

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

# **ВІСНИК**

## **НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"**

*Серія: "Нові рішення в сучасних технологіях"*

**№ 17(1060)2014**

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків  
НТУ «ХПІ», 2014

## **Вісник Національного технічного університету "ХПІ"**

Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ „ХПІ» – 2014р. - №17(1060) –192 с.

### **Державне видання**

**Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України**

**КВ №5256 від 2 липня 2001 року**

Збірник виходить українською та російською мовами.

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

### **Координаційна рада:**

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

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

А. П. Марченко, д-р техн. наук, проф.; Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.;

Є. Є. Александров, д-р техн. наук, проф.; А. В. Бойко, д-р техн. наук, проф.; Ф. Ф. Гладкий, д-р

техн. наук, проф.; М. Д. Годлевський, д-р техн. наук, проф.; А. І. Грабчєнко, д-р техн. наук, проф.;

В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Д. Дмитриєнко, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. Домнін, д-р

техн. наук, проф.; В. В. Єпіфанов, канд. техн. наук проф.; Ю. І. Зайцев, канд. техн. наук, проф.;

П.О. Качанов, д-р техн. наук, проф.; В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.; С. І. Кондрашов, д-р

техн. наук, проф.; В. М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.; В. І. Кравченко, д-р техн. наук, проф.;

Г. В. Лісачук, д-р техн. наук, проф.; О. К. Морачковський, д-р техн. наук, проф.; В. І. Ніколаєнко,

канд. іст. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; В. А. Пуляєв, д-р техн. наук, проф.; М.

І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.; Г. М. Сучков, д-р техн.

наук, проф., Ю. В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф., М. А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

### **Редакційна колегія серії:**

**Відповідальний редактор:** Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.

**Відповідальний секретар:** А. І. Бондаренко, доцент, К.О. Костик, канд.техн. наук.

**Члени редколегії:** Л. Л. Брагіна, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.;

В. Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Клепиков, д-р техн.

наук, проф.; Б. В. Кліменко, д-р техн. наук, проф.; О. С. Куценко, д-р техн. наук, проф.;

Г. І. Львов, д-р техн. наук, проф.; Н. Н. Олександров, д-р техн. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р

екон. наук, проф.; М. І. Погорелов, канд. екон. наук, проф.; Л. Г. Раскін, д-р техн. наук, проф.; Р.

Д. Ситнік, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Терзіян, д-р техн. наук, проф.; В. І. Тошинський, д-р техн.

наук, проф.; В. І. Шустіков, д-р техн. наук, проф.

У квітні 2013 р. Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Нові рішення в сучасних технологіях» включений у довідник періодичних видань бази даних «Ulrich's Periodicals Directory» (New Jersey, USA)

Рекомендовано до друку вченою радою НТУ „ХПІ"

Протокол № 4 від « 04 » квітня 2014 р.

*А. В. ВАСИЛЬЄВ*, канд. техн. наук, доц., ПНТУ, Полтава;  
*С. В. ПОПОВ*, канд. техн. наук, доц., ПНТУ, Полтава;  
*О. Ю. ОДРИНСЬКИЙ*, студент, ПНТУ, Полтава

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОЗНАЧЕНЬ ГРАНИЧНИХ ВИКОНАВЧИХ РОЗМІРІВ НА РОБОЧИХ КРЕСЛЕННЯХ ДЮЙМОВОЇ СИСТЕМИ ВИМІРІВ

Наведені результати досліджень особливостей використання граничних виконавчих розмірів дюймової системи вимірів, що застосовується при конструюванні і позначенні граничних розмірів на робочих кресленнях деталей для можливості у подальшому використанні для ремонту або експлуатації

**Ключові слова:** допуск, посадка, з'єднання із зазором, з'єднання із натягом, перехідне з'єднання, дюймова система одиниць вимірювання

**Вступ.** У процесі виготовлення, а у подальшому і складання, бажана ступінь зазору або натягу між сполученими деталями для забезпечення функціонування має важливе значення. Тому метою цієї роботи є дослідження особливостей позначок граничних виконавчих розмірів деталей дюймової системи, яка заснована на стандарті ANSI.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Даним питанням у своїй публікації займався турецький Середньо-східний технічний університет. У роботі [1] висвітлено приклади розрахунку значення зазору або натягу та пояснено основні терміни дюймової системи допусків. Але авторами не відображено, яким чином призначити умовні позначки, їх зв'язок із числовими значеннями, позначення на кресленнях граничних виконавчих розмірів.

**Постановка завдання.** Метою роботи є виділення основних видів сполучень деталей, застосування позначок посадок при конструюванні та позначення граничних виконавчих розмірів у дюймовій системі на робочих кресленнях деталей. Вирішення поставленої задачі буде представлено характеристикою умовних позначок посадок дюймової системи та їх зв'язок із числовими значеннями, наведення прикладів креслень з поясненнями розрахунку граничних розмірів.

**Дослідження десяткової дюймової системи позначень.** У виробництві машин, якість виготовлення складових деталей має першорядне значення. Точність виготовлення деталей продукту визначає його якість, вартість і ціну реалізації.

Кожна деталь машини виконує свої функції. Робочі органи мають певний зв'язок один з одним: вільне обертання, вільне поздовжнє переміщення, обмеження руху, постійне фіксування положення. Досягнення цього зв'язку є необхідним для забезпечення запланованого функціонування деталі.

Відомо, що допуск – це допустимі відхилення для будь-якого заданого розміру, щоб досягти нормальної роботи. У дюймовій системі вимірювання використовується наступна термінологія.

1. Номінальний розмір – розмір, що використовується для загального опису.

2. Основний розмір – розмір, що використовується коли номінальний розмір перетворюється частково в десятковий, і з якого ми отримуємо відхилення для виробництва граничних розмірів.

Наприклад,  $\frac{3}{4}''$  є номінальним розміром, а  $0.7500''$  – основний.

3. Граничні розміри – верхній і нижній допустимі розміри для однієї деталі.

4. Допуск – загальна дозволена зміна розміру деталі. Допуск дорівнює різниці між верхню і нижню межею вимірювань деталі.

5. Двобічний допуск – спосіб виразити допуск, використовуючи як додатні так і від'ємні відхилення від заданого розміру. Наприклад,  $1.250 \pm 0.003''$ . Межа розмірів  $1.247''$  і  $1.253''$ , загальний допуск буде дорівнювати  $0.006''$ .

6. Однобічний допуск – спосіб виразити допуск, використовуючи тільки додатні або від'ємні відхилення від заданого розміру. Наприклад,  $2.125-0.005''$ ;  $1.375+0.003''$ . У першому випадку використовується негативне відхилення ( $-0.005$ ), а в другому випадку використовується додатне відхилення ( $+0.003$ ).

7. Посадка – загальний термін для опису ряду герметичності розроблена на деталі, які збираються одна в іншу, що призводить до певних типів посадок: із зазором, із натягом та перехідна [1].

Десяткова дюймова система заснована на стандарті ANSI (B4.1 – 1979). Міліметрова системи ISO, заснована на стандарті ANSI (B4.2 – 1978). ANSI – Американський національний інститут стандартизації, ISO – Міжнародна організація по стандартизації.

За базовий розмір приймається розрахунковий розмір отвору. До нього додається величина допуску.

Розрахунковий розмір вала буде дорівнювати базовому розміру мінус мінімальний зазор або плюс максимальний натяг; з цього значення буде відніматися допуск, наведений у таблицях [(ANSI B4.1-1979, R1987)].

Приклад. Розрахунок інтервалу значень для  $\varnothing 1''$  у посадці RC7:

- отвір  $\varnothing 1.000^{+0.020}_{-0.000}$  – граничний допуск  $\varnothing 1.02...1.00$ ;

- вал  $\varnothing 1.000^{-0.025}_{-0.037}$  – граничний допуск  $\varnothing 0.975...0.963$ .

Приклад. Розрахунок інтервалу значень для  $\varnothing 1''$  у посадці RC7S:

- отвір  $\varnothing 1.025^{+0.020}_{-0.000}$  – граничний допуск  $\varnothing 1.045...1.025$ ;

- вал  $\varnothing 1.025^{-0.025}_{-0.037}$  – граничний допуск  $\varnothing 1.000...0.988$ .

Стандартні дюймові посадки: призначені тільки для конструювання, не показуються на складальних кресленнях:

- RC – рухома та ковзаюча посадка (із зазором);

- FN – глуха пресована посадка (із натягом);

- LC – перехідна посадка із зазором;

- LT – нерухома перехідна посадка;

- LN – перехідна посадка із натягом.

Дані позначення використовуються разом із чисельними значеннями, які відображають класи посадок. Наприклад, FN4 означає посадку із натягом класу 4

[2,3]. RC – літерні символи використовуються в поєднанні з цифрами. Нижнє число – кращий допуск. Верхнє число – менш переважний допуск (рис. 1).

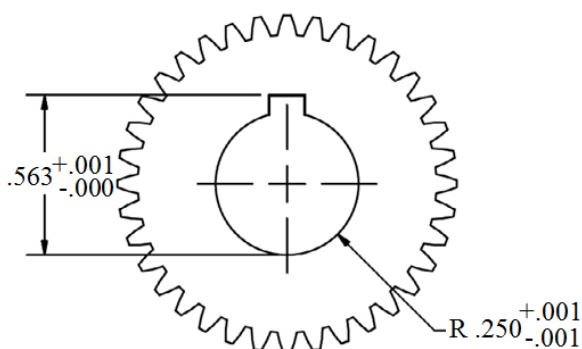


Рис. 1 – Приклад позначення верхньої та нижньої межі допусків

**Використання посадки із зазором (ANSI B4.1-1979, R1987)**

Посадка із зазором (розмір вала завжди менше, ніж отвір, рис. 2).

Допуск на валу: 0,002.

Допуск отвору: 0,002.

Мінімальний зазор:

$1,500 - 1,495 = 0,005$  дюймів.

Максимальний зазор:

$1,502 - 1,493 = 0,009$  дюймів.

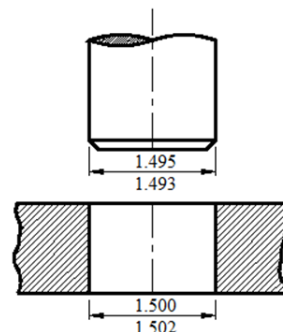


Рис. 2 – Приклад циліндричного з'єднання із зазором

Ковзаючі посадки використовуються в дев'яти випадках:

- RC1 – закриті ковзаючі посадки для точного розташування деталей які мають бути зібрані без помітного люфту;
- RC2 – ковзні посадки для точного розташування, але з великим максимальним зазором, на відміну від RC1;
- RC3 – призначені для точних робіт на малих швидкостях і легкого натягу підшипника, але не використовуються в місцях де відчутна зміна температури;
- RC4 – закрыта робоча посадка. Застосовується в точних машинах з помірною швидкістю і натягом поверхні підшипників, коли точне розташування і бажаний мінімальний люфт;
- RC5 – середні роботи посадки, призначені для високих робочих швидкостей або RC6 або високого натягу на підшипник;
- RC7 – вільні посадки використовуються там де точність не є суттєвою, а також присутні значні коливання температури;
- RC8 – вільні посадки використовуються там, де є серійна промисловість, допуски можуть використовуються в системі вала.

Деякі числові значення посадок із зазором наведені у табл. 1 в тисячних долях дюйма. Усі дані, в таблиці відповідно до угод ABC (американсько-англо-канадська система) [1]. Графічне позначення посадок із зазором наведено на рис. 3.

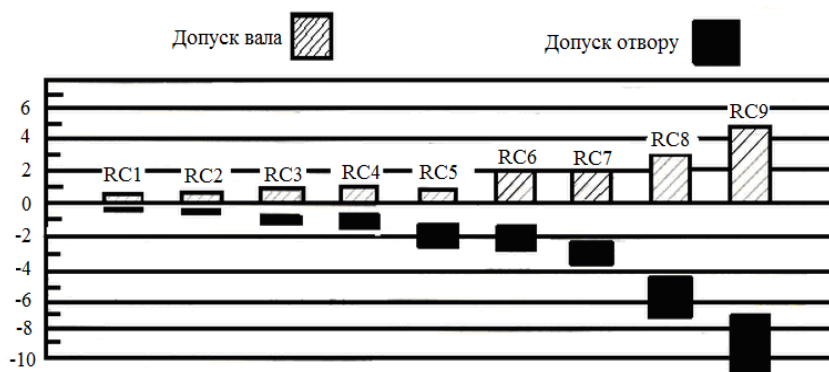


Рис. 3 – Графічне подання посадок із зазором

**Графічне подання ANSI B4.1-1979 посадки із натягом.** Являють собою тип посадки з натягом, яка підтримує постійний тиск на всі розміри. Посадка змінюється безпосередньо зі зміною діаметра (рис. 4):

- FN1 – посадка, яка використовується для легкого складання, і має широке застосування. Вона підходить при складанні чавунних деталей.
- FN2 – посадка, яка використовується для складання звичайних сталевих деталей, застосовується на легких ділянках;
- FN3 – посадка підходить для складання важких сталевих деталей, або для звичайних сталевих деталей.
- FN4 – посадка використовується для деталей, які можуть бути досить

масивними та  
непрактичними у  
застосуванні.

Резерв на посадку із натягом на дюйм діаметра зазвичай від  $0,001''$  до  $0,0025''$ . В даний час середня дорівнює  $0,0015''$ .

Припуск на дюйм зазвичай зменшується, так як діаметр деталі збільшується. Таким чином, загальне з урахуванням частини  $\varnothing 2''$  може бути  $0,004''$ . Але для деталі  $\varnothing 8''$  максимальна посадка може бути не більше  $0,009$  або  $0,0010''$ . Деталі, які повинні бути складені шляхом стягування, як правило, виконані циліндричними.

#### Графічне подання ANSI B4.1-1979 перехідної посадки. LC – перехідна

посадка із зазором, для деталей, які добре закріплені, але можуть вільно збиратися і розбиратися (рис. 5). Зручно при використанні для деталей, які вимагають точності розташування з середнім зазором, підходить для вільного складання.

LT – нерухома перехідна посадка розташовується між посадкою із зазором і натягом, коли точність розташування важлива, але малий зазор або допускається натяг (рис. 6).

LN – перехідна посадка із натягом (рис. 7). Використовується коли

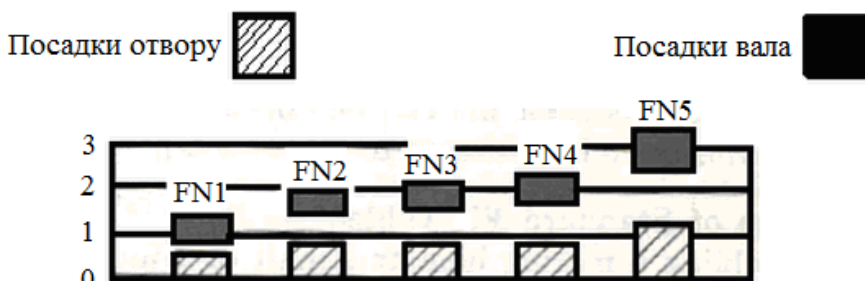


Рис. 4 – Графічне подання посадок із натягом



Рис. 5 – Графічне подання розташування перехідних посадок із зазором

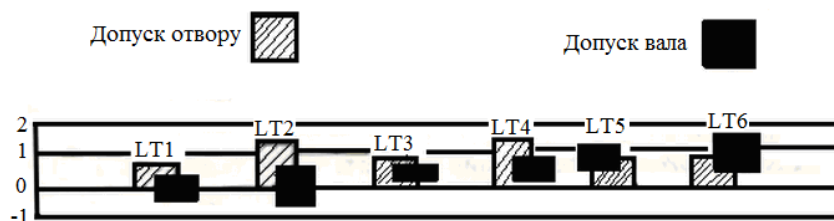


Рис. 6 – Графічне подання нерухомих перехідних посадок

точність розташування має першорядне значення, і для деталей які вимагають суворе центрування, без використання спеціальних калібрів. Такі посадки призначені для передачі навантажень тертям від однієї деталі до іншої [3, 4].

Приведемо приклади позначення граничних розмірів на кресленні (рис. 8).

Допуск базується на типі посадки та межі

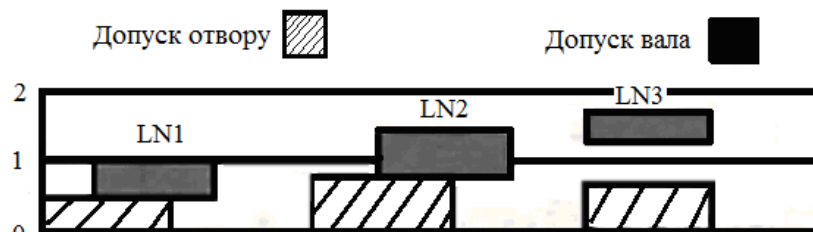


Рис. 7 – Графічне подання перехідних посадок із

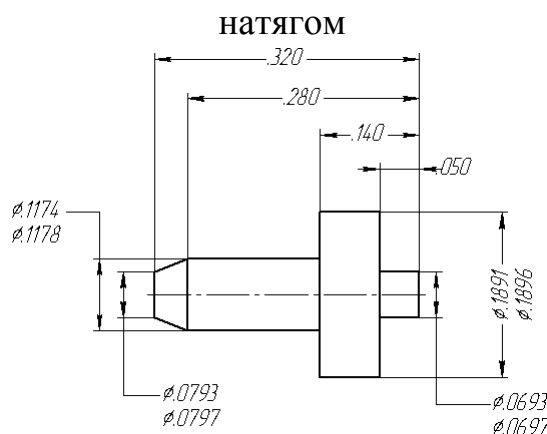


Рис. 8 – Діаметри граничних розмірів посадки RC4

номінальних розмірів, таких як 0 – 12; 12 – 24; 24 – 40; 40 – 71; 71 – 1.19 та 1.19 – 1.97 дюймів. Так, якщо ви маєте номінальний діаметр вала 1 дюйм та посадка RC4 визначає границі отвору та вала. Границі отвору і вала для 1 дюйма номінального діаметра мають вигляд:

- верхня межа отвору =  $1.000 + .0012 = 1.0012$ ;
- нижня межа отвору =  $1.000 + 0 = 1.000$ ;
- верхня межа вала =  $1.000 - .0008 = 0.9992$ ;
- нижня межа вала =  $1.000 - .0016 = 0.9984$ .

Отвір який має розмір  $\phi 1.0012 \dots 1.0000$ , та вал розміру  $\phi 0.9992 \dots 0.9984$ .

**Висновки.** Проведені дослідження виділили основні умовні позначки посадок дюймової системи та охарактеризували їх зв'язок із чисельними значеннями, показали способи позначення граничних виконавчих розмірів, а також геометричних допусків на робочих кресленнях деталей.

**Список літератури:** 1. „Система допусків [Текст] / Турецький Середньо-східний технічний університет, 2003. – 9 с. 2. „Розміри та допуски [Текст] / Американські спілка інженерів-механіків, – ASME Y 14.5M-1999. – 58 с. 3. Frederick, E. Технічне креслення [Текст] / E. Frederick, – N.J.: Prentice Hall, 1997. – 267 с. 4. David, A. Геометричні розміри та допуски [Текст] / A. David, – N.J.: Goodheart-Wilcox Co. Inc., 2003. – 122 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Turkish Middle East Technical University (2003). Systems of tolerances, 9 p. 2. American Union of mechanical engineers (1999). Dimensions and tolerances. ASME Y 14.5M, 58 p. 3. Frederick E. (1997). Technical drawing. N.J.: Prentice Hall, 267 p. 4. David A. (2003). Geometric dimensioning and tolerancing. N.J.: Goodheart-Wilcox Co. Inc., 122 p.

Надійшла (received) 07.03.2014

УДК 621.432.3

Дослідження особливостей позначень граничних виконавчих розмірів на робочих кресленнях дюймової системи вимірів/ А. В. Васильєв, С. В. Попов, О. Ю. Одринський // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.3-8. – Бібліогр.: 4 назв. ISSN 2079-5459

Наведені результати досліджень особливостей використання граничних виконавчих розмірів дюймової системи вимірів, що застосовується при конструюванні і позначенні граничних розмірів на робочих кресленнях деталей для можливості у подальшому використанні для ремонту або експлуатації

**Ключові слова:** допуск, посадка, з'єднання із зазором, з'єднання із натягом, перехідне з'єднання, дюймова система одиниць вимірювання

Приведены результаты исследований особенностей использования обозначений граничных исполнительных размеров дюймовой системы измерений, которые используются при конструировании и простановке граничных размеров на рабочих чертежах деталей для возможности последующего использования для ремонта или эксплуатации

**Ключевые слова:** допуск, посадка, соединение с зазором, соединение с натягом, переходное соединение, дюймовая система единиц измерения

**The research of signs limiting executive sized peculiarities on inch system working drawings measurement/ A.V. Vasilyev, S.V. Popov, A.Y. Odrinsky //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.3-8. Bibliogr.:4 . ISSN 2079-5459**

Results of research on the peculiarities of use of boundary executive sized inch system of measurements, which are used in the design and checkboxes limits on the working drawings for the possibility of further use for repairing and operation

**Keywords:** tolerance, fit, compound with clearance, compound with interference, transition compound, sanitary unit system

**УДК 621.81**

*Д. Ю. ЗУБЕНКО*, канд. техн. наук, доц., ХНУГХ, Харьков

## **ИНДИКАТОРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ - ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПАРАМЕТР ОТДЕЛЬНЫХ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ**

В статье рассмотрены вопросы неравномерности нагружения цилиндров в двигателях внутреннего сгорания. Показано, каким образом неравномерность нагружения в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания влияет на ресурс основных конструктивных элементов машины, надежность работы и расход топлива.

**Ключевые слова:** Двигатели внутреннего сгорания, ресурс двигателя, коэффициент полезного действия.

**Введение.** В процессе эксплуатации дизельных электрических станций возможна такая ситуация, когда цилиндры двигателя нагружены неравномерно. Это приводит к снижению моторесурса двигателя и возникновению отказов. Поэтому в процессе эксплуатации предусматривается [1, 2] контроль степени неравномерности распределения нагрузки по цилиндрам.

**Анализ исследования.** Ее определяет по формуле:

$$\sigma_k = \frac{x_{cp} - x_k}{x_{cp}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где:  $\sigma$  – степень неравномерности распределения нагрузки по цилиндрам;  $x_{cp}$  – параметр, характеризующий среднее значение нагрузки цилиндра;  $x_k$  – параметр, характеризующий нагрузку К-го цилиндра.



Индикаторный коэффициент полезного действия является показателем совершенства организации рабочего процесса в каждом цилиндре двигателя и, очевидно, критерием его работы. Как показывают исследования [2, 3, 4], в процессе эксплуатации дизельных электрических станций стремятся получить максимальный экономический эффект, то есть минимальный расход топлива и максимально возможный моторесурс при оптимальном значении индикаторного коэффициента полезного действия двигателя, изготовленного из обычных конструктивных материалов.

**Формулирование целей и задач.** Целью данной статьи является исследовать возможность определения неравномерности работы цилиндров двигателей внутреннего сгорания по индикаторной диаграмме и среднему индикаторном давлении.

**Результаты исследования.** Особенности выбора оптимального значения индикаторного коэффициента полезного действия двигателя можно установить по индикаторной диаграмме процесса сжатия-расширения расчетного цикла в координатах  $pV$  (рис. 1), принимая, что общее количество тепла  $Q_T$ , внесенное в цилиндр двигателя остается неизменным, а изменяются только доли тепла, подведенного при постоянном объеме  $Q_1$  (участок  $c z_1$ ) и  $Q_2$  (участок  $c z_2$ ) и при постоянном давлении  $Q'_1$  (участок  $z_1 z'_1$ ) и  $Q'_2$  (участок  $z_1 z'_1$ ), то есть при этом является справедливым следующее равенство:

$$Q_1 + Q'_1 = Q_T = Q_2 + Q'_2 \quad (2)$$

Это соответствует известному из термодинамики положению, что при подводе тепла при постоянном объеме потенциальная энергия газа всегда больше, чем при подводе того же количества тепла при постоянном давлении. Поэтому, если у тепловых двигателей большую часть тепла подводят в изохорическом процессе, чем в изобарическом, то такие двигатели имеют более высокий термический коэффициент полезного действия и, как следствие, больший индикаторный коэффициент полезного действия. Одновременно повышается ряд параметров рабочего цикла:

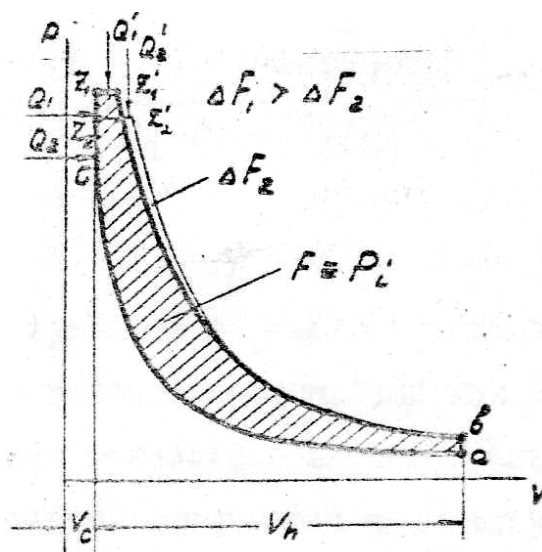


Рис. 1 – Диаграмма расчетного цикла

максимальное давление сгорания  $p_{max}$ , скорость нарастания давления  $dp/dy$ , средняя температура рабочего тела  $t_m$  и среднее индикаторное давление  $p_{mi}$ . Величина среднего индикаторного давления определяется из соотношения [2]:

$$p_{mi} = \frac{p_c}{\xi - 1} \left[ \lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\xi^{n_1 - 1}} \right) \right], \quad (3)$$

где  $p_c$  – максимальное давление кольца сжатия;  $\xi$  – степень сжатия;  $n_1, n_2$  – показатель политроп сжатия и расширения;  $\lambda, \rho, \delta$  – степени повышения давления, предварительного и последующего расширения.

Если выражение (3) продифференцировать по количеству подведенного тепла в изохорическом и изобарическом процессах относительно степени предварительного расширения и провести соответствующие преобразования, то получим следующее неравенство:

$$\frac{d(\rho-1)}{dQ_1} > \frac{1}{n_1-1} \frac{d\rho[-(\rho/\xi)^{n_2-1}]}{dQ_1} i \delta \epsilon \left\{ \begin{array}{l} \delta = \rho / \xi; \\ |+Q_1| = |-Q_1|; \\ (n_2 - 1) > 1; \\ \rho > \xi \end{array} \right\} \quad (4)$$

Неравенство (3) всегда выполняется для двигателей со смешанным подводом тепла, так как с увеличением степени повышения давления повышается энергетическая экономичность двигателя и, следовательно, повышается индикаторный коэффициент полезного действия.

Повышение максимального давления сгорания и скорости его нарастания приводит к увеличению статических и динамических нагрузок на детали силовой схемы двигателя, что ухудшает условия смазки механических сопряжений в кривошипно-шатунном механизме и в подшипниках коленчатого вала и способствует росту механической усталости материала. Более высокая температура рабочего цикла вызывает тепловые перенапряжения в деталях цилиндропоршневой группы и ухудшает условия смазки гильзы цилиндра. Все это, в конечном счете, приводит к более быстрому изнашиванию поршневых колец, гильз цилиндров, поршней и вкладышей подшипников коленчатого вала, то есть приводит к снижению ресурса двигателя.

Низкие значения максимального давления сгорания, как правило, сопряжены с низкими значениями температуры рабочего цикла, догоранием топлива а процессе расширения, неполнотой сгорания топлива, нагарообразованием, смыванием несгоревшим топливом масляной пленки с гильз цилиндров, повышением температуры отработавших газов. Снижение температуры рабочего цикла приводит к увеличению зазоров в сопряжении гильза-цилиндр, к большим ударным нагрузкам при перекладке поршня и к повышенным кавитационным разрушениям гильз цилиндров. Вследствие этого ресурс как цилиндр с поршневой группы, так и всего двигателя, будет резко снижаться.

Из изложенного видно, что оптимальное значение индикаторного коэффициента полезного действия выбирается из условия получения достаточного ресурса двигателя и приемлемого расхода топлива, то есть заранее предполагается, что двигатели работают не с максимальным коэффициентом полезного действия.

В системах электроснабжения объектов транспорта и инфраструктуры города применяется много цилиндровые двигатели, у которых индикаторный коэффициент полезного действия является средним показателем, характеризующим работу цилиндров.

$$\eta_{\text{ср}} = \frac{1}{s} \sum_1^s \eta_i \quad (5)$$

где  $\eta_{\text{ср}}$  – индикаторный коэффициент полезного действия двигателя или его среднее значение по цилиндрам.

Тогда, очевидно, индикаторный коэффициент полезного действия целесообразно использовать в качестве интегрального диагностического параметра отдельных цилиндров двигателя, позволяющего в процессе эксплуатации осуществлять контроль

степени неравномерности распределения нагрузки по цилиндрам, исходя из этого, после преобразования выражение (5) будет иметь вид:

$$\sigma = 1 - \frac{\eta_{\Sigma}}{\frac{1}{3} \sum_1^3 \eta_i} \quad (6)$$

где  $\eta_{\Sigma}$  – индивидуальный коэффициент полезного действия, характеризующий нагрузку К-го цилиндра и использующийся в качестве интегрального диагностического параметра.

Для определения показаний применяются магнитоэлектрические приборы пропорциональность разности между падениями напряжений, создаваемых постоянными составляющими токов  $i_i'$  и  $i_i''$  нелинейных элементов на одинаковых резисторах  $R_1$ , То-есть показания пропорциональны разности токов  $i'$  и  $i''$ , которая равна

$$I_o = \frac{1}{T} \int_0^T 4bU_i U_i dt = 4bk_u k_i \frac{1}{T} \int_0^T U_i i_i dt = \frac{k}{T} \int_0^T U_i i_i dt \quad (7)$$

Кроме того в качестве нелинейных элементов с характеристиками вида (5) в схемах ваттметров применяют различные полупроводниковые приборы, дроссели насыщения, карборундовые резисторы и другие нелинейные сопротивления. Основные достоинства этих схем: широкий диапазон рабочих частот, высокая механическая прочность, малые габариты, долговечность, незначительное собственное потребление энергии. К недостаткам следует отнести: сильный разброс вольтамперных характеристик и связанную с ним относительно большую погрешность, нарушение зависимости (5) в районе около нуля и влияние температуры внешней среды.

Ваттметры с линейным преобразованием могут быть выполнены на полупроводниковых элементах – датчиках Холла [5].

**Выводы.** Исследования показывают, что неравномерность работы цилиндров в двигателях внутреннего сгорания приводит к преждевременному износу основных рабочих элементов рабочей машины. Поэтому актуальным является задача убрать негативное влияние неравномерности работы цилиндров.

**Список литературы:** 1. Руководство по эксплуатации вооружения, техники, систем и сооружений в войсках [Текст] / Вооружение. – М.: Воениздат МО СССР, 1981 – Книга I. – 143 с. 2. Общие технические требования к комплексам. (ОТТ-69-2) [Текст] / Требования к системе электроснабжения. – М.: Воениздат МО СССР. 1975 – Книга 15. – 67 с. 3. Терещенков, В. К. Источники и первичные преобразователи энергии [Текст] / В. К. Терещенков, Б. Т. Кононов, В. П. Морозов и др. – МО СССР, 1979 – 554 с. 4. Михалин, Г. И. Эксплуатация дизельных электрических станций [Текст] / Г. И. Михалин. – М.: Энергия, 1968 – 179 с. 5. Мельников, Г. В. Метод определения индикаторного КПД и составляющих теплового баланса ДВС [Текст] : труды / Г. В. Мельников // Ленинградский политехнический институт. – Л., Машиностроение. – 1967. – № 282. – С. 57–62.

