єднань

Розглянемо з системних позицій задачу корегування та пошуку структури (а також параметрів) засобів корегування з метою досягнення бажаних властивостей системи.

Більш детально розглянемо вхідні змінні, які діють на систему. Звичайно – це змінні стану динамічної системи, як об'єкта функціонування, на який можуть діяти керуючі впливи (вектор керуючих впливів – $U(t)$, а також збурюючі впливи – $V(t)$). Тоді можливо переписати модель (3) як модель об'єкта корегування (рис 2).

$$\dot{X}_o = A_o X_o + B_u U + B_v V. \quad (10)$$

Задача корегування як пошуку структури такого з'єднання (тобто залежності керуючих впливів від вхідних величин), щоб забезпечити підтримання визначених змінних стану X_o відповідно до умови:

$$e = [\dot{X}_o \triangleq \dot{X}_c], \text{ (або } e = 0), \quad (11)$$

де $\dot{X}_c = A_c X_c$ – рівняння бажаної (корегованої) системи, як результату корегування об'єкту.

Враховуючи те, що вища похідна є алгебраїчною функцією інших змінних, та виконуючи умову (11), отримаємо рівняння закону корегування [4, с. 285]:

$$B_u^* U = (A_c - A_o) X_o + B_v V. \quad (12)$$

Тобто, необхідно ввести в закон корегування всю інформацію, яка доступна в системі. Думається, що цього було б і достатньо для кінцевого вирішення задачі корегування, але поява невимірних неконтрольованих збурень V не дає можливості виконувати умову (11) і мати деяке відхилення від умови синтезу, тобто, якщо збурення присутнє в рівнянні об'єкту корегування, а не введено в закон корегування, то буде відхилення похибки, яке могло би бути компенсовано за рахунок наступного виразу:

$$B_v^* V = (P - A_o) X_o + B_u U. \quad (13)$$

Системний аналіз задачі керування

Скалярний підхід до опису моделі системи.

Можливо на графах відобразити рівняння <вхід – вихід> системи, приводячи до виходу вхідні (як елементів) так і системні, які дозволяють вибрати опис систему у вигляді опису входу – виходу системи. Інколи це викликано поведінкою на початковому етапі синтезу (конструювання). І взагалі це призводить до т.н. структури

перетворень на базі структурованих елементів структурних з'єднань.

Для того, щоб оцінити якість належного перетворення, необхідно оцінити параметричні зміни, які характеризують елементарні зв'язки між ними. До речі, відсутність свого зворотного зв'язку у елементів може відповісти на те, що елементи в свою чергу є з'єднаннями, наприклад, з внутрішнім зворотнім зв'язком (як розподіляються перетворення між прямими зв'язками в кожному окремому випадку виділяються дослідником).

В загальному випадку розв'язання алгебраїчних рівнянь кожного відносно інших можна описати рівняннями високого порядку:

$$\begin{aligned} x_1^{(n)} &= f_1(x_1^{(n-1)}, \dots, x_1, u_1, v_1, y_1, t), \\ x_n^{(n)} &= f_n(x_n^{(n-1)}, \dots, x_n, u_n, v_n, y_n, t), \end{aligned} \quad (14)$$

де змінні $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ стану системи в кожний момент часу t ; u_i, v_i, y_i – зовнішні впливи, що діють на систему.

Причому, відома математична модель функціонування системи і її стан в початковий момент часу (Задача Коші):

$$x(0) = x_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0, \dots \quad (15)$$

Розв'язок поставленої задачі зводиться до інтегрування диференціального рівняння (14) з початковими умовами (15). В результаті знаходяться значення змінних x_i , які будуть характеризувати рух системи. Розглянута вище система (14) фактично є сукупністю n диференціальних рівнянь високого порядку, котре із которых можна розв'язати як автономний канал відповідної автономної системи, наприклад, системи керування трьохфазним електричним генератором змінної напруги. Цю систему можна розглядати як деякий набір моделей елементів для створення нової більш складної системи на етапі проектування. Якщо диференціальне рівняння має порядок вище першого, то вводячи позначення $x_1 = x, x_2 = \dot{x}, \dots, x_n = x^{(n-1)}$, отримаємо нормальну систему диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2, \\ \dot{x}_2 = x_3, \\ \dots \\ \dot{x}_{n-1} = x_n \\ \dot{x}_n = f(t, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}). \end{cases} \quad (16)$$

Аналогічно можна описати, наприклад, модель II закону Ньютона.

$$m\ddot{x} = F(\dot{x}, x, t). \quad (17)$$

Структурний синтез законів керування.

Розглянемо сформульовану вище задачу інваріантності (незбуреності) з точки зору методу структурного синтезу [1-5].

Об'єкт управління задається операторним рівнянням <вхід> – <вихід>:

$$a(p)x = b(p)u + c(p)\lambda + d(p)\xi, \quad (18)$$

де $x(t)$ – керована змінна, $u(t)$ – керуючий вплив, $\lambda(t), \xi(t)$ – збурюючі впливи, a, b, c, d – оператори, $p = d/dt$.

Задача управління може бути сформульована у вигляді:

$$x(t) \overset{\Delta}{=} y(t) \quad \forall t, \quad \lambda(t) \neq 0, \quad \xi(t) = 0, \quad (19)$$

де $y(t)$ – програмне завдання.

Введемо додаткову змінну:

$$e(t) \equiv y(t) - x(t). \quad (20)$$

Тоді наведений вище вираз можна записати:

$$e(t) \overset{\Delta}{=} 0 \quad \forall t, \quad \lambda(t) \neq 0, \quad \xi(t) = 0.$$

Умову оптимальності в задачі структурного синтезу сформулюємо у вигляді функції

$$\text{— предикат} \quad \chi = \left[e(t) \overset{\Delta}{=} 0 \right], \quad \text{причому} \quad \chi = \{ 0, 1 \}.$$

Дійсно, якщо $e \overset{\Delta}{=} 0$ (буде дорівнювати «0»), то вихідна змінна $x(t)$ повинна буде дорівнювати $y(t)$ для всіх t ($x(t) = y(t)$). Таким чином, задачу синтезу закону керування можна розв'язати, якщо розв'язати рівняння:

$$y - a^{-1}(p) [b(p)u + c(p)\lambda + d(p)\xi] = 0 \quad (21)$$

відносно невідомого керуючого впливу u . Тоді

$$u = b^{-1}(p) [a(p)y - c(p)\lambda - d(p)\xi]. \quad (22)$$

Якщо неможливо реалізувати (22), то замкнута система управління буде описуватись деяким новим операторним рівнянням:

$$a(p)x = b(p)b^*(p) \cdot a^*(p)y - a(p)x.$$

(23) Отриманий закон керування включає до себе компоненту $b^{-1}(p) c(p)\lambda$, яка означає, що треба знати закон зміни ($\lambda = \lambda(t)$), щоб завести його відповідно в регулятор; це прямий зв'язок по збуренню, що визначається так само, як і по завдаючому впливу, що відповідно задається.

Дуже багато реальних пристроїв працюють по такій розімкненій схемі (наприклад, автомати по продажу напоїв, розпакування / розфасування продуктів, включення / виключення освітлення та ін.).

Професор Щипанов Г. В. у своїй відомій роботі [5, с. 25] стверджує, що досягти відповідної якості керування по завданню можливо на *етапі проектування*, а ось для досягнення точності при появі збурень, діючих на об'єкт, потрібні додаткові зусилля, включаючи відповідні зв'язки в системі, тобто необхідне керування.

Дійсно, якщо збурення $\lambda(t)$ не компенсовано, воно з'явиться в рівнянні замкнутої системи:

$$a(p)x = b(p) \cdot b^{-1}(p)(a(p)y - c(p)\lambda). \quad (24)$$

Тоді, якщо припустити ідеальність операторів $b^{-1}(p)$ та $a(p)$, то отримаємо відповідне рівняння: $e(t) = a(p) \cdot c(p)\lambda$, тобто похибка зменшується за рахунок оберненого оператора об'єкта, але буде постійно присутня в системі [6, с. 214].

Ідею професора Щипанова Г. В. можна розвинути, використовуючи знову ж таки рівняння об'єкта з метою пошуку закону зміни збурення. Якщо його неможливо заміряти *безпосередньо* то, враховуючи наслідки його впливу, можливо постійно *підраховувати* за виразом

$$\lambda(t) = c(p)^{-1} [a(p)x - b(p)y], \quad (25)$$

при цьому використовуючи раніше знайдений закон:

$$u = b(p)^{-1} \{ a(p)y - c(p)c^{-1}(p) [a(p)x - b(p)u] \}.$$

Якщо оператор $c(p) = 1$, то вираз набуває вигляду

$$u = b(p)^{-1} (a(p)(y - x) + b^*(p)u), \quad (26)$$

тобто отримуємо два зворотних зв'язки: один від'ємний по регульованій величині, а другий додатний по керуючому впливу (одночасно), тобто ця частина закону керування дозволяє компенсує вплив збурення. Тоді, додаючи раніше знайдений закон, отримуємо

$$u = b^{-1}(p) [(a(p)y - c(p)c^{-1}(p)(a^*(p)e)]. \quad (27)$$

Якщо збурення відсутнє в рівнянні замкнутої системи, то інваріантність може бути досягнута (по проф. Павлову В. В.) [7–8].