**Bibliography (transliterated):** 1. Weaponry (1981). Manual operation of weapons, equipment, systems and structures in the army. Moscow: Military USSR Ministry of Defense, Book I. ,143 2. General technical requirements for the complexes. (OTT -69- 2). System Requirements electricity (1975). Moscow: Military USSR Ministry of Defense. Book 15, 67. 3. Tereshchenkov, V. K. Kononov, B. T., Morozov, V. P. and others. (1979). Sources and primary energy converters. USSR Ministry of Defense, 554. 4. Mikhalin G. I. (1968). Operation of diesel power plants. Moscow: Energiya, 179. 5. Melnikov, G. V. (1967). Method for the determination of the

indicator and efficiency of the heat balance of ICE: proceedings. Leningrad Polytechnic Institute . L., Mechanical Engineering, 282, 57-62.

*Поступила (received) 12.03.2014*

УДК 621.81

**Индикаторный коэффициент полезного действия - интегральный диагностический параметр отдельных цилиндров двигателя / Зубенко Д. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.8-11 . – Бібліогр.: 5 назв. ISSN 2079-5459**

В статье рассмотрены вопросы неравномерности нагружения цилиндров в двигателях внутреннего сгорания. Показано, каким образом неравномерность нагружения в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания влияет на ресурс основных конструктивных элементов машины, надежность работы и расход топлива.

**Ключевые слова:** Двигатели внутреннего сгорания, ресурс двигателя, коэффициент полезного действия.

У статті розглянуті питання нерівномірності навантаження циліндрів в двигунах внутрішнього згорання. Показано яким чином нерівномірність навантаження в циліндрах двигунів внутрішнього згорання впливає на ресурс основних конструктивних елементів машини, надійність роботи і витрата палива.

**Ключові слова:** Двигуни внутрішнього згорання, ресурс двигуна, коефіцієнт корисної дії.

**Indicating efficiency - integrated diagnostic parameters of the individual cylinders of the engine / Zubenko D. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.8-11. Bibliogr 5.: . ISSN 2079-5459**

The article discusses unevenness loading cylinder internal combustion engines. Shows how uneven loading in the cylinders of internal combustion engines affect the main structural elements of the resource machine, reliability and fuel economy.

**Keywords:** internal combustion engines, engine life, efficiency.

*Л. И. НЕФЁДОВ*, д-р техн. наук, проф., зав. каф., ХНАДУ, Харьков;  
*Ю. А. ПЕТРЕНКО*, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харьков;  
*А. С. КОНОНЫХИН*, аспирант, ХНАДУ, Харьков

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С УЧЕТОМ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье разработана модель выбора программного обеспечения которая позволяет выбрать эффективное программное средство по заданным критериям в условиях нечеткой информации.

**Ключевые слова:** нечеткая информация, функция принадлежности, программное средство, бизнес-процесс, офис управления проектами.

**Введение.** В настоящее время достаточно часто в офисе управления проектами перед руководителем стоит вопрос о выборе программного обеспечения для автоматизации бизнес-процессов. Очень важно, чтобы выбранное программное обеспечение удовлетворяло функциональным требованиям офиса и обеспечивало полную и качественную поддержку и повышение эффективности бизнес-процессов и управления.

В связи с этим возникает необходимость в подборе программного обеспечения в соответствии с предпочтениями и требованиями конкретного бизнес-процесса.

Каждое программное средство характеризуется следующими показателями:

- надежность программных средств;
- функциональность программных средств;
- безопасность программных средств;
- требования к техническим характеристикам персонального компьютера;
- совместимость программных средств;
- стоимость программных средств.

**Анализ публикаций.** Анализ публикаций [1-5] показал, что на сегодняшний день не уделяется достаточно внимания научному обоснованию выбора программного обеспечения для автоматизации групп бизнес процессов, включающих в себя бизнес-процессы, бизнес-процедуры, бизнес-операции офиса с учетом различных критериев в условиях нечеткой информации.

Критерии выбора программного обеспечения могут быть заданы не только количественно, но и качественно, поэтому для решения данной проблемы предлагается использовать математический аппарат нечетких множеств [6,7].

**Цель статьи и постановка задачи.** Цель статьи повышение эффективности функционирования офиса управления проектами за счет разработки модели выбора программного обеспечения с учетом нечеткой информации.

Пусть известно [8]:

- группа бизнес-процессов  $B = \{B^i\}$ ,  $i = \overline{1, i'}$ ,  $i$ - количество групп бизнес-процессов, которые включают в себя множество бизнес-процессов  $B = \{B_p^i\}$

- множество бизнес-процессов –  $B = \{B_p^i\}$ ,  $p = \overline{1, p^i}$ , где  $p^i$  - число бизнес-процессов, в свою очередь они разбиваются на множество бизнес-процедур  $B_p^i = \{B_{pr}^i\}$ ,  $r = \overline{1, r^p}$ , где  $r^p$  - число бизнес-процедур в  $p$ -ом бизнес-процессе;

- каждая бизнес-процедура состоит из множества бизнес-операций  $B_{pr}^i = \{B_{pr\sigma}^i\}$ ,  $\sigma = \overline{1, \sigma^r}$ , где  $\sigma^r$  - число бизнес-операций в  $r$ -ой бизнес-процедуре;

- каждая бизнес-операция может быть реализована множеством типов и видов программных средств  $P = \{P_{cv}\}$ ,  $c = \overline{1, c^\sigma}$ ,  $v = \overline{1, v^c}$ , где  $c^\sigma$  - количество типов программных средств,  $v^c$  - количество видов программных средств

Таким образом, необходимо выбрать из множества программных средств  $P = \{P_{cv}\}$ ,  $c = \overline{1, c^\sigma}$ ,  $v = \overline{1, v^c}$ , те, которые обеспечат выполнение всех бизнес-операций, бизнес-процедур, бизнес-процессов, групп бизнес-процессов и будут отвечать заданным критериям  $k = \{k_{cve}\}$  ( $e = \overline{1, e^{cv}}$ , где  $e^{cv}$  - количество критериев оценки программного средства  $c$ -ого типа,  $v$ -ого вида).

**Модель выбора программного обеспечения с учетом нечеткой информации.** Задача состоит в выборе лучшего типа и вида программного средства с учетом заданных критериев: надежность программного средства  $H_{P_{cv}}$ , функциональность  $F_{P_{cv}}$ , безопасность  $S_{P_{cv}}$ , требования к техническим характеристикам персонального компьютера  $R_{P_{cv}}$ , стоимость  $C_{P_{cv}}$

Выбор программного обеспечения производится на основе как количественных (требования к техническим характеристикам, производительность, функциональность, цена и т.д.), так и качественных (надежность, безопасность и т.д.) характеристик. Для сопоставления этих данных заменим их нечеткими оценками, измеряемыми в одной шкале. Пусть шкала оценок будет задана интервалом  $[0;1]$ , тогда для каждого вида и типа программного средства  $P_{cv}$  со значением критерия  $k_{cve}$  установим следующие функции принадлежности  $\mu_{cve}(P_{cv}) \in [0;1]$ , которые будут характеризовать, насколько  $cv$ -е программное средство соответствует  $e$ -у критерию.

В результате каждый тип и вид программного средства  $P_{cv}$  будет представлен множеством соответствующих им оценок  $\{\mu_{cv1}(P_{cv}), \mu_{cv2}(P_{cv}), \dots, \mu_{cve}(P_{cv})\}$ . Для каждого  $k_{cve}$  имеется множество

$$D_{k_{cve}} = \{\mu_{cv1}(P_{cv}), \mu_{cv2}(P_{cv}), \dots, \mu_{cve}(P_{cv})\}, \quad (1)$$

каждый элемент которого выступает характеристикой степени соответствия типа и вида программного средства  $P_{cv}$  требованию, задаваемому рассматриваемым критерием  $k_{cve}$ .

Представляется вполне естественным, что решением исходной задачи будет такие тип и вид программного средства  $P_{cv}^*$ , которые в наибольшей мере удовлетворяют требованиям всей совокупности критериев. Отсюда следует, что решение  $R$  выбора наилучшего программного средства  $P_{cv}^*$  может быть представлено как нахождение пересечения соответствующих нечетких множеств с учетом весового коэффициента каждого критерия  $w_e$

$$R = D_{k_{cv1}}^{w_1} \cap D_{k_{cv2}}^{w_2} \cap \dots \cap D_{k_{cve}}^{w_e}. \quad (2)$$

В соответствии с определением операции пересечения нечетких множеств функция принадлежности искомого решения находится как

$$\mu_{D_R}(P_{cv}) = \min_{e=1, e^v} \{ \mu_{D_{k_{cve}}}(P_{cv}) \}, \quad c = \overline{1, c^\sigma}, \quad v = \overline{1, v^\sigma}. \quad (3)$$

Таким образом, в качестве наилучшего вида и типа программного средства должно быть выбрано то  $P_{cv}^*$ , для которого значение функции принадлежности  $\mu_R(P_{cv}^*)$  окажется максимальным. То есть

$$P_{cv}^* = \arg \{ P_{cv} \mid \mu_R(P_{cv}^*) = \max_{c=1, c^\sigma, v=1, v^\sigma} [ \mu_{D_R}(P_{cv}) ] = \max_{c=1, c^\sigma, v=1, v^\sigma} \min_{e=1, e^v} [ \mu_{D_{k_{cve}}}(P_{cv}) ] \}. \quad (4)$$

Именно этот тип и вид программного средства является решением исходной задачи, поскольку оно в наибольшей степени удовлетворяет требованиям всей совокупности рассматриваемых критериев.

**Пример выбора SCADA-системы.** В качестве примера рассмотрим задачу выбора вида SCADA-системы, для разработки АСУ ТП  $P = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6\}$ .

Один из основных показателей при выборе SCADA-системы на данных этапах – это надежность. Сбой в программе или нарушение работы какого-либо оборудования может привести к очень тяжелым последствиям, поэтому нужно обратить особое внимание на стабильность программно-аппаратного комплекса. Система должна работать в предсказуемом режиме, а пользователь должен быть уверен, что сбой невозможен [9].

Также важным критерием является функциональность системы. Комплекс должен обеспечивать полноценное решение всех задач предъявляемых на данном этапе управления с учетом дальнейшего развития.

SCADA-системы являются сетевыми программно-аппаратными комплексами и обычно работают с несколькими пользователями, поэтому существенным показателем является уровень безопасности системы

Немаловажным критерием при выборе системы является стоимость, чтобы заказчик получил за свою плату полноценный продукт, отвечающий его требованиям.

В качестве критериев оценки выбраны: надежность, безопасность, функциональность, оцениваемые экспертами и стоимость.

Для анализа было выбрано шесть видов SCADA-систем, представленных на нашем рынке и имеющих функцию подключения не менее 300 точек ввода вывода.

В табл. 1 представлены частные критерии выбора SCADA-систем.

Таблица 1 – Частные критерии выбора SCADA-системы

Критерий Вид	Надежность	Безопасность	Функциональность	Стоимость грн.
Genesis	очень высокая	очень высокая	выше средней	38000
WinCC	высокая	очень высокая	очень высокая	35000
Trace Mode	высокая	средняя	высокая	8500
RSView	очень высокая	высокая	ниже средней	21000
Каскад	средняя	ниже среднего	очень высокая	7000
Master SCADA	средняя	ниже среднего	высокая	6500

В табл. 2 приведены значения функций принадлежности по каждому критерию и их весовые коэффициенты.

Таблица 2 – Значение функций полезности частных критериев выбора SCADA-системы

Критерий	Надежность $\mu_{v1}(P_v)$	Безопасность $\mu_{v2}(P_v)$	Функциональность $\mu_{v3}(P_v)$	Стоимость $\mu_{v4}$ ( $P_v$ )
Genesis $P_1$	1	1	0	0
WinCC $P_2$	0,8	1	1	0,1
Trace Mode $P_3$	0,8	0,6	1	0,94
RSView $P_4$	1	0,8	0	0,54
Каскад $P_5$	0,6	0,5	1	0,98
Master SCADA $P_6$	0,6	0,5	0,94	1
Весовой коэфф.	0,1	0,2	0,2	0,5

Определив степень соответствия каждого вида программного средства установленным критериям, сформируем следующую совокупность нечетких множеств, описывающих такое их соответствие по каждому критерию с учетом их важности

$$D_{k_1}^{0.6} = \{ \langle P_1; 1 \rangle, \langle P_2; 0.87 \rangle, \langle P_3; 0.87 \rangle, \langle P_4; 1 \rangle, \langle P_5; 0.74 \rangle, \langle P_6; 0.74 \rangle \};$$

$$D_{k_2}^{1.2} = \{ \langle P_1; 1 \rangle, \langle P_2; 1 \rangle, \langle P_3; 0.54 \rangle, \langle P_4; 0.77 \rangle, \langle P_5; 0.44 \rangle, \langle P_6; 0.44 \rangle \};$$

$$D_{k_3}^{1.2} = \{ \langle P_1; 0 \rangle, \langle P_2; 1 \rangle, \langle P_3; 1 \rangle, \langle P_4; 0 \rangle, \langle P_5; 1 \rangle, \langle P_6; 0.93 \rangle \};$$

$$D_{k_4}^3 = \{ \langle P_1; 0 \rangle, \langle P_2; 0 \rangle, \langle P_3; 0.83 \rangle, \langle P_4; 0.16 \rangle, \langle P_5; 0.94 \rangle, \langle P_6; 1 \rangle \}.$$

Найдем пересечение этих множеств, которое будет иметь следующий вид

$$D = \{ \langle P_1; 0 \rangle, \langle P_2; 0 \rangle, \langle P_3; 0.54 \rangle, \langle P_4; 0 \rangle, \langle P_5; 0.44 \rangle, \langle P_6; 0.44 \rangle \}.$$

Далее выберем наилучшую альтернативу, характеризующуюся наибольшим значением функции принадлежности.

Из проведенного анализа видно, что наиболее подходящей SCADA-системой является SCADA Trace Mode, обеспечивающая высокую надежность и функциональность при не большой цене.

**Выводы.** Таким образом, предложена модель выбора программного обеспечения, которая в отличии от известных подходов позволяет выбрать эффективное программное средство по заданным критериям в условиях нечеткой информации и повысить обоснованность принимаемых решений.

**Список литературы:** 1. Мазур, И. И. Управление проектами: учебное пособие для студентов [Текст] / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге и др. – 5-е изд., перераб. – М.: Омега-Л, 2009. – 960 с. 2. Меняев, М. Ф. Информационные технологии управления: Учебное пособие: В 3-х кн.: Книга 3: Системы управления организацией [Текст] / М. Ф. Меняев - М.: Омега-Л, 2003. - 464 с. 3. Уильямс, Д. Управление программами на предприятии [Текст] / Д. Уильямс, Т. Парр. – М.: Баланс Бизнес Букс, 2005. – 320 с. 4. Балашов, В. Г. Механизмы управления организационными проектами [Текст] / В. Г. Балашов, А. Ю. Заложнев, А. А. Иващенко, Д. А. Новиков – М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с. 5. Заренин, Ю. Г. Надежность и эффективность АСУ [Текст] / Ю. Г. Заренин, М. Д. Збырко, Б. П. Крененцер, А. А. Свистельник, В. П. Яценко – Киев:



"Техніка", 1975. – 368 с. **6. Раскин, Л. Г.** Нечеткая математика. Основы теории. Приложения [Текст] / Л. Г. Раскин, О. В. Серая – Х.: Парус, 2008. – 352 с. **7. Пономарёв, О. С.** Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решения: [уч. пособие] [Текст] / О. С. Пономарёв – Х.: НТУ «ХПИ», 2005. – 232 с. **8. Нефёдов, Л. И.** Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами: монография [Текст] / Л. И. Нефёдов, Ю. А. Петренко, Т. В. Плугина и др. – Х.: ХНАДУ, 2010: –344 с. **9. Критерии выбора Scada-систем** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kipexpert.ru/component/content/article/129-soft/524-kritjerii-vybora-scada-sistjem>

**Bibliography (transliterated):** **1. Mazur, I. I., Shapiro, V. D., Ol'derogge, N. G. and other.** (2009). Project management: tutorial for students. Moscow: Omega-L, 960. **2. Menjaev, M. F.** (2003). Information technologies of management: Tutorial: In 3 b.: Book 3: Systems of organization management. Moscow: Omega-L, 464. **3. Williams, D, Parr, T. (2005). Enterprise Programme Management. Moscow: Balance Business Books, 320.** **4. Balashov, V. G., Zalozhnev, A. Ju., Ivashhenko, A. A., Novikov, D. A.** (2003). Organizational projects management mechanism. Moscow: ICS RAS, 84. **5. Zarenin, Ju. G., Zbyrko, M. D., Krenencer, B. P., Svistel'nik, A. A., Jacenko, V. P.** (1975). Reliability and efficiency of ICS. Kiev: Technics, 368. **6. Raskin, L. G., Seraja, O. V.** (2008). Fuzzy Mathematics. Apps. Kharkov: Sail, 352. **7. Ponomarjov, O. S.** (2005). Fuzzy sets in problems of automated control and decision making. Kharkov: NTU KhPI, 232. **8. Nefjodov, L. I., Petrenko, Ju. A., Plugina, T. V. and other.** (2010). Models and methods of the synthesis of offices for program and project management: Monograph. Kharkov: KhNADU, 344. **9. Criteria selection of Scada-systems.** <http://www.kipexpert.ru/component/content/article/129-soft/524-kritjerii-vybora-scada-sistjem>.

*Поступила (received) 14.03.2014*

УДК 658.512

**Математическая модель выбора программного обеспечения с учетом нечеткой информации/ Нефёдов Л. И., Петренко Ю. А., Кононыхин А. С. // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПИ», – 2014. - № 17 (1060).– С.13-17 . – Бібліогр.: 9 назв. ISSN 2079-5459**

В статье разработана модель выбора программного обеспечения которая позволяет выбрать эффективное программное средство по заданным критериям в условиях нечеткой информации.

**Ключевые слова:** нечеткая информация, функция принадлежности, программное средство, бизнес-процесс, офис управления проектами.

У статті розроблена модель вибору програмного забезпечення, яка дозволяє вибрати ефективний програмний засіб за заданими критеріями в умовах нечіткої інформації.

**Ключові слова:** нечітка інформація, функція приналежності, програмний засіб, бізнес-процес, офіс управління проектами.

**Mathematical model of selection of softwares in fuzzy information/ L. Nefedov, Yu. Petrenko, A. Kononykhin //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.13-17. Bibliogr.: 9. ISSN 2079-5459**

In the article developed model of selection of software which allows choosing effective software taking into account criteria's in fuzzy information. Bibliogr.: 9.

**Keywords:** fuzzy information, the membership function, the software, business process, project management office.

*Т. И. КАТКОВА*, канд. пед. наук, доц., Бердянский университет менеджмента и бизнеса

## **АДДИТИВНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ВЫБРАННЫМ СТРАТЕГИЧЕСКИМ НАПРАВЛЕНИЯМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Рассмотрена задача аддитивного рационального распределения активов предприятия по направлениям деятельности. Решение предложено для случая, когда распределение на текущем шаге не зависит от распределений на предыдущих шагах. Описана вычислительная процедура численного решения задачи. Предложенная вычислительная процедура позволяет найти рациональное распределение активов предприятия по стратегическим направлениям деятельности для каждой из стадий многошагового управления инвестиционным портфелем предприятия в предположении о независимости распределений на разных стадиях процесса. Случай, когда это предположение снято, требует отдельного рассмотрения. Для частного случая получены аналитические соотношения.

**Ключевые слова:** распределение активов предприятия, планирование, математическая модель, оптимальное решение, численный метод решения.

**Введение.** Особенностью решения задач планирования на предприятии является необходимость учета при их решении множества переменных величин, характеризующих непрерывно изменяющиеся производственные условия. Так как разнообразие возможных значений этих величин в течение определенного времени – планового периода – может быть достаточно большим, то возможно существование значительного числа интуитивно допустимых вариантов плановых решений. Отсюда большая размерность решаемых плановых задач, затрудняющая получение оптимального или близкого к нему решения. В этих условиях простым перебором и сравнением всех возможных вариантов решения плановой задачи искомый результат получить невозможно из-за огромной трудоемкости вычислений. Поэтому требуются специальные методы, позволяющие в приемлемые сроки с достаточной степенью обоснованности и с учетом особенностей конкретного производства найти наилучшее решение.

Задачу рационального распределения активов по направлениям деятельности предприятия будем решать, исходя из следующих предположений. Во-первых, будем считать, что при отсутствии дополнительных инвестиций не происходит убывания активов (основных производственных фондов), поскольку учитывается их возмещение за счет амортизационных отчислений. Во-вторых, примем, что активы в одной сфере деятельности не могут быть задействованы для повышения эффективности в другой, то есть синергетический эффект отсутствует. В-третьих, предприятие не использует заемные средства.

**Целью работы.** Целью работы является нахождение рационального распределения активов предприятия по стратегическим направлениям деятельности для случая, когда распределение на текущем шаге не зависит от распределений на предыдущих шагах, а также, описание вычислительной процедуры численного решения задачи.

**Постановка задачи.** Методическая модель решения задачи распределения активов предприятия и соответствующая технология зависят от того, какие используются предположения относительно зависимости распределения на каждой стадии от характера распределения на предыдущих стадиях. Рассмотрим задачу распределения активов предприятия в предположении о независимости рационального распределения на каждой из стадий от характера распределений на предыдущих. Пусть при этом перед очередной  $(t+1)$ -й стадией по результатам деятельности на предыдущих  $t$  стадиях распределение суммарного накопленного капитала по направлениям имеет вид  $\{K_1^\Sigma(t), K_2^\Sigma(t), \dots, K_n^\Sigma(t)\}$ .

Согласно [1,2], капитал предприятия формируется, в основном, за счет стоимостей инвестиций в активы предприятия. Он выполняет следующие основные функции: обеспечивает формирование доходов предприятия от его деятельности; является источником благосостояния его собственников. Разновидностями капитала предприятия выступают собственный и заемный капитал. Исходя из предположения о том, что предприятие не использует заемных средств, заемный капитал рассматривать его не будем.

Способность приносить доход являются одной из важнейших характеристик использования капитала, отмечаемой представителями всех экономических школ. Этот доход создает экономический ресурс, используемый в экономическом процессе. Куда бы ни был направлен капитал как экономический ресурс – в сферу реальной экономики или в финансовую сферу – он всегда способен приносить доход при условии эффективного его применения.

В ходе поступательного экономического развития общества средняя норма доходности капитала имеет тенденцию к снижению. В основе этой тенденции лежит закон убывающей производительности капитала, обуславливающий постоянное уменьшение предельного продукта капитала, а также постоянное возрастание конкуренции [3]. Вместе с тем, несмотря на снижение средней нормы доходности капитала, общая сумма формируемого им дохода постоянно возрастает за счет роста объема используемого капитала. При этом рост общей суммы дохода, формируемого капиталом, создает предпосылки для расширения экономической базы его накопления.

В соответствии с этим примем, что для расчета прибыли  $y$ , получаемой при вложении капитала  $x$ , может быть использована модель

$$y(x) = a_0 x^{a_1}, \quad a_0 > 0, \quad 0 < a_1 < 1, \quad (1)$$

отражающая фундаментальное положение экономической теории, называемое законом убывающей эффективности [3, 4].

Заметим, что для каждого стратегического направления, которое рассматривается как потенциальный объект капиталовложений, существует собственная индивидуальная функция зависимости прибыли от объема капиталовложений. Различия в рентабельности альтернативных зон хозяйствования влияют на выпуклость функции (более выпуклая функция свидетельствует о более интенсивной отдаче вкладываемого капитала). В свою очередь на рентабельность стратегической зоны хозяйствования могут влиять жизненный цикл товара, налоговое законодательство, нестабильность экономики и так далее. Величина вкладываемых средств, при которой уже практически не

наблюдается рост темпов прироста, характеризует насыщенность рассматриваемой зоны хозяйствования. Различия в величине насыщенности свидетельствуют о потенциале отрасли (чем позже наступает это состояние, тем более перспективна отрасль).

С учетом сделанных допущений будем считать, что прибыль, полученная в  $j$ -м направлении деятельности на последней  $t$ -й стадии, определяется выражением

$$R_j(t) = a_{0j}(t) \left( K_j^\Sigma(t) \right)^{a_{1j}(t)}, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

где  $a_{0j}(t)$ ,  $a_{1j}(t)$  - заданные функции времени,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Параметры этих функций могут быть оценены путем совместной статистической обработки ретроспективных данных о реальном функционировании предприятий, а также результатов бизнес-планирования проектов в выбранных направлениях деятельности.

Суммарная прибыль, полученная от использования всех активов на первой стадии, определяется соотношением

$$R(1) = \sum_{j=1}^n R_j(1) = \sum_{j=1}^n a_{0j}(1) \left( K_j(1) \right)^{a_{1j}(1)}. \quad (2)$$

Заметим, что эта формула позволяет приближенно учесть уровень риска выбранных направлений деятельности за счет ввода так называемых барьерных коэффициентов [5]. Барьерные коэффициенты - это, по существу, коэффициенты дисконтирования, используемые при расчетах доходов. Численные значения этих коэффициентов выбираются с учетом уровня риска выбираемых инвестиционных вариантов [6].

Пусть доля полученной прибыли, определенная для каждой стадии функцией  $\pi(t)$ , направляется на внутреннее потребление (дивиденды и другие социальные выплаты). Оставшаяся прибыль, используемая для распределения на очередной стадии, равна

$$K(t+1) = (1 - \pi(t))R(t), \quad t = 1, 2, \dots, N. \quad (3)$$

В соответствии с (3) распределение активов на очередной  $(t+1)$ -й стадии, имеющее вид  $\{K_1(t+1), K_2(t+1), \dots, K_n(t+1)\}$ , обеспечивает получение прибыли по направлениям

$$R_j(t+1) = a_{0j}(t+1) \left[ K_j^\Sigma(t) + K_j(t+1) \right]^{a_{1j}(t+1)}, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Сформулируем теперь задачу рационального управления хозяйственным портфелем предприятия следующим образом. Для каждой из стадий  $t = 1, 2, \dots, N$  найти распределение активов предприятия  $(K_1(t), K_2(t), \dots, K_n(t))$ , максимизирующее

$$\begin{aligned} F_N(\{K_j(1)\}, \{K_j(2)\}, \dots, \{K_j(N)\}) &= \sum_{t=1}^N (1 - \pi_j(t)) \sum_{j=1}^n R_j(t) = \\ &= \sum_{t=1}^N (1 - \pi_j(t)) \sum_{j=1}^n a_{0j}(t) \left( K_j^\Sigma(t) \right)^{a_{1j}(t)} = \sum_{t=1}^N (1 - \pi_j(t)) \sum_{j=1}^n a_{0j}(t) \left( K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t) \right)^{a_{1j}(t)} \quad (4) \end{aligned}$$

и удовлетворяющее ограничениям

$$\sum_{j=1}^n K_j(t) = K(t) = (1 - \pi(t))R(t-1), \quad t=1,2,\dots,N. \quad (5)$$

**Основные результаты.** Пусть, в соответствии с предположением, рациональное распределение активов на каждой из стадий не зависит от характера их распределения на предыдущих стадиях.

Тогда

$$\max_{\{K_j(t)\}} \left\{ \sum_{t=1}^N (1 - \pi(t)) \sum_{j=1}^n a_{0j}(t) (K_j^\Sigma(t))^{a_{1j}(t)} \right\} = \sum_{t=1}^N (1 - \pi(t)) \max_{\{K_j(t)\}} \left\{ \sum_{j=1}^n a_{0j}(t) (K_j^\Sigma(t))^{a_{1j}(t)} \right\}.$$

При этом исходная сложная задача максимизации (4) при ограничениях (5) редуцируется к совокупности задач последовательной независимой оптимизации плана распределения активов на каждой из стадий. При этом для определенной, например,  $t$ -ой стадии задача формулируется следующим образом: найти набор  $\{K_1(t), K_2(t), \dots, K_n(t)\}$ , максимизирующий

$$F_t(\{K_j(t)\}) = \sum_{j=1}^n a_{0j}(t) (K_j^\Sigma(t))^{a_{1j}(t)} = \sum_{j=1}^n a_{0j}(t) (K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t))^{a_{1j}(t)} \quad (6)$$

и удовлетворяющий ограничению

$$\sum_{j=1}^n K_j(t) = K(t). \quad (7)$$

Для решения задачи используем метод неопределенных множителей Лагранжа. Функция Лагранжа имеет вид

$$\Phi_t(\{K_j(t)\}) = \sum_{j=1}^n a_{0j}(t) (K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t))^{a_{1j}(t)} - \lambda \left( \sum_{j=1}^n K_j(t) - K(t) \right). \quad (8)$$

Вычислим частные производные от функции (8) по переменным  $K_j(t)$ , приравняем их к нулю и решим полученные уравнения.

Имеем

$$\frac{\partial \Phi_t(K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t))}{\partial K_j(t)} = a_{0j}(t) a_{1j}(t) (K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t))^{a_{1j}(t)-1} - \lambda = 0, \quad (9)$$

$$j=1,2,\dots,n.$$

Отсюда

$$K_j(t) = \left( \frac{\lambda}{a_{0j}(t) a_{1j}(t)} \right)^{\frac{1}{a_{1j}(t)-1}} - K_j^\Sigma(t-1), \quad j=1,2,\dots,n. \quad (10)$$

Для отыскания  $\lambda$  подставим (10) в (7), после чего получим:

$$\sum_{j=1}^n (\lambda)^{\frac{1}{a_{1j}(t)-1}} \left( \frac{1}{a_{0j}(t) a_{1j}(t)} \right)^{\frac{1}{a_{1j}(t)-1}} = K(t) + K^\Sigma(t-1). \quad (11)$$

Это нелинейное уравнение относительно  $\lambda$  может быть решено любым численным методом, например, методом Ньютона [7,8]. Покажем это.

Для упрощения записи введем следующие обозначения:

$$\left( \frac{1}{a_{0j}(t) a_{1j}(t)} \right)^{\frac{1}{a_{1j}(t)-1}} = a_j, \quad \frac{1}{a_{1j}(t)-1} = b_j, \quad j=1,2,\dots,n, \quad K(t) + K^\Sigma(t-1) = c.$$

В этих обозначениях уравнение (11) приобретает вид:

$$f(\lambda) = \sum_{j=1}^n a_j \lambda^{b_j} - c = 0. \quad (12)$$

Выберем произвольное начальное значение  $\lambda = \lambda_0 > 0$ .

В соответствии с методом Ньютона [9] рекуррентное соотношение для отыскания очередного приближения к решению полученного уравнения запишем следующим образом:

$$\lambda_k = \lambda_{k-1} - \frac{f(\lambda_{k-1})}{f'(\lambda_{k-1})} = \lambda_{k-1} - \frac{\sum_{j=1}^n a_j \lambda_{k-1}^{b_j} - c}{\sum_{j=1}^n a_j b_j \lambda_{k-1}^{b_j-1}}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Возвращаясь к прежним обозначениям, имеем

$$\lambda_k = \lambda_{k-1} - \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{a_{0j}(t)a_{1j}(t)} \right)^{\frac{1}{a_{1j}(t)-1}} \lambda_{k-1}^{\frac{1}{a_{1j}(t)-1}} - K(t) - K^\Sigma(t-1)}{\sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{a_{0j}(t)a_{1j}(t)} \right)^{\frac{1}{a_{1j}(t)-1}} \cdot \frac{1}{a_{1j}(t)-1} \cdot \lambda_{k-1}^{\frac{2-a_{1j}(t)}{a_{1j}(t)-1}}}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, n.$$

Пусть  $\lambda^*(K(t))$  - полученное после надлежащего числа итераций решение этого уравнения. Тогда оптимальное распределение на  $t$ -ой стадии задается соотношениями

$$K_j^*(t) = \left( \lambda^*(K(t)) \right)^{\frac{1}{a_{1j}(t)-1}} \left( \frac{1}{a_{0j}(t)a_{1j}(t)} \right)^{\frac{1}{a_{1j}(t)-1}} - K_j^\Sigma(t-1),$$

$$j = 1, 2, \dots, n.$$

Следует отметить, что процедура решения уравнения (11) при значениях  $a_{1j}(t)$ , близких к единице, может оказаться неустойчивой. Поэтому предлагается другой численный подход к решению задачи, основанный на методе простой итерации [10,11]. Для реализации этого метода преобразуем уравнения (9) следующим образом.

$$\frac{1}{\lambda} a_{0j}(t)a_{1j}(t) \left( K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t) \right)^{a_{1j}(t)} = K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t), \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (13)$$

Отсюда

$$\sum_{j=1}^n K_j(t) = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n a_{0j}(t)a_{1j}(t) \left( K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t) \right)^{a_{1j}(t)} - K^\Sigma(t-1) = K(t).$$

Тогда

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{K^\Sigma(t-1) + K(t)}{\sum_{j=1}^n a_{0j}(t)a_{1j}(t) \left( K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t) \right)^{a_{1j}(t)}}. \quad (14)$$

Подставляя (14) в (13), получим

$$K_j(t) = \frac{a_{0j}(t)a_{1j}(t) \left( K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t) \right)^{a_{1j}(t)}}{\sum_{j=1}^n a_{0j}(t)a_{1j}(t) \left( K_j^\Sigma(t-1) + K_j(t) \right)^{a_{1j}(t)}} K(t) - K_j^\Sigma(t-1), \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (15)$$

Соотношение (15) используем в процедуре последовательных приближений. На нулевой итерации имеем

$$K_j^{(0)}(t) = \frac{a_{0j}(t)a_{1j}(t)}{\sum_{j=1}^n a_{0j}(t)a_{1j}(t)} K(t) - K_j^{\Sigma}(t-1), \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Далее

$$K_j^{(1)}(t) = \frac{a_{0j}(t)a_{1j}(t)\left(K_j^{(0)}(t)\right)^{a_{1j}(t)}}{\sum_{j=1}^n a_{0j}(t)a_{1j}(t)\left(K_j^{(0)}(t)\right)^{a_{1j}(t)}} K(t) - K_j^{\Sigma}(t-1),$$

$$j = 1, 2, \dots, n,$$

...

$$K_j^{(s)}(t) = \frac{a_{0j}(t)a_{1j}(t)\left(K_j^{(s-1)}(t)\right)^{a_{1j}(t)}}{\sum_{j=1}^n a_{0j}(t)a_{1j}(t)\left(K_j^{(s-1)}(t)\right)^{a_{1j}(t)}} K(t) - K_j^{\Sigma}(t-1),$$

$$j = 1, 2, \dots, n,$$

$$s = 1, 2, \dots$$
(16)

Процедура, определяемая рекуррентным соотношением (16), продолжается до тех пор, пока не будет достигнута требуемая точность, задаваемая неравенством

$$\left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left( K_j^{(s)}(t) - K_j^{(s-1)}(t) \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \leq \varepsilon,$$

где  $\varepsilon$  - некоторое достаточно малое число (например,  $\varepsilon = 10^{-4}$ ).

Заметим, что уравнение (12) легко решается, если  $a_{ij} = a_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Тогда это уравнение имеет вид

$$\sum_{j=1}^n a_j \lambda^{\frac{1}{a_j-1}} = \lambda^{\frac{1}{a_1-1}} \sum_{j=1}^n a_j = c,$$

откуда

$$\lambda^{\frac{1}{a_j-1}} = \frac{c}{\sum_{j=1}^n a_j}.$$

Тогда, в соответствии с (10), имеем

$$K_j(t) = \frac{a_j}{\sum_{j=1}^n a_j} \cdot c, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

**Выводы.** Итак, предложенная вычислительная процедура позволяет найти рациональное распределение активов предприятия по стратегическим направлениям деятельности для каждой из стадий многошагового управления инвестиционным портфелем предприятия в предположении о независимости

распределений на разных стадиях процесса. Случай, когда это предположение снято, требует отдельного рассмотрения.

**Список литературы:** 1. *Бланк И. А.* Управление использованием капитала / *И. А. Бланк.* – К. : «Ника-Центр», 2000. – 656 с. 2. *Сафронов Н. А.* Экономика предприятия / *Н. А. Сафронов.* – М. : Юристъ, 1998. – 584 с. 3. Курс Экономической теории / Под ред. *М. Н. Чепурина, Е. А. Киселевой.* – М. : АСА, 2006. – 832 с. . Современная экономическая наука / Под ред. *Н. Н. Думной, И. П. Николаевой.* – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 692 с. 5. Риск-анализ инвестиционного проекта / Под ред. *М. В. Грачевой.* – М. : ЮНИТИ-ДАТА, 2001. – 351 с. 6. *Клебанова Т. С.* Теория экономического риска / *Т. С. Клебанова, Е. В. Раевнева.* – Х. : ИД «ИНЖЭК», 2008. – 168 с. 7. *Иванов В. В.* Методы вычислений на ЭВМ / *В. В. Иванов.* – К. : Наукова думка, 1986. – 584 с. 8. *Алексеев Е. А.* Решение задач вычислительной математики в пакетах Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9 / *Е. А. Алексеев.* – М. : Наука, 2006. – 496 с. 9. *Калиткин Н. Н.* Численные методы / *Н. Н. Калиткин.* – М. : Наука, 1978. – 512 с. 10. *Самарский А. А.* Численные методы / *А. А. Самарский, А. В. Гулин.* – М. : Наука, 1989. – 468 с. 11. *Турчак Л. И.* Основы численных методов / *Л. И. Турчак, П. В. Плотников.* – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 300 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Blank I. A.* Upravlenie ispol'zovaniem kapitala. Kiev: Nika-Centr, 2000. 656 p. 2. *Safronov N. A.* Jekonomika predprijatija. Moscow: Jurist, 1998. 584 p. 3. *Chepurin M. N., Kiseleva E. A.* Kurs Jekonomicheskoi teorii. Moscow: ASA, 2006. 832 p. 4. *Dumna N. N., Nikolaeva I. P.* Sovremennaja jekonomicheskaja nauka. Moscow: JuNITI-DANA, 2012. 692 p. 5. *Gracheva M. V.* Risk-analiz investicionnogo proekta. Moscow: JuNITI-DATA, 2001. 351 p. 6. *Klebanova T. S., Raevneva E. V.* Teorija jekonomicheskogo riska. Kharkov: Publishing house INZhJeK, 2008. 168 p. 7. *Ivanov V. V.* Metody vychislenij na JeVM. Kiev: Naukova dumka, 1986. 584 p. 8. *Alekseev E. A.* Reshenie zadach vychislitel'noj matematiki v paketah Mathcad 12, MATLAB 7, Maple 9. Moscow: Nauka, 2006. 496 p. 9. *Kalitkin N. N.* Chislennye metody. Moscow: Nauka, 1978. 512 p. 10. *Samarskij A. A., Gulin A. V.* Chislennye metody. Moscow: Nauka, 1989. 468 p. 11. *Turchak L. I., Plotnikov P. V.* Osnovy chislennyh metodov. Moscow: FIZMATLIT, 2003. 300 p.

*Поступила (received) 12.03.2014*

УДК 658.012

**Аддитивная оптимизация распределения активов предприятия по выбранным стратегическим направлениям/ Т. И. Каткова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2014. - № 17 (1060).– С.18-25 . – Бібліогр.: 11 назв. ISSN 2079-5459**

Рассмотрена задача аддитивного рационального распределения активов предприятия по направлениям деятельности. Решение предложено для случая, когда распределение на текущем шаге не зависит от распределений на предыдущих шагах. Описана вычислительная процедура численного решения задачи. Предложенная вычислительная процедура позволяет найти рациональное распределение активов предприятия по стратегическим направлениям деятельности для каждой из стадий многошагового управления инвестиционным портфелем предприятия в предположении о независимости распределений на разных стадиях процесса. Случай, когда это предположение снято, требует отдельного рассмотрения. Для частного случая получены аналитические соотношения.

**Ключевые слова:** распределение активов предприятия, планирование, математическая модель, оптимальное решение, численный метод решения.

Розглянуто задачу адитивного раціонального розподілу активів підприємства за напрямками діяльності. Рішення запропоновано для випадку, коли розподіл на поточному кроці не залежить від розподілів на попередніх кроках. Описана обчислювальна процедура чисельного рішення задачі. Запропонована обчислювальна процедура дозволяє знайти раціональний розподіл активів підприємства по стратегічних напрямках діяльності для кожної з стадій багатокрокового управління інвестиційним портфелем підприємства в припущенні про



незалежність розподілів на різних стадіях процесу. Випадок, коли це припущення знято, вимагає окремого розгляду. Для окремого випадку отримано аналітичні співвідношення.

**Ключові слова:** розподіл активів підприємства, планування, математична модель, оптимальне рішення, чисельний метод рішення.

**Additive optimization of distribution of assets of enterprises in selected strategic areas of activities/ T. I. Katkova** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.18-25. Bibliogr.:11 . ISSN 2079-5459

The problem of additive rational distribution of assets of an enterprise on directions of activity. The solution is by proposed for the case when the distribution of the current step does not depend on the distributions of the previous steps. Computational procedure of numerical solutions described solution. The proposed computational procedure allows you to find a rational distribution of assets of the company on strategic directions for each of the stages in multistage portfolio of a company under the assumption of independence of the distributions at different stages of the process. The case when this assumption is removed, requires separate consideration. For the particular case the analytical relations are given.

**Keywords:** distribution of assets of an enterprise, planning, mathematical model, optimal solution, numerical solution method.

**УДК 621.327**

**А. А. СЕМЕНОВ**, канд. физ.-мат. наук, доц., ПУЭТ, Полтава

## **УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СЫПУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

В работе представлены результаты обеззараживания сыпучих пищевых продуктов ультрафиолетовым излучением. Предложена технология бактерицидного обеззараживания сыпучих продуктов с размером частиц до 50 мкм. Проведены необходимые расчеты, связанные с дозой облучения, с временем пребывания частиц в зоне облучения и необходимой дозой инактивации в зависимости от вида бактерий.

**Ключевые слова:** обеззараживание, ультрафиолетовое излучения, доза инактивации, бактерии.

**Введение.** В настоящее время существует множество различных традиционных методов обеззараживания сыпучих пищевых продуктов и сырья для них. Методы дезинфекции, основанные на применении химических дезинфицирующих реагентов (сильных окислителей – озона, хлора и др.) и радиационные методы, использующие различные ионизирующие излучения (рентгеновское, гамма-излучение) сопровождаются влиянием на структуру обрабатываемого объекта, что приводит к необратимым изменениям физико-химических и биологических свойств.

Проблема обеспечения длительности хранения пищевых продуктов с высоким и промежуточным содержанием влаги без создания соответствующих условий хранения была и остается одной из важнейших задач пищевой промышленности. Вода, находясь в пище в свободном и связанном состоянии, является существенным фактором сохранения водорастворимых витаминов, предотвращает окисление жиров, но в то же время она способствует благоприятному развитию патогенной микрофлоры, вызывая быструю порчу продукта. В связи с этим применение обеззараживания (стерилизации) в процессе производства является

© А. А. СЕМЕНОВ, 2014

необходимой технологической операцией для получения продукта, безопасного в санитарно-гигиеническом отношении.

**Цель работы.** Цель работы и ее актуальность заключается в необходимости разработки для сыпучих пищевых продуктов с размером частиц 5-50 мкм эффективного метода бактерицидного обеззараживания микроорганизмов с сохранением биологической ценности продукта.

**Методика экспериментов.** Применение существующих на сегодняшний день методов и способов обеззараживания сыпучих пищевых продуктов позволяет в полной мере достичь положительных результатов при уничтожении микроорганизмов любого вида, не только вегетативных, но и споровых форм бактерий и другой микрофлоры в пищевой, микробиологической и фармацевтической промышленности [1].

Известны термические методы обеззараживания сыпучих продуктов питания, предусматривающие нагрев обрабатываемого продукта различным путем, например микроволновым излучением. Эти методы, в их различных модификациях, достаточно энергоемкие, требуют дорогостоящего оборудования и не всегда обеспечивают необходимый уровень деконтаминации объектов. Кроме того, при высокотемпературной обработке пищевых продуктов, неизбежно происходит частичная термодеструкция многих белковых и других биологических структур исходного продукта, что приводит к снижению и потере потребительских свойств.

Наиболее распространенными являются химические методы обеззараживания сыпучих продуктов. Влияние любых химических веществ на продукты сельскохозяйственного производства и ингредиенты различных препаратов потенциально опасны, поскольку при этом могут инициироваться различные химические реакции, приводящие к изменению физико - химических и биологических свойств обрабатываемых продуктов [2]. Оценка реальной опасности такого рода изменений чрезвычайно тяжелая и далеко не всегда достоверна. Химические препараты обычно обладают значительным последствием. Риск передозировки при обработке весьма высок.

Эффективное решение данной проблемы - использование ультрафиолетового излучения с длиной волны 254 нм, которое обладает бактерицидным действием и обеспечивает эффективную инактивацию микроорганизмов [3, 4].

При ультрафиолетовом облучении твердых частиц обрабатывается только тонкий слой, и соответственно, обрабатываемый материал не меняет своих биохимических свойств. В этом и заключаются преимущества УФ - обработки по сравнению с другими методами обеззараживания.

Учитывая факт непрозрачности пищевых частиц сыпучих продуктов при обработке УФ – излучением, применяют вибрационные или ротационные аппараты, которые обеспечивают перемешивание частиц, подвергая их УФ - облучению со всех сторон. Применение таких аппаратов для обеспечения облучения всех видимых УФ - излучению поверхностей должно сопровождаться длительным временем обработки для достижения наибольшей вероятности облучения.

Попытки создания эффективной технологии дезинфекции сыпучих пищевых

продуктов с использованием УФ - облучения предпринимались неоднократно, однако заметного положительного прогресса не наблюдалось.

Для решения поставленной задачи и достижения положительных результатов при облучении сыпучих продуктов рассмотрим ряд известных устройств аналогичного назначения, принцип работы которых основан на использовании УФ - облучения.

Известна установка для обработки сыпучих продуктов облучением, в том числе и УФ (патент РФ 2124299, 04.11.97), включающая загрузочное и разгрузочные устройства, а также камеру для облучения, состоящий из верхнего и нижнего барабанов, внутри которых установлены источники ИК - и УФ - излучений. Продукт подается в шнековый транспортер, который перемещает его вдоль вращающегося барабана. Внутри верхнего барабана установлены ИК - лампы, предназначенные для нагрева и сушки продукта, после которых продукт попадает в нижний барабан. В нижнем барабане продукт облучается УФ - лампами, под действием которых происходит его стерилизация. УФ - лампы в защитных чехлах расположены по дуге и закреплены в торцевых стенках барабана. Обработанный продукт разгружается и упаковывается.

Недостатком устройства является размещение источников УФ - излучения, которые не обеспечивают облучение продукта в виде слоя, что снижает проникновение УФ - излучения и препятствует его всесторонней обработке. Кроме того, данная установка затрудняет технологический процесс за счет дополнительной операции, которая включает разгрузку и упаковку продукта. Последняя операция не исключает вероятности повторного загрязнения обрабатываемого продукта при пересыпке еще в одну емкость, а только после этого упаковку.

Проведя анализ предложенных методов и установок бактерицидного обеззараживания сыпучих продуктов, коллективом научно - технического центра (НТЦ) Полтавского университета экономики и торговли (ПУЭТ) разработана технология и опытный образец установки для сыпучих продуктов пищевой промышленности (белковая масса, сухое молоко, мука и т.д.).

При разработке технологии и установки бактерицидного обеззараживания сыпучих продуктов учитывали: интенсивность излучения, ультрафиолетовое поглощение частицами, необходимость всесторонней обработки и т.д.

Для достижения цели предложен способ облучения сыпучих материалов, который отличается тем, что облучение сыпучих пищевых продуктов с размером частиц  $5 \div 50$  мкм осуществляется при их свободном падении под действием силы тяжести. Для обеспечения дозы  $H$ , необходимой для инактивации микроорганизмов  $h$ , высота камеры облучения и облученность  $E$  на поверхности свободнопадающих частиц выбирается из условий:

$$H \leq K \cdot E \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (1)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $E$  - облученность на поверхности частиц,  $\text{Вт/м}^2$ ;  $h$  - высота камеры облучения,  $K$  - коэффициент запаса, который учитывает снижение облучения внутренних слоев свободнопадающих частиц в результате поглощения лучистого потока (с учетом многократных отражений от поверхностей частиц во внешних слоях).

Коэффициент запаса поглощения определяется экспериментально для каждого продукта с учетом его гранулометрического состава, коэффициента отражения поверхности УФ - области спектра, вида микроорганизмов, инактивацию которых необходимо проводить, и плотности свободнопадающих частиц в облучаемом столбе. Коэффициент для различных условий облучения и продуктов может изменяться от 1,2 до 3. Равномерность и плотность потока падающих частиц обеспечивается путем дозированной подачи сыпучей массы на сито и просеивания ее над камерой облучения.

**Обсуждение результатов.** Технический результат повышения эффективности бактерицидного обеззараживания сыпучих пищевых продуктов достигается за счет следующих технологических операций:

- подготовка сыпучего продукта – дозирование и рассев на сите;
- облучение в камере УФ – лампами низкого давления с необходимой дозой, которая определяется из условия (1).

Устройство представляет собой камеру в виде цилиндра длиной 1,5 м, в которой равномерно по периметру и соответственно по всей длине размещаются газоразрядные УФ - лампы низкого давления. Над камерой находится загрузочный бункер из которого подается продукт на сито для отсева. Вибросито, обеспечивая предварительный рассев, препятствует агломерированным частицам попадать в камеру облучения, где под действием УФ - излучения проходит процесс обеззараживания. Для эффективного рассеивания на сите с целью исключения агломерации, влажность продукта не должна превышать 6%. После облучения в камере объект обеззараживания попадает в емкость для упаковки, которая предварительно облучается УФ-лучами, с целью исключения вероятности появления микрофлоры.

Для обеспечения оптимизации технологического процесса и решения поставленной цели нами проведены необходимые расчеты бактерицидной дозы облучения в зависимости от видов микроорганизмов и их чувствительности к УФ - облучению, при этом нами учитывались следующие параметры: размеры частиц и время пребывания порошковой массы в камере облучения.

Линейные размеры частиц сыпучего продукта, определяли с помощью диоптрийной наводки окуляра 8 микроскопа МБС-9. Результаты распределения гранулометрического состава исследуемого порошкового материала, например, белковой массы, находятся в пределах от 5 до 40 мкм. Учитывая размеры частиц и сопротивление воздуха в камере облучения, проведенные нами расчеты показали, что в зоне обработки частицы порошковой массы находятся не менее одной секунды. С учетом времени пребывания в камере, нами проведены расчеты необходимой минимальной дозы облучения исходя из обнаруженных бактерий и их устойчивости к УФ – излучению.

Доза инактивации бактерий может варьироваться высотой камеры  $h$ , величиной облученности (количеством бактерицидных ламп, их мощностью и пространственным размещением в камере, коэффициентом отражения поверхности камеры) и плотностью потока свободнопадающих частиц.

В известных конструкциях установок производительность и размеры камеры облучения рассчитываются по стандартным методикам [3-6] с использованием экспериментально определенных объемных доз для инактивации различных видов

микроорганизмов. Недостатком такого подхода является то, что объемная доза зависит от геометрии камеры для облучения. Частицы обрабатываемого сыпучего продукта, которые находятся ближе к УФ - лампам будут получать «избыточную» дозу, а частицы, находящиеся у стенок камеры - недополучат необходимой дозы (при достаточном среднем значении). Для ликвидации данного недостатка предлагаются размеры камеры установки выбирать из условий, при которых минимальная облученность наименее облученных участков камеры была бы достаточной для создания поверхностной дозы, необходимой для инактивации микроорганизмов [3]. Другие участки будут получать «избыточное» облучение, что повышает эффективность обеззараживания. Важным фактором является то, что передозировка при УФ - облучении исключается [8].

**Выводы.** Результаты проведенных исследований показали, что обработка УФ - облучением позволяет осуществить обеззараживания сыпучих продуктов. Например, при обеззараживании белковой массы получены следующие результаты: общее микробиологическое количество бактерий уменьшилось на 3-4 порядка (эффективность обеззараживания составила 99 %); бактерии группы кишечной палочки (БКГП) не обнаружены в обрабатываемом продукте, отмечено также значительное (более чем на 2 порядка) снижение общей степени инактивации дрожжами и плесневыми грибами.

Проведенные экспериментальные результаты показали, что эффективность обеззараживания зависит от многих факторов: дозы облучения, равномерности и эффективности облучения, а также от характеристик обрабатываемого материала: размера частиц, влажности и однородности, их прозрачности для УФ - облучения и т.д.

Поскольку ученые в последнее время уделяют большое внимание использованию ультрафиолетового облучения и его свойствам в повседневной жизни, поэтому одним из направлений наших исследований является изучение обеззараживания воздуха [5] и поверхностей под действием ультрафиолета в зависимости от температуры, времени и мощности УФ-излучения.

**Список литературы:** 1. *Мейер А., Зейтц Э.* Ультрафиолетовое излучение. Получение, измерение и применение в медицине, биологии и технике. Пер. с нем. М.: Издательство «Иностран. лит.», 1952, 574 с. 2. *Stephen B. Martin Jr., Chuck Dunn, James D. Freihaut, William P. Bahnfleth, Josephine Lau, Ana Nedeljkovic-Davidovic.* Бактерицидное ультрафиолетовое облучение. Современные эффективные методы борьбы патогенной микрофлорой // ASHRAE JOURNAL. – 2008; 50(8). 3. *Вассерман А.Л., Шандала М.Г., Юзбашев В.Г.* Ультрафиолетовое излучение в профилактике инфекционных заболеваний: - М.: Медицина, 2003. – 208с. 4. *Белявский М.П., Вассерман А.Л., Рубинштейн П.В.* Методика контроля потока излучения бактерицидных ламп в процессе их эксплуатации // Светотехника. - 2001. - №1. - С.6-8. 5. *Вассерман А.Л.* Ультрафиолетовые бактерицидные установки для обеззараживания воздушной среды помещений. - М.: Изд-во дом света, 1999, выпуск 8(20). 6. *Сарычев Г.С.* К расчету бактерицидных установок / Светотехника. - 2005. - №1. - С.62-63. 7. *Матвеев А.Б., Лебедкова С.М., Петров В.И.* Электрические облучательные установки фотобиологического действия. Под ред. д.т.н. С.П. Решенова – М.: МЭИ, 1989. 8. *Masschel I., Debacker E., Chebakbak S.* Stude sur modele dela disinfection de lean par rayonnement ultraviolet // Rev.sci.can. 1980, - №2. – p. 29-41.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Meyer A., Seitz E.* (1952). Ultraviolet radiation. Preparation, measurement, and use in medicine, biology and engineering. Moscow: Publishing House "Foreign citizen lit., 574 p. 2. *Stephen B. Martin Jr., Chuck Dunn, James D. Freihaut, William P. Bahnfleth,*

Josephine Lau, Ana Nedeljkovic-Davidovic. (2008). Germicidal ultraviolet irradiation. Modern and effective methods to combat pathogenic microorganisms. ASHRAE JOURNAL, Vol. 50, №8.3. Wasserman A.L., Shandala M.G., Yuzbashev V.G. (2003). Ultraviolet radiation in the prevention of infectious diseases. M: Medical, 208 p.4. Bielawski M.P., Wasserman A.L., Rubinstein P.V. (2001). Flow control technique germicidal radiation during their operation. Light engineering., № 1, 6-8.5. Wasserman A.L. (1999). Ultraviolet germicidal disinfection systems for ambient air space. Moscow - publishing House of Light, 8 (20).6. Sarychev G.S. (2005). By calculation bactericidal plants. Lighting Equipment, № 1, 62-63.7. Matveev A.B., Lebedkova S.M., Petrov V.I. (1989). Electric irradiators photobiological action. Ed. dts S.P. Reshenova. Moscow MEI.8. Masschel I., Debacker E., Chebakbak S. (1980). Stude sur modele dela disinfection de lean par rayonement ultraviolet. Rev.sci.can, № 2, 29-41.

Поступила (received) 12.03.2014

УДК 621.327

**Ультрафиолетовое излучение для обеззараживания сыпучих пищевых продуктов/ А. А. Семенов//** Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060). – С.25-30 . – Бібліогр.: 8 назв. ISSN 2079-5459

В работе представлены результаты обеззараживания сыпучих пищевых продуктов ультрафиолетовым излучением. Предложена технология бактерицидного обеззараживания сыпучих продуктов с размером частиц до 50 мкм. Проведены необходимые расчеты, связанные с дозой облучения, с временем пребывания частиц в зоне облучения и необходимой дозой инактивации в зависимости от вида бактерий.

**Ключевые слова:** обеззараживание, ультрафиолетовое излучения, доза инактивации, бактерии

В роботі представлені результати знезараження сипучих харчових продуктів ультрафіолетовим випромінюванням. Запропоновано технологію бактерицидного знезараження сипучих продуктів з розміром частинок до 50 мкм. Проведені необхідні розрахунки, пов'язані з дозою опромінення, з часом перебування частинок в зоні опромінення та необхідною дозою інактивації в залежності від виду бактерій.

**Ключові слова:** знезараження, ультрафіолетове випромінювання, доза інактивації, бактерії.

**Disinfection ultraviolet radiation bulk food products/ A.A. Semenov//**Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.25-30. Bibliogr.: 8. ISSN 2079-5459

Considered the results of bulk food products disinfection by ultraviolet radiation. The technology bactericidal disinfection of bulk products with a particle size of 50 microns. Carried out the necessary calculations related to radiation dose, with time spent in the area of particles and radiation dose necessary to inactivate depending on the type of bacteria.

**Keywords:** disinfection, ultraviolet radiation dose inactivate bacteria.

УДК 531.01

**Л. Д. МИСНИК**, канд. техн. наук, доц., ЧДТУ, Черкаси

## **ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕСТОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ**

Проведено системний аналіз організаційних проблем розробки і застосування технологій комп'ютерного тестування у вищій школі та розроблено технологію тестування для контролю знань студентів, яка включає організаційні, технологічні, інформаційні та процедурні компоненти і орієнтована на інформаційне забезпечення навчального процесу.

**Ключові слова:** тестова технологія, автоматизовані системи, контроль знань, функціональні модулі.

© Л. Д. МИСНИК, 2014

**Вступ.** України до єдиного європейського та світового освітнього і наукового простору, впровадження в систему вищої освіти України кредитно-модульної системи організації навчального процесу (КМСОНП) у вищих навчальних закладах III–IV рівнів акредитації потребують безперервного вдосконалення навчальних і тестових технологій з метою їх відповідності європейським вимогам. Необхідна перебудова процесу навчання, в тому числі і за рахунок впровадження інформаційних систем і технологій [1]. На даному етапі підвищення якості навчального процесу неможливе без використання сучасних комп'ютерних засобів, програмних засобів навчання та тестування студентів на базі спеціалізованих комп'ютерних класів та корпоративної мережі навчального закладу.

Наявність невирішених проблем із розробки таких технологій і систем, та нагальна потреба їх розв'язання зумовили актуальність наукових досліджень, яким присв'ячена ця стаття.

**Аналіз останніх досліджень.** В Україні проведено чимало досліджень з питань побудови інформаційних технологій та систем тестування студентів. Запропоновано створення автоматизованих систем контролю знань, як найбільш ефективного напрямку підвищення якості навчального процесу у ВНЗ, та названі найбільш суттєві причини, що стримують їх широке застосування [2]. Досліджено інтелектуальну комп'ютерну навчальну систему з машинно-орієнтованим програмуванням [3]. Розглянуто проблеми, пов'язані з оцінюванням відповідей на завдання та запропоновано методичку оцінювання знань в автоматизованих системах тестування [4]. Представлено методи та моделі контролю знань в автоматизованій системі управління навчальним процесом [5]. Розроблено принцип побудови спеціалізованих баз даних тестових завдань [6] та структуру комп'ютеризованих систем навчання, які включають інформаційну, тестову підсистему та підсистему організації процесу навчання і контролю знань [7]. Та незважаючи на значний обсяг виконаної роботи, на існування великої кількості розроблених програмних засобів, навчаючі системи не отримали, поки що, масового застосування в вищих навчальних закладах України. Це зумовлено, зокрема, слабкістю організаційно-методичної бази впровадження та використання систем тестування.

**Постановка завдання.** З огляду на існування проблеми створення єдиної технологічної системи тестування для поточного та підсумкового контролю знань студентів, постає завдання: вибрати інструментальні програмні засоби тестування та створити тестову технологію, яка включатиме організаційні, технологічні, інформаційні та процедурні компоненти і буде орієнтованою на інформаційне забезпечення навчального процесу.

**Основний матеріал досліджень.** Метою впровадження тестової технології є удосконалення навчання та контролю знань в усіх його формах для підвищення якості підготовки фахівців. Мірою ефективності та якості навчання є цільова функція:

$$Z(C) = \sum_m \sum_k i(r_k / O_m^{zi}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

де  $Z(C)$  – оцінка ефективності навчання множини студентів;  $i(r_k / O_m^{zi})$  – кількість

інформації про правильну реакцію  $r_k$  в деякій ситуації в сфері професійної діяльності у студента  $c_m$ ;  $O_m^{esi}$  –кінцевий рівень інформованості студента  $c_m$ .

У вербальному представленні це означає:

- розвиток творчої активності і хисту студентів у процесі навчання;
- розвантаження викладача від трудомістких операцій та дій;
- індивідуалізацію навчання в умовах масового навчального процесу;
- можливість самостійного та розподіленого навчання;
- можливість збору і аналізу статистики навчального процесу;
- всебічний контроль навчального процесу;
- простоту і природність роботи з технічними засобами;
- надійність та забезпечення дистанційного режиму роботи.

Для забезпечення цих показників необхідно створити технологію тестування, яка може використовуватись для організації та проведення контролю знань студентів з технічних дисциплін та дозволить забезпечити чітку організацію дій по підготовці тестів, організації тестування і тестування студентів. Функціонування засобів тестування, які вирішують перераховані задачі, в відриві одна від одної може призвести до неякісної організації навчального процесу, збільшенню витрат праці на виконання рішень, збільшенню витрат на автоматизацію всього процесу.

Пропонується тестова технологія, яка базується на діяльності чотирьох ролей: викладача, адміністратора системи, працівника деканату і працівника навчального відділу та включає компоненти, які забезпечують:

- регламентацію (організацію) робіт з підготовки тестів і тестування студентів у спеціалізованому комп'ютерному класі;
- створення тестів та розміщення їх на сторінках навчальних дисциплін;
- автоматичну ідентифікацію осіб, що проходять тестування;
- контроль за роботою системи тестування;
- статистичну обробку та відображення результатів тестування;
- моніторинг результатів тестування.

Відмітною особливістю розробленої технології тестування є комплексна автоматизація таких основних і найбільш трудомістких функцій підготовки спеціалістів: навчання; контроль знань; організація документообігу; ведення статистики по темах і питаннях дисциплін; облік студентів, викладачів; ведення баз видів контролю; формування та використання різних методик контролю; ведення архіву оцінок тестування студентів.

Тестова технологія забезпечує простоту і надійність автоматизації наведених функцій. Її можна використовувати на рівнях: вищого (середнього) навчального закладу, навчальної частини, деканату, кафедри, викладача, студента.

Засоби тестової технології забезпечують зберігання і використання бази оцінок, яка наповнюється в процесі експлуатації системи; ведуть статистику контролю знань і навчання; регламентують рівень доступу до системи; дозволяють змінювати методика оцінки знань.

Крім того, можна встановлювати паролі доступу для різних груп користувачів, у процесі тестування змінювати як наповнення, так і порядок



відповідей, вести протоколи роботи, формувати оцінювання знань у процесі проведення контролю, а не після його закінчення.

У тестовій технології реалізуються такі функціональні модулі (рис. 1):

- модуль створення тесту (редактор *WORD*);

- модуль отримання вихідних документів контролю знань (*TESTW*);

- модуль контролю знань та навчання студентів (*TESTK*);

- модуль наповнення робочих місць студентів (*TESTO*);

- модуль ведення довідників системи (*TESTS*);

- модуль деканату/навчального департаменту (*TESTD*);

- модуль встановлення параметрів контролю (*TESTV*);

- модуль формування бази методик контролю знань і навчання (*TESTM*);

- модуль формування бази правильних відповідей (*TESTF*);

- модуль формування бази контролю знань і навчання (*TESTT*).