Заключення. Основні висновки. Проведений системний аналіз відомого матричного рівняння поелементного математичного

опису лінійної динамічної системи дає можливість порівняти його з відомим графічним представленням у вигляді графів потоків сигналів (графів Мезона), по якому досить наглядно можливо використати т. зв. *вербальне представлення* про елементарні типи з'єднання – паралельного, послідовного та зворотного-паралельного.

Відносно зворотного переходу до матричного опису існує можливість використати відомий перший закон Кірхгофа про вузол сигналів (аналогічного закону про алгебраїчного суму струмів вузла) – вона повинна дорівнювати нулю, тобто, як наслідок – існує рівність між тим, що надходить до вузла, і тим, що виходить із нього[3].

В подальшому такий структурований опис дає можливість використати його для т. зв. структурного – параметричного синтезу системи по критеріях *оптимальності, інваріантності, автономності* та ін. [9-11].

Список літератури

1. Тимченко А. А. Системний аналіз процесів та моделей взаємозв'язків і взаємодій. Лінійні статичні системи. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2017. № 1. С. 111–117.
2. Тимченко А. А. Структурний підхід до побудови моделей взаємозв'язків та взаємодії. *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС-2016*. Чернігів: ЧНТУ, 2016. С. 414–416.
3. Тимченко А. А. Системні дослідження: «Невідоме в математиці та способи його визначення». *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2006. № 4. С. 192–193.
4. Тимченко А. А. Системний підхід до синтезу нових законів керування. *Матеріали XX Міжнародної конференції з автоматичного керування. Автоматика*. 2013. Миколаїв: НУК, 2013. С. 284–285.
5. Щипанов Г. В. Теория и методы проектирования автоматических регуляторов. *Автоматика и телемеханика*. 1989. № 1. С. 20–31.
6. Тимченко А. А. Системний аналіз моделей комплексу технічних засобів на прикладі ЧАЕС. *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС-2017*. Чернігів: ЧНТУ, 2017. С. 212–214.

7. Тимченко А. А., Підгорний М. В., Тьорло О. В. Структурний синтез законів управління. *Автоматика*. 2008. Одеса: ОНМА 2008. С. 941–944.
8. Тимченко А. А. Системні дослідження. Відкриття нових законів в автоматичності. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2007. № 1. С. 152–157.
9. Шатихин Л. Г. Структурные матрицы и их применение для исследования систем. М: Машиностроение, 1994. 248 с.
10. Тимченко А. А. Таблиці, матриці і логічні схеми рішень. *Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС-2014»*. Київ-Жукин, 2014. С. 323–326.
11. Тимченко А. А. Логічні схеми дослідження та їх використання. *Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2014): Черкаси, 24-26 квітня 2014 р. У 2 т. Черкаси: ЧДТУ, 2014. Т.1. С. 67–68.*

References

1. Tymchenko, A. A. (2017) System analysis of processes and patterns of interconnections and interactions. Linear static systems. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, No. 1, pp. 111–117.
2. Tymchenko, A. A. (2016) Structural approach to the construction of interconnection and interaction models. *Mathematical and simulation of systems simulation. MODS-2016*. Chernihiv: CSTU, pp. 414–416.
3. Tymchenko, A. A. (2006) System research: "Methods unknown to math in mathematics". *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, No. 4, pp. 192–193.
4. Tymchenko, A. A. (2013) System approach to the synthesis of new management laws. *Automation – 2013: Materials of the XX International Conference on Automatic Control*. Nikolaev: NUS, pp. 284–285.
5. Shchipanov, G. V. (1989) Theory and methods of designing automatic regulators. *Automatics and telemechanics*, № 1, pp. 20–31.
6. Tymchenko, A. A. (2017) System analysis of models of a complex of technical means on the example of ChNPP. *Mathematical and*

- simulation of systems simulation. MODS-2017*. Chernigov: CSTU-2017, pp. 212–214.
7. Tymchenko A. A., Podgorniy M. V., Thorlo O. V. (2008) Structural synthesis of control laws. *Automatics-2008*. Odessa: ONMA, pp. 941–944.
 8. Tymchenko, A. A. (2007) System research. Opening of new laws. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, No. 1, pp. 152–157.
 9. Shatykhyn, L. H. (1994) Strukturnye matrytsy y ykh prymynenye dlya yslედovanye system. M.: Mashynostroenye, 248 s.
 10. Tymchenko, A. A. (2014) Tablytsi, matrytsi i lohichni skhemy rishen'. *Materialy IX Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Matematychne ta imitatsiyne modelyuvannya system. MODS-2014»*. Kyiv-Zhukyn, s. 323–326.
 11. Tymchenko, A. A. (2014) Lohichni skhemy doslidzhennya ta yikh vykorystannya. *Tezy dopovidey II Mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi «Informatsiyi tekhnolohiyi v osviti, nautsi i tekhnitsi» (ITONT-2014): Cherkasy, 24-26 kvitnya 2014 r. U 2 t. Cherkasy: ChDTU, t. 1, s. 67–68.*

A. Tymchenko, *Doctor of Technical Sciences, Professor*
Cherkassy State Technological University
Shevchenko str., 460, Cherkassy, 18006, Ukraine

SYSTEM ANALYSIS: PROCESSES AND MODELS OF RELATIONSHIPS AND INTERACTIONS. LINEAR DINAMIC SYSTEMS

The paper describes approach to developing man-machine language of technical systems researcher using the so-called standardized mathematical (matrix) description of interactions which allows forming models of linear dynamic system.

The apparatus of signal flow graphs theory is used for structured description of compositions and relationships between them.

Keywords: *compositions, connections, input-output system, structure, interaction model, task, task, signals flow graph, system analysis and approach.*

У підготовці статті до друку взяли участь к.т.н., доц. **Андрієнко В. О.**,
магістр **Чабан Ю. В.**

Статтю представляє Тимченко А. А., д.т.н., професор.

Л. І. Білик, *д.пед.н., професор*,
e-mail: bilyk218@ukr.net

І. А. Чемерис, *к.б.н., доцент*,
e-mail: ichemerys@ukr.net

Н. В. Старовойтенко, *к.пед.н., доцент*
e-mail: nv-star58@rambler.ru

Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

ЕКОЛОГІЧНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ СТУДЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ: ВИКЛИК ЧАСУ ТА РЕАЛЬНИЙ СТАН

В статті розкрито сутність компетентнісного підходу в процесі формування професійних компетенцій майбутніх фахівців в аспекті їх екологічної компетенції. Проведено аналіз понять «компетенція», «компетентність», «екологічна компетентність». Розкрито передумови формування екологічної компетентності студентів різних напрямів технологічного університету, а також складові та основні компоненти даної якості. Проаналізовано стан екологічної компетентності студентів технічного й гуманітарного напрямів підготовки у технологічному університеті та сформульовано основні завдання вищої школи в процесі формування цієї важливої професійної якості у фахівців.

Ключові слова: компетенція, компетентність, екологічна компетентність, компетентнісний підхід, професійна компетентність, збалансований розвиток.

Постановка проблеми. Основною ознакою розвитку національної освіти на сучасному етапі є побудова її на компетентнісно орієнтованій основі. Передумовами цього процесу слугує ряд факторів, серед яких визначальними є перехід світової спільноти до інформаційного суспільства, введення моделі особистісно-орієнтованого навчально-виховного процесу як оновленої парадигми освіти та глобалізація всіх сфер життєдіяльності суспільства, що визначає можливість особистості інтегруватись в різні види соціуму, самовизначатись, виявляти активну життєву позицію та бути конкурентоспроможними на світовому ринку праці. Тобто, набуття людиною знань, умінь і навичок, які спрямовані на удосконалення компетентності особистості, сприяють її духовному і інтелектуальному розвитку та вмінню швидко адаптуватись до суспільно-соціальних потреб та викликів життя. У зв'язку із цим на сучасному етапі суспільного розвитку актуальною є теоретична та прикладна професійна підготовка фахівців, під час якої відбувається доповнення до знань, умінь та навичок, як результату навчання, ще й формування їх творчих здібностей, тобто всебічно компетентних молодих людей для різних галузей виробництва, орієнтованих на пошук балансу між економічною,

соціальною та екологічною складовими розвитку нашої держави, що є запорукою її збалансованого розвитку.