Зазначені модулі забезпечуючи навчання, контроль знань і формування документів успішності на рівнях

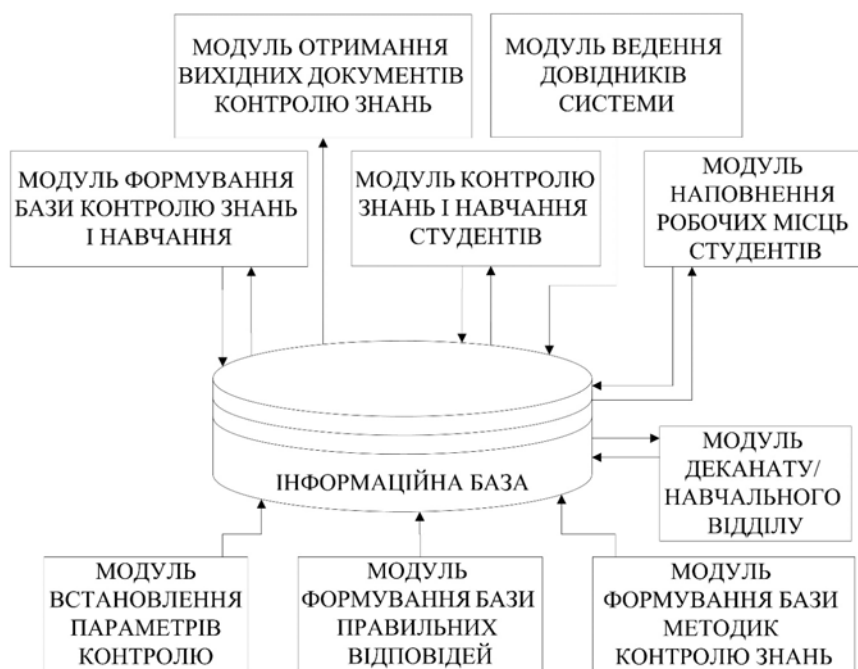


Рис. 1 – Макроструктура тестової технології

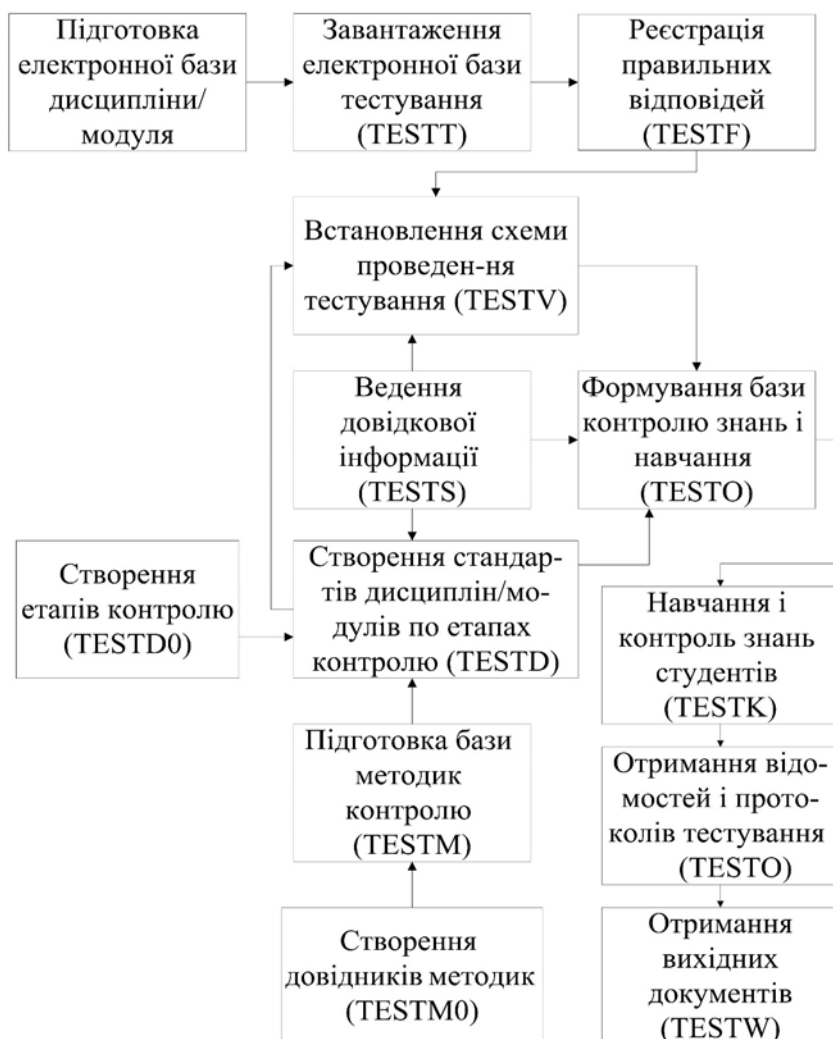


Рис. 2 – Структурна схема тестової технології

будь-якого структурного підрозділу навчального закладу. Модульна реалізація основних функцій контролю знань і навчання дозволяє створювати, залежно від побажань замовника наявності в його розпорядженні коштів, систему з довільним складом та конфігурацією.

Вихідною інформацією модулів є: відомості контролю знань студентів; протоколи роботи з системою; база оцінок студентів по етапах контролю, видах контролю та дисциплінах.

Структурна схема тестування студентів, яка включає реалізацію зображених на рис. 1 модулів, показана на рис. 2.

Вхідним матеріалом для тестової технології є питання, відповіді, матеріал для навчання і рисунки, а також сукупність документів, таблиць баз даних, описів та ін., які відображають інформаційне середовище процесу навчання. В пам'яті системи постійно зберігається інформація: назви тем дисциплін; питання і відповіді; рисунки; електронний матеріал для навчання; статистика правильних відповідей по кожному питанню; опис різних методик контролю; опис різних схем проведення контролю; опис видів і етапів контролю; списки груп студентів, самих студентів; всі оцінки (по датах), отримані під час контролю знань; протоколи контролю знань.

Все, що необхідно для організації навчального процесу, знаходиться в пам'яті системи і не потребує обов'язкового виведення проміжних документів.

*Модуль створення тестів* реалізується в текстових та графічних редакторах. Виходом модуля є файл, який зберігає тестову і навчальну інформацію.

*Модуль створення стандартів дисциплін/модулів по етапах контролю (TESTD0, TESTD)* призначений для створення та ведення етапів контролю. Модуль реалізується на рівні деканатів для формалізації етапів тестового контролю. Під етапом розуміється деяка віха в часі, яка визначає завершення одного періоду.

*Модуль реєстрації правильних відповідей (TESTF)* призначений для реєстрації правильних відповідей в інформаційній базі тестової технології. Модуль використовується викладачами, які підготували тести. Інформаційна база тестової технології створена таким чином, що правильні відповіді на тестові питання зберігаються окремо і, крім того, кодуються.

*Модуль контролю знань і навчання студентів (TESTK)* використовується студентами під час підготовки до тестування (модуль має доступ до навчального матеріалу), а також викладачами під час тестування.

*Модуль створення бази методик (TESTMO) та модуль підготовки бази методик контролю (TESTM)* призначені для створення та ведення методик контролю знань. Використовуються викладачем для встановлення основних параметрів контролю знань та навчання.

*Модуль формування робочих місць студентів (TESTO)* призначений для наповнення інформацією з баз дисциплін автоматизованих робочих місць контролю знань і навчання на базі модуля *TESTK*. В модулі *TESTO* відбирається інформація з інформаційної бази відповідно до заданих: дисципліни, модуля, методики контролю, етапу контролю, схеми опитування. Ця інформація розміщується на вказаних робочих місцях студентів. При цьому контингент студентів, який треба тестувати, також розподіляється автоматично по робочих місцях. Таким чином, у кожного студента є своє робоче місце, на якому він може

пройти тестування. Крім того, модуль збирає інформацію з робочих місць студентів (результати тестування) і записує їх в інформаційну базу.

Використовується адміністратором на рівні деканату для ініціації тестування студентів у комп'ютерних класах.

*Модуль формування і ведення довідкової інформації (TESTS)* призначений для формування і ведення таких довідників: студентів, дисциплін, видів занять (видів контролю знань), груп студентів.

Використовується адміністратором на рівні навчального відділу для ведення довідників, які відносяться до проведення тестування та формування звітів.

*Модуль завантаження електронної бази тестування (TESTT)* призначений для завантаження набраної в модулі підготовки тесту інформації по тестуванню студентів в інформаційну базу. Ця інформація включає: теми, питання, відповіді, навчальний матеріал.

Рисунки набираються окремо в графічному редакторі. Модуль використовується адміністратором системи або викладачами для формування інформаційної бази тестування. Правильні відповіді вказуються в модулі *TESTF*.

*Модуль встановлення схеми проведення тестування (TESTV)* призначений для визначення підмножини дисципліни/модуля, яка буде використовуватися на кожному етапі тестування. Модуль використовується працівниками навчального відділу чи деканату або викладачами. Вхідною інформацією є база дисципліни (модуль *TESTT*).

При підготовці до тестування в цьому модулі визначаються параметри:

1. Ім'я бази дисципліни.
2. Етап контролю.
3. Які питання використовувати?
4. Скільки питань ставити?
5. Скільки часу давати на обдумування одного питання?

*Модуль формування вихідних документів (TESTW)* призначений для формування і ведення результатів контролю знань.

Використовується викладачами, працівниками деканату і навчального відділу для отримання документів по результатах контролю знань.

**Висновки.** Проведений аналіз існуючих автоматизованих систем контролю знань показав, що основними недоліками в їх реалізації є значна кількість різних напрацювань та недостатня увага питанням організації процесів підготовки тестування, тестування та використання результатів перевірки знань. Тому запропоновано створити тестову технологію на основі сучасних інструментальних програмних середовищ, яка забезпечує: організацію робіт з підготовки тестів і тестування студентів у спеціалізованому комп'ютерному класі; створення тестів і розміщення їх на сторінках навчальних дисциплін; автоматичну ідентифікацію і верифікацію осіб, що проходять тестування; контроль за роботою системи тестування; статистичну обробку та відображення результатів тестування; моніторинг результатів тестування.

Розроблено технологічні структури реалізації засобів тестування студентів, дано перелік функціональних модулів та їх функції. Модульна реалізація основних функцій контролю знань і навчання дозволяє створювати систему з довільним складом та конфігурацією.

Тестова технологія для контролю знань студентів може бути запроваджена у ВНЗ 3-4 рівнів акредитації України, а також у ВНЗ країн ближнього зарубіжжя.

**Список літератури:** 1. Биков, В.Ю. Інформаційне забезпечення навчально-виховного процесу: інноваційні засоби і технології [Текст] : монографія / В. Ю. Биков, О. О. Гриценчук, Ю. І. Жук та ін. – К.: Атака, 2005. – 252 с. 2. Коджа, Т. І. Автоматизована система управління та контролю знань в процесі навчання [Текст]: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Т. І. Коджа // Одеський національний політехнічний ун-т, 2003. – 18 с. 3. Ситников Д.Э. Логический подход к оцениванию знаний по R-бальной системе [Текст] / Д.Э. Ситников, В.М. Демина // Вести. Харьк. гос. политехн. ун-та. Сер. Систем. анализ, управление и информ. технологии. – Х., 2000. – Вып. 125. – С. 41-45. 4. Дьоміна, В.М. Методи та моделі оцінювання знань в автоматизованих системах тестування [Текст]: Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / В. М. Дьоміна; [Харківський національний ун-т радіоелектроніки]. – Харків, 2002. – 18 с. 5. Яковенко, О. Є. Моделі та методи контролю знань в автоматизованій системі управління навчальним процесом [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / О.Є. Яковенко; [Одеський національний політехнічний ун-т]. – О., 2006. – 17 с. 6. Оксамитна Л. П. Методи та засоби самоорганізації моделі знань в автоматизованих системах контролю знань та навчання [Текст]: Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / Оксамитна Л. П.; [Черк. держ. технол. ун-т]. – Черкаси, 2003. – 18 с. 7. Катаєва Є.Ю. Модель інформаційної взаємодії в орієнтованих на управління учбовим процесом системах контролю знань і навчання [Текст] / Є.Ю. Катаєва // Радіоелектроніка та інформатика. – 2003. – №1 – С. 134-137.

**Bibliography (transliterated):** 1. Bykov, V. Yu., Hrytsenchuk, O. O., Zhuk, Yu. I. (2005). Communicatory Implementation of the Educational Process. Innovative Means and Technology. Atac, 252. 2. Codzha, T. I. (2003). Automatic System of Management and Knowledge Control of Education. Odessa National Polytechnic University, 18. 3. Sytnycov, D. Ye., Dyomina, V. M. (2000). Logical Approach to Knowledge Evaluation According to R-ball. System analysis, management and informational technologies. *Vesti. Kharkiv State Polytechnic University*, 125, 41-45. 4. Dyomina, V. M. (2002). Methods and Models of Knowledge Evaluation by Means of Automatic Test Systems. Kharkiv State University of Radio Electronics. Atac, 18. 5. Yakovenco, O. Ye. (2006). Models and Methods of Knowledge Control by Means of Automatic Managerial Knowledge Process System. Odessa National Polytechnic University. Atac, 17. 6. Oxamytna, L. P. (2003). Methods and Means of Self-organization in Automatic Knowledge and Education Control Systems. Cherkassy State Technological University. Atac, 18. 7. Catayeva, Ye. Yu. (2003). Informational Cooperation Model in Knowledge and Education Control Systems Directed to the Educational Process. *Radioelectronic and Informatics*, 1, 134-137.

Надійшла (received) 07.03.2014

УДК 531.01

**Організаційні аспекти реалізації тестової технології для контролю знань студентів/ Мисник Л. Д. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060). – С.30-37. – Бібліогр.: 7 назв. ISSN 2079-5459**

Проведено системний аналіз організаційних проблем розробки і застосування технологій комп'ютерного тестування у вищій школі та розроблено технологію тестування для контролю знань студентів, яка включає організаційні, технологічні, інформаційні та процедурні компоненти і орієнтована на інформаційне забезпечення навчального процесу.

**Ключові слова:** тестова технологія, автоматизовані системи, контроль знань, функціональні модулі.

Проведен системный анализ организационных проблем разработки и применения технологий компьютерного тестирования в высшей школе, и разработана технология тестирования для контроля знаний студентов, которая включает организационные, технологические, информационные и процедурные компоненты и ориентирована на информационное обеспечение учебного процесса.

**Ключевые слова:** тестовая технология, автоматизированные системы, контроль знаний, функциональные модули.

**Managerial implementation aspects of test technology for students' knowledge control/ Mysnyk L. D.** //Bulletin of NTU "KhPI". Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014.-№ 17 (1060).- P.30-37. Bibliogr.:7. ISSN 2079-5459

A system analysis of computer test technology managerial working out and use problems for the high school was held. According to the results the test technology for students' knowledge control was elaborated. This technology contains managerial, technological, communicatory and procedural components and it is oriented to the informational supply of education.

**Keywords:** test technology, automatic systems, knowledge control, functional modules.

## УДК 656.025.2

**О. І. ЛЕЖНЕВА**, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харків

### **РАЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ НА МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

Запропоновано новий підхід з оптимізації перевезень пасажирів у містах, який дозволяє знизити ступінь транспортного стомлення пасажирів, скоротити час очікування транспортного засобу на зупинках маршруту і час пересування на основі вибору раціональної форми організації руху.

**Ключові слова:** організація перевезень, пасажиропотоки, міські пасажирські перевезення, експресний режим руху.

**Вступ.** З розвитком міських перевезень змінювалися і критерії їхньої ефективності. Вивчаючи роботу міського транспорту, прагнучи поліпшити її за якими-небудь показниками, було відмічено, що недоліки, які мають місце у роботі міського пасажирського транспорту (МПТ), у даний час призводять до досить значних, на думку більшості компетентних фахівців, невиправданих витрат матеріальних, фінансових і трудових ресурсів, що несприятливо позначаються на наслідках суспільного виробництва [1].

Організаційні рішення з підвищення ефективності роботи МПТ, ефективні з економічної точки зору, далеко не завжди є найкращими в плані соціальному, тобто в деяких випадках прагнення до досягнення високої економічної ефективності роботи пасажирського транспорту може призвести до таких негативних соціальних результатів, як зменшення вільного часу населення, зниження якості перевезень, погіршення екологічної ситуації і т.д. Причиною цього в деякій мірі є існуюча система оцінки діяльності підприємств пасажирського транспорту, що в більшій мірі спрямована на досягнення кращих результатів економічної діяльності даних підприємств, а якісні характеристики обслуговування населення ніби відсуваються на другий план. За цих умов актуальне значення має проблема вивчення соціально-економічної ефективності пасажирських перевезень.

**Аналіз літературних даних та постановка проблеми.** Історично сформована тенденція концентрації великої кількості жителів у містах приводить

© О. І. ЛЕЖНЕВА, 2014

до необхідності розвивати автомобільний транспорт з безперервним нарощуванням провізної спроможності. При цьому, із соціальної точки зору, особливе значення мають такі фактори, як повне і своєчасне задоволення потреб населення в перевезеннях, прискорення пересування пасажирів, створення необхідного комфорту поїздки, здійснення заходів, що забезпечують безпеку руху і зменшення рівня забруднення навколишнього середовища, підвищення регулярності й частоти руху транспортних засобів.

Організація роботи автобусів на маршруті полягає у виборі режимів руху транспортних засобів і роботи водіїв, визначенні кількості й місткості транспортних засобів, необхідних в різні години доби, складанні розкладу руху, контролі його виконання і влаштуванні зупинок. Велике значення при вирішенні цих завдань має вибір режимів руху транспортних засобів на маршрутах, тому що він у кінцевому рахунку впливає на якість обслуговування населення.

На пасажирському транспорті розрізняють три основні режими руху між зупиночними пунктами: звичайний, експресний і маршрутне таксі [2]. Звичайний режим припускає, що транспортні засоби зупиняється на всіх зупинках маршруту. При експресному режимі руху транспортні засоби зупиняються на деяких зупинках маршруту. Відмінною особливістю маршрутного таксі є рух із зупинками, які не визначені паспортом маршруту, за винятком кінцевих, а виконувати за бажанням пасажирів і обов'язковою вимогою: у транспортному засобі повинні використовуватися тільки міста для сидіння.

Зміна умов господарювання привела до перегляду пасажирами мотивів вибору виду сполучення [3]. Інші запропоновані методики обґрунтування комбінованого режиму руху [4, 5] не мають практичного застосування через використання припущення про розподіл пасажиропотоків відповідно до провізних можливостей видів сполучення, яке тільки частково відповідає такому вибору.

Від рівня функціонування і розвитку МПТ залежить рівень життя населення, економіки і культури в будь-якому місті. Однак не можна забувати, що робота автомобільного пасажирського транспорту не проходить безслідно для навколишнього середовища (НС) і суспільства. Шкідливі викиди приводять до забруднення НС, особливо у великих містах, як наслідок цього процесу погіршується здоров'я людей. Тому крім сприяння вирішенню ряду соціальних завдань, що стоять перед суспільством, до пасажирського транспорту ставиться ряд соціальних вимог (обмежень), з яких істотним можна виділити охорону НС.

Слід зазначити, що негативний вплив транспорту на НС обговорюється в даний час, особливо у пресі, більше на емоційній, ніж на науковій основі. Різке збільшення чисельності автомобільного транспорту висуває на одне з перших місць проблему захисту атмосферного повітря і населення від впливу забруднюючих речовин [6, 7]. Сьогодні облік екологічних показників здійснюється більше на технічному рівні: шляхом формування вимог, яким повинен відповідати рухомий склад пасажирського транспорту.

Перспективність широкого впровадження експресного режиму руху транспортних засобів на міських маршрутах пов'язана з можливістю, по-перше, забезпечувати високі швидкості сполучення при дотриманні режиму праці й відпочинку водіїв, по-друге, підвищити перевізну здатність автомобільного транспорту, по-третє, знизити собівартість перевезень, по-четверте, підняти рівень

транспортного обслуговування населення, по-п'яте, зменшити екологічне забруднення міст. На шляху реалізації цього напрямку удосконалення міських пасажирських перевезень виникають труднощі, що виявляються у відсутності характеристик транспортного процесу, критеріїв ефективності, які відповідають ринковим умовам, недостатності теоретичних розробок з організації експресних перевезень.

**Мета та задачі дослідження.** Мета роботи полягає у підвищенні ефективності експресних маршрутних перевезень пасажирів у значних містах.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:

- визначення цільової функції і її складових;
- розробка моделі оцінки ефективності експресного режиму руху на маршруті.

**Обґрунтування і вибір критерію ефективності пасажирських перевезень.**

На сьогодні необхідним є здійснення ряду заходів, спрямованих на соціальний захист людей. Для цього бажано забезпечити такі параметри їхньої поїздки в міському пасажирському транспорті в умовах сформованих можливостей і транспортних мереж, при яких транспортне стомлення пасажирів, витрати на проїзд і негативний вплив на навколишнє середовище були б якомога мінімальними. Тому пропонується використовувати новий критерій оцінки ефективності експресних маршрутних перевезень пасажирів, що дозволяє враховувати соціально-економічні наслідки транспортного процесу для суспільства у цілому:

$$B_{\text{супн}} = B_{\text{мд}} + B_{\text{пр}} + B_{\text{екол}} \quad \rightarrow \min \quad (1)$$

$$A_{(з)} + A_{(е)} = \text{const}$$

$$H_{ij} = \text{const}$$

$$H_{ji} = \text{const}$$

де  $B_{\text{супн}}$  – загальні витрати суспільства на транспортний процес, грн.;  $B_{\text{мд}}$  – зниження міського доходу внаслідок транспортного процесу, грн.;  $B_{\text{пр}}$  – витрати пасажирів на проїзд у транспортному засобі, грн.;  $B_{\text{екол}}$  – витрати на покращення екологічної ситуації в місті, грн.;  $A_{(з)}$  – кількість автобусів на маршруті, які працюють у звичайному режимі руху, од.;  $A_{(е)}$  – кількість експресних автобусів на маршруті, од.;  $H_{ij}$  – сумарна кореспонденція пасажирів з  $i$ -го району в  $j$ -й за період „пік”, пас.;  $H_{ji}$  – сумарна кореспонденція пасажирів з  $j$ -го району в  $i$ -й за період „пік”, пас.

Організацію автобусних перевезень при урахуванні ринкових відносин слід зорієнтувати на те, щоб при скороченні загальних витрат суспільства на транспортний процес задовольнити існуючі пасажиропотоки у просторі і часі, при тому з підвищеною комфортністю та надійністю поїздок населення.

Оціночний критерій (1) вносить зручну послідовність і необхідну системність в дослідження організації та підвищення якості маршрутних перевезень, бо його висока загальна універсальність забезпечує кращу придатність оцінювати вплив на якість автобусних перевезень багатьох особливостей технологічного процесу, кількісно і якісно визначати відповідні показники для заданих наперед передумов

(окремі маршрути міської системи, змінні в часі пасажиропотоки, тип рухомого складу та ін.).

**Практичні аспекти впровадження експресного режиму руху.** Розроблена математична модель оцінки ефективності експресного режиму руху на маршруті у вигляді моделі з двома одночасними режимами руху транспортних засобів, один з яких звичайний (2). Вона дозволяє встановлювати загальні закономірності, властиві комбінованому режиму руху, й визначати раціональне застосування його видів з урахуванням соціально-економічних наслідків транспортного процесу.

$$\begin{aligned}
 B_{\text{супн}} = & (H_{ij}^{(3)} + H_{ji}^{(3)}) \cdot T^{(3)} + H_{ij}^{(3)} \cdot \left( \frac{D_m \cdot 1,312 \cdot (0,007 \cdot t_{\text{ниш}}^{(3)} + 0,061 \cdot t_{\text{оч}}^{(3)} + 0,158 \cdot k' \cdot \gamma_{n_{ij}}^{(3)} \cdot t_{n_{ij}}^{(3)})}{N_m \cdot D_{pp}} + \right. \\
 & + B_{\text{оч}} \cdot t_{\text{неп}_{ij}}^{(3)} + H_{ji}^{(3)} \cdot \left( \frac{D_m \cdot 1,312 \cdot (0,007 \cdot t_{\text{ниш}}^{(3)} + 0,061 \cdot t_{\text{оч}}^{(3)} + 0,158 \cdot k' \cdot \gamma_{n_{ji}}^{(3)} \cdot t_{n_{ji}}^{(3)})}{N_m \cdot D_{pp}} + B_{\text{оч}} \cdot t_{\text{неп}_{ji}}^{(3)} \right) + \\
 & + k_T \cdot k_{\text{інт}} \cdot \Pi_p \cdot A_{(3)} \cdot T_n \cdot V_e^{(3)} \cdot 0,01 \cdot H_B \cdot (1 + 0,01 \cdot k_{\Sigma}) + (H_{ij}^{(e)} + H_{ji}^{(e)}) \cdot 1,5T^{(3)} + \\
 & + H_{ij}^{(e)} \cdot \left( \frac{D_m \cdot 1,312 \cdot (0,007 \cdot t_{\text{ниш}}^{(e)} + 0,061 \cdot t_{\text{оч}}^{(e)} + 0,158 \cdot k' \cdot \gamma_{n_{ij}}^{(e)} \cdot t_{n_{ij}}^{(e)})}{N_m \cdot D_{pp}} + B_{\text{оч}} \cdot t_{\text{неп}_{ij}}^{(e)} \right) + \\
 & + H_{ji}^{(e)} \cdot \left( \frac{D_m \cdot 1,312 \cdot (0,007 \cdot t_{\text{ниш}}^{(e)} + 0,061 \cdot t_{\text{оч}}^{(e)} + 0,158 \cdot k' \cdot \gamma_{n_{ji}}^{(e)} \cdot t_{n_{ji}}^{(e)})}{N_m \cdot D_{pp}} + B_{\text{оч}} \cdot t_{\text{неп}_{ji}}^{(e)} \right) + \\
 & + k_T \cdot k_{\text{інт}} \cdot \Pi_p \cdot A_{(e)} \cdot T_n \cdot V_e^{(e)} \cdot 0,01 \cdot H_B \cdot (1 + 0,01 \cdot k_{\Sigma}) + (H_{ij}^{(op)} + H_{ji}^{(op)}) \cdot 2T^{(3)} + \\
 & + H_{ij}^{(op)} \cdot \left( \frac{D_m \cdot 1,312 \cdot (0,007 \cdot t_{\text{ниш}}^{(op)} + 0,061 \cdot t_{\text{оч}}^{(op)} + 0,158 \cdot k' \cdot \gamma_{n_{ij}}^{(op)} \cdot t_{n_{ij}}^{(op)})}{N_m \cdot D_{pp}} + B_{\text{оч}} \cdot t_{\text{неп}_{ij}}^{(op)} \right) + \\
 & + H_{ji}^{(op)} \cdot \left( \frac{D_m \cdot 1,312 \cdot (0,007 \cdot t_{\text{ниш}}^{(op)} + 0,061 \cdot t_{\text{оч}}^{(op)} + 0,158 \cdot k' \cdot \gamma_{n_{ji}}^{(op)} \cdot t_{n_{ji}}^{(op)})}{N_m \cdot D_{pp}} + B_{\text{оч}} \cdot t_{\text{неп}_{ji}}^{(op)} \right) + \\
 & + k_T \cdot k_{\text{інт}} \cdot \Pi_p \cdot A_{(op)} \cdot T_n \cdot V_e^{(3)} \cdot 0,01 \cdot H_B \cdot (1 + 0,01 \cdot k_{\Sigma}) \quad \rightarrow \min, \\
 & \begin{array}{l} A_{(3)} + A_{(e)} = \text{const} \\ H_{ij} = \text{const} \\ H_{ji} = \text{const} \end{array}
 \end{aligned} \tag{2}$$

де  $T^{(3)}$  – тариф на перевезення одного пасажера в автобусі, який працює у звичайному режимі руху на маршруті, грн.;  $t_{\text{ниш}}^{(3)}$  – час підходу до кінцевої зупинки автобусів, які працюють у звичайному режимі руху, год.;  $t_{\text{оч}}^{(3)}, t_{\text{оч}}^{(e)}, t_{\text{оч}}^{(op)}$  – час очікування на зупинці відповідно автобусів, які працюють у звичайному режимі руху на маршруті, експресних автобусів і автобусів суміжних маршрутів, год.;  $\gamma_{n_{ij}}^{(3)}, \gamma_{n_{ij}}^{(e)}, \gamma_{n_{ij}}^{(op)}$  – коефіцієнт заповнення салону під час поїздки з  $i$ -го району в  $j$ -й відповідно в автобусі, який працює у звичайному режимі руху на маршруті, експресному автобусі й автобусі суміжного маршруту;  $t_{n_{ij}}^{(3)}, t_{n_{ij}}^{(e)}, t_{n_{ij}}^{(op)}$  – час поїздки з  $i$ -го району в  $j$ -й відповідно в автобусі, який працює у звичайному режимі руху на маршруті, експресному автобусі й автобусі суміжного маршруту, год.;  $t_{\text{неп}_{ij}}^{(3)}, t_{\text{неп}_{ij}}^{(e)}, t_{\text{неп}_{ij}}^{(op)}$  – час пересування з  $i$ -го району в  $j$ -й відповідно в автобусі, який працює у звичайному режимі руху на маршруті, експресному автобусі й автобусі суміжного маршруту, год.;  $A_{(3)}, A_{(e)}, A_{(op)}$  – відповідно кількість автобусів, які працюють у звичайному режимі руху на маршруті, експресних автобусів і автобусів суміжних маршрутів, од.;  $V_e^{(3)}, V_e^{(e)}$  – відповідно експлуатаційна швидкість автобусів, які працюють у звичайному режимі руху на маршруті, та експресних автобусів, км/год.

Проведені розрахунки за кожною складовою частиною прийнятого критерію при різному співвідношенні автобусів, які працюють у звичайному режимі руху, та експресних автобусів можуть надати змогу проаналізувати сумарні витрати



суспільства на транспортний процес з урахуванням витрат, пов'язаних зі зниженням міського доходу внаслідок транспортного процесу, витрат пасажирів на проїзд у транспортному засобі, та витрат на покращення екологічної ситуації у місті.

Кінцевий етап застосування критерію оцінки ефективності експресних маршрутних перевезень пасажирів проілюстрований графіком (рис. 1).

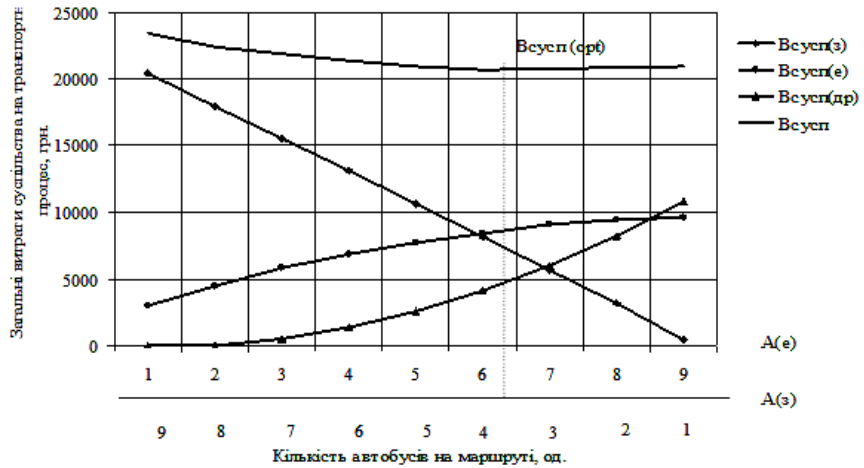


Рис. 1 – Застосування критерію ефективності перевезень для визначення потрібної кількості експресних автобусів на заданому маршруті

Окремими лініями на рис. 1 зображено зміну складових частин

загальних витрат суспільства на транспортний процес, а саме витрати тих, хто скористався автобусами, які працюють у звичайному режимі руху, експресними автобусами, і витрати тих, хто відмовився від даного маршруту у зв'язку із впровадженням експресного режиму руху на маршруті. Це завдання відноситься до класу завдань параметричної оптимізації і вирішується методом варіаційного обчислення, що полягає в послідовній зміні параметра управління з початкової точки до кінцевої, які визначаються відповідно за мінімальною і максимальною інтенсивністю надходження замовлень на перевезення з використанням моделі оцінки ефективності експресного режиму руху на маршруті. Критерій (1) розраховують спочатку для  $A_{(e)} = 1$ , коли  $A_{(s)} = A - A_{(e)}$ ,  $A = A_{(s)} + A_{(e)}$  з метою аналізу в наступних варіантах збільшують кількість експресних автобусів почергово на одну одиницю. Потім на кривій загальних витрат суспільства визначають їх мінімальну величину, за якою приймають належну їй оптимальну кількість експресних автобусів на маршруті.

**Висновки.** Запропонована математична модель оцінки ефективності експресного режиму руху на маршруті у вигляді моделі з двома одночасними режимами руху транспортних засобів, один з яких звичайний, дозволяє встановити загальні закономірності, притаманні комбінованому режиму руху, й визначити раціональне застосування його видів з урахуванням соціально-економічних наслідків транспортного процесу.

**Список літератури:** 1. Доля, В. К. Аспекти ефективності пасажирських перевезень [Текст] / В. К. Доля, О. І. Лежнева // Коммунальное хозяйство городов. – 2004. – № 58. – С. 158–163. 2. Закон України „Про автомобільний транспорт” [Текст] / від 23 лютого 2006 р. – №3492-IV. 3. Доля, В. К. Методи організації перевезень пасажирів в містах [Текст] : монографія / В. К. Доля. – Х.: Основа, 1992. – 144 с. 4. Спирин, И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками [Текст]: учебник / И. В. Спирин. – М.: Транспорт, 1991. – 237 с. 5. Гуревич, Г. А. Методика організації маршрутних автобусних перевезень по періодам суток [Текст] / Г. А. Гуревич. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1985. – 115 с. 6. Денисов, В. Н. Проблемы экологизации автомобильного транспорта [Текст]: учебник / В. Н. Денисов, В. А.

Рогалев. – СПб.: МАНЭБ, 2003. – 213 с. 7. Болбас, М. М Транспорт и окружающая среда [Текст]: учебник / М. М. Болбас, Е. Л. Савич, Г. М. Кухаренок. – Минск: Технопринт, 2004. – 262 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Dolya, V. K., Lezhneva, O. I. (2004). Aspekti effektivnosti pasazhirskih perevezen // Kommunalnoe hozyaystvo gorodov, 58, 158–163. 2. Zakon UkraYini „Pro avtomobilniy transport” (23.02.2006). 3492-IV. 3. Dolya, V .K. (1992). Metodyi organizatsii perevozok passazhirov v gorodah. H.: Osnova, 144. 4. Spirin, I. V. (1991). Organizatsiya i upravlenie passazhirskimi avtomobilnyimi perevozkami. M.: Transport, 237. 5. Gurevich, G. A. (1985) Metodika organizatsii marshrutnyih avtobusnyih perevozok po periodam sutok. M.: TsBNTI Minavtotransa RSFSR, 115. 6. Denisov, V. N. (2003) Problemyi ekologizatsii avtomobilnogo transporta. SPb.: MANEB, 213. 7. Bolbas, M. M (2004) Transport i okruzhayuschaya sreda. Minsk: Tehnoprnt, 262.

*Надійшла (received) 07.03.2014*

УДК 656.025.2

**Раціональна організація руху на маршрутах міського пасажирського транспорту/ О. І. Лежнева // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.37-42 . – Бібліогр.7: назв. ISSN 2079-5459**

Запропоновано новий підхід з оптимізації перевезень пасажирів у містах, який дозволяє знизити ступінь транспортного стомлення пасажирів, скоротити час очікування транспортного засобу на зупинках маршруту і час пересування на основі вибору раціональної форми організації руху.

**Ключові слова:** організація перевезень, пасажиропотоки, міські пасажирські перевезення, експресний режим руху.

Предложен новый подход по оптимизации перевозок пассажиров в городах, который позволяет снизить степень транспортного утомления пассажиров, сократить время ожидания транспортного средства на остановках маршрута и время передвижения на основе выбора рациональной формы организации движения.

**Ключевые слова:** организация перевозок, пассажиропотоки, городские пассажирские перевозки, экспресный режим движения.

**Rational organization of traffic on the routes of urban passenger transport/ E. Lezhneva //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.37-42. Bibliogr.:7 . ISSN 2079-5459**

A new approach to optimize the transport of passengers in urban areas, which reduces the degree of fatigue transport passengers, reduce waiting time at stops vehicle route and time of movement on the basis of rational choice forms of movement.

**Keywords:** organization of transport, passenger traffic, urban passenger transport, express motion mode.

УДК 004.538

**А. В. ВОВК**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЕ, Харьков;  
**Н. Н. НЕКРАСОВА**, ассистент, ХНУРЕ, Харьков;  
**И. В. РОМАНИШЕНА**, студент, ХНУРЕ, Харьков

## **СОЗДАНИЕ УНИКАЛЬНОГО ЛОГОТИПА ПРИ БРЕНДИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИИ**

В работе исследован процесс создания территориального бренда, сформулированы основные стадии его разработки. Выделены ключевые направления, которые служат источником идей, при формировании бренда и создании целостной картинки восприятия брендируемой территории.

**Ключевые слова:** брендинг, визуальная идентификация, логотип, разработка, источник идеи, графическое оформление.

© А. В. ВОВК, Н. Н. НЕКРАСОВА, И. В. РОМАНИШЕНА, 2014

**Введение.** Территориальный бренд представляет собой мощный инструмент для развития любого региона, направленный на повышение его ценности и значимости [1]. Суть территориального брендинга заключается в создании уникального, привлекательного образа для инвесторов, власти, туристов и жителей.

Стремительное развитие рыночной конъюнктуры вынуждает города, регионы и страны к проявлению своей индивидуальности. В поисках выгодных территорий для инвестирования, а также интересных мест для отдыха, люди обращают свое внимание даже на, казалось бы, совсем непривлекательные и малоизвестные места. Интерес к территориальному брендингу с каждым годом увеличивается, а это говорит о том, что люди осознали пользу от введения «имиджа» территории.

Бренд города – это не просто красивый и запоминающийся логотип для роста репутации города, привлечения туристов и инвесторов – это идея, которая объединяет жителей города и служит удачным фундаментом для их коммуникации с внешним миром.

**Анализ литературных данных и постановка проблемы.** Основная задача брендинга состоит в разработке узнаваемого, цельного, многофункционального бренда, который будет внедрен в различные виды деятельности и будет использован различными целевыми аудиториями.

Решением задачи является разработка стратегии бренда, которая включает в себя: основную характеристику бренда, основную идею, на основании которой будет разрабатываться внешний облик города [2].

Разработка «имиджа» и исключительного облика города включает в себя следующие этапы:

- разработку логотипа (цветовое, шрифтовое решение);
- исполнение деловой документации;
- создание новой стилистики рекламы (билборды или реклама в прессе);
- оформление городской среды (уличные стеллы, скульптуры, и др.);
- разработка сувенирной продукции.

Возможные дополнительные элементы:

- оформление городского транспорта (автобусы, троллейбусы, маршрутки);
- оформление остановок;
- флаги;
- папки;
- сайт;
- навигация [3].

Создание индивидуального стиля города является очень слабым местом отечественных брендов. Логотип – основа визуального образа, отвечающая за идентификацию региона и формирование его положительного имиджа [4]. Недопонимание всей важности роли графического оформления в брендинге территории последствием чего есть неправильное восприятие визуального образа города или региона. Даже при грамотном внедрении и продвижении бренда, провальная логотип приводит к разногласию между образом и целью бренда [5].

Встречаются случаи, когда территория, которую нужно брендировать, с первого взгляда не представляет собой ничего уникального, в этом случае разработчикам придется углубленно исследовать регион и найти особенность,

которая в дальнейшем будет основой идеи бренда. Далее будут рассмотрены различные первоисточники для формирования концепции и разработки логотипа [6, 7].

Для окончательной реализации бренда нужно привлечь в этот регион молодых и амбициозных специалистов, которые будут обучаться в этом регионе. Разрабатывая бренд, необходимо делать самые маленькие достоинства – гигантскими, но при этом не добавлять ничего недостоверного.

**Цели и задачи исследования.** Целью работы является исследование дизайна различных территориальных брендов, выделения ключевых этапов создания, а также изучение мирового наследия в этой области и выделение основополагающих источников для идей.

Чтобы достичь основной цели дизайнера в разработке бренда города нужно определить особенность, достоинство или выдумать новую идею, на которой будет основан бренд. Алгоритм действий, которые необходимо выполнить при разработке бренда, представлены на рис. 1.

Решение этой задачи должно принести городу достижение определенных целей. Возможно три варианта развития города: как место для инвестиций, привлекательное место для туристов, либо площадку для творчества [8].

Задачи работы:

- рассмотреть уже известные примеры удачно созданного логотипа;
- выделить ряд особенностей, которые могут послужить основой для формирования бренда;
- исследовать бренд Украины.

**Исследование мировой практики. Бренд Нью-Йорка.** В мировой практике уже создано множество территориальных брендов, которые пользуются успехом у жителей города, инвесторов, а также туристов. Самый известный из них – Нью Йорк (рис. 2).

В начале 70-х не возможно было подумать, что Нью-Йорк может стать Столицей Мира. Это был брошенный и никому не нужный город, но благодаря этому бренду, город не только восстал из разрухи, люди буквально влюбились в этот город. Местное население стало совсем по-другому воспринимать то место, где они обитают, и последние 35 лет наблюдается экономический бум, который

делает штат самым известным и популярным в мире местом. Одной из причин такого успеха послужил правильный логотип, представляющий собой ребус, состоящий из букв I, красного символа сердца, и заголовочных букв N и Y. Для логотипа использован шрифт с засечками American Typewriter.



Рис. 1 – Этапы создания территориального бренда



Рис. 2 – Логотип города Нью-Йорк

Рекламная компания Нью-Йорка состояла из двух видов рекламных роликов: первый – концентрировался на «гламурности» города, на бродвейских актерах, поющих о своей любви к Нью-Йорку, среди них был Фрэнк Синатра. Участие знаменитых людей в роликах, помогла напомнить в прошлом, что Нью-Йорк являлся культурным центром, где кипела творческая жизнь; второй – на красивой природе и больших рекреационных ресурсах. Люди из различных регионов произносили такую фразу: «Может быть, я из Чикаго, но я люблю Нью-Йорк» [9].

При брендировании территории, как и при создании любого другого фирменного стиля, преобладающую роль играет визуальная айдентика, создающая у потребителя полное впечатление об образе местности. Единство визуальных образов, которые используются при оформлении городского окружения и главной идеи внедрения бренда, должны гармонично дополнять друг друга, формируя четкое понимание необходимости введения городского бренда.

В территориальном брендинге используются такие реквизиты как: логотип, лозунг, айдентика. Создавая «имидж» территории необходимо осознавать, что он является не только декоративным инструментом, но и конкурентоспособным средством продвижения региона в общей картине.

Для отображения ключевой идеи бренда элементы внешней идентификации должны быть актуальными, запоминающимися и практичными. На этапе создания логотипа нужно отойти от традиционных символов города и придумать что-то более броское и уникальное, для достижения целей поставленных при рестайлинге городского пространства. Существует множество городов, имеющих свою яркую, грамотно выраженную индивидуальность на мировом «полотне» (рис. 3).



Рис. 3 – Карта мировых территориальных брендов

**Поиск идей для создания бренда.** Жозе Торрес (всемирно известный специалист по брендингу государств): «Логотип – это ещё не бренд. Бренд – это те ассоциации, которые возникают, когда я говорю о Москве или о Нью-Йорке» [10, 11].

1. Рельеф местности. В некоторых случаях разновидности основных форм характеризуют особенности рельефа конкретного участка территории [12].



Примерами таких логотипов – логотип Магнитогорска (рис. 4, а) и Белграда (рис. 4, б).

2. Герб города или утвержденная символика. Герб – настоящее сокровище при разработке территориального бренда. Все элементы, которые использованы в гербе:

персонажи, символы – отображают суть истории развития региона, всю его уникальность. Многие разработчики бренда берут в основу герб местности, хорошим примером использования герба и логотипа в едином целом являются логотипы Швейцарского города Трамелан (рис. 5) и Российского города Тверь (рис. 6).

Национальный флаг также может послужить источником для идеи, как при создании туристического бренда Канады (рис. 7, а) или логотип управления туризмом в Великобритании (рис. 7, б).



Рис. 4 – Примеры использования рельефа местности в логотипе: а – логотип г. Магнитогорск; б – г. Белград

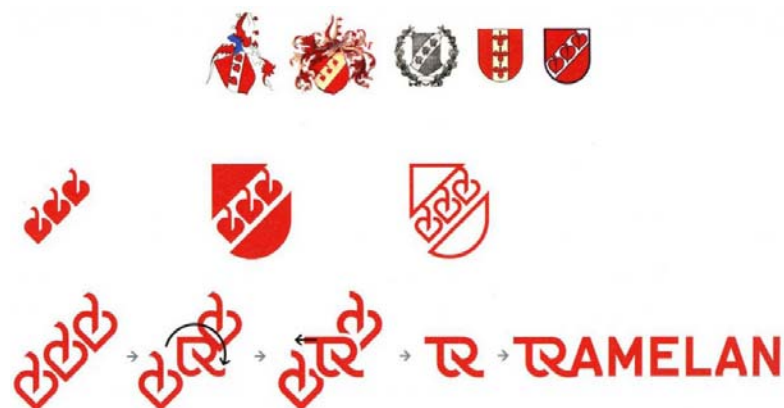


Рис. 5 – Этапы превращения герба города Трамелан в логотип



Рис. 6 – Этапы создания логотипа города Тверь



Рис. 7 – Примеры использования флага в логотипе: а – Канада; б – Великобритания

3. Растительные и животные элементы. Использование изображений представителей флоры и фауны во время брендинга территории является очень популярным приемом, так как это наиболее эффективно раскрывает особенность местности (рис. 8). Символом Беларуси является василек, Бутана – голубой мак, а Австралии – кенгуру (рис. 9).



Рис. 8 – Пример использования флоры и фауны для логотипа



Рис. 9 – Примеры логотипов с растениями и животными: а – Бутан; б – Беларусь; в – Австралия

4. Копирайтинг и шрифтовые решения. Иногда, при создании бренда достаточно просто удачно подобрать шрифтовое и цветовое решения композиции, которое поможет создать соответствующую эмоцию от логотипа территории. Для примера можно рассмотреть Мехико, Эквадор и другие города, представленные на рис. 10.



Рис. 10 – Использование шрифтового решения в качестве логотипа

Очень распространенным приемом является применение копирайтинга для создания логотипов. Такие логотипы на общем фоне являются очень запоминающимися, так как в них хорошо проводится аналогия между названием страны, города и другой местности и простыми словами, которые способны подчеркнуть их сущность. На рисунке 11, а – логотип Копенгагена, в котором дизайнеры разработали логотип в виде кнопки со словом «OPEN», воплотив таким образом концепцию: Копенгаген – открыт для вас. На рисунке 11, б – бренд Словении,

демонстрирующий любовь к Словении, а на рисунке 11, в – Эстония, логотип которой приглашает посетить эту страну.



Рис. 11 – Использование копирайтинга в логотипе: а – Копенгаген; б – Словения; в – Эстония

**Создание бренда Украины.** Основой для создания ключевой концепции бренда Украины послужило сосредоточение здесь многих национальностей и культур. Суммируя все исследования при формировании концепции, сделан вывод, что Украина является своеобразным гармоничным соединением множества разнообразных вещей в единое целое [13].

Исходя из этой концепции, графический символ Украины – буква U – первая буква названия страны на английском. Также буква дополняется двумя символическими элементами: магнитом и смайлом, которые обозначает действие притягивания туристов в Украину своей широкой улыбкой. Цветовое решение логотипа – яркое, отображающее уникальный национальный колорит Украины. Символизм также присутствует и в самом графическом знаке: буква U – «двузуб» – прообраз трезубца во времена Киевской Руси; ленты – символ традиционного украинского женского украшения; две противоположности – Западная и Восточная Украина и смайл – символ их объединения (рис. 12).



Рис. 12 – Символизм украинского логотипа



Рис. 13. Логотип Украины

Авторами проекта были разработаны различные варианты слоганов. Так, имиджевый слоган звучит как «Все варианты верные», слоган для путешествий – «Попробуй вернуться прежним», для молодежи – «Свобода быть собой», и, наконец, основной – «It's all about U» [13]. Логотип Украины представлен на рис. 13.

Стратегия бренда состоит в создании мифического образа Украины, и представления ее как особый мир для интеграции и принятия решений, рождения инноваций, идей и личных трансформаций.

**Выводы.** Территориальный брендинг демонстрирует разнообразие решений, приемов и выразительных средств модернизации и актуализации современной идентичности стран.

В результате исследований доказана индивидуальность явления территориального брендинга и ее возрастающая роль в современном мире, при презентации страны на общемировой арене. Исследования показали, что 90 % успешности территориального бренда определяется степенью его внедрения в городские, социальные, событийные, представительские коммуникации [8].

В данной работе рассмотрены этапы формирования и визуализации бренда, также выделены основные источники для поиска идей, при разработке бренда.



Проведено исследование различных примеров мировой практики и выделены те, которые наиболее полноценно отображают ключевую концепцию бренда.

Рассмотрено идею, на которой базируется логотип Украины, выделены его особенности и символические образы.

**Список литературы:** 1. *Anholt, S.* Places: Identity, Image and Reputation [Text] / S. Anholt. – London: Palgrave Macmillan, 2009. – 256 p. 2. Как брендируют города [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.adme.ru/brending/kak-brendiruyut-goroda-69951>. – 28.02.2014. – Загл. с экрана. 3. Территориальный брендинг: новая прагматичная идентичность [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.prdesign.ru/author/lections/terrabrandlection.html>. – 06.03.2014. – Загл. с экрана. 4. *Kavaratzis, M.* “From city marketing to city branding: Towards a theoretical framework for developing city Brands” [Text] / M. Kavaratzis. – Place Branding 1, 2004, 58-73 5. *Dinnie, K.* City Branding: Theory and Cases [Text] / K. Dinnie. – London: Palgrave Macmillan, 2011. – 256 p. 6. *Дубейковская, Е.* Территориальный брендинг глазами дизайнера [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.slideshare.net/CityBranding/dubeykovskaya-270313>. – 25.02.2014.- Загл. с экрана. 7. *Дубейковский, В.* Разработка бренда города: зачем и как [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.slideshare.net/CityBranding/22072012-citybranding-for-whathow>. – 25.02.2014.- Загл. с экрана. 8. *Дубейковский, В.* Логотипы территорий. Правила для дизайнера [Электронный ресурс] / В. Дубейковский // City Branding blog: блог. – Режим доступа: <http://citybranding.ru/logotipyi-territoriy-pravila-dlya-dizaynera> – 30.01.2014. – Загл. с экрана. 9. Истоки городского брендинга. Легендарный бренд города Нью-Йорк [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.proregion.fr/>. – 28.02.2014. – Загл. с экрана 10. Как создать бренд города. 7 советов Жозе Торреса [Электронный ресурс] / The Village: электрон. журн. Режим доступа : <http://www.the-village.ru/village/situation/situation/123549-brending-gorodov-intervyu> – 02.02.2014. – Загл. с экрана. 11. *Дубейковская, Е.* Логотипы территорий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.slideshare.net/CityBranding/22072012-ekaterina-dubeykovskaya-territory-logos>. – 25.02.2014. – Загл. с экрана 12. *Блашенкова, В.* Бренд территории: создание и продвижение. Как это делается в России. [Текст] / В. Блашенкова. – Консалтинговая компания «конкретика», 2011. – 320с. 13. Украина покажет миру бренд «U» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.sostav.ru/publication/ukraina-obzavedetsya-sobstvennym-brendom-6757.html> – 05.03.2014. – Загл. с экрана.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Anholt, S.* (2009). Places: Identity, Image and Reputation. Palgrave Macmillan, 256. 2. *Kak brendiruyut goroda.* (2014). Available at: <http://www.adme.ru/brending/kak-brendiruyut-goroda-69951>. 3. *Territorialniy brending: novaya pragmatichnaya identichnost'* (2014). Available at: <http://www.prdesign.ru/author/lections/terrabrandlection.html>. 4. *Kavaratzis, M.* (2004). From city marketing to city branding: Towards a theoretical framework for developing city Brands. Place Branding, 1, 58-73. 5. *Dinnie, K.* (2011). City Branding: Theory and Cases. Palgrave Macmillan, 256. 6. *Dubeykovskaya, E.* (2014). Territorialniy brending glazami dizaynera. Available at: <http://www.slideshare.net/CityBranding/dubeykovskaya-270313>. 7. *Dubeykovsiy, V.* (2014). Razrabotka brenda goroda: zachem i kak. Available at: <http://www.slideshare.net/CityBranding/22072012-citybranding-for-whathow>. 8. *Dubeykovsiy, V.* (2014). Logotipy territoriy. Pravila dlya dizaynera. Available at: <http://citybranding.ru/logotipyi-territoriy-pravila-dlya-dizaynera>. 9. *Istoki gorodskogo brendinga. Legendarniy brend New Yorka* (2014). Available at: <http://www.proregion.fr/>. 10. *Kak sozdat' brend goroda. 7 sovetov Goze Torresa* (2014). Available at: <http://www.the-village.ru/village/situation/situation/123549-brending-gorodov-intervyu>. Last accessed 02.02.2014. 11. *Dubeykovskaya, E.* (2014). Logotipy territoriy. Available at: <http://www.slideshare.net/CityBranding/22072012-ekaterina-dubeykovskaya-territory-logos>. 12. *Blashenkova, V.* (2011). Brend territorii: sozдание I prodvizhenie. Kak eto delajetza v Rossie. Konsaltingovaya kompaniya «Konkretika», 320 p. 13. *Ukraina pokajet miru brend «U»* (2014). Available at: <http://www.sostav.ru/publication/ukraina-obzavedetsya-sobstvennym-brendom-6757.html>.

Поступила (received) 14.03.2014

УДК 004.538

**Создание уникального логотипа при брендировании территории/ Вовк О. В., Некрасова Н. М., Романишена И. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.42-50 . – Бібліогр.: 13назв. ISSN 2079-5459

В работе исследован процесс создания территориального бренда, сформулированы основные стадии его разработки. Выделены ключевые направления, которые служат источником идей, при формировании бренда и создании целостной картинки восприятия брендируемой территории.

**Ключевые слова:** брендинг, визуальная идентификация, логотип, разработка, источник идеи, графическое оформление.

В роботі досліджено процес створення територіального бренду, сформульовано основні стадії при його розробці. Виділено ключові напрямки, які слугують джерелом ідей, при формуванні бренду і створенні цілісної картинки сприйняття брендкованої території.

**Ключові слова:** брендинг, візуальна ідентифікація, логотип, розробка, джерело ідеї, графічне оформлення.

**Creation of a design by territorial branding/ Vovk A., Nekrasova N., Romanyshena I.** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.42-50. Bibliogr.: 13. ISSN 2079-5459

Creation processes of a territorial brand is investigated in work, the basic stages of its working out are formulated. Key directions which are source for ideas of brand formation and creation of complete picture of perception territory which branding are allocated.

**Keywords:** branding, visual identification, a logo, working out, an idea source, graphic registration.

УДК 665.9

**Л. Г. РАСКИН**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

**ЯМЕН ХАЗИМ**, аспірант, НТУ «ХПІ»;

**В. А. ГОЛОВКО**, аспірант, НТУ «ХПІ»

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕЧЕТКО ЗАДАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА**

Рассмотрена задача прогнозирования временного ряда. Построена регрессионная модель ряда и описана технология его прогнозирования для случая, когда наблюдения заданы нечетко.

**Ключевые слова:** временной ряд, нечеткие наблюдения, регрессионная модель, прогнозирование.

**Введение.** Задачи управления и принятия решений в технике, экономике, социологии, медицине и т.д. тесно связаны и опираются на технологии прогнозирования случайных процессов. Если такой процесс развивается во времени, то его наблюдения образуют временной ряд. Методы прогнозирования временных рядов зависят от того, каким образом осуществляется обработка наблюдений. В тех случаях, когда важно, чтобы наблюдения процесса проводились в одинаковых условиях, в целях прогнозирования реально может быть использована выборка, содержащая относительно небольшое число

© Л. Г. РАСКИН, ЯМЕН ХАЗИМ, В. А. ГОЛОВКО, 2014

наблюдений. При этом для прогнозирования традиционно используют модели регрессионного анализа [1-3].

Стандартная технология прогнозирования временного ряда состоит в построении модели соответствующего процесса путем последовательной реализации нескольких этапов решения задачи.

Этап 1. Отыскание адекватной трендовой модели ряда, учитывающей полиномиальную и гармоническую составляющие, расчет параметров которой осуществляется методом наименьших квадратов.

Этап 2. Статистический анализ случайных остатков, получающихся после выделения из наблюдаемого ряда детерминированной трендовой составляющей. Если эти остатки некоррелированы, то реализуется процедура, результатом которой является описание плотности распределения случайных величин остатков. Если же они коррелированы, то необходимо вернуться к первому этапу для уточнения трендовой модели.

Полученные в результате первого и второго этапов аналитические соотношения используются для расчета среднего значения процесса на момент прогноза и интервала, накрывающего истинное его значение с заданной вероятностью. Описанная технология хорошо изучена [1,2] и легко реализуется. Следует заметить, что корректность получаемых при этом результатов обеспечивается только при выполнении некоторых предположений.

П.1. При построении трендовой модели предполагается её линейность по параметрам, то есть она имеет, например, вид

$$y(t) = \sum_{i=0}^d a_i t^i + \sum_{k=1}^p (b_k \sin w_k t + c_k \cos w_k t) + \varepsilon(t). \quad (1)$$

П. 2. Ошибка  $\varepsilon(t)$  есть случайная величина с нулевым математическим ожиданием.

П. 3. Значения случайной величины  $\varepsilon(t_{j_1})$  и  $\varepsilon(t_{j_2})$  в разные моменты времени  $t_{j_1}$  и  $t_{j_2}$  не коррелированы и имеют одинаковую дисперсию  $\sigma^2$ .

П. 4. Случайная величина  $\varepsilon(t)$  для любого  $t$  нормально распределена.

П. 5. Совокупность моментов наблюдения  $t_{k_1}, t_{k_2}, \dots$  образует не случайную последовательность.

При использовании этих предпосылок для модели (1), которую в общем случае можно записать следующим образом

$$y(t_j) = \sum_{i=0}^m a_i \varphi_i(t_j) + \varepsilon(t_j), \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

оценка вектора неизвестных параметров  $A^T = (a_0, a_1, \dots, a_m)$  определяется соотношением

$$A = (H^T H)^{-1} H^T Y = GY, \quad G = (H^T H)^{-1} H^T, \quad (3)$$

где

$$H = \begin{pmatrix} \varphi_0(t_1) & \varphi_1(t_1) & \dots & \varphi_m(t_1) \\ \varphi_0(t_2) & \varphi_1(t_2) & \dots & \varphi_m(t_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varphi_0(t_n) & \varphi_1(t_n) & \dots & \varphi_m(t_n) \end{pmatrix}, \quad A = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \dots \\ a_m \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} y(t_1) \\ y(t_2) \\ \dots \\ y(t_n) \end{pmatrix}.$$

Отметим, что нарушение некоторых из перечисленных предпосылок не приводит к существенному усложнению процедуры оценивания. В частности, если дисперсии измерений в разных опытах различны и образуют матрицу

$$D = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_n^2 \end{pmatrix},$$

то используется обобщенный метод наименьших квадратов, который приводит к [3]

$$\hat{A} = (H^T D^{-1} H)^{-1} H^T D^{-1} Y = G_D Y. \quad (4)$$

Соотношение вида (4) может быть применено и в случае, когда возмущения  $\varepsilon(t_j)$  коррелированы. Пусть, корреляция между измерениями описывается, например, авторегрессией первого порядка

$$\varepsilon(t_j) = \rho \varepsilon(t_{j-1}) + V_j, \quad j = 2, 3, \dots, n,$$

где  $\rho$  – коэффициент корреляции,  $V_j$  – взаимно независимые случайные величины с нулевым математическим ожиданием и одинаковой дисперсией  $\sigma_V^2$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Тогда, после введения матрицы

$$V = \sigma_V^2 \begin{pmatrix} 1 & \rho & \dots & \rho^{n-1} \\ \rho & 1 & \dots & \rho^{n-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho^{n-1} & \rho^{n-2} & \dots & 1 \end{pmatrix} = \frac{\sigma_V^2}{1-\rho^2} Q,$$

оценка вектора  $A$  определяется формулой [4]

$$A = (H^T Q^{-1} H)^{-1} H^T Q^{-1} Y. \quad (5)$$

Наибольшие трудности возникают при нарушении гипотезы о нормальности ошибок измерений. Нормальное распределение занимает особое место в теории вероятностей и математической статистике, обусловленное центральной предельной теоремой. Предположение о нормальности – очень существенный фактор в регрессионном анализе, так как при этом его результаты приобретают ряд важных свойств: во-первых, получаемые МНК-оценки совпадают с оценками метода максимума правдоподобия и, во-вторых, обеспечивается корректность использования в анализе стандартных критериев проверки гипотез.

Проведенный в [4] тщательный анализ влияния нарушения предположения о нормальности показал, что появление асимметрии и отклонение в величине эксцесса не слишком существенно сказываются на качестве получаемых оценок коэффициентов уравнения регрессии (2), если отсутствуют грубые ошибки измерений (то есть реальная плотность распределения ошибок измерений не обладает «длинным хвостом»). Вместе с тем, при этом возникает опасность появления ошибок в расчете величин дисперсий оценок регрессионных коэффициентов, что может привести к ухудшению качества прогнозирования объясняемой переменной уравнения (2). Более общая проблема возникает в связи с тем, что в условиях «информационного голода», когда имеющихся измерений не достаточно для адекватного восстановления плотности распределения ошибок измерений, приемлемая точность может быть обеспечена только при оценивании

двух первых моментов – математического ожидания и дисперсии оценок. Указанные обстоятельства приводят к необходимости рассмотрения задачи прогнозирования временного ряда в терминах аппарата нечеткой математики, менее требовательного, нежели теоретико-вероятностный.

**Постановка задачи.** Пусть  $\{y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \dots, y_n^{(0)}\}$  – набор значений временного ряда, измеренных в моменты времени  $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  и заданных нечетко своими функциями принадлежности  $\mu_j(y_j)$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Примем, для определенности, что приемлемое аналитическое описание этих функций принадлежности обеспечивается функциями (L-R)-типа в гауссовом базисе, то есть

$$\mu_j(y_j) = \begin{cases} \exp\left\{-\frac{(y_j^{(0)} - y_j)^2}{2\alpha_j^2}\right\}, & y_j \leq y_j^{(0)}, \\ \exp\left\{-\frac{(y_j - y_j^{(0)})^2}{2\beta_j^2}\right\}, & y_j > y_j^{(0)}, \end{cases} \quad (6)$$

где  $y_j^{(0)}$  – мода нечеткого числа  $y_j$ ,  $\alpha_j, \beta_j$  – левый и правый коэффициенты нечеткости,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Пусть для описания модели тренда выбрано соотношение (1). Поставим задачу отыскания значения переменной  $y(t)$  на момент прогноза  $t_{np}$ .

**Основной результат.** С учетом (1) введем набор регрессоров

$$F_i(t) = \begin{cases} t^i, & i = 0, 1, \dots, d, \\ \sin w_i t, & i = d + 1, \dots, d + p, \\ \cos w_i t, & i = d + p + 1, \dots, d + 2p. \end{cases} \quad (7)$$

При этом аналитическое выражение для модели (1) примет вид

$$y(t) = \sum_{i=0}^m a_i F_i(t), \quad m = d + 2p + 1. \quad (8)$$

Нечеткие оценки коэффициентов уравнения регрессии (8) в соответствии с (3) вычисляются по формуле

$$\hat{A} = GY = \begin{pmatrix} g_{01} & g_{02} & \dots & g_{0n} \\ g_{11} & g_{12} & \dots & g_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ g_{m1} & g_{m2} & \dots & g_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^n g_{0j} y_j \\ \sum_{j=1}^n g_{1j} y_j \\ \dots \\ \sum_{j=1}^n g_{mj} y_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{a}_0 \\ \hat{a}_1 \\ \dots \\ \hat{a}_m \end{pmatrix}.$$

Найдем функции принадлежности нечетких величин  $\hat{a}_i$ ,  $i = 0, 1, \dots, m$ , используя правила выполнения операций над нечеткими числами (L-R)-типа [5,6].