Аналіз останніх джерел досліджень. Розробка проблеми вдосконалення системи освіти шляхом застосування компетентнісного підходу представлена в наукових доробках вітчизняних і зарубіжних вчених (Болотов В., Зимня І., Овчарук О., Пометун О., Хуторський А., Шалашова М.). На сьогодні ряд публікацій у сучасній педагогічній науці присвячені різним аспектам порушеної проблеми – від розуміння професійної компетентності (Свистун В., Ягупов В.), розкриття змісту, структури компетенції (Герус С., Краєвський В., Пустовіт Н., Хуторський А., Шалашова М.) до моделювання процесу її формування (Болотов В., Введенський В., Серіков В.). Д. Равен визначає терміни «компетенція» і «компетентність» як синоніми, при цьому характеризує компетентність як здатність людини, що необхідна для виконання конкретної дії в певній галузі діяльності й поєднує в собі знання, навички, способи мислення і готовність відповідати за свої вчинки [1]. Інші вчені (Е. Шорт, А. Бермус) проводять межу між цими поняттями. Е. Шорт під компетенцією розуміє наявність у людини певних якостей і станів, які не гарантують їй можливості їх

практичного застосування, в той час як компетентність, на його думку, – це міра з певною специфікою, якою може володіти будь-хто на основі відповідних компетенцій, що поєднує в собі як конкретну категорію компетенцій, за допомогою котрих можна судити про адекватність і достатність людини, так і якість або стан, що характеризує цю людину в рамках відповідної категорії [2]. Експерти країн Європейського Союзу визначають поняття компетентностей як «здатність застосовувати знання й уміння», що забезпечує активне застосування навчальних досягнень у нових ситуаціях. В останніх публікаціях ЮНЕСКО поняття компетентності трактується як поєднання знань, умінь, цінностей і ставлень, що застосовуються в повсякденні. Більшість вчених до суттєвих характеристик компетентності відносять: поглиблене знання предмета; постійне оновлення знань для успішного вирішення професійних задач; представленість змістового і процесуального компонентів. На відміну від традиційних характеристик професіоналізму – знань, умінь і навичок – в дефініції «компетентність» підкреслюються також такі якості, як: інтегрований і творчий характер; висока ефективність результату; практикоорієнтована направленість отриманих знань; співвідношення критерію із ціннісно-смісловими характеристиками особистості; формування мотивації самовдосконалення; академічна і трудова мобільність, що є особливо актуальним для студентів технічних напрямів, майбутніх «інженерів довкілля» задля прогресивного суспільного розвитку нашої держави.

Метою даної роботи є визначення підходів щодо оцінки стану екологічної компетентності студентів технологічного вузу в сучасних умовах екологічних ризиків і небезпек та передумов для підвищення готовності майбутніх фахівців різних напрямів до екологічно-орієнтованої професійної діяльності.

Виклад основного матеріалу. Під час освітнього процесу в студентів формуються й розвиваються професійні компетенції, що визначають готовність до подальшої виробничої діяльності. Найбільш узагальненою є така їх класифікація: предметні (спеціальні) компетенції, що є основою для реалізації професійних задач; надпрофесійні (інколи їх називають базовими) компетенції, необхідні, щоб ефективно працювати в організації; ключові компетенції, які визначають успішну соціалі-

зацію кожного випускника. Зрозуміло, що всі вказані групи не суперечать одна одній, тому їх слід розглядати як взаємодоповнюючі складові єдиного освітнього процесу, направленого на досягнення завдань, формування всебічно розвиненої, професійно-компетентної особистості. Існує чимало дефініцій поняття «компетентність», але суть визначення збігається до розуміння їх як здатності особистості вміти застосувати, використати на практиці здобуті в процесі навчальної діяльності, життєвого досвіду власні вміння, знання й навички. При цьому, звичайно, потрібно бути добре обізнаним у тій сфері діяльності, де свої здібності маєш застосувати, тобто перехід із площини «знаю, що», в площину «знаю, як».

Формування професійної компетенції забезпечується шляхом *компетентнісного підходу*, який розглядається як спрямованість освітнього процесу на формування та розвиток ключових і предметних компетентностей особистості. Результатом такого процесу є формування загальної компетентності людини, що є сукупністю ключових компетентностей та інтегрованою характеристикою особистості. Така характеристика має сформуватися в процесі навчання і містити знання, вміння, ставлення, досвід діяльності й поведінкові моделі особистості. Компетентнісний підхід в освіті пов'язаний із особистісно-орієнтованим і діяльнісним підходами до навчання, оскільки стосується особистості й може бути реалізованим і перевіреном тільки в процесі виконання певного комплексу дій. Так, Болотов В. А., Серіков В. В. (2003 р.) зауважують, що «компетентнісний підхід висуває на перше місце не поінформованість учня, а уміння вирішувати проблеми».

Щодо екологічної компетентності, то дослідники зауважують, що термін хоча і зустрічається в українській освіті «однак радше використовується, аніж цілеспрямовано розробляється на науковому рівні» [3]. Екологічна компетентність реалізується у різних видах діяльності особистості. С. Алексєєв розглядає екологічну компетентність як «системну інтеграційну якість особистості, що характеризує здатність вирішувати проблеми і завдання різного рівня, які виникають у життєвих ситуаціях та професійній діяльності, на основі сформованих цінностей і мотивів, знань, навчального та життєвого досвіду, індивідуальних особливостей, схильностей, потреб» [4].

Л. Руденко визначає екологічну компетентність як підготовленість й здатність людини до практичного вирішення екологічних завдань, наявності в неї особистісних якостей, поєднаних з необхідним запасом знань і умінь ефективно і доцільно діяти в проблемних ситуаціях, що виникають у різних сферах діяльності, а також знаходити правильні шляхи їх вирішення [5]. Л. Титаренко розглядає екологічну компетентність, як уміння використовувати екологічні знання й досвід у професійних і життєвих ситуаціях, керуючись пріоритетністю екологічних цінностей і непрагматичною мотивацією взаємодії з довкіллям на основі усвідомлення особистої причетності до екологічних проблем і відповідальності за екологічні наслідки власної професійної і побутової діяльності [6]. Н. Олійник екологічну компетентність зараховує до ключової професійної компетентності і розглядає її як інтегроване особистісне утворення фахівця, «яке відображає єдність його теоретичної та практичної готовності ефективно здійснювати екологічно значущі професійні функції» [7]. Л. Лук'янова вказує, що екологічна компетентність фахівця – це системна інтегративна якість особистості, яка визначається сукупністю здатностей вирішувати проблемні питання і завдання різного рівня складності, що можуть з'являтися у побуті і професійній діяльності, на основі сформованого ціннісного ставлення до природи, знань, освітнього і життєвого досвіду, індивідуальних здібностей, потреб і мотивів» [8]. Екологічна компетентність, будучи складовою професійної компетентності, формується у процесі вивчення дисциплін різного профілю. Практична реалізація процесу формування екологічної компетентності у системі вищої освіти здійснюється поступово, шляхом введення в навчальні плани дисципліни «Основи екології» та шляхом екологізації навчальних дисциплін. Це є вимога часу, оскільки незбалансована експлуатація природних ресурсів та зростання їх дефіциту потребують від української спільноти розуміння необхідності збереження довкілля, раціонального використання природних надр і переходу до збалансованого розвитку.

Керівний комітет ЄЕК ООН з питань освіти для збалансованого розвитку створив Групу експертів з компетенцій у галузі освіти, яка запропонувала структуру основних компетенцій викладачів у галузі освіти для збалансованого розвитку. Ці компетенції ґрунтуються на трьох основних характеристиках освіти: цілісному підході, передбаченні змін і реалізації перетворень [11].

Ефективність процесу формування екологічної компетентності забезпечується також за умови: створення базової моделі екологічного навчання і виховання; необхідного рівня екологічної компетентності викладачів; використання ефективних педагогічних підходів; якісного методичного забезпечення викладачів навчального закладу; розробки нових підходів до екологізації теоретичного навчання в системі фахової освіти; розробки нових підходів до проведення виробничих практик [9]. У професійній практичній діяльності реалізуються декілька компонентів екологічної компетентності, тому вона розглядається як інтегрований результат навчальної діяльності студентів і характеризується певними складовими, серед яких визначальними є:

- здатність особистості до ситуативної діяльності в побуті і природному оточенні, коли набуті екологічні знання, навички, досвід і цінності актуалізуються в уміння приймати рішення і виконувати адекватні дії, усвідомлюючи їх наслідки для довкілля;

- здатність особистості застосовувати екологічні знання й досвід у професійних і життєвих ситуаціях, керуючись пріоритетністю екологічних цінностей і непрагматичною мотивацією взаємодії з довкіллям на основі усвідомлення особистої причетності до екологічних проблем і відповідальності за екологічні наслідки власної професійної і побутової діяльності;

- здатність особистості відповідально розв'язувати життєві проблеми, підпорядковуючи задоволення своїх потреб принципам збалансованого розвитку;

- система знань, умінь та навичок у сфері екологічної діяльності, що відповідають внутрішній позиції та забезпечують кваліфіковане розв'язання екологічно небезпечних ситуацій, спостереження та контроль за дотриманням екологічних вимог у різних сферах життєдіяльності згідно з екологічним законодавством України.

Усі складові реалізуються при діяльнiсному підході до такого процесу, тому саме за виявами діяльності оцінюють рівень екологічної компетентності. Але будь-якій діяльності мають передувати знання [10]. Опитування студентів технічних напрямів підготовки дає

підставу стверджувати, що вони мають поєднати знання і уявлення щодо впливу навколишнього середовища на стан суспільного розвитку, що спричинено недостатнім екологічним наповненням змісту спеціальних дисциплін.

В анкетуванні, що було проведено нами, брали участь студенти 1–3 курсів інженерних і гуманітарних спеціальностей Черкаського державного технологічного університету, всього 381 особа. Загалом, оцінюючи стан своєї екологічної підготовки, лише 28 % студентів визначили її як задовільну. Такий незначний відсоток свідчить, перш за все, про недостатній рівень отриманих екологічних знань, які не є домінуючими в професійній підготовці фахівців даного вузу. Це зумовлено і незначною кількістю часу, що відведено на вивчення дисциплін природознавчого циклу, і також запровадженням так званої «освітньої траєкторії», згідно якої студент має право взагалі не вибирати дисципліни вказаного напрямку для вивчення. Визначаючись з технологією навчання основам екологічних знань студентів технічних спрямувань, ми чітко для себе окреслили: студентам необхідні саме знання, оскільки рівень отриманих ними знань з екології був досить низьким, що підтвердилось у їхніх відповідях на запропоновані нами питання. А саме: в результаті опитування студентів третього курсу інженерних спеціальностей, які вже вивчили дисципліну «Екологія» на питання «Чи вважаєте ви сформованою у себе внутрішню мотивацію до збереження довкілля» – лише 37,7 % відповіли позитивно, 52,2 % – вважають сформованою частково, а 10% – заперечили зовсім. На запитання: «Чи вважаєте ви достатніми отримані екологічні знання» відповіді були наступні: «Так» – 24,4 %, «Ні» – 35,6 %, «Частково» – 40 %. Аналізуючи відповіді, ми доходимо висновку, що ті екологічні знання, що були вміщені в 54 години (згідно навчального плану) і доведені викладачем до студента, аж ніяк не посприяли зростання їхньої екологічної свідомості, і частка студентів (1/3), що визначила свою внутрішню мотивацію як задовільну, є досить незначною, а «достатніми» свої знання оцінили ще менше студентів (1/5). Отже, порівнюючи ці дані з показниками опитування студентів перших курсів, можна дійти до висновку, що в результаті навчального

процесу не відбулось помітних зрушень у екологічній свідомості студентів, і це чітко проявилось у відповідях на ще одне запитання «Чи сприяв курс «Основи екології» формуванню у Вас певних умінь та навичок природоохоронного характеру?». Відповіді були наступні: «Так» – 41%, «Ні» – 39%, «Частково» – 20%. Причини такого стану можуть бути різноманітні: від непрофесіоналізму викладача до незацікавленості предметом студента. Як на наш погляд, в процесі викладання дисципліни «Основи екології» в технічному вузі викладач повинен чітко поставити собі мету: чого він хоче досягти – і лише тоді обирати форми, методи, засоби, прийоми і т.ін., які могли б зреалізувати мету в дійсність. Визначити мету може допомогти, знову ж таки, вхідне опитування студентів, щодо завдань предмету «Екологія», і яких результатів студенти бажали б досягти по закінченню вивчення дисципліни. В нашому випадку, аналізуючи відповіді студентів на питання «Чи в достатній мірі висвітлені проблеми екології та природозбереження в інших дисциплінах вашого фаху?» лише 31 % відповіли позитивно. Тобто, маючи незначний відрізок часу на викладання екології для студентів технічних спрямувань, та ще й не підкріплюючи цих знань у міжпредметних зв'язках із іншими дисциплінами фаху, ми отримуємо на виході не екологічно свідому молодь, а екологічно безграмотного фахівця, який в подальшому буде не творити, а руйнувати, не зберігати, а шкодити, не відтворювати, а знищувати. Коло замкнулось: звідки вийшли, туди й прийшли. Ситуація в даний час складається ще негативніше, ніж можна було б передбачити. Введення екології як предмету за вибором у навчальні робочі плани призвело до того, що, «захищаючи» спеціальні предмети і викладачів в плані погодинного навантаження, студентам навіть не пропонується дана дисципліна на вибір, а якщо і запропонована, то гарантований стовідсотковий негативний ефект її вибору. Це означає, що ні інженери, ні механіки, ні IT-ішники, ні економісти, ні студенти інших фахових спрямувань не будуть мати жодної уяви про екологічні виклики і ризики, не будуть екологічно вмотивованими в своїй професійній діяльності, а отже – й нам немає чого позитивного чекати в плані поліпшення екологічної ситуації в країні, яка вже захлинається від сміття,

забруднення, шкідливих викидів і різючого екологічного невігластва населення, не здатного щось змінити в плані поліпшення екологічного стану довкілля та й не особливо заохоченого до таких змін.

Провівши аналіз навчальних робочих планів в Черкаському державному технологічному університеті, ми виявили наступне: екологія як навчальна дисципліна та суміжні з нею дисципліни («Основи екології», «Екологія за професійним спрямуванням», «Екологія в галузі») в навчальних планах виділена у блок вибіркового дисциплін, причому у деяких планах дисципліна поставлена у блок гуманітарних наук, хоча екологічні науки у своїй більшості відносяться до природничих. Але невідомим є той факт, що з 36-ти спеціальностей освітнього рівня «бакалавр» Черкаського державного технологічного університету лише у 12-ти спеціальностей (34,3 %) екологія представлена у вибіркового блоці дисциплін, причому, у деяких із них, а саме – у двох спеціальностях з 5–7 існуючих. При цьому дисципліни екологічного блоку заплановано читати викладачами, які не є фахівцями з екології. Отже, лише третина спеціальностей технологічного вузу містять у своїх навчальних планах екологію як вибірку дисципліну.

Аналіз по факультетах показав, що на факультеті комп'ютеризованих технологій машинобудування і дизайну лише 14,3 % спеціальностей мають екологію як вибірку складову навчальних планів; факультет електронних технологій – 16,7 %; навчальні плани факультету харчових технологій та сфери обслуговування не пропонують своїм студентам екологічну складову підготовки; на факультеті економіки та управління 50 % спеціальностей містять екологічну складову підготовки; третина навчальних планів, а саме 33,3 %, на факультеті інформаційних технологій і систем мають екологію як навчальну дисципліну; на будівельному факультеті – 66,7 %. На лінгвістичному факультеті навчальні плани всіх спеціальностей (100 %) містять екологічну складову.

Зауважимо, що серед навчальних планів саме інженерних спеціальностей найнижча частка забезпеченості екологічної підготовки майбутнього фахівця – 30 %. У майбутніх економістів, менеджерів, маркетологів, фінан-

систів та бухгалтерів вона становить близько 50 %. Такий стан речей ми вважаємо неприйнятним, оскільки фахівці інженерних спеціальностей мають володіти найвищим рівнем екологічної свідомості та компетентності, тому що в майбутньому саме вони будуть визначати безпечний екологічний розвиток нашої економіки та соціально-побутової сфери. Саме від їхніх високопрофесійних екологобезпечних рішень та діяльності будуть залежати як імідж нашої держави на світовому рівні, так і її прогрес. Тому, реалізуючи компетентнісний підхід в процесі формування екологічної компетентності фахівців різних напрямів, викладачі вищої школи мають акцентувати увагу студентів на розвитку їх критичного мислення шляхом постановки аналітичних соціально-екологічних завдань, розвивати їхнє креативне мислення, націлене на перспективу, позбавлену екологічних ризиків та антропогенних катаклізмів, привчати приймати рішення в непередбачуваних та кризових ситуаціях, пов'язаних із довкіллям, виховувати вміння брати на себе відповідальність за прийняті рішення та дії, формувати практичні навички природоохоронного характеру, а також сприяти формуванню мотиваційної сфери у студентів до збереження довкілля та підтримки стійкої зацікавленості щодо його проблем.

Висновки. Ситуація, в якій зараз опинилась вища школа, свідчить про те, що екологічна складова освітнього процесу є досить незначною, що в кінцевому результаті може призвести до непередбачуваних катастрофічних наслідків як у суспільстві, так і на освітнянській ниві, і не лише в екологічному аспекті, а й в соціально-політичному. З огляду на це ми вважаємо, що завданням вищої школи у процесі формування екологічної компетентності як важливої професійної якості у майбутніх фахівців ми вважаємо підвищення їхньої готовності до екологоорієнтованої професійної діяльності через реальне впровадження екологічної складової в освітній процес. Відповідно, в системі підготовки у технологічному університеті домінантною складовою фахової компетентності мають закладатися екологічні знання й екологічна відповідальність.