Пусть  $A_{LR} = \langle a_1, \alpha_1, \beta_1 \rangle$ ,  $B_{LR} = \langle a_2, \alpha_2, \beta_2 \rangle$  – нечеткие числа (L-R)-типа. Тогда параметры нечеткого числа  $C_{LR} = qA_{LR} = \langle a, \alpha, \alpha \rangle$  вычисляются по формулам

$$a = qa_1, \quad \alpha = q\alpha_1, \quad \beta = q\beta_1;$$

параметры нечеткого числа  $C_{LR} = A_{LR} + B_{LR} = \langle a, \alpha, \alpha \rangle$  вычисляются по формулам

$$a = a_1 + a_2, \quad \alpha = \alpha_1 + \alpha_2, \quad \beta = \beta_1 + \beta_2;$$

параметры нечеткого числа  $C_{LR} = A_{LR} \cdot B_{LR} = \langle a, \alpha, \beta \rangle$  вычисляются по формулам

$$a = a_1 \cdot a_2, \quad \alpha = |a_1| \alpha_2 + |a_2| \alpha_1, \quad \beta = |a_1| \beta_2 + |a_2| \beta_1,$$

Тогда

$$\mu_i(\hat{a}_i) = \begin{cases} \exp\left\{-\frac{(a_i^{(0)} - \hat{a}_i)^2}{2\hat{\alpha}_i^2}\right\}, & \hat{a}_i \leq a_i^{(0)}, \\ \exp\left\{-\frac{(\hat{a}_i - a_i^{(0)})^2}{2\hat{\beta}_i^2}\right\}, & \hat{a}_i > a_i^{(0)}, \end{cases}$$

где  $a_i^{(0)} = \sum_{j=1}^n g_{ij} y_j^{(0)}$ ,  $\hat{\alpha}_i = \sum_{j=1}^n g_{ij}^2 \alpha_j$ ,  $\hat{\beta}_i = \sum_{j=1}^n g_{ij}^2 \beta_j$ .

Процедуру возможного отсеивания малозначимых факторов построим следующим образом. Зададим некоторый достаточно высокий уровень значимости  $\gamma$  для каждого из нечетких чисел  $\hat{a}_i$ ,  $i = 0, 1, \dots, m$ . Решим теперь уравнения

$$\mu(\hat{a}_i) = \gamma, \quad i = 0, 1, \dots, m$$

Корни этого уравнения для конкретного  $i$  равны

$$\hat{a}_{i,1} = a_i^{(0)} - \hat{\alpha}_i \sqrt{2 \ln \frac{1}{\gamma}}, \quad \hat{a}_{i,2} = a_i^{(0)} + \hat{\beta}_i \sqrt{2 \ln \frac{1}{\gamma}},$$

задают интервал нечетких чисел  $\hat{a}_i$ , уровень принадлежности которых нечеткому множеству, определяющему коэффициент при регрессоре  $F_i$ , не ниже  $\gamma$ . Поэтому, если интервал  $[\hat{a}_{i,1}, \hat{a}_{i,2}]$  не захватывает нуль, то регрессор  $F_i$  значим с уровнем принадлежности не ниже  $\gamma$ . В противном случае следует считать, что фактор  $F_i$  не значим, и соответствующее слагаемое может быть из уравнения регрессии (8) удалено. В соответствии с этим введем множество  $I_0 \subset \{0, 1, 2, \dots, m\}$ , содержащее номера только значимых слагаемых в уравнении (8). Тогда это уравнение примет вид

$$\hat{y}(t) = \sum_{i \in I_0} \hat{a}_i F_i(t). \tag{9}$$

Получим теперь функцию принадлежности нечеткого числа  $y(t)$ .

$$\mu_i(\hat{y}(t)) = \begin{cases} \exp\left\{-\frac{(y^{(0)}(t) - y(t))^2}{2D_1}\right\}, & y(t) < y^{(0)}(t), \\ \exp\left\{-\frac{(y(t) - y^{(0)}(t))^2}{2D_2}\right\}, & y(t) > y^{(0)}(t), \end{cases} \tag{10}$$

где  $y^{(0)}(t) = \sum_{i \in I_0} \hat{a}_i^{(0)} F_i(t)$ ,  $D_1 = \sum_{i \in I_0} F_i^2(t) \alpha_i^2$ ,  $D_2 = \sum_{i \in I_0} F_i^2(t) \beta_i^2$ .

Стандартная процедура проверки адекватности регрессионных моделей конструктивно использует предположение о нормальности закона распределения ошибок измерения и, поэтому, в рассматриваемой ситуации непригодна. В связи с этим выполним проверку адекватности модели (9) следующим образом. Выберем достаточно высокое значение уровня принадлежности  $\gamma$  (например,  $\gamma = 0,9$ ), и для каждого значения  $j$  независимо решим уравнение  $\mu(y(t_j)) = \gamma$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ . Корни

этого уравнения  $\hat{y}_1(t_j) = y^{(0)}(t_j) - \sqrt{2D_1 \ln \frac{1}{\gamma}}$ ,  $\hat{y}_2(t_j) = y^{(0)}(t_j) + \sqrt{2D_2 \ln \frac{1}{\gamma}}$  определяют интервалы  $\{\hat{y}_1(t_1), \hat{y}_2(t_1)\}, \{\hat{y}_1(t_2), \hat{y}_2(t_2)\}, \dots, \{\hat{y}_1(t_n), \hat{y}_2(t_n)\}$ . Если теперь для всех моментов наблюдения  $t_j$  выполняются неравенства

$$\hat{y}_1(t_j) \leq y^{(0)}(t_j) \leq \hat{y}_2(t_j), \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

то модель (9) будем считать адекватной. В противном случае гипотеза от адекватности модели должна быть отклонена.

В случае адекватности модели (9), она может быть использована для прогнозирования временного ряда на момент  $t_{np}$ . При этом может быть вычислено ожидаемое значение переменной

$$y(t_{np}) = \sum_{i \in I_0} \hat{a}_i F(t_{np}),$$

а также интервал  $\left[ y^{(0)}(t_{np}) - \sqrt{2D_1(t_{np}) \ln \frac{1}{\gamma}}, y^{(0)}(t_{np}) + \sqrt{2D_2(t_{np}) \ln \frac{1}{\gamma}} \right]$ , покрывающий нечеткое число  $y(t_{np})$  с уровнем принадлежности не ниже  $\gamma$ .

**Выводы.** Предложена методика прогнозирования временного ряда, заданного совокупностью нечетких отсчетов с известными функциями принадлежности. Рассмотрены процедуры оценки нечетких значений коэффициентов регрессионной модели временного ряда, проверки уровня значимости этих коэффициентов, а также проверки адекватности полученной модели. Для адекватной модели предложены соотношения, определяющие ожидаемое значение ряда на момент прогноза, и интервал, задающий нечеткое множество чисел «близких к значению наблюдаемой переменной на момент прогноза» с уровнем принадлежности не ниже заданного.

**Список литературы: 1.** Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление: Пер. с англ. / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – М.: МИР, 1974.-197с. **2.** Вартамян В.М. Моделирование динамических процессов по временным рядам / В.М. Вартамян, Ю.А. Романенков, Д.С. Ревенко, В.Ю. Кащеева. – Х.: НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2012.-206с **3.** Себер Дж. Линейный регрессионный анализ: Пер. с англ. / Дж. Себер. – М.: МИР, 1980. **4.** Вучков И. Прикладной линейный регрессионный анализ: Пер. с болг. / И. Вучков, Л. Бояджијева, Е.Солаков. – М.: Финансы и статистика, 1987.-239с **5.** Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложение к представлению знаний в информатике: Пер. с фр. / Д. Дюбуа, А. Прад . – М.: Радио и связь, 1990.-286с **6.** Раскин Л. Г. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения / Л. Г. Раскин, О.В. Серая. – Х.: Парус, 2008.-352с

**Bibliography (transliterated): 1.** Boks, Dzh., Dzhenkins, G. (1974). Analiz vremennyh rjadov. Prognoz i upravlenie. Mir, 197. **2.** Vartanjan, V. M., Romanenkov, Ju. A., Revenko, D. S., Kashheeva, V. Ju. (2012). Modelirovanie dinamicheskikh processov po vremennym rjadam. NAU im. N.E. Zhukovskogo «ХАИ», 206. **3.** Seber, Dzh. (1980). Linejnyj regressionnyj analiz. Mir. **4.** Vuchkov, I., Bojadzhieva, L., Solakov, E. (1987). Prikladnoj linejnyj regressionnyj analiz. Finansy i statistika, 239. **5.** Djubua, D., Prad, A. (1990). Teorija vozmozhnostej. Prilozhenie k predstavleniju znaniy v informatike. Radio i svjaz', 286. **6.** Raskin, L. G., Seraja, O. V. (2008). Nechetkaja matematika. Osnovy teorii. Prilozhenija. Parus, 352.

Поступила (received) 12.03.2014

УДК 665.9

**Прогнозирование нечетко заданного временного ряда/ Л. Г. Раскин, Хазим Ямен , В. А. Головко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.50-56 . – Бібліогр.: 6 назв. ISSN 2079-5459**

Рассмотрена задача прогнозирования временного ряда. Построена регрессионная модель ряда и описана технология его прогнозирования для случая, когда наблюдения заданы нечетко.

**Ключевые слова:** временной ряд, нечеткие наблюдения, регрессионная модель, прогнозирование.

Розглянуто задачу прогнозування часового ряду. Побудована регресійна модель ряду і описана технологія його прогнозування для випадку, коли спостереження задані нечітко.

**Ключові слова:** часовий ряд, нечіткі спостереження, регресійна модель, прогнозування.

**Prediction of fuzzy given time series/ L.G. Raskin, Hazim Jamen, V.A. Golowko //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.50-56. Bibliogr.: 6. ISSN 2079-5459**

Researches of humidity of wood and polymeric composites on the basis of a waste of polypropylene and an organic waste and its influence on technical characteristics on samples are carried out.

**Keywords:** time series, fuzzy observations, the regression model, prediction.

**УДК 65.012.123**

**Д. О. МАРКОЗОВ** , канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харків

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ВАРТОСТІ І ТЕРМІНУ УПРАВЛІННЯ БАГАТОНОМЕНКЛАТУРНИМИ ЗАПАСАМИ**

Розроблена математична модель оптимізації управління багатонаменклатурними запасами в умовах невизначеності. Демонструється, що використання даної моделі дозволяє одночасно скоротити термін виконання робіт та мінімізувати загальну вартість проекту, а отже підвищити ефективність роботи підприємства.

**Ключові слова:** математична модель, невизначеність, оптимізація, багатонаменклатурний запас.

**Вступ.** При функціонуванні більшості торговельних організацій існує проблема в ефективному управлінні запасами. Однією з найбільш складних задач є необхідність скорочення витрат і термінів виконання робіт.

У зв'язку з цим актуальність даного дослідження обумовлена тим, що без розробки адекватної сучасним умовам математичної моделі та алгоритму управління багатонаменклатурними запасами неможлива ефективна робота торговельної організації.

**Аналіз публікацій.** В сучасних умовах складної та мінливої економічної ситуації задача оптимізації прийняття рішень з управління багатонаменклатурними запасами є досить актуальною як в середовищі вчених, так і в бізнесі. Проблеми багатокритеріальної оптимізації в умовах невизначеності присвячені роботи В.П. Бочарнікова [1], Е.Г. Петрова [2], Л.Г. Раскіна, П.Є. Пустовойта [3], М. Сявакко [4]. Також розроблені базові моделі управління запасами [5 – 7].

© Д. О. МАРКОЗОВ, 2014



Однак сьогодні різноманіття реальних ситуацій викликало необхідність розгляду величезної кількості різних варіантів моделей управління запасами, багато з яких розроблені вченими лише частково. Наприклад, для торгових організацій, що використовують значну номенклатуру товарів і обмежених в термінах проведення операцій необхідна більш універсальна модель, що дозволяє однаково ефективно управляти запасами різного типу у мінімальні терміни.

**Мета і постановка задачі.** Метою даної роботи є підвищення ефективності роботи підприємств в умовах економічної, фінансової та споживчої невизначеності за рахунок розробки моделі оптимізації вартості і терміну управління багатомономенклатурними запасами в умовах невизначеності.

Для досягнення даної мети були вирішені наступні задачі: проведено аналіз публікацій; обґрунтовано необхідність побудови мережевої моделі; розроблений алгоритм оптимізації управління запасами; проведена оптимізація виконання робіт при обмеженнях на термін і вартість.

**Математична модель оптимізації управління багатомономенклатурними запасами.** Управління запасами належить до числа об'єктів, що вимагають великих капіталовкладень. Будь-яка діяльність виконується протягом певного часу і пов'язана з витратами фінансових, матеріальних і трудових ресурсів. Отже, оптимальний план управління може бути отриманий за допомогою здійснення процедури прискорення проекту і при цьому по можливості мінімізувати його загальну вартість.

Спочатку ми маємо деяку множину робіт і задано умову, що одна з робіт повинна бути виконана раніше іншої. У даній моделі множина робіт:

$$J^n = \{j\}, j = \overline{1, j'}$$

де  $j'$  – кількість робіт, що необхідно виконати;  $j$  – номер роботи.

Відомо: тривалість виконання  $j$ -ї роботи  $\Delta t_j$ ; вартість виконання  $j$ -ої  $S_j$ ; технологічний порядок виконання робіт  $b_{\gamma j}, \gamma, j = \overline{1, j'}$ .

Якщо робота  $\gamma$  не повинна бути попереду роботи  $j$  то  $b_{\gamma j} = 1$ , у зворотному випадку  $b_{\gamma j} = 0$ .

Необхідно оптимізувати послідовність, початок і закінчення реалізації  $t_j + \Delta t_j$  робіт проекту.

Часткові критерії:

– мінімальна вартість виконання робіт:

$$S_j^u = \min \sum_{j=1}^{j'} S_j(t_j, \Delta t_j); j = \overline{1, j'}$$

– мінімальна тривалість виконання робіт:

$$\Delta T_j^u = \min[\Delta T_j(t_j, \Delta t_j)].$$

Область допустимих рішень задається наступними обмеженнями:

– всі роботи повинні завершитися до кінця заданого періоду:

$$t_j + \Delta t_j \leq \tau; j = \overline{\gamma + 1, j'}$$

– загальна вартість робіт не повинна перевищувати задану:

$$S_j^u \leq S_{зад}$$

– всі роботи повинні виконуватися в технологічній послідовності:

$$t_j > \max \{a_{j\bar{j}}, (t_j + \Delta t_j)\}; j = \overline{1, j'}$$

Проведене дослідження показало, що необхідно з вихідних даних побудувати мережеву модель, розробити алгоритм управління запасами, а потім провести розрахунок оптимізації мережевої моделі.

Тривалість роботи називається нормальною тривалістю ( $\Delta T_j$ ) коли відповідає нормальному часу роботи та її мінімальній вартості ( $S_j^u$ ). Якщо тривалість роботи відповідає такому часу виконання роботи, коли вона зменшена до межі, то вона називається стислою тривалістю ( $\Delta T_j^u$ ). Вартість виконання роботи в дані терміни максимальна ( $S_j$ ).

Практика показує, що коефіцієнт зворотної пропорційності  $K_j$  тривалості та вартості роботи нескладно знайти, якщо відомі вартість нормальної тривалості та вартість «стислої» тривалості:

$$K_j = \frac{S_j - S_j^u}{\Delta T_j - \Delta T_j^u}$$

Слід враховувати, що загальна вартість управління запасами повинна включати як суму прямих, так і непрямих витрат. Прямі витрати – витрати, які можна безпосередньо віднести на собівартість певного виду продукції в даному випадку: експлуатаційні витрати і витрати на управління, транспортні операції, витрати на регламентні роботи, вартість складських приміщень і т.д.

Візьмемо за основу вхідні дані терміну та вартості проведення робіт з управління запасами однієї з торговельних організацій. Ці дані наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Вхідні дані тривалості та вартості проведення робіт

Робота	Попередня робота	$\Delta T_j$ (дні)	$\Delta T_j^u$ (дні)	$S_j^u$ (\$)	$S_j$ (\$)	$K_j$ (\$/дн.)
A	–	9	3	900	6300	900
B	–	7	6	2800	3300	500
C	A	10	2	7000	16600	1200
D	A	12	6	8400	13800	900
E	B	12	4	7200	12800	700
F	D,E	6	6	4900	4900	0
G	D,E	6	4	3000	6200	1600
H	G	14	12	4200	5200	500
I	G, F	8	3	3200	6700	700

Відомо, що непрямі витрати на реалізацію проекту визначаються з розрахунку 1500\$ в день. Непрямі витрати – витрати, що не можна безпосередньо віднести на собівартість кожного конкретного продукту, що випускає підприємство, в даному випадку: втрати від зниження споживчих якостей товару, втрати від

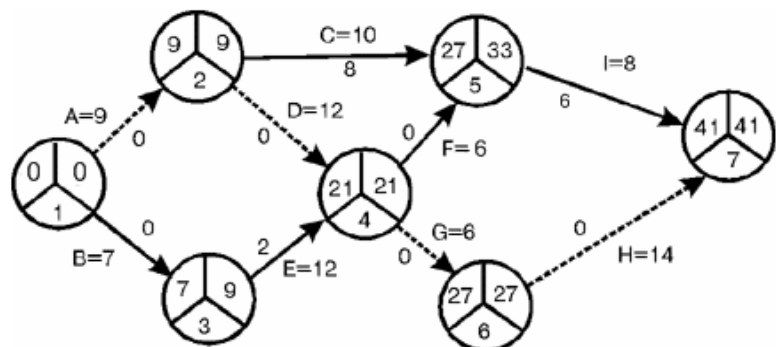


Рис. 1 – Вхідна мережева модель опорного плану

замороження вкладених коштів, накладні витрати на матеріал, виробничі накладні витрати, адміністративні, торгові накладні витрати і т.д. В якості опорного плану проекту виберемо його так званий «нормальний» план, коли тривалість виконання кожної роботи максимальна. Інші дані: коефіцієнти пропорційності вартості та тривалості їх виконання, а також логіка виконання робіт, залишаються без зміни.

На основі вхідних даних, представлених в таблиці 1, будуємо мережеву модель (рис. 1). Побудована мережева модель опорного проекту дозволяє нам визначити вільні резерви виконання робіт, що представлені у табл. 2.

Таблиця 2 – Часові параметри опорного плану

Робота	Попередня робота	Тривалість робіт (дні)	Вільний резерв (дні)
A	–	9	0
B	–	7	0
C	A	10	8
D	A	12	0
E	B	12	2
F	D,E	6	0
G	D,E	6	0
H	G	14	0
I	G,F	8	6

Із рис. 1 видно, що критичний шлях проекту в опорному плані – [A, D, G, H], а його тривалість становить 41 день. Розрахуємо загальну вартість проекту відповідно опорного плану:

Прямі витрати:  $900+2800+7000+8400+7200+4900+3000+4200+3200=41600$  \$

Непрямі витрати:  $1500 \times 41 = 61500$  \$

Загальні витрати:  $41600 + 61500 = 103100$  \$

Алгоритм пошуку плану, одночасно здатний мінімізувати термін виконання робіт і його загальну вартість передбачає виконання таких дій.

Мінімізація термінів виконання проекту завжди пов'язана з прискоренням виконання критичних робіт, отже при розробці алгоритму необхідно приділити критичним роботам основну увагу. На кожному кроці із числа критичних робіт вибирається така робота, що може дати максимальне скорочення критичного шляху. Стиснення обраної роботи не повинно перевищувати мінімального вільного резерву, який розрахований для всіх робіт даного варіанту плану проекту. Якщо таких робіт декілька, то вибирається та з них, що має найменший коефіцієнт зворотної пропорційності  $s$ .

Потім проводиться «стиснення» вибраної роботи (робіт), будується новий план проекту, розраховується його часові параметри, визначається нова сума прямих витрат (з урахуванням приросту вартості виконання скороченої роботи) і сума непрямих витрат (з урахуванням нової тривалості

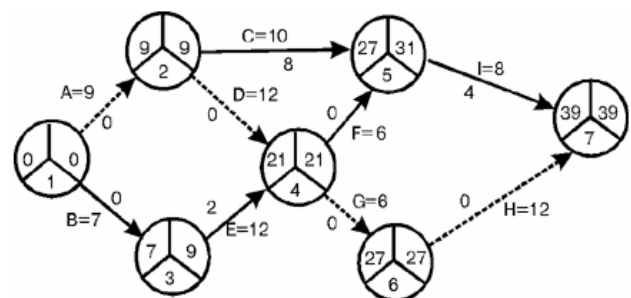


Рис. 2 –Мережева модель проекту після 1 кроку алгоритму оптимізації

критичного шляху). Якщо загальна вартість нового проекту виявляється менше, або рівною, попереднього варіанта, то новий проект приймається за опорний і описана вище процедура його прискорення повторюється. Якщо ж загальна вартість проекту в новому варіанті виявляється більше, ніж у попередньому, то приймається рішення про зупинку алгоритму, а за оптимальний береться попередній варіант плану.

Застосуємо розроблений алгоритм до опорної мережевої моделі до тих пір, поки не отримаємо оптимальний результат. Розрахунки показали, що оптимальний варіант виходить

після трьох кроків стиснення обраної роботи мережевої моделі (рис. 2 – 4).

Усі наступні стиснення робіт призводять до підвищення загальної вартості проекту, так як економія на непрямих витратах не перекриває додаткових прямих витрат. Отже, після третього кроку отриманий оптимальний план проекту.

У табл. 3 представлені отримані нами результати тривалості опорних робіт і вільні резерви часу їх виконання на кожному кроці алгоритму оптимізації.

Після оптимізації нашого проекту отримаємо наступні результати:

Прямі витрати:  $1800+3300+7000+10200+7200+4900+3000+5200+3200=45800$  \$

Непрямі витрати:  $1500 \times 36 = 54000$  \$.

Загальні витрати:  $45800 + 54000 = 99800$  \$

Таким чином, нам вдалося скоротити загальну вартість управління багатоміноміклатурними запасами на 3300 \$ і термін виконання робіт на 5 днів.

Таблиця 3 – Результати розрахунку тривалості опорних робіт і вільних резервів часу

Робота	Вхідна мережева модель		Крок 1		Крок 2		Крок 3	
	Норм. тривал. / резерв	Вільний резерв (дні)	Норм. тривал. / резерв	Вільний резерв (дні)	Норм. тривал. / резерв	Вільний резерв (дні)	Норм. тривал. / резерв	Вільний резерв (дні)
A	9 / 6	0	9 / 6	0	9 / 6	0	8 / 5	0
B	7 / 1	0	7 / 1	0	7 / 1	0	6 / 0	0
C	10 / 8	8	10 / 8	8	10 / 8	6	10 / 8	6
D	12 / 6	0	12 / 6	0	10 / 4	0	10 / 4	0
E	12 / 8	2	12 / 8	2	12 / 8	0	12 / 8	0
F	6 / 0	0	6 / 0	0	6 / 0	0	6 / 0	0
G	6 / 2	0	6 / 2	0	6 / 2	0	6 / 2	0
H	14 / 2	0	12 / 0	0	12 / 0	0	12 / 0	0
I	8 / 5	6	8 / 5	4	8 / 5	4	8 / 5	4
Всього	41		39		37		36	

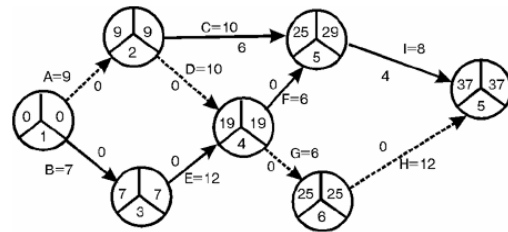


Рис. 3 – Мережева модель проекту після 3 кроку алгоритму оптимізації

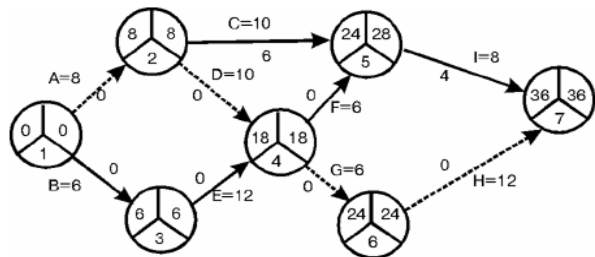


Рис. 4 – Мережева модель проекту після 3 кроку алгоритму оптимізації

**Висновки.** На основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що розроблена математична модель дозволяє оптимізувати вартість і термін управління багатомноменклатурними запасами в умовах економічної, фінансової та споживчої невизначеності, а отже підвищити прибуток торговельної організації.

Використання даної математичної моделі дасть можливість торговельній організації оптимізувати товарні запаси, уникнути формування неліквідних запасів, скоротити час прийняття управлінських рішень, тобто буде сприяти підвищенню ефективності системи управління товарними і фінансовими ресурсами.

**Список літератури:** 1. Бочарников, В. П. Модель нечеткого процесса для задач управления нечеткими динамическими системами [Текст] / В. П. Бочарников // Проблема управления и информатики. – 2001. – №3. – с.61-66. 2. Петров, Е. Г. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах [Текст] / Е. Г. Петров, М. В. Новожилова, І. В. Гребеннік. – К: Техніка, 2004. – 256с. 3. Раскин Л. Г. Решениемногономенклатурнойзадачиуправления запасами по вероятностнокритерию [Текст] / Л. Г. Раскин, П. Е. Пустовойтов //Системный анализ, управление, информационныетехнологии. – Х.: НТУ «ХПИ», 2002. - №13. – Т.1. – с.49-53. 4. Сявавко, М. Математичне програмування за умов невизначеності [Текст] / М. Сявавко, О. Рибицька. – Львів: Українські технології, 2000. – 316 с. 5. Рыжиков, Ю. И. Управление запасами [Текст] / Ю. И. Рыжиков. – М.: Изд-во «Наука», 1969. – 343с. 6. Колесников, С. Н. Стратегия бизнеса. Управление ресурсами и запасами [Текст] / С. Н. Колесников. – М.: Изд. Консультационная компания “Статус-Кво97”, 1999. – 356 с. 7. Лотоцкий, В. А. Модели и методы управления запасами [Текст] / В. А. Лотоцкий, А.С. Мандель. – М.: Наука, 1991. – 188 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Bocharnikova, V. P. (2001). Model not rosary process for tasks management not rosary dynamic systems. Problem management and informatics, №3, 61-66. 2. Petrov, E. G., Novozhilova, M. V., Grebennik, I. V. (2004) Methods and means of decision-making in social and economic systems. Kiev: Engineering, 256 p. 3. Raskin, L. G., Pustovoitov, P. E. (2002) Decision multi inventory management tasks stocks in probabilistic criteria. Systems analysis, management, information technology, Kharkiv: NTU " KPI ", № 13, Vol.1, 49 -53. 4. Syavavko, M., Rybytska, A. (2000) Mathematical programming under conditions of uncertainty, Lviv: Ukrainian Technology, 316 p. 5. Rizhykov, U. I. (1969) Management reserves, Moscow: Publishing House "Nauka", 343 p. 6. Kolesnikov, S. N. (1999) Strategy business. Manage resources and reserves. Moscow: Consulting company "Status Kvo97", 356 p. 7. Lototskyu, V. A., Mandel, A. (1991) Models and methods for inventory management, Moscow: Nauka, 188 p.

*Надійшла (received) 25.03.2014*

УДК 65.012.123

**Математична модель оптимізації вартості і терміну управління багатомноменклатурними запасами / Д. О. Маркозов // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПИ», – 2014. - № 17 (1060). – С.56-62 . – Бібліогр.: 7назв. ISSN 2079-5459**

Розроблена математична модель оптимізації управління багатомноменклатурними запасами в умовах невизначеності. Демонструється, що використання даної моделі дозволяє одночасно скоротити термін виконання робіт та мінімізувати загальну вартість проекту, а отже підвищити ефективність роботи підприємства.

**Ключові слова:** математична модель, невизначеність, оптимізація, багатомноменклатурний запас.

Разработана математическая модель оптимизации управления многономенклатурными запасами в условиях неопределенности. Демонстрируется, что использование данной модели позволяет одновременно сократить срок выполнения работ и минимизировать общую стоимость проекта, а следовательно повысить эффективность работы предприятия.

**Ключевые слова:** математическая модель, неопределенность, оптимизация, многономенклатурный запас.

**Mathematical model of optimization cost and terms of multi-item inventory management/ D.O. Markozov** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.56-62. Bibliogr.:7 . ISSN 2079-5459

The mathematical model to optimize the management multi-item stocks under uncertainty. Demonstrated that the use of this model can simultaneously reduce the duration of the work and minimize the total cost of the project, and thus improve the efficiency of the company.

**Keywords:** mathematical model, uncertainty, optimization, multi-item stock.

**УДК 665.9**

**Т. Б. ШАТОВСКАЯ**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков;

**В. А. МАРИН**, студент, ХНУРЭ, Харьков

## **РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ**

В настоящее время развит рынок мобильных технологий, и многие разработчики мобильных приложений сталкиваются с проблемой хранения данных из приложений в сети. В этой работе мы представляем структуру системы для хранения множества данных для различных приложений.

**Ключевые слова:** сервис, данные, мобильные приложения, хранилища данных, наборы данных.

**Введение.** Разработка мобильных приложений и мобильных сервисов на сегодняшний день одно из наиболее динамично развивающихся направлений в программировании. Множество разработчиков мобильного ПО сталкиваются с проблемой хранения и обмена данными между пользователями приложения [1]. Для этого разработчикам приходится создавать дополнительные сервисы. Это в свою очередь требует дополнительных знаний и времени [2].

Поскольку реализуемый серверный функционал часто является однотипным, то имеет смысл предоставить пользователю уже готовые функции, которые объединяют наиболее общие задачи хранения информации [3]. В связи с этим сейчас находят распространения BaaS (Backendasa Service).

BaaS также известный как MbaaS (Mobile Backendasa Service) [4] представляет собой модель для предоставления услуг разработчикам мобильных приложений связать свои приложения с облачным хранилищем данных. Эти услуги предоставляются через использование SDK (Software Development Kits)и API (Application Programming Interfaces) [5].

**Цель работы.** Целью работы является разработка веб-сервиса для хранения пользовательских данных с гибкой архитектурой способной удовлетворять потребности разработчиков мобильных приложений.

**Методы реализации.** Для реализации серверной части был выбран Node.js. Node.jsэто программная платформа, основанная на движке V8 (транслирующем JavaScript в машинный код) превращающая JavaScript из узко специализированного языка в язык общего назначения. Node.js применяется

преимущественно на сервере. Технология Node была задумана как платформа создания приложений, ориентированных на высокую интенсивность ввода/вывода и невысокую интенсивность вычислений.

В качестве базы данных для нашего сервиса была выбрана NoSQL документо-ориентированная база данных MongoDB.

Для реализации iOS SDK был выбран ObjectiveC, для Android Java.

**Архитектура.** Важнейшей частью является разработка архитектуры системы, для этого нужно поставить несколько вопросов касающихся нашего сервиса

- Требования — определить основные задачи программного продукта;
- Методы разработки проекта — из чего будет состоять проект, зачем нужна каждая из частей и как эти части должны быть устроены.

**1. Требования.** Продукт должен быть масштабируемым и переносимым. Каждая составляющая часть сервиса (модуль) должна быть независима, изменение одного модуля не должно сказываться на работоспособности системы. Добавление нового функционала не должно изменять существующий.

Связь между модулями будет обеспечиваться по технологии REST (Representational State Transfer). Данные будут передаваться в формате JSON (JavaScript Object Notation).

**2. Методы разработки проекта.** Проект будет состоять из нескольких модулей. А именно:

- Модуль данных;
- Модуль доступа к сервису;
- SDK;
- Панель управления.

Модуль данных будет предоставлять API для доступа к базе данных. API включает в себя стандартные функции CRUD (Create, Read, Update, Delete), доступ к данным будет предоставляться по протоколу HTTP.

Модуль доступа к сервису предоставляет API для доступа к модулю данных. Задача сервера доступа это получение пользователя по его «API-key» и проверка запроса, на существование коллекции и на соответствие схеме данных. Если запрос удовлетворяет всем требованиям, то тогда он передаётся на обработку в модуль данных.

Пользовательские данные будут храниться в формате документа. На рис. 1 представлен пример пользовательских данных.

SDK будет предоставлять классы для работы с модулями через модуль доступа к сервису. С появлением новых модулей, функционал SDK расширяется.

```
{
  "created": "2014-03-26T16:14:51.333Z",
  "dataServer": "http://data1.myBaas.home",
  "name": "2D Race",
  "user": "532f281f045c9749dd712bf0",
  "schemas": [
    {
      "_id": "53330040b75e49501a833fcd",
      "name": "Scores",
      "fields": [
        {
          "fieldName": "Score",
          "fieldType": "Integer"
        },
        {
          "fieldName": "userName",
          "fieldType": "String"
        },
        {
          "fieldName": "dateCreate",
          "fieldType": "Date"
        },
        {
          "fieldName": "dateUpdate",
          "fieldType": "Date"
        },
        {
          "fieldName": "_id",
          "fieldType": "ObjectId"
        }
      ]
    }
  ]
}
```

Рис. 1—Пример пользовательских данных

**3. Итоги.** Будет использоваться Сервис-ориентированная архитектура(SOA), модули будут общаться между собой по технологии REST, формат ответа JSON.

Для уменьшения нагрузки на модуль данных можно делить пользователей на группы и использовать 2 модуля данных. На рис. 2 представлена архитектура системы.

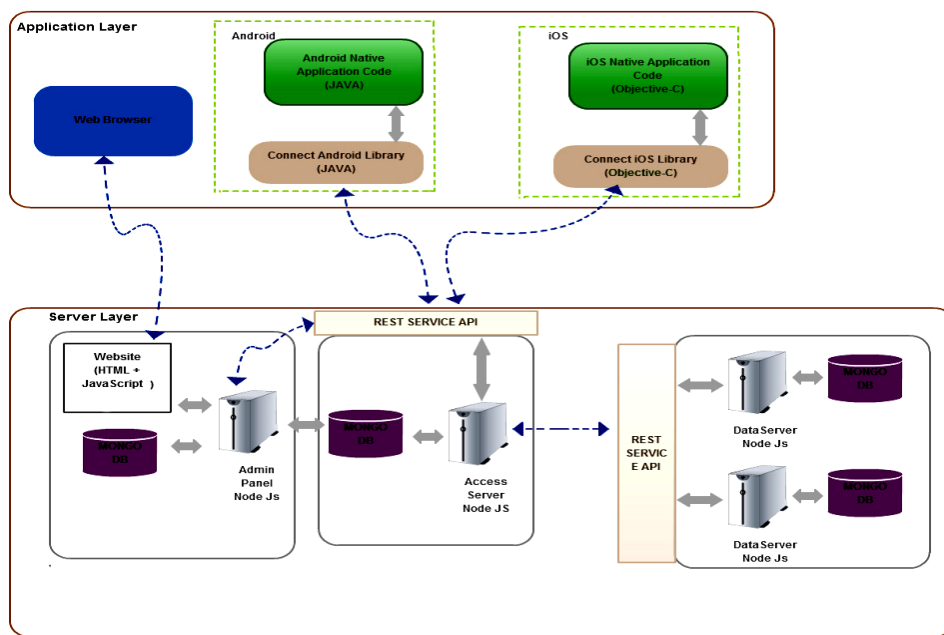


Рис. 2–Архитектура веб-сервиса

Для расширения функционала можно добавить новый модуль. Добавим к нашей архитектуре модуль хранения геоданных. На рис. 3 представлена расширенная архитектура системы.

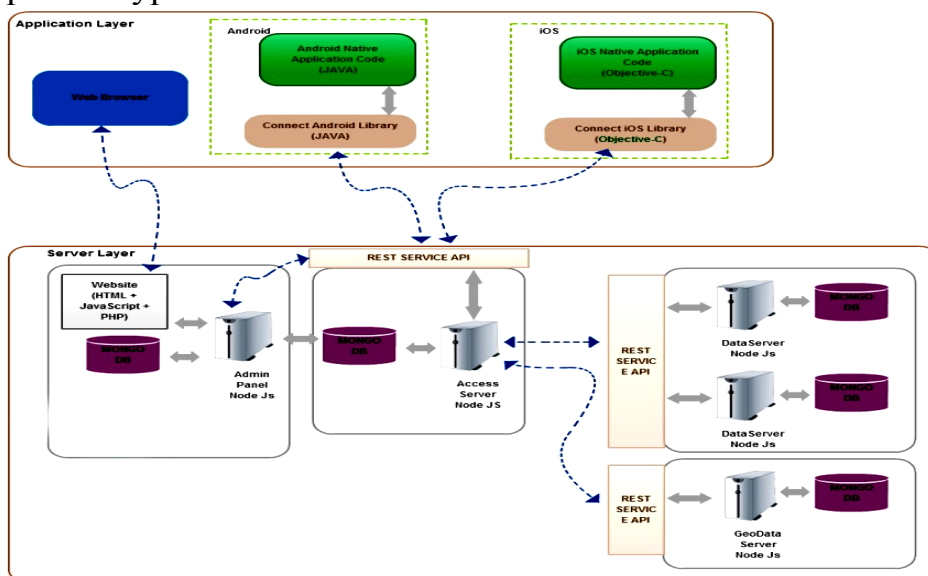


Рис. 3 – Расширенная Архитектура веб-сервиса

Добавление нового функционала не меняет предыдущий, а только расширяет его. Так можно постепенно модернизировать систему, добавляя новые модули, без изменения способа доступа к уже существующему функционалу.

Также интересным решением является добавление в систему Пакетных заданий (Batchoperations). Это уменьшает количество операций на мобильном



клиенте, повышая производительность приложения, передавая список задач на модуль пакетных заданий. На рис. 4 представлен Batch запрос к серверу через curl.

В ответ придёт JSONфайл в котором будут вписаны статусы операции и стандартный ответ как от обычной операции в порядке отправки.

Для добавления обработки Batchопераций нужно добавить модуль обработки пакетных операций. На рис. 5 представлена обновлённая архитектура с Batchмодулем.

Также можно разделить серверы доступа к приложению, если будет сильная нагрузка.

На каждую отдельную группу выделить отдельный модуль доступа. Например, отдельно на группу модулей данных и отдельно на модуль геоданных.

На случай отсутствия доступа в сеть, можно добавить локальную базу в SDKи сохранять данные для передачи на сервер в неё. Это обеспечит нормальную работоспособность приложения. После получения доступа к серверу, синхронизировать данные. На рис. 6 представлено обновлённое приложение с локальной БД и разделёнными модулями доступа.

```

1 curl -X POST \
2   -H "API-Key: ${REST_API_KEY}" \
3   -H "Content-Type: application/json" \
4   -d '{
5     "requests": [
6       {
7         "method": "POST",
8         "path": "/data/Score",
9         "body": {
10          "score": 9000,
11          "UserName": "Badanchiik"
12        }
13      },
14      {
15        "method": "PUT",
16        "path": "/data/Score/${_id}",
17        "body": {
18          "score": 9001
19        }
20      },
21      {
22        "method": "DELETE",
23        "path": "/data/Score/${_id}"
24      },
25      {
26        "method": "GET",
27        "path": "/data/Score/"
28      }
29    ]
30  }' \
31   https://example.myBaas.home/batch

```

Рис. 4 – образец Batch операции

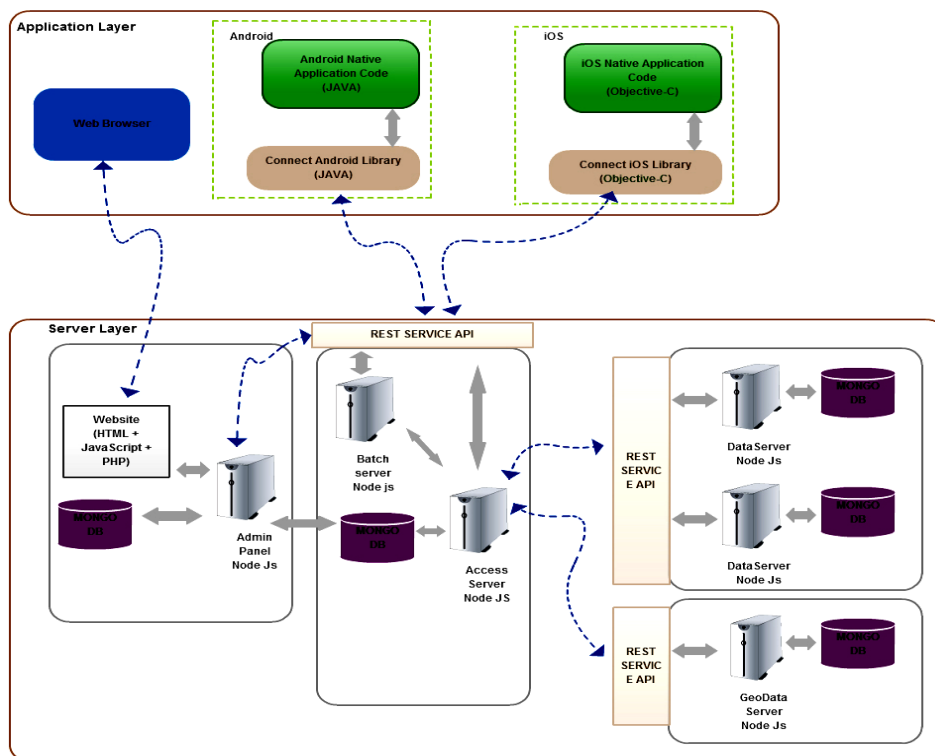


Рис. 5 – Архитектура с Batchмодулем

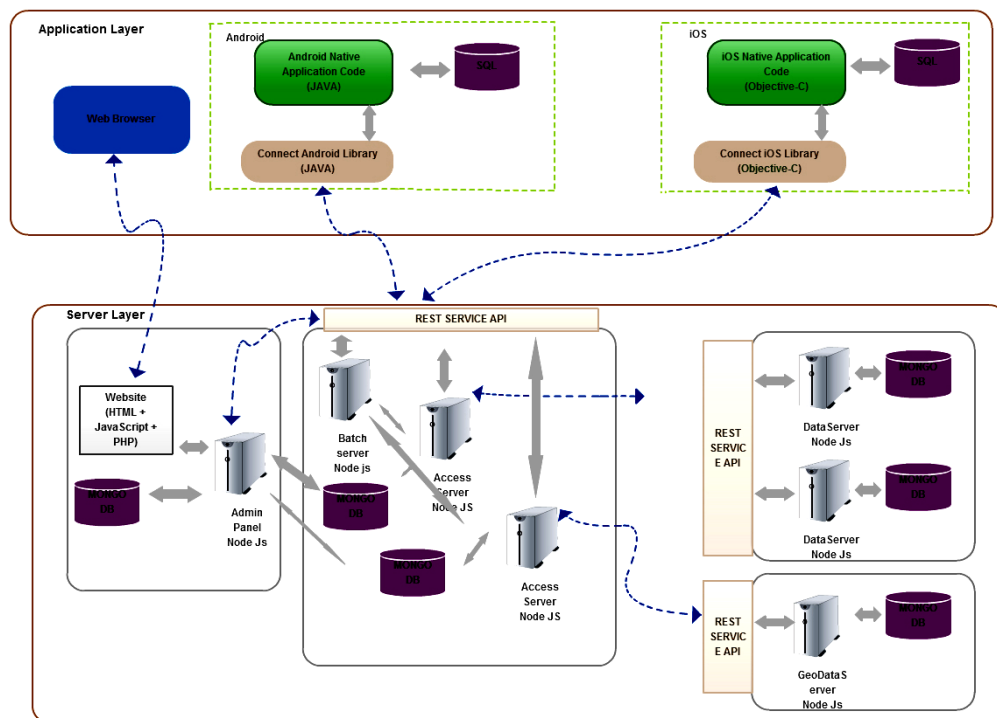


Рис. 6—Архитектура веб-сервиса с локальной БД для SDK

**Использование.** Для демонстрации возможностей программного продукта рассмотрим пример приложения-органайзера, разработанного на Android

Создадим приложение в системе, назовём его «ExampleToDoApp», и 2 коллекции «User» и «Todo».

Для коллекции пользователей добавим поля логин и пароль, а для коллекции задач нужно добавить поля заголовков, описание, дата окончания и id пользователя.

Приложение будет представлять собой простой интерфейс для добавления задач. Для пользования приложением пользователь должен зарегистрироваться. После прохождения Авторизации пользователь может просматривать свои задачи, добавлять новые, редактировать, удалять.

Для начала рассмотрим механизм работы с сервисом на примере нашего приложения. Для работы с сервером будет использовано расширение для Google Chrome – Postman RESTClient.

Для работы с сервисом нужно обязательно указывать «Api-Key» в заголовке.

Для того чтобы получить пользователя нужно отправить GET запрос на сервер. На рис. 7 представлен запрос на получение пользователя с логином Sashka

```
example.myBaas.home/data/User?Login=Sashka

api-key 53384f7d0c6ac83407eb4753

1 [
2   {
3     "Login": "Sashka",
4     "Pass": "026a86a1049bcd83bd9e77f924a5c7b4",
5     "id": "53385c540000001814000003",
6     "dateCreate": 1396202580030,
7     "dateUpdated": 1396202580030
8   }
9 ]
```

Рис. 7 – Запрос на получение пользователя с логином «Sashka»

```
example.myBaas.home/data/Todo

api-key 53384f7d0c6ac83407eb4753

Header Value
form-data x-www-form-urlencoded raw
Header Шопнир
Description купить много платьев к лету
UserId 53385c540000001814000003
DateEnd 29-05-14

1 {
2   "Header": "Шопнир",
3   "Description": "купить много платьев к лету",
4   "UserId": "53385c540000001814000003",
5   "DateEnd": "29-05-14",
6   "id": "5339aa5b0000007411000002",
7   "dateCreate": 1396288091529,
8   "dateUpdated": 1396288091529
```

Рис. 8 – Запрос на добавление задачи

Для получения всех задач пользователя «Sashka» нужно отправить GET запрос указав userId пользователя.

Для добавления задачи пользователя «Sashka» нужно отправить POST запрос в тело запроса нужно указать значения. На рис. 8 представлен запрос на добавление задачи.

Для редактирования задачи пользователя «Sashka» нужно отправить PUT запрос указав id задачи, а в тело запроса указать поля для изменения. Для удаления задачи пользователя «Sashka» нужно отправить DELETE запрос указав Id заметки.

Используя SDK создали Android приложение для работы с задачами. На рис. 9 представлен список задач пользователя «Sashka».

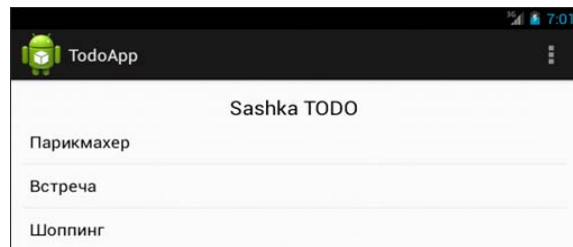


Рис. 9 – Список задач пользователя «Sashka»

**Выводы.** Мобильные BaaS системы значительно ускоряют время разработки мобильных приложений за счёт использования готового решения для хранения данных. Данные решения могут быть легко расширены и модифицированы за счёт того что серверная логика инкапсулирована интерфейсом API. На примере стандартного приложения рассмотрен общий алгоритм работы с такими системами.

**Список литературы:** 1. Cantelon M. Node.js in Action [Text] / Cantelon M. Harter M. Holowaychuk T. J. Rajlich N // Manning Publications Co. – 2014. – P. 13–40. 2. Daniel H. Node.js for PHP Developers [Text] / Daniel H. // O'Reilly Media. – 2012. – P. 44–75. 3. Taylor R. N. Software Architecture: Foundations, Theory, and Practice [Text] / Taylor R. N. Medvidovic N. Dashofy E. M. // Willey. – 2009. – P. 25–75. 4. <http://en.wikipedia.org/wiki/Nodejs> - "Node.js". [http://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented\\_architecture](http://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture) – "SOA".

**Bibliography (transliterated):** 1. Cantelon M. Harter M. Holowaychuk T. J. Rajlich N (2014). Node.js in Action. Manning Publications Co, 13-40. 2. Daniel H. (2012). Node.js for PHP Developers. O'Reilly Media, 44-75. 3. Taylor R. N. Medvidovic N. Dashofy E. M. (2009). Software Architecture: Foundations, Theory, and Practice. Willey, 171-183. 4. <http://en.wikipedia.org/wiki/Nodejs> - "Node.js". 5. [http://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented\\_architecture](http://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture) – "SOA".

Поступила (received) 12.03.2014

УДК 665.9

**Разработка веб-сервиса для предоставления услуг хранения данных/ Шатовская Т. Б., Марин В. О.** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2014. - № 17 (1060). – С.62-68. – Бібліогр.: 4 назв. ISSN 2079-5459

В настоящее время развит рынок мобильных технологий, и многие разработчики мобильных приложений сталкиваются с проблемой хранения данных из приложений в сети. В этой работе мы представляем структуру системы для хранения множества данных для различных приложений.

**Ключевые слова:** сервис, данные, мобильные приложения, хранилища данных, наборы данных.

В даний час розвинутий ринок мобільних технологій, і багато розробників мобільних додатків зустрічаються з проблемою зберігання даних із додатків в мережі. У цій роботі ми представляємо структуру системи для зберігання безлічі даних для різних додатків.

**Ключові слова:** сервіс, дані, мобільні додатки, сховища даних, набори даних.

**Developing web services to provide data storage/ Shatovska T., Marin V.** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.62-68. Bibliogr.:4 . ISSN 2079-5459

Currently developed the market of mobile technology, and many mobile application developers faced with the problem of data storage in the network. In this work we present the structure of a system for storing a plurality of data for various applications.

**Keywords:** service, data, mobile applications, data warehouses, data sets.

## УДК 004.4

**К. В. ХАРЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., Інститут прикладного системного аналізу, Київ

### МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ДОДАТКІВ ДЛЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ АНДРОІД

Пропонується набір сучасних методів та засобів розробки програмних додатків для операційної системи Андроїд, які дозволяють ефективно створювати та тестувати програмне забезпечення клієнт-сервер з використанням хмарних систем у якості серверної частини.

**Ключові слова:** Андроїд, TDD, юніт-тести, хмарні системи.

**Вступ.** Протягом останніх років стався важливий перерозподіл складу апаратних платформ для кінцевих користувачів. Доля ринку мобільних пристроїв у форм-факторі планшетних комп'ютерів уперше перевищила кількість персональних комп'ютерів. Наразі три операційні системи, iOS, Android та Windowsmobile конкурують на ринку. Так, за даними StrategyAnalytics[1] тільки за 3-й квартал 2013 року було активовано 251 млн смартфонів.

Кількість мобільних додатків у кожній еко-системі для мобільних та планшетних комп'ютерів нелінійно зростає кожного року, перевищив мільйон програм в Андроїд [2], 617 тис. програм для iOS, та 156 тис. для WindowsMobile [3].

**Особливості розробки програмних додатків для мобільних пристроїв.** Процес розробки програмного забезпечення для мобільних пристроїв вимагає підтримувати певні обмеження що до специфіки роботи додатків у мобільних операційних системах. Особливості роботи мобільних додатків стосуються перш за все:

- на витрати живлення акумуляторної батареї мобільного пристрою
- обмеження на кількість даних, що передаються через мережу Інтернет
- зменшену швидкість передачі пакетів в мобільному Інтернет з'єднанні
- можливість втрати пакетів при передачі в мобільному Інтернет з'єднанні
- кількість обмінів даними з зовнішніми пристроями на Bluetooth
- безпеку даних користувача
- значну фрагментацію версій операційних систем та фреймворків
- велику різноманітність розмірів екранів мобільних пристроїв
- обмеження запитів до системи визначення місцезнаходження абонента
- обмеження на розмір файлу додатку

- порівняно невеликий ліміт оперативної пам'яті мобільного пристрою
- порівняно обмежену швидкість передачі даних в мобільному Інтернет з'єднанні.

**Методика створення програмних додатків за допомогою юніт-тестів в Андроїд.** Методика розробки додатків за допомогою модульних тестів полягає, в першу чергу, у створенні тесту, а потім реалізацію відповідного коду програми для виконання функцій, які вимагає створений тест.

TestDrivenDesign, методологія створення програмного забезпечення за допомогою тестів досить широко підтримується для розробки мобільних додатків у Android. Стандартні середовища розробки Android додатків має у своєму складі потужну систему створення юніт (модульних) тестів та інфраструктуру для їх запуску і аналізу результатів виконання. Діаграма станів OMG для методології розробки програмного забезпечення за допомогою юніт-тестів зображено на рис. 1.

Наприклад, середовище розробки Eclipse надає користувачам можливість виконувати юніт тести на мобільних пристроях та на емуляторі. Для виконання тестів створюється окремий проект, що зручно дозволяє залишати основний проект без суттєвих змін.

З іншого боку, для більш ефективною функціональної перевірки роботи мобільного додатку можливо використовувати скрипти автоматичного тестування сценаріїв користувача, що дозволяє проводити серію тестів через вплив на мобільний додаток з боку графічного інтерфейсу користувача. Такий підхід надає можливість більш гнучко будувати набір регресійних тестів для верифікації функціональної частини мобільних додатків і обирати найбільш ефективний метод створення тестів: через юніт-тестування, та/або автоматизоване тестування сценаріїв користувача (рис. 2).

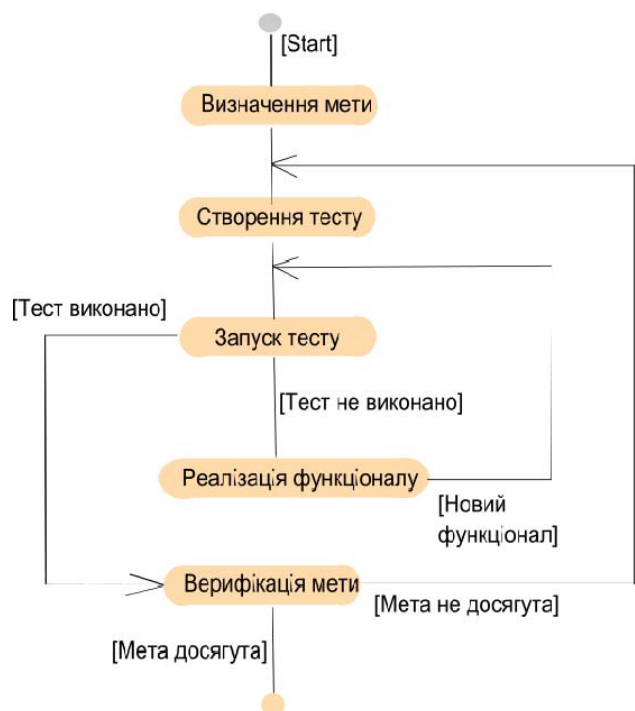


Рис. 1 – Діаграма станів для методології розробки програмного забезпечення за допомогою юніт-тестів



Рис. 2 – Одночасне використання автоматизованого тестування за сценаріями користувача та модульного тестування

Для тестування сценаріїв користувача зручно використовувати системи, подібні до Robotium [4]. Основними перевагами розробки за допомогою тестів є:

- струнка архітектура проекту
- гарний відсоток покриття тестами основного функціоналу мобільного додатку
- інкрементальний процес створення регресійних тестів
- якісний аналіз сценаріїв користувача та їх покриття автоматизованими тестами.

**Використання систем розповсюдження та моніторингу роботи мобільного додатку.** Оскільки фрагментація (різниця у версіях операційної системи) Андроїд має великий вплив на стабільну роботу мобільного додатку, перевірка повного функціоналу на цільових операційних системах вимагає великої кількості ресурсів та часу. В такому випадку використовується система моніторингу роботи мобільного додатку з інфраструктури Google. Якщо виникає необхідність

використання мобільного додатку до публікації в системі GooglePlay, збір інформації про можливі помилки в роботі мобільного додатку на етапі тестування можливо використовувати системи розповсюдження та моніторингу мобільних додатків, таких як TestFlight [5], BetaFamily[6], систему Бета-тестування та поетапного впровадження від Google [7] з можливістю вибору тестувальної групи користувачів (рис. 3). Серед систем автоматичного звіту про помилки в роботі програми на етапі тестування можна виділити TestFlightSDK, Acra [8] – вони дозволяють отримувати стек помилок під час збою програми до розміщення мобільного додатку у GooglePlay.

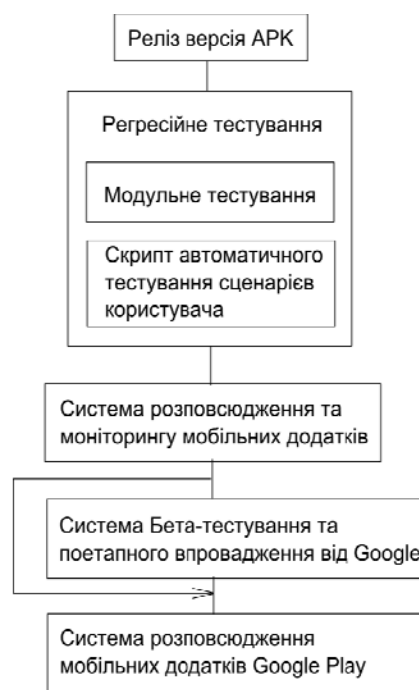


Рис. 3 – Технологічний маршрут етапів тестування мобільного додатку

**Використання хмарних систем з мобільними програмними додатками в Андроїд.** За сучасним станом, хмарні системи отримали широке вживання у якості серверної частини для збереження даних у мобільних технологіях. Найчастіше використовується архітектура клієнт-сервер, де мобільна частина виконує роль терміналу доступу та обробки даних. Протокол обміну найчастіше обирають серед HTTPREST [9] з використанням JSONстандарту RFC4627 [10] представлення даних. Вимога зменшення обсягу даних, що передаються за протоколами HTTPробумовлена можливими повільними з'єднаннями мобільного Інтернету. Загальна схема взаємодії мобільного додатку з хмарним серверним середовищем зображена на рис. 4. Архітектура мобільного додатку найчастіше відповідає стандарту шаблону проектування Model-View-Controller.

Серед поширених хмарних сервісів для організації серверної частини можливо використовувати GoogleApplicationEngine [11]. Даний хмарний сервіс



відноситься до класу PAAS, що дозволяє використовувати гнучкий фреймворк для серверних частини, та створювати код у хмарному середовищі за допомогою мов програмування Java, Python, PHP, Go. Хмарне середовище GoogleApplicationEngine надає бібліотеку розробки для розробки серверної частини, підтримує сучасний інструментарій IDE Eclipse, хмарний сервіс збереження даних, швидку реалізацію REST-протоколів, безкоштовну роботу серверної частини для невеликої кількості запитів до бази даних.

Хмарний сервіс Parse.com [12] у більшій мірі зосереджений на підтримку серверних рішень для мобільних платформ за допомогою розвинутого SDK та зручної системи керування таблицями баз даних через систему веб-браузера. Parse.com SDK підтримує платформи Android, iOS, OSX, JavaScript, .NET. Хмарний сервіс Parse.com надає також можливість використання push нотифікації для мобільного додатку, що дозволяє надсилати дані до мобільної платформи за ініціативою сервера і зменшує кількість запитів до серверної частини. Додаткові сервіси Parse.com дозволяють отримувати інтеграцію мобільних додатків з соціальними мережами, аналізувати роботу з даними за допомогою системи ParseAnalytics, виконувати програмний код на серверній частині за допомогою мови програмування JavaScript.

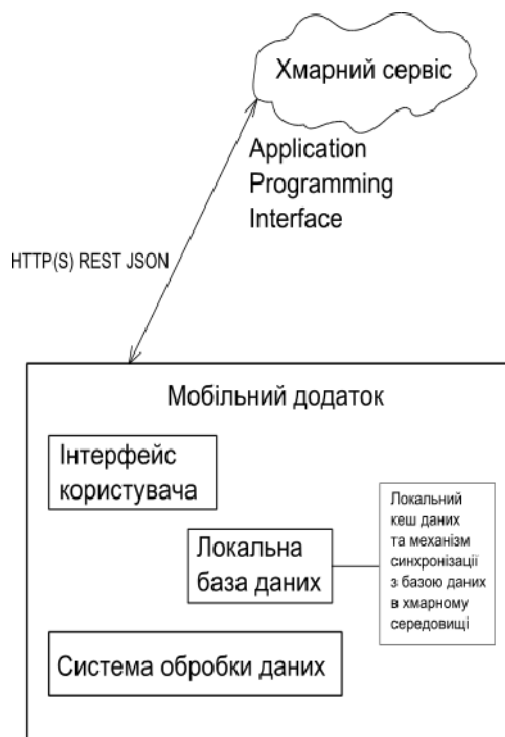


Рис. 4 – Схема взаємодії мобільного додатку з хмарним середовищем

**Висновки.** Сучасні мобільні додатки для платформи Android вимагають застосування ефективних методологій розробки програмного забезпечення, таких як TestDrivenDesign, широкого використання шаблонів програмування (MVC), організації процесів тестування за допомогою модульних тестів, проводити тестування функціоналу мобільного додатку за допомогою скриптів автоматизованого тестування, чітко організувати збір інформації про помилки роботи додатків, проводити поетапне впровадження мобільного додатку до фаз тестування і використання. У подальшому описані методи та засоби створення мобільних додатків будуть інтегруватися в середовище розробки IDE, таких як Eclipse, AndroidStudio та інші.

**Список літератури:** 1. StrategyAnalytics: В третьем квартале было отгружено 251 млн смартфонов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://itc.ua/news/strategy-analytics-v-tretem-kvartale-byilo-otgruzheno-251-mln-smartfonov/>. 2. Количество Android-приложений достигло миллиона [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cnews.ru/news/top/?2013/07/31/537207>. 3. Инфографика. Приложения в AppStore, GooglePlay и WindowsPhoneMarketplace [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.iphones.ru/iNotes/320838>. 4. Robotium. User scenario testing for Android.[Електронний

ресурс]. – Режим доступа: <https://code.google.com/p/robotium/>. 5. TestFlight [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.testflight.com>. 6. TheBetaFamily [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thebetafamily.com/>. 7. Beta-testing and staged rollouts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/3131213?hl=ru>. 8. ACRA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://acra.ch/>. 9. Fielding, Roy T.; Taylor, Richard N. (2002-05), "Principled Design of the Modern Web Architecture" (PDF), ACM Transactions on Internet Technology (TOIT) (New York: Association for Computing Machinery) 2 (2): 115–150, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ics.uci.edu/~taylor/documents/2002-REST-TOIT.pdf>. 10. JSONRFC 4627 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tools.ietf.org/html/rfc4627>. 11. GoogleApplicationEngine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developers.google.com/appengine/>. 12. PARSE.COM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.parse.com>.

**Bibliography (transliterated):** 1. StrategyAnalytics: 251 million smartphones shipped in the third quarter [web]. – Access mode: <http://itc.ua/news/strategy-analytics-v-tretem-kvartale-byilo-otgruzhenno-251-mln-smartfonov/>. 2. Number of Android-applications reached millions [web]. – Access mode: <http://www.cnews.ru/news/top/?2013/07/31/537207>. 3. Infographics.Applications in AppStore, GooglePlay и WindowsPhoneMarketplace [web]. – Access mode: <http://www.iphones.ru/iNotes/320838>. 4. Robotium. User scenario testing for Android.[ web]. – Access mode: <https://code.google.com/p/robotium/>. 5. TestFlight [web]. – Access mode: <http://www.testflight.com>. 6. TheBetaFamily [web]. – Access mode: <http://thebetafamily.com/>. 7. Beta-testing and staged rollouts [web]. – Access mode: <https://support.google.com/googleplay/android-developer/answer/3131213?hl=ru>. 8. ACRA [web]. – Access mode: <http://acra.ch/>. 9. Fielding, Roy T.; Taylor, Richard N. (2002-05), "Principled Design of the Modern Web Architecture" (PDF), ACM Transactions on Internet Technology (TOIT) (New York: Association for Computing Machinery) 2 (2): 115–150, [web]. – Access mode: <http://www.ics.uci.edu/~taylor/documents/2002-REST-TOIT.pdf>. 10. JSONRFC 4627 [web]. – Access mode: <http://tools.ietf.org/html/rfc4627>. 11. GoogleApplicationEngine [web]. – Access mode: <https://developers.google.com/appengine/>. 12. PARSE.COM [web]. – Access mode: <http://www.parse.com>.