Список літератури

1. Равен Дж. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие и реализация / пер. с англ. М.: Когито-Центр, 2002. 396 с.
2. Апресян Р. Г., Гусейнов А. А. Этика: энциклопедический словарь. М.: Гардарики, 2002. 389 с.
3. Пустовіт Н. А., Пруцакова О. Л., Руденко Л. Д., Колонькова О. О. Формування екологічної компетентності школярів: наук.-метод. посіб. Київ: Педагогічна думка, 2008. 64 с.
4. Алексеев С. В. Развитие исследовательских способностей у старшеклассников как условие формирования экологической компетентности. *Вестник МГГУ им. М. А. Шолохова. Экопедагогика.* 2005. Вып. 5. С. 231–236.
5. Руденко Л. Д. Взаємодія сім'ї і школи у формуванні екологічної компетентності школярів: метод. посіб. Київ: Педагогічна думка, 2008. 32 с.
6. Титаренко Л. М. Формування екологічної компетентності студентів біологічних спеціальностей університету: автореф. дис.... канд. пед. наук: 13.00.07. Київ, 2007. 20 с.
7. Олійник Н. Ю. Формування екологічної компетентності студентів гідрометеорологічного технікуму у процесі навчання інформаційних технологій: автореф. дис. канд. пед. наук: 13.00.02. Харків, 2005. 19 с.
8. Лук'янова Л. Б., Гуренкова О. В. Екологічна компетентність майбутніх фахівців: навч.-метод. посіб. Київ, Ніжин: ПП Лисенко, 2008. 243 с.
9. Білик Л. І. Про стан екологічної підготовки студентів у технічному вузі. *Нові технології навчання.* 2004. № 37. С. 126–132.
10. Білик Л. І. Чемерис І. А. Ключка С. І. Роль когнітивного компонента в процесі формування екологічної компетентності студентів технологічного університету. *Нові технології: наук.-метод. зб.* Інститут інноваційних технологій і змісту освіти МОНмолодьспорту України. Київ, 2013. С. 111–135.
11. Учиться в интересах будущего: компетенции в области образования в интересах устойчивого развития //ESE/СЕР/АС.13/ 2001/6. Женева: ЕЭК ООН, 2011. 13 с.

References

1. Raven, John (2002) Competence in modern society: identification, development and implementation. M.: Kogito-Tsentr, 396 p.
2. Apresyan, R. H., Huseynov, A. A. (2002) Ethics: Encyclopedic Dictionary. M.: Hardaryky, 389 s.
3. Pustovit, N. A., Prutsakova, O. L., Rudenko, L. D., Kolon'kova, O. O. Developing students environmental competence: textbook. Kyiv: Pedahohichna dumka, 2008, 64 s.
4. Alekseev, S.V. (2005) Development of research skills in high school students as a condition for developing environmental competence. *Vestnyk MHHU im. M. A. Sholokhova. Ekopedahohyka*, vyp. 5, s. 231–236.
5. Rudenko L. D. (2008) The interaction between the family and school in developing students' environmental competence: textbook. Kyiv: Pedahohichna dumka, 32 s.
6. Tytarenko, L. M. (2007) Developing environmental competence of students enrolled in University Biology training programs: PhD in pedagogy thesis manuscript: 13.00.07. Kyiv, 20 s.
7. Oliynyk, N. Yu. (2005) Developing students' environmental competence at IT classes at Hydrometeorological College: PhD in pedagogy thesis manuscript: 13.00.02. Kharkiv, 19 s.
8. Lukyanova, L. B., Hurenkova, O. V. (2008) Environmental competence of future specialists textbook. Kyiv-Nizhyn: PP Lysenko, 243 s.
9. Bilyk, L. I. (2004) The issue of students' environmental training at technical universities. *Novi tekhnolohiyi navchannya.* № 37. S. 126–132.
10. Bilyk, L. I., Chemerys, I. A., Klyuchka, S. I. (2013) The role of cognitive component in developing the ecological competency of the Technological University students. *New technologies: collection of papers.* Institute of Innovative Technology and Education Content, Ministry of Education, science, youth, and sport of Ukraine. Kyiv, s. 111–135.
11. Learn in the interests of the future: competencies in education aimed at the sustainable development //ESE/SER/AS.13/ 2001/6. 2011. Zheneva: EЭК ООН, 13 s.

L. I. Bilyk, *Doctor of Sciences in Pedagogy, professor,*
e-mail: bilyk218@ukr.net

I. A. Chemerys, *PhD in Biological Sciences, Associate Professor,*
e-mail: ichemerys@ukr.net

N. V. Starovoitenko, *PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor*
e-mail: nv-star58@rambler.ru

Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

ENVIRONMENTAL COMPETENCE OF TECHNOLOGICAL UNIVERSITY STUDENTS: A CHALLENGE AND A REAL TIME SITUATION

The main feature of the modern national education is to apply competence-based approach when training the students.

Therefore, the theoretical and practical professional training that improves skills, expand knowledge and as a result of training, also forms creative abilities of fully qualified young people for various branches of production, aimed at finding a balance between the economic, social and environmental components of our state development, which is the key to its sustainable development.

The aim of the study is to determine ecological competence state of the technological university students in modern conditions of environmental risks and hazards and readiness improvement of prospective specialists in different areas for ecologic preserving and ecologically oriented professional activity.

The article explores idea of competency-based teaching and learning when developing environmental competence as a part of future specialists' professional competence. The concepts "competency", "competence", and "ecological competence" were analyzed. There were identified the prerequisites that ensure developing environmental competence in students of different majors at the technological university; there were explained the key components of this skill. The experimental findings allowed to analyze environmental competence of students enrolled in engineering and humanities programs. The article identifies higher education goals in developing the engineering students' professional competence.

Keywords: *competence, competency, ecological competence, competency-based approach, professional competence, sustainable development.*

Статтю представляє Л. І. Білик, д.пед.н., професор.

Р. Б. Капітан

e-mail: kapitan_ruslan@ukr.net

Черкаський державний технологічний університет
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна**РОЗРОБКА ОНТОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
ВИРОБНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ НА ПОЛІГРАФІЧНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ**

Проаналізовано проблеми створення виробничої системи підтримки прийняття рішень, з онтологічною компонентою в якості інтелектуального ядра, для вирішення завдань, пов'язаних із визначенням поточного технічного стану виробничого обладнання (ТСВО) на поліграфічному підприємстві. Інформація про ТСВО буде формуватися в онтологічному середовищі на основі даних про відмови конкретних одиниць обладнання, які мали місце в процесі його функціонування, а згодом – узагальнюватися, з метою визначення номенклатури запасних частин та комплектуючих, які необхідно мати на складі поліграфічного підприємства для оперативного відновлення працездатності цього обладнання. Викладено підхід до синтезу інтелектуального ядра у формі онтологічної системи як сукупності трьох предметних онтологій. В основу підходу покладено методологію METHONTOLOGY з відповідним інструментарієм. Розроблені засоби стануть частиною комп'ютерного середовища для автоматизації, за допомогою технології інтернету, речей і логістичних процесів, пов'язаних із замовленням, закупкою та доставкою на склад поліграфічного підприємства запасних частин та комплектуючих.

Ключові слова: поліграфічне підприємство, виробниче обладнання, технічний стан, інтелектуальне ядро, онтологія, онтологічна система.

Вступ. На сьогодні інтелектуалізація процесів управління виробництвом на всіх етапах життєвого циклу виробів є основною тенденцією в розвитку промислових інформаційних систем. Але для управління сучасними виробничими об'єктами, зокрема, вирішення задач технічного діагностування, в силу їх складності, часто неможливо застосовувати методи, відомі в класичній теорії управління. Наявність зазначеної тенденції породжує ряд прикладних проблем, пов'язаних із необхідністю розроблення та реалізації нових інформаційних технологій. Однією з головних проблем є постійне зростання складності виробничого обладнання (ВО), що неминуче тягне за собою ускладнення процесів проектування і підготовки виробництва. Друга проблема пов'язана з необхідністю постійного зменшення обсягу інформації про поточний стан ВО до того рівня, який дійсно необхідний особі, що приймає рішення (ОПР), відповідно до існуючих обмежень ергономічного характеру. Третя проблема проявляється в дефіциті часу на прийняття рішення і координації рішень різних ОПР. Ще однією важливою проблемою інтелектуалізації виробництва, зокрема поліграфічного [1–4], виступає необхідність постійного придбання, збереження і ро-

зподілу знань досвідчених виробничників, накопичених ними в процесі багаторічної роботи, включаючи при цьому не тільки позитивний, а й негативний досвід вирішення виробничих завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню зазначених вище проблем в останні роки присвячено значну кількість робіт вітчизняних і зарубіжних дослідників. Так, методологія створення виробничих систем, заснованих на знаннях, викладена в монографіях І. П. Норенкова, П. К. Кузьмика [5], А. І. Громова, М. С. Каменнова, Г. Б. Євгенєва [6]. Проблема організації ергономічного людино-машинного інтерфейсу у виробничих діалогових системах розглядається, зокрема, у праці Є. І. Яблочникова [7]. В останній із зазначених робіт представлена і концепція створення єдиного простору знань в рамках виробничого об'єкта, що дає можливість істотно підвищити ефективність рішень, що приймаються колективом ОПР. Вирішенню останньої із зазначених вище проблем, яка, безсумнівно, відноситься до категорії фундаментальних, присвячено безліч публікацій, серед яких безпосередньо питанням інтелектуалізації виробництва – порівняно невелика кількість робіт, наприклад [8].

Постановка проблеми. Реалізація сукупності процесів, пов'язаних із перманентним виявленням, вилученням і структуризацією знань досвідчених фахівців у галузі поліграфічного виробництва, на даному етапі розвитку виробничих систем зі штучним інтелектом, вимагає розробки якісно нових підходів. Найбільш перспективним, на думку ряду дослідників, наприклад Т. П. Левашової, М. П. Пашкіна, А. В. Смирнова, Н. Г. Шилова [9], є застосування онтологій в якості сховища знань про виробництво. Разом з тим, на цій основі до цього часу не розроблено інформаційну технологію синтезу виробничих систем підтримки прийняття рішень (СППР) щодо визначення та підтримки належного технічного стану ВО на поліграфічних підприємствах.

Мета статті полягає у розробці онтологічних моделей для підвищення ефективності бізнес-процесів на поліграфічному підприємстві, об'єднання їх в онтологічну систему і в застосуванні цієї системи в якості інтелектуального ядра СППР щодо постачання на склад поліграфічного підприємства запасних частин та комплектуючих для забезпечення належного технічного стану ВО.

Виклад основного матеріалу. Останнім часом в інженерії застосовується визначення онтології як формальної специфікації узгодженої концептуалізації [10]. При цьому під узгодженням концептуалізації мається на увазі, що дана концептуалізація не є думкою окремої особи, а є спільною для деякої спільноти у конкретній предметній галузі.

Визначення 1. Онтологічний інжиніринг – теорія і технологія розробки онтологій [11].

При цьому будь-яка онтологія має в своїй основі концептуалізацію, але одна і та ж сама концептуалізація може бути основою різних онтологій, і дві різні бази знань (БЗ) можуть відображати одну онтологію.

Основними компонентами онтології є: класи або поняття; атрибути; відносини; аксіоми; екземпляри [9].

Визначення 2. Екземпляри онтологій є одиничними, та поєднуються в класи.

Одиниці онтології (класи і екземпляри) можуть мати властивості – атрибути. Кожен атрибут, зазвичай, має ім'я і значення та використовується для зберігання інформації, яка специфічна для даної одиниці. Наприклад, для екземпляру *Дротошвейна машина* типовим атрибутом є *Принцип дії*.

Визначення 3. Відносини в онтології представляють тип взаємодії між поняттями предметної галузі.

Відносини між поняттями формально визначаються як підмножини у деякому універсумі. Приклад бінарного відношення – відношення «частина – ціле». Різниця між відносинами і атрибутами полягає в тому, що відносини пов'язують між собою два класи, а атрибут описує внутрішні властивості об'єктів за допомогою конкретних значень. Прикладом бінарного відношення є пара *Дротошвейна машина – Робоча частина дротошвейної машини*.

У онтологіях, що містять опис предметних галузей, які трактуються однозначно (до них, зокрема, відноситься і поліграфічне виробництво), найбільш значущим є так зване таксономічне відношення (також відоме як відношення «клас – підклас», родовідове відношення або «is a»-відношення).

Визначення 4. Аксіоми (правила виведення) використовуються, щоб записати істинні по визначенню висловлювання про відносини між сутностями предметної галузі.

Аксіоми можуть бути включені в онтологію для різних цілей, наприклад для визначення комплексних обмежень на значення атрибутів, аргументів відносин, для перевірки коректності інформації, яка представлена в онтології, або для виведення нової інформації. Наприклад, *ЯКЩО Матеріал політурки – картон І, товщина картону 3 мм, ТО Застосовувати склеювання*.

Визначення 5. Словник (глосарій) є онтологією з порожньою множиною відносин [11].

Наприклад, словником в онтології «Брошування поліграфічної продукції» може слугувати ДСТУ 3003:2006: «Технологія поліграфічних процесів: Терміни та визначення понять».

Таксономія за своєю природою є найпростішою онтологією, яка будується, переважно, на відносинах типу «клас – підклас». Разом з тим, для відображення мерономічного аспекту в семантиці зв'язків поміж концептами предметної галузі (ПрГ), для деяких типів онтологій доцільно використання відносини типу «частина – ціле». Наприклад, при синтезі метаонтології в складі онтологічної системи, що містить знання світу брошурувального обладнання, такий тип відносин необхідний для експліцитного опису складу ВО.

У ряді випадків, виходячи з особливостей ПрГ, в онтологіях повинні бути передбачені обмеження на область значень властивостей екземплярів. При цьому для завдання області значень властивостей формується ряд множин, елементами яких є цілі числа або символи алфавіту. Можливо також формування зазначених множин з підмножини концептів онтології (множини екземплярів даного класу, множини класів).

В цілому, існує зворотна залежність між виразною здатністю будь-якої конкретної онтології, і складністю її структури [12]. Зазначена визначає необхідність використання мінімально необхідного набору відносин (онтологічних залежностей) при дотриманні заданого рівня адекватності онтології по відношенню до описуваної предметної галузі.

На практиці, найбільш формалізованими онтологіями є логічні теорії, побудовані на довільних логічних твердженнях про поняття в рамках заданої системи аксіом. Для опису таких формальних онтологій застосовуються різні логіки (deskриптивні логіки, модальні логіки, логіка предикатів першого порядку) і різні мови опису онтологій DAML + OIL, OWL, CycL, Ontolingua [12].

У видавничій справі, зокрема, у поліграфічному виробництві, має місце однозначність трактування понять, а також відносин між ними. Виходячи з цього, при розробці за стосунків у галузях, безпосередньо пов'язаних із поліграфією, цілком коректно обмежитися створенням так званих легких онтологій (lightweight ontologies) [12–14].

Онтологія, як математична структура, складається з таксономії термінів, визначень термінів і правил їх обробки.

Визначення 6. Формальною моделлю онтології є упорядкована тріада об'єктів:

$$O = \langle E, R, F \rangle, \quad (1)$$

де E – скінченна множина концептів (понять, термінів) ПрГ, яку представляє онтологія O ;

R – скінченна множина відносин між концептами (поняттями, термінами) заданої предметної галузі;

F – скінченна множина функцій інтерпретації заданих концептів і / або відношень онтології O .

Природним обмеженням, що накладається на множину E , є його скінченність і непорожність. Відповідно до (1) R і F повинні

бути скінченними множинами. Розглянемо, однак, граничні випадки, пов'язані з порожнечою зазначених множин.

Нехай $R = 0$ та $F = 0$. Тоді онтологія O трансформується у простий словник:

$$O = \langle E, \{ \}, \{ \} \rangle. \quad (2)$$

Така вироджена онтологія може бути корисна для специфікації, поповнення та підтримки словників ПрГ, але онтології-словники мають обмежене використання, оскільки не містять експліцитного опису смислу термінів. У практиці створення онтологій для вирішення виробничих завдань, коли терміни належать дуже вузькому (наприклад, технічному) словнику і їх смисли вже заздалегідь добре узгоджені в межах певної спільноти (наприклад, виробничого колективу поліграфічного підприємства), такий підхід є цілком виправданим.

Практика онтологічного інжинірингу надає можливість побудови моделі онтології, що розширюється, і дослідження її властивостей. Як показано в роботі [9], модель онтології, що розширюється, є досить потужною для специфікації процесів формування просторів знань про предметну галузь «Використання ВО в поліграфічному виробництві». Разом з тим і ця модель є неповною в силу своєї пасивності навіть там, де визначені відповідні процедурні інтерпретації і введені спеціальні функції поповнення онтології. Адже єдиною точкою управління активністю в такій моделі є запит на інтерпретацію певного концепту. Цей запит виконується завжди однаково і ініціює запуск відповідної процедури. При цьому власне виведення відповіді на запит і / або пошук необхідної для цього інформації залишається поза межами моделі і повинен реалізовуватися іншими засобами.

З огляду на вищесказане, а також на необхідність експліцитного подання специфікації процесів функціонування онтології, розглянемо поняття «онтологічної системи».

Визначення 7. Формальна модель онтологічної системи S являє собою триплет виду:

$$S = \langle q^{meta}, \{O^{pr}\}, M \rangle, \quad (3)$$

де q^{meta} – онтологія верхнього рівня (метаонтологія);

$\{O^{pr}\}$ – множина предметних онтологій і онтологій задач ПрГ;

М – модель машини виведення, асоційованої з онтологічною системою S.

Використання системи онтологій і спеціальної машини виведення в рамках описаної моделі дає можливість вирішувати у ході поліграфічного виробництва різні завдання. Розширюючи систему моделей $\{O^{pr}\}$, можна враховувати потреби користувача (ОПР), а, змінюючи модель машини виведення – вводити спеціалізовані критерії релевантності одержуваної в процесі пошуку інформації та формувати спеціальні репозиторії накопичених даних. Крім того, є можливість поповнення при необхідності тієї чи іншої онтології у складі онтологічної системи.