*Поступила (received) 12.03.2014*

УДК 004.4

**Методы и средства разработки программных приложений для операционной системы андроид / К. В. Харченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060). – С.68-72 . – Бібліогр.: 12 назв. ISSN 2079-5459**

Предлагается набор современных методов и средств разработки приложений для операционной системы Андроид, как позволяют эффективно создавать и тестировать программное обеспечение клиент-сервер с использованием облачных систем в качестве серверной части.

**Ключевые слова:** Андроид, TDD, юнит-тесты, облачные системы.

Пропонується набір сучасних методів та засобів розробки програмних додатків для операційної системи Андроїд, які дозволяють ефективно створювати та тестувати програмне забезпечення клієнт-сервер з використанням хмарних систем у якості серверної частини.

**Ключові слова:** Андроїд, TDD, юніт-тести, хмарні системи.

**Methods and tools for development of software applications for the android operating system/ K.V. Kharchenko // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.68-72. Bibliogr.: 12. ISSN 2079-5459**

Proposed as set of advanced method and tools for developing software applications for the Android operating system, as can effectively build and test software, client-server systems using the cloud platforms as a server part.

**Keywords:** Android, TDD, unit-test, cloud systems.



*А. Г. ЖУРИЛО*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»;

*Е. М. СИВАК*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»;

*И. Ю. АДАШЕВСКАЯ*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

## **ПОСТРОЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ОТРАЖЕНИИ КАРТИННОЙ ПЛОСКОСТИ**

Приведены основные положения построения перспективных изображений при отражении картинной плоскости в прямом и наклонном зеркале.

**Ключевые слова:** перспективные изображения, аксонометрия, точка схода, предметная плоскость, зеркало, проецирование.

**Введение.** Перспективные изображения являются наиболее простым способом передачи объемного изображения на плоском листе бумаги. История развития таких изображений уходит своими корнями в прошлое: ещё в Древнем Египте от художника требовали передачу истинных форм изображаемых предметов и фигур, существующих независимо от смотрящего человека, поэтому изображение было плоскостным.

Во времена античности представлялось важным изображение отдельных, сравнительно небольших предметов ближайшего окружения человека. Оказалось, что для этого наилучшим образом подходит аксонометрия. При этом способе построения объемного изображения линии, уходящие вдаль, остаются параллельными, без искажений, а значит, не представляется возможным изобразить их точку схода.

В средние века используются достижения античности и возникает иной тип пространства, поскольку все внимание сосредотачивается на духовной и эмоциональной жизни людей. В период итальянского проторенессанса Джотто ди Бондоне, работая над фресками Капеллы дель Арена (1305—1306 гг.), впервые вынес точку зрения наблюдателя за пределы изобразительного пространства, чем подготовил открытие «ренессансной», или центральной, перспективы. У художников Ренессанса перспектива становится тем методом, который позволяет познать мир. Принято считать, что геометрическую систему центральной проекции изображения на картинную плоскость впервые разработал архитектор эпохи Итальянского Возрождения, флорентиец Филиппо Брунеллески (1377—1446 гг.). Еще ранее были созданы трактаты по «оптике» Бьяджо да Парма (около 1390 г.) и Паоло Тосканелли (1397—1482 гг.). Трактат «О перспективе» (около 1425 г.), считавшийся работой Л. Б. Альберти, теперь приписывают Тосканелли.

Большой вклад в учение о перспективе внесли выдающиеся художники эпохи Возрождения: П. делла Франческа, Леонардо да Винчи, Рафаэль, А. Дюрер и др. В 1461 г. трактат о перспективе создал архитектор Аверлино Филарете. Около 1480 г. сочинение «Живописная перспектива» («*De prospettiva Pingendi*») написал Пьеро делла Франческа. Похожий способ описывает в «Книге о живописи» выдающийся художник А. Дюрер.

Не исчез интерес к перспективе и в Новое время. Э. Панофский опубликовал в 1924 г. книгу «Перспектива как символическая форма» (1927 г.), в которой утверждал, что линейная центральная перспектива не способствовала достижению иллюзорности изображения, поскольку уже в то время не соответствовала «научно-естественной картине мира». Она была символическим представлением пространства.

В России с перспективными изображениями работали А. Сапожников, А. Венецианов, Н. Ге и др. Интересны работы исследователей начала XX века: П. Флоренского, Ф.И. Рерберга, А.И. Добрякова и Н.А. Рынина.

**Цель работы.** Целью работы является исследование перспективных изображений при отражении картинной плоскости в прямом и наклонном зеркале.

**Построение перспективных изображений.** Интерес к перспективным изображениям является актуальным и сегодня. Примером могут служить работы [3 - 5]. Развитие перспективных изображений связано с их широким применением – от изобразительного искусства и фотографии до проектирования зданий и сооружений. Действительно, сравнение объемности и наглядности объектов в аксонометрических проекциях и в перспективных изображениях оказывается не в пользу аксонометрии, что изображено на рис. 1 [6].

Таким образом, построение перспективных изображений объектов с помощью карандаша и линейки на листе бумаги, тем не менее, остается актуальным. Несмотря на наличие программ трёхмерного моделирования объектов, позволяющих получить перспективную проекцию ортогональной модели, построение перспективных изображений остается больше творчеством, чем механической работой. А творчество является важной составляющей знаний и умений дизайнера, инженера, художника, позволяющим общаться на интернациональном языке – чертеже.

Как известно, главным требованием к изображениям объектов является достоверность зрительной информации.

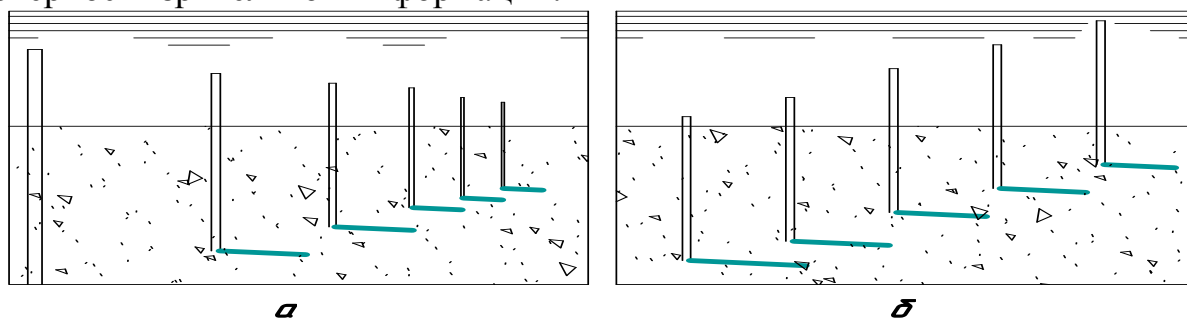


Рис. 1 – Столбы, расположенные: а – в перспективе; б – в аксонометрии

Осмотр изображённых объектов должен вызывать зрительное восприятие, максимально приближенное к зрительному восприятию при наблюдении реальных объектов. В основе нашего зрения лежит реализация метода центральной сферической проекции. Получение изображений на сферическом экране, как и обзор этого изображения, (а он должен производиться из центра сферы), вызывает определенные трудности. Поэтому, за редким исключением (здания цирков, планетариев, роспись внутренних поверхностей куполов церквей), на практике используется метод именно центральной линейной проекции на плоские экраны.

При ограниченном, относительно небольшом угловом поле обзора, замена участка сферического экрана плоским не приводит к значительным искажениям изображения, и обеспечивается вполне приемлемое зрительное восприятие, хорошо знакомое по фотографированию или по изображению на телевизоре или экране монитора.

Рассмотрим некоторые свойства перспективных изображений.

Построение перспективы имеет некоторые признаки, определенные особенностями зрения человека. Например, при построении перспективы предполагается, что изображаемый предмет, картина и наблюдатель сохраняют неизменное взаимное расположение. Смотря прямо перед собой и не вращая головой, можно охватить своим взглядом лишь небольшую часть окружающего нас пространства. Таким образом, все предметы, которые изображены на картине, должны принадлежать некоторому конусу с вершиной в точке зрения, которая находится на сетчатке глаза человека [6]. Наибольший угол  $\alpha$  этого конуса не должен быть больше угла ясного зрения человека, т.е. того угла, при котором глаз человека может хорошо и четко видеть предметы. Практически принимают этот угол  $\alpha$  не превышающим  $30^\circ$ . Из этого следует, что расстояние от точки схода (точки зрения) к картине должна быть приблизительно в два раза больше диаметра окружности основания конуса. При этих условиях окружность основы конуса будет представлять собой т.н. «поле ясного зрения». Пренебрегая этими понятиями, мы получим на картине изображение, которое будет мало соответствовать нашим обычным представлениям о предмете.

Для построения перспективы зададим некоторую картинную плоскость  $K$ , или картину (рис. 2), на которой строим заданные изображения. Некоторая горизонтальная плоскость  $P$  называется предметной плоскостью. На ней обычно располагают изображаемые предметы. Линия

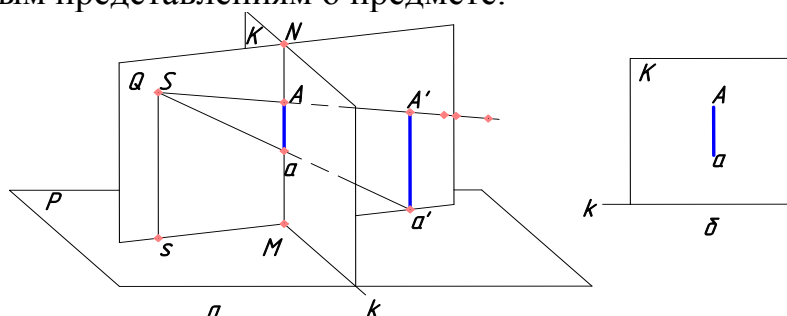


Рис. 2 – Перспектива точки и её основы: а – положение в пространстве; б – положение в картинной плоскости

пересечения картины и предметной плоскости называется основой картины и обозначается буквой  $k$ . Все проецирующие лучи проходят через точку зрения  $S$ . Основа  $s$  перпендикуляра  $Ss$ , опущенного из точки  $S$  на предметную плоскость  $P$ , является точкой стояния. Для получения перспективы произвольной точки  $A'$  пространства проводим через точку зрения  $S$  проецирующий луч  $SA'$ . Этот луч пересечет картину в некоторой точке  $A$ , которая и будет являться перспективой точки  $A'$  (рис. 3, а).

Следует отметить, что положение точки  $A'$  в пространстве не определено, если задана лишь ее перспектива  $A$ . Действительно, из точки  $A$ , можно провести проецирующий луч  $SA$ , при помощи которого точка  $A'$  была спроецирована на картину (рис. 3, а), но указать положение точки  $A'$  на этом луче  $SA$  невозможно. Для фиксирования точки  $A'$  в пространстве выполним следующие построения. Из точки  $A'$  опустим перпендикуляр  $A'a$  на предметную плоскость. Основа этого

перпендикуляра  $a'$  является ортогональной проекцией точки  $A'$  на предметную плоскость. Точка  $a'$  называется основой точки  $A'$ .

Построим теперь перспективу точки  $a'$ . Это будет точка  $a$ . Таким образом, точка  $a$  является результатом двукратного проецирования точки  $A'$ : сначала на плоскость  $P$ , а потом на плоскость  $K$ . Поэтому, точку  $a$  можно назвать вторичной проекцией точки  $A'$ .

Перспектива  $A$  точки  $A'$  и ее вторичная проекция  $a$  всегда располагаются на одном перпендикуляре к основе картины (рис. 2, б).

Точка зрения  $S$  и точка стояния  $s$ , а также точка  $A'$  и её основа  $a'$  (рис. 2, а) определяют два перпендикуляра к предметной плоскости. Проведем через них плоскость  $Q$ , которая также перпендикулярна предметной плоскости, так как содержит перпендикуляр к другой плоскости. В этой плоскости  $Q$  располагаются оба луча, которые проецируют точки  $A'$  и  $a'$  на картину.

Плоскости  $K$  и  $Q$  являются перпендикулярными к плоскости  $P$ . Поэтому линия  $MN$ , по которой пересекаются плоскости  $K$  и  $Q$ , также перпендикулярна  $P$ , а потому располагается на картине перпендикулярно ее основе  $k$ . На прямой  $MN$  находятся точки  $A$  и  $a$ , что и доказывает правильность сформулированного положения.

Соответственно, положение точки  $A'$  будет целиком определено в пространстве, если задана перспектива  $A$  этой точки и ее вторичная проекция  $a$  (рис. 2, б).

Для доказательства этого, через перпендикуляры  $Ss$  и  $Aa$  к плоскости  $P$  (рис. 2, а) проведем плоскость, которая будет представлять собой рассмотренную выше плоскость  $Q$ . Лучи ( $SA$  и  $Sa$ ), благодаря которым проецировались точки  $A'$  и  $a'$  на картину, принадлежат этой плоскости  $Q$ . Прямые  $sM$  и  $Sa$  пересекаются в точке  $a'$ , которая является основой точки  $A'$ . Восстановим перпендикуляр в точке  $a'$  к плоскости  $P$ , который будет принадлежать плоскости  $Q$ . Пересечение этого перпендикуляра с прямой  $SA$  определит положение искомой точки  $A'$ .

Рассмотрим принципы построения отражения перспективного изображения в плоском зеркале. Естественно, что отражение в плоском зеркале строится по тем же правилам, что и отражение в воде, и также дает обратное изображение предмета. В большинстве случаев при относительно небольших расстояниях от зеркала до проецируемого предмета (например, тела человека) для изображения полной высоты предмета достаточно высоты зеркала, равного половине высоты проецируемого предмета.

На рис. 3 приведено фронтальное изображение комнаты с квадратным паркетным полом. В комнате находится человек. Если бы левая и задняя стены были зеркальными, то отражения явились бы продолжением перспективного построения комнаты и в зеркалах мы получили бы двойную глубину. Чтобы построить отражение фигуры, которое расположено параллельно картинной плоскости, точки  $A$  и  $B$  соединим с центральной точкой схода  $P$ , задавая масштабы высоты фигуры и глубину на любых расстояниях. Пересечение линии  $AP$  с основанием зеркала в точке  $n$  позволит определить расстояние, на котором находится фигура от зеркала. Для получения расстояния от основания зеркала до отражения фигуры надо крайнюю точку  $A$  соединить с произвольно взятой точкой схода  $F_2$  и получить на основании зеркала точку  $t$ . Величину  $tn$  надо отложить

вправо от точки  $p$  и затем точку  $t1$  соединить с той же точкой схода  $F2$ .

Пересечение прямой  $AP$  с  $F2m1$  в точке  $a2$  определяет место основания фигуры (в данном случае – человека) в отражении. Проведенная из точки  $a2$  вертикаль до пересечения с направлением  $BP$  в точке  $b2$  определяет высоту фигуры человека в отражении.

Можно эту же задачу решить иначе. Для этого надо выполнить построение отражения перспективной сетки по тому же правилу, как и перспективу самой сетки, продолжив ее за зеркальной поверхностью. Отражение фигуры будет на пересечении тех же плиток паркета, а ее высоту можно найти по стандартному способу [6].

Для построения отражения в вертикальном зеркале, перпендикулярном к картинной плоскости (рис. 4), надо

провести горизонтальную прямую от основания фигуры до пересечения с основанием зеркала в точке  $a'$ . Продолжив эту линию за зеркальную плоскость, отложим на ней расстояние  $a2a1$  равное  $a1A$ . Вертикальная прямая, проведенная в плоскости зеркала из точки  $a1$ , является осью симметрии для фигуры и ее отражения. Найдем точку  $b2$ , находящуюся от  $b1$  на расстоянии, равном  $b1B$ . Искомая величина  $a2b2$  позволяет определить положение и высоту отражения.

Рассмотрим и более сложный пример построения отражения в зеркале.

В этом случае исходным является рисунок наклонно поставленного зеркала, паркетного пола и стоящей перед зеркалом фигуры (рис. 4).

Чтобы построить отражения пола и фигуры в зеркале, из точки  $A$  проведем горизонтальную прямую до пересечения с основанием зеркала. Из точки  $A1$  по плоскости зеркала проведем линию  $A1B1$ , параллельную наклонной стороне зеркала. Эта прямая будет линией раздела между фигурой и ее отражением. Опустим из точки  $A$  перпендикуляр до плоскости зеркала (найдя точку  $A2$ ) и продлим его дальше на расстояние, равное  $AA2$ , то есть до точки  $A0$ . Полученная точка  $A0$  и будет отражением точки стояния фигуры. Так же из точки  $B$  опустим перпендикуляр на направление  $A'A2$ , найдя в точке  $B1$  его пересечение с плоскостью зеркала и продлим перпендикуляр на то же расстояние, на каком

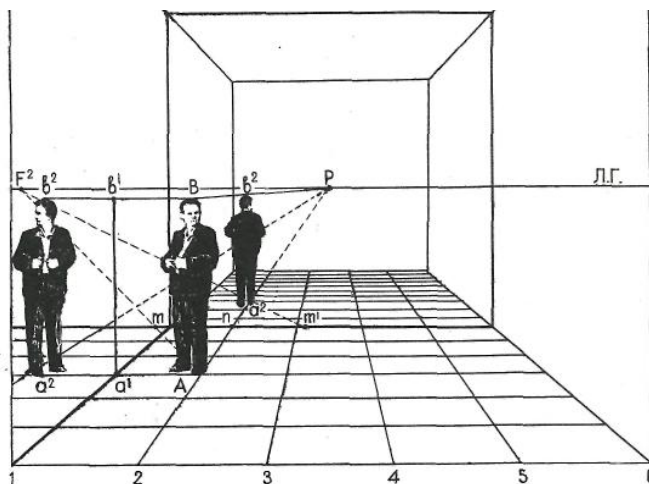


Рис. 3 – Построение перспективы отражения в вертикальных зеркалах

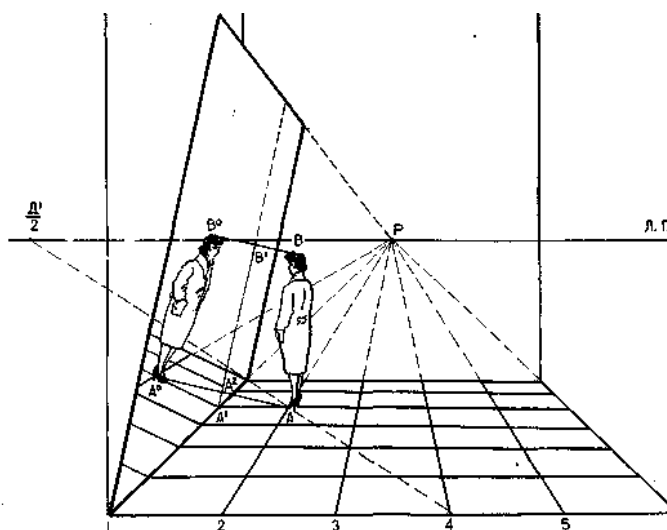


Рис. 4 – Отражение в наклонном зеркале

находится точка В от В1. Линия В0—А0 является высотой и местоположением отражения фигуры.

**Выводы.** Перспектива любой точки и ее вторичной проекции всегда располагаются на одном перпендикуляре к основе картины.

Положение любой точки будет целиком определено в пространстве, если задана перспектива этой точки и ее вторичная проекция.

При построении перспективы отражения в вертикальных зеркалах используют основные законы перспективных изображений.

**Список литературы:** 1. *Леонардо да Винчи*. Книга о живописи [Текст] / Л. да Винчи. - М.: ОГИЗ, 1934.- 141 с. 2. *Рынин Н. А.* Перспектива [Текст] / Н. А. Рынин. СПб, 1918. – 150 с. 3. *Раушенбах Б. В.* Геометрия картины и зрительное восприятие / [Текст] / Б. В. Раушенбах. М.: Мысль, 1994 г. – 320 с. 4. *Smallman, H. S.* Naive misconceptions about perspective projection // *Journal of Vision*. – 2003. – Vol. 3, No. 12. – P. 52-76. 5. *Ницын А. Ю.* Перспектива перспективы [Текст] / А. Ю. Ницын // Сборник трудов ХДУХТ № 10. Х.: ХДУХТ, 2008. С. 180-192. 6. *Журило А. Г.* Теоретичні та практичні основи аксонометрії [Текст] / А. Г. Журило. Навч. посібник. Х.: НТУ «ХПІ», 2010. - 196 с. 7. *Адашевська І. Ю.* Інженерна графіка. Нанесення розмірів на кресленнях деталей [Текст] / І. Ю. Адашевська, О. О. Краєвська, М. В. Матюшенко. Навч. посібник. Х.: «НТМТ», 2010. - 126 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Leonardo da Vinci* (1934). The book on painting. Moscow, USSR: OGI, 141. 2. *Rynin, N. A.* (1918). The Future. SPb, Russia, 150. 3. *Rauschenbach, B. V.* (1994). Geometry paintings and visual perception. Moscow, USSR: Mysl, 320. 4. *Smallman, H. S.* Naive misconceptions about perspective projection // *Journal of Vision*. - 2003. - Vol. 3, No. 12. - P. 52-76. 5. *Hitsin, A. Yu.* (2008). Perspective for prospects. Kharkov, Ukraine: Sbornik trudov KhDUKhT № 10. P. 180 - 192. 6. *Zhurilo, A. G.* (2010). The theoretical and practice fundamentals axonometry. - Kharkov, Ukraine: NTU «KhPI», 196. 7. *Adashevskaya, I. Yu. Kraevskaya, O. O. & Matyushenko, M. V.* (2010). Engineering grafica. Nanesennya rozmirow na kreslenukakh detalej. - Kharkov, Ukraine: NTMT, 126.

*Поступила (received) 12.03.2014*

УДК 514.18

**Построение перспективных изображений при отражении картинной плоскости/ А. Г. Журило, Е. М. Сивак, И. Ю. Адашевская // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.73-78 . – Бібліогр.: 7 назв. ISSN 2079-5459**

Приведены основные положения построения перспективных изображений при отражении картинной плоскости в прямом и наклонном зеркале.

**Ключевые слова:** перспективные изображения, аксонометрия, точка схода, предметная плоскость, зеркало, проецирование.

Наведено основні положення побудови перспективних зображень при відбитті картинної площини в дзеркалі.

**Ключові слова:** перспективні зображення, аксонометрія, точка сходу, предметна площина, дзеркало, проєціювання.

**Building advanced image at reflection of the picture plane/ A. G. Zhurilo, E. M. Sivak, I.Yu. Adashevskaya //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.73-78. Bibliogr.: 7. ISSN 2079-5459**

Are the basic provisions of the perspective images when reflecting plane of the sky straight and inclined mirror a made.

**Keywords:** perspective images, axonometric view, the vanishing point, subject plane, mirror, projection.

*О. М. КОРОБКОВА*, асистент, ОНМУ, Одеса

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ РЕГУЛЮВАННЯ МИТНОЇ БРОКЕРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ**

У статі розглядається механізм регулювання митної брокерської діяльності, визначенні заходи контролю. Внесені пропозиції щодо вдосконалення регулювання митної брокерської діяльності.

Доведено важливість змінення механізму регулювання посередницької діяльності митного брокера, в умовах загального підвищення ефективності зовнішньоекономічної діяльності суб'єктів ринку й країни в цілому.

**Ключові слова:** посередницька послуга, митний посередник, митна справа, державна митна служба.

**Вступ.** Стрімке зростання зовнішньоторговельного обороту говорять нам в першу чергу про кількісні результати міжнародної торгівлі. Критерієм якості та ефективності здійснення міжнародної торгівлі є швидкість виконання зовнішньоторговельних угод, швидкість переміщення товарів через митний кордон України, а також прозорість державного адміністрування зовнішньоекономічної діяльності. На такі критерії впливають окрім контрагентів зовнішньоторговельної угоди величезна кількість професійних учасників ринку транспортних послуг: судновласників, перевізників, експедиторів, портів, морських агентів, фрахтових брокерів, митних брокерів та інших.

Учасники ринку транспортних послуг забезпечують потреби міжнародної торгівлі і сприяють її розвитку. Все більш актуальною стає діяльність, пов'язана з професійним посередництвом. В галузі митної справи таку діяльність здійснює митний брокер, що виступає сполучною ланкою між суб'єктами зовнішньоекономічної діяльності та митними органами.

Завдання митного посередника полягає в тому, щоб за дорученням вантажевласника професійно здійснити усі митні формальності. При цьому митний представник несе повну відповідальність за достовірність поданих ним відомостей. Інститут митного брокера існує в усіх економічно розвинених країнах світу.

**Постановка проблеми.** Головним призначенням митних органів України є створення сприятливих умов для розвитку зовнішньоекономічної діяльності, при одночаснім забезпеченні захисту митних інтересів України, та посередницьких структур, що допомагають та сприяють швидкому переміщенню товарів та транспортних засобів комерційного призначення через митний кордон України. Доступ підприємства на ринок митних брокерських послуг здійснює Державна митна служба України через встановлення ліцензійних умов впровадження посередницької діяльності митного брокера.

Існуючий сьогодні механізм регулювання діяльності митних брокерів поряд з вимогами до здійснення митної брокерської діяльності несе в собі внутрішнє протиріччя.



**Аналіз досліджень та публікацій.** Проблеми державного контролю досліджували В. Б. Авер'янов, О. Ф. Андрійко, Ю. П. Битяк, І. Б. Шахов, О. О. Кармолицький та ін. Вивченню питань державного контролю у митній сфері присвячені наукові праці українських та зарубіжних вчених: О.І. Бондаренко, І.І. Світлак, Н. М. Білоусова, С. В. Ківалова, С. С. Терещенка, О. В. Серих, К. Г. Борисова, Ю. М. Дьоміна, Б. А. Кормича, Д. В. Приймаченка, О. О. Дегтяря та інших.

Однак державне регулювання митної брокерської діяльності потребує додаткових досліджень.

Об'єктом дослідження виступає митна брокерська діяльність, як посередницька діяльність в митній сфері. Предметом дослідження виступає механізм регулювання митної брокерської діяльності.

**Мета та задачі дослідження.** Метою дослідження є аналіз механізму державного регулювання митної брокерської діяльності, визначення заходів контролю та внесення пропозицій щодо вдосконалення регулювання такої діяльності.

Відповідно для вказаної мети було поставлено та вирішено такі завдання: висвітлити основні аспекти регулювання діяльності митних брокерів в Україні та внести пропозиції щодо вдосконалення такого регулювання.

**Виклад основного матеріалу.** Одним із основних напрямів розвитку сучасної економіки є сфера послуг. Серед безлічі типів ринків, особливе місце займає ринок послуг. Значимість цього сектора полягає в тому, що в середньому близько 60% ВВП розвинених європейських країн пов'язане саме з цим. Посередництво об'єктивно стало невід'ємною складовою господарського обороту України. Це – незаперечний факт, що свідчить про прогресивний розвиток вітчизняної економіки, оскільки різноманіття на ринку професійних суб'єктів посередницької діяльності сприяє становленню конкурентоспроможного середовища, що, у свою чергу, сприяє ефективному розвитку ринкової інфраструктури. Посередники є невід'ємною складовою розвинутого ринку, необхідною умовою розвитку суспільства [1].

Особливого значення набувають посередники на ринку транспортних послуг, серед них експедитори, морські агенти, фрахтові брокери, судовий менеджмент, митні брокери, та інші.

Посередники ринку транспортних послуг забезпечують потреби міжнародної торгівлі і сприяють її розвитку шляхом ефективної організації перевезення і оформлення вантажів. Все більш актуальною стає діяльність, пов'язана з професійним посередництвом в митній сфері.

На цей час значна доля учасників зовнішньоекономічної діяльності використовують послуги митних брокерів. В багатьох країнах світу декларування товарів здійснюється лише за участю митних брокерів.

Митний брокер виступає сполучною ланкою між власником вантажу та митними органами, за договором доручення здійснює декларування товарів при переміщенні через митний кордон України (рис. 1). Митна брокерська діяльність в Україні динамічно розвивається. Про це свідчить реєстр підприємств, що отримали ліцензії на впровадження митної брокерської діяльності. Станом на 01 лютого 2014 року за даними департаменту митної справи в Україні понад 3900



підприємств отримали дозвіл (ліцензію) на провадження митної брокерської діяльності в Україні.



Рис. 1 – Митний брокер – посередник у митній сфері

Умовою включення підприємства до реєстру митних брокерів є виконання підприємствами вимоги щодо страхування діяльності митного брокера на суму, не менш ніж 2000 неоподаткованих мінімумів доходів громадян.

Слід зауважити, що договором страхування діяльності митного брокера страхується відповідальність митного брокера за шкоду, заподіяну ним третім особам внаслідок неналежного виконання митним брокером своїх обов'язків або порушення актів законодавства під час надання професійних послуг.

Умови здійснення посередницької діяльності митного брокера закріплені Наказом Державного комітету з питань регуляторної політики та підприємництва та ДМСУ № 89/445 від 13 травня 2009 року [2] та визначають кваліфікаційні, організаційні, технологічні й інші вимоги до даного виду господарської діяльності.

Відповідно до Ліцензійних умов представник митного брокера повинен відповідати таким кваліфікаційним вимогам: мати або здобувати вищу освіту або мати неповну вищу освіту чи базову вищу освіту; володіти спеціальними знаннями, уміннями та навиками в галузі митної справи; спеціальні знання, уміння та навички в галузі митної справи представник митного брокера може здобувати в навчальних закладах (за денною (очною), дистанційною чи іншою формою навчання) або шляхом самостійної підготовки; відповідність визначеним кваліфікаційним вимогам представник митного брокера підтверджує шляхом складання іспиту в регіональних митницях, митницях. Надалі рівень спеціальних знань, умінь та навичок у галузі митної справи представник митного брокера повинен підтверджувати один раз на п'ять років.

Порядок прийняття іспиту у представників митних брокерів визначається Державною митною службою України за погодженням з Державним комітетом України з питань регуляторної політики та підприємництва. Коли останній встановлює порядок контролю за додержанням Ліцензійних умов провадження господарської діяльності - це одне. А от коли те саме Держкомпідприємництва погоджує порядок прийняття іспиту на відповідність кваліфікаційним вимогам - зовсім інше, на наш погляд.

Ми погоджуємось з думкою А.В. Мазура, який зазначає, що «реанімація» механізму проведення кваліфікаційних іспитів на знання основ митного законодавства представниками митних брокерів в митницях – це свідчення неготовності відмовитися від «непрозорих» методів правової організації діяльності митних посередників. Справа навіть не в можливостях об'єктивної оцінки знань, адже передбачається використовувати при цьому комп'ютерні технології. У випадку, коли кваліфікаційне посвідчення підписує начальник митного органу, а не керівник митного закладу освіти, не варто говорити про документ освітній.

Так само втрачає сенс дискусія щодо можливості чи доцільності проведення періодичних іспитів, адже, враховуючи чинні нормативні приписи, ідеться про

«тимчасову кваліфікацію», яку згодом треба буде знову підтверджувати [3].

Під кваліфікаційним посвідченням розуміється документ, що видається представнику митного брокера в разі успішного складання іспиту (далі - посвідчення) і діє на всій території України.

Всі ці умови, самі по собі, мають достатнє економічне і правове обґрунтування. Проте, існуючий на даний час механізм регулювання митної брокерської діяльності несе в собі внутрішнє протиріччя.

Обов'язок представника відстоювати перед митними органами інтереси свого клієнта - учасника зовнішньоторговельної діяльності знаходиться у протиріччі з його залежністю від митниці, яка через ведення реєстру здійснює допуск цього представника до його бізнесу.

Існуючий механізм, в рамках якого регулюється діяльність митних представників, формує ситуацію їх залежності від митних органів. Внаслідок цього митні представники не уявляються представниками бізнесу в митниці, а навпаки, представниками державного органу в бізнесі.

На даний час існує необхідність скорішого врегулювання всіх існуючих довготривалих колізій чинного законодавства щодо державного регулювання діяльності митних посередницьких структур, а саме діяльності митних брокерів [4].

Адже, ми вважаємо, що механізм