До складу моделі онтологічної системи S входять три онтологічні компоненти:

- 1) метаонтологія «Застосування ВО на поліграфічному підприємстві»;
- 2) предметна онтологія «Брошурувальне обладнання»;
- 3) онтологія задач «Зшивання поліграфічної продукції».

Як зазначалося вище, метаонтологія q^{meta} оперує загальними концептами і відношеннями, що не залежать від конкретної предметної галузі. Концептами метарівня є загальні поняття, такі як «об'єкт», «властивість», «значення» і т. ін. Тоді на рівні метаонтології q^{meta} ми отримуємо інтенціональний опис властивостей предметної онтології і онтології задач. Онтологія метарівня, завдяки специфічним особливостям предметної галузі, є статичною, що дає можливість забезпечити ефективність процесу виведення на знаннях при функціонуванні онтологічної системи.

Предметні онтології $\{O^{pr}\}$ містять поняття, що описують конкретну предметну галузь, відношення, семантично значущі для даної ПрГ, і множину інтерпретацій цих понять та відношень (декларативних і процедурних). Поняття предметної галузі специфічні в кожній прикладній онтології, але відношення – більш універсальні. Тому, крім відношень типу «is a» в якості базису зазвичай виділяють такі відношення моделі предметної онтології, як «part of», «kind of», «contained in», «member of», «see also» і деякі інші.

Відношення «part of» завжди визначено на множині концептів, є відношенням належності і показує, що концепт може бути частиною інших концептів. Воно є відношенням

типу «частина – ціле» і за властивостями близька до відношення «is a». Дане відношення може бути задано відповідними аксіомами. Аналогічним чином можна ввести й інші відношення типу «частина – ціле».

Відношення типу «see also» має іншу семантику й інші властивості. Тому доцільно запроваджувати його не декларативно, а процедурно, подібно до того, як це робиться, наприклад, при визначенні нових типів у мовах програмування, де підтримуються абстрактні типи даних [12]. Нижче наведено відповідний фрагмент запису на алгоритмічній мові високого рівня C++:

X see_also Y:

```
see_also member_of Relation {
if ((X is_a Notion) & (Y is_a Notion) & (X
see_also Y))
if (Operation connected_with X)
Operation connected_with Y
};
```

Необхідно відзначити, що відношення типу «see also» не задовольняє умові транзитивності. Якщо припустити, що $(X1 \text{ see_also } X2) \& (X2 \text{ see_also } X3)$, то можна вважати, що $(X1 \text{ see_also } X3)$. Однак, у міру збільшення довжини ланцюжка об'єктів, пов'язаних даним відношенням, справедливості транзитивного перенесення властивості «connected with» падає. Тому в разі використання відносини типу «see also» ми маємо справу не з відношенням часткового порядку (як, наприклад, в разі відношення «is a»), а з відношенням толерантності. Зазначене обмеження повинно бути враховано при інтерпретації конкретного відношення.

Аналіз специфіки предметної галузі «Застосування ВО в поліграфічному виробництві» показує, що введений вище набір відношень є достатнім для початкового опису відповідних онтологій. Зрозуміло, що цей базис є відкритим і може поповнюватися в залежності від предметної галузі і цілей, що стоять перед прикладною системою, в якій така онтологія використовується.

Онтологія завдань в якості понять містить типи вирішуваних завдань, а відношення цієї онтології, як правило, специфікують декомпозицію задач на підзадачі. Разом з тим, якщо прикладною системою вирішується єдиний тип задач (наприклад, задачі пошуку релевантної запиту інформації), то онтологія завдань може в даному випадку описуватися словниковою моделлю, розглянутою вище. Таким чином, модель онтологічної системи

дозволяє описувати необхідні для її функціонування онтологій різних рівнів.

Машина виведення онтологічної системи в даному випадку буде спиратися на мережеве представлення онтологій всіх рівнів. При цьому її функціонування буде пов'язано:

- з активацією понять і / або відношень, які фіксують умови задачі, що вирішується (опис вихідної ситуації);
- визначенням цільового стану (ситуації);
- виведенням на мережі, що полягає в тому, що від вузлів вихідної ситуації розходяться хвилі активації, які використовують властивості відношень, з ними пов'язаних. Критерієм зупинки процесу є досягнення цільової ситуації або перевищення тривалості реалізації (time-out) [13].

Методологію і «життєвий цикл» створення онтологій обговоримо на прикладі підходу METHONTOLOGY, розробленого Гомез-Перезом (Gomez-Perez) з колегами, в рамках якого реалізуються принципи Грубера, а також розроблено програмне оточення специфікації онтологій ODE (Ontology Design Environment) [10].

В рамках цього підходу виділяються такі процедури в «життєвому циклі» створення онтології: управління проектом, власне розробка та підтримка розробки.

Процедури управління проектом включають планування, контроль і гарантії якості. Планування визначає, які завдання повинні бути виконані, як вони організовуються, як багато часу і які ресурси потрібні для їх виконання. Контроль гарантує, що заплановані завдання виконані і саме так, як це передбачалося [12, 14].

Відповідно до загальноприйнятої технології, розробка онтологічної системи включає специфікацію, концептуалізацію, формалізацію і реалізацію. Специфікація визначає цілі створення онтології, її передбачуване використання і потенційних користувачів. Концептуалізація забезпечує структурування предметних знань у вигляді значущої експліцитної моделі. На етапі формалізації відбувається перетворення концептуальної моделі в формальну або «обчислювальну». Етап реалізації передбачає програмування обчислювальної моделі на відповідній мові представлення знань.

Процедури підтримки, а саме придбання знань, оцінки, інтеграції, документування та управління конфігураціями, виконуються одночасно з розробкою. Без них онтологія не

може бути побудована. Вони представлені процедурами. Придбання знань акумулює знання в заданій предметній галузі. Оцінка надає розробникам технічні рішення по оцінці онтології, відповідного програмного забезпечення та документації, як в процесі виконання кожної фази, так і між фазами. Інтеграція потрібна, коли нова онтологія створюється із використанням вже існуючих застосунків. Документування дає детальну, зрозумілу і вичерпну інформацію про кожну фазу і продукт в цілому. Управління конфігураціями необхідно для архівації всіх версій документації, програмного забезпечення і коду онтології, а також для контролю за змінами, що мають місце в ході розробки.

Загальна схема «життєвого циклу» створення онтологічної системи щодо визначення поточного технічного стану ВО на поліграфічному підприємстві, в рамках підходу METHONTOLOGY, представлена на рис. 1.

Необхідно відзначити, що процес побудови онтології тут розпадається на серію підпроцесів зі створення проміжних представлень. При цьому виконання окремих підпроцесів, хоча і здійснюється послідовно, можлива організація ітеративного режиму, оскільки якість реалізації всього процесу визначається повнотою і точністю вже накопичених знань.

Відповідно до даної методології, спочатку будується глосарій термінів (Glossary of Terms), згодом дерева класифікації концептів (Concept Classification Trees) і діаграми бінарних відношень (Binary Relations Diagrams), а після цього – інші проміжні представлення.

Висновки. Застосування онтологічного підходу до створення виробничих систем зі штучним інтелектом є перспективним з точки зору підвищення ефективності управління поліграфічним виробництвом в аспекті підтримання належного технічного стану виробничого обладнання на поліграфічних підприємствах.

Інтелектуальне ядро комп'ютерних логістичних систем постачання запасних частин і комплектуючих до виробничого обладнання поліграфічних підприємств доцільно реалізовувати у формі онтологій.

Враховуючи специфіку організації виробництва на поліграфічних підприємствах розроблено онтологічні моделі в рамках технології METHONTOLOGY, що дозволяють підвищувати ефективність бізнес-процесів поліграфічного виробництва.

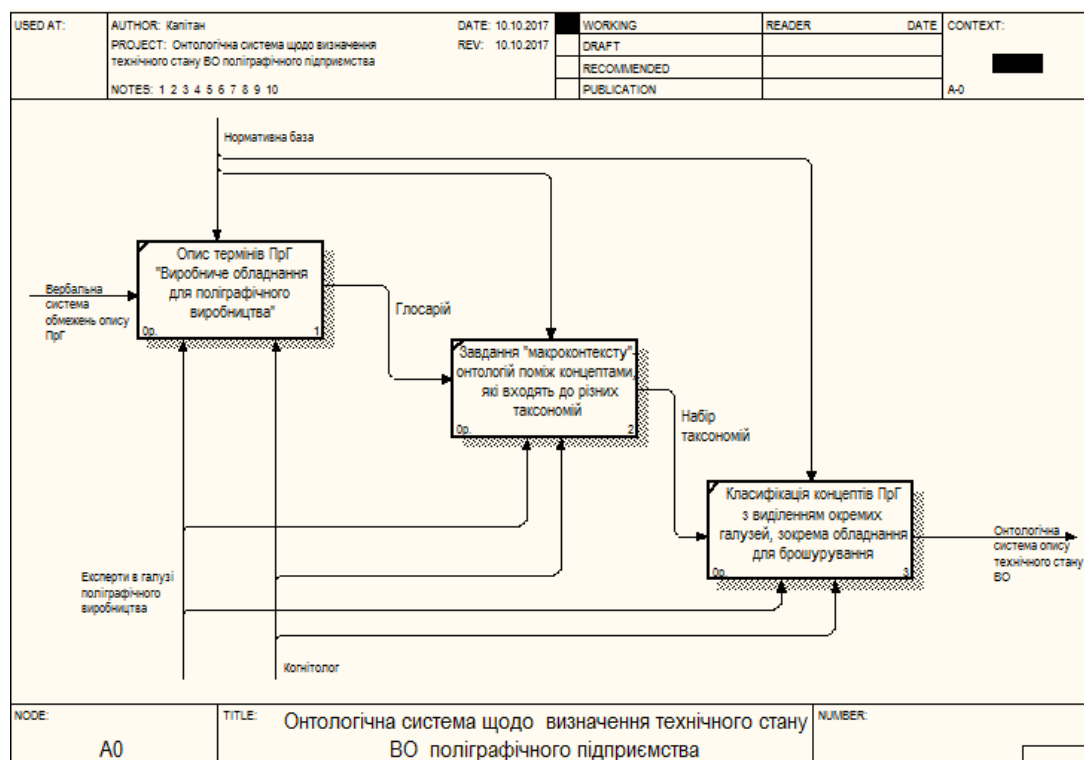


Рис. 1. Розроблення онтологічних моделей визначення технічного стану ВО поліграфічного підприємства (на прикладі брошурувального обладнання)

Список літератури

1. Madsen David A. et al. Print Reading for Engineering and Manufacturing Technology Boston, Massachusetts: CENGAGE Learning; 3 edition. 2012. 544 p.
2. Малышкин Е. В., Мильчин А. Э. и др. Настольная книга издателя. М.: АСТ; Олимп, 2005. 811 с.
3. Центр инновационной полиграфии Компания «COLOR CITY». URL : <http://colorcity.com.ua/ru/library/articles/web2print.html>.
4. HP Hiflex Management Information System (MIS) and HP Hiflex Web-to-Print solutions are no longer sold. URL : <http://www.hiflex.com/hiflex>.
5. Норенков И. П., Кузьмик П. К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 320 с.
6. Евгеньев Г. Б. Системология инженерных знаний. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 376 с.
7. Яблочников Е. И. Организация единого информационного пространства технической подготовки производства с использованием PDM SmarTeam. *Информационные технологии в проектировании и производстве*. 2001. № 3.
8. Алиев Р. А., Абдикеев Н. М., Шахназаров М. М. Производственные системы с искусственным интеллектом. М.: Радио и связь, 1990. 264 с.
9. Левашова Т. В., Пашкин М. П., Смирнов А. В., Шилов Н. Г. Управление онтологиями. *Изв. РАН. Теория и системы управления*. 2003. № 5. С. 89–101.
10. Gomez-Perez A. From Knowledge based Systems to Knowledge Sharing Technology: Evaluation and Assessment. Technical Report of Knowledge Systems Laboratory. KSL-94-73. Stanford University, CA., 1994.
11. Смирнов А. В., Пашкин М. П., Шилов Н. Г. и др. Онтологии в системах искусственного интеллекта: способы построения и организации. *Новости искусственного интеллекта*. 2002. № 1, 2.
12. Sowa J. Building, Sharing, and Merging Ontologies. 2001. URL : <http://www.ifsowa.com/ontology/ontoshar.html/>
13. McGregor R., Patil R. S. Tools for Assembling and Managing Scalable Knowledge Bases, 1997. URL : <http://www.isi.edu/isd/-Onto Loom.hpkb/>

14. Ushold M., Gruninger M. *Ontologies: Principles, Methods, and Applications. Knowledge Engineering Review*. 1996. V. 11 № 2.

References

1. Madsen, David A. (2012) *Print Reading for Engineering and Manufacturing Technology*. Boston, Massachusetts: CENGAGE Learning; 3 edition, 544 p.
2. Malyishkin, E.V., Milchin, A. E., Pavlov, A. A., Shadrin, A. E. (2005) *Nastolnaya kniga izdatelya*. M.: AST; Olimp, 811 s.
3. Tsentr innovatsionnoy poligrafii. Kompaniya «COLOR CITY». URL : <http://colorcity.com.ua/ru/library/articles/web2print.html>.
4. HP Hiflex Management Information System (MIS) and HP Hiflex Web-to-Print solutions are no longer sold. URL : <http://www.hiflex.com/hiflex>.
5. Norenkov, I. P., Kuzmik, P. K. (2002) *Informatsionnaya podderzhka naukoemkih izdeliy. CALS-tehnologii*. M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 320 s.
6. Evgenev, G. B. (2001) *Sistemologiya inzhenernykh znaniy*. M.: Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 376 s.
7. Yablochnikov, E. I. (2001) *Organizatsiya edinogo informatsionnogo prostranstva tekhnicheskoy podgotovki proizvodstva s ispolzovaniem PDM SmarTeam*. *Informatsionnyye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve*, № 3.
8. Aliev, R. A., Abdikeev, N. M., Shahnazarov, M. M. (1990) *Proizvodstvennyye sistemy s iskusstvennyim intellektom*. M.: Radio i svyaz, 264 s.
9. Levashova, T. V., Pashkin, M. P., Smirnov, A. V., Shilov, N. G. (2003) *Upravlenie ontologiyami* *Izv. RAN. Teoriya i sistemy upravleniya*, № 5, pp. 89–101.
10. Gomez-Perez, A. (1994) *From Knowledge based Systems to Knowledge Sharing Technology: Evaluation and Assessment Technical Report of Knowledge Systems Laboratory*. KSL-94-73. Stanford University, CA.
11. Smirnov A. V., Pashkin M. P., Shilov N. G. i dr. (2002) *Ontologii v sistemah iskusstvennogo intellekta: sposoby postroyeniya i organizatsii* *Novosti iskusstvennogo intellekta*, № 1, 2.
12. Sowa, J. (2001) *Building, Sharing, and Merging Ontologies*. URL: <http://www.ifsowa.com/ontology/ontoshar.html>
13. McGregor, R., Patil, R. S. (1997) *Tools for Assembling and Managing Scalable Knowledge Bases*. URL: <http://www.isi.edu/isd/-OntoLoom.hpkb/>
14. Ushold, M., Gruninger, M. (1996) *Ontologies: Principles, Methods, and Applications. Knowledge Engineering Review*, v. 11, № 2.

R. B. Kapitan

e-mail: kapitan_ruslan@ukr.net

Cherkasy State Technological University

blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

DEVELOPING ONTOLOGY MODELS FOR TECHNICAL CONDITION DETERMINATION OF PRODUCTION EQUIPMENT AT PRINTING ENTERPRISE

The article analyzes problems of developing a production decision support system with ontological component as an intellectual core for completing tasks related to determining current technical state of production equipment (TSPE) at printing enterprise. The information on TSPE will be formed in ontological environment based on the data on equipment specific units' failures that occurred during its operation. Thereafter the information will be generalized, in order to identify full-range spare parts and component parts which have to be in printing enterprise warehouse for quick repairing equipment work capacity. The author describes an approach to intellectual core synthesis in the form of ontological system as a set of three subject ontologies. The approach is based on the methodology METHONTOLOGY with appropriate toolkit. The developed tools will become a part of the computer environment for automation with the help of Internet technology of things, order-related logistic processes, purchasing and delivering spare parts and component parts to printing enterprise warehouse.

Keywords: printing enterprise, production equipment, technical condition, intellectual core, ontology, ontology system.

Рецензенти: *І. В. Шостак, д.т.н., професор,*
Г. В. Канашевич, д.т.н., професор

ВІСНИК
Черкаського державного
технологічного університету
СЕРІЯ: ТЕХНІЧНІ НАУКИ
3 • 2017

VISNYK
Cherkaskogo derzhavnogo
tehnologichnogo universitetu
SERIA: TEHNICHNI NAUKY
3 • 2017

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS
of Cherkasy State
Technological University
SERIES: ENGINEERING SCIENCES
3 • 2017

Статті друкуються в авторській редакції.

*За точність посилань та достовірність фактичного матеріалу
відповідальність несуть автори. Редакція може не поділяти погляди авторів.
Матеріали друкуються з максимальним збереженням авторської стилістики
та орфографії.*

*Технічний редактор Давиденко К. В.
Комп'ютерна обробка Вознюк Т. І.
Коректура: Денисенко М. В., Василюк І. І.*

Видавець – Черкаський державний технологічний університет
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006.
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 896 від 16.04.2002 р.

Виготівник – ФОП ГОРДІЄНКО Є.І.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції Серія ДК № 4518 від 04.04.2013 р.
Україна, 18000, м. Черкаси тел./факс: (0472) 56-56-12, (067) 444-28-94
e-mail: book.druk@gmail.com

Формат 60x84 1/8. Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 10,0. Обл.-вид. арк. 10,8. Наклад 100 прим. Зам. № 17-160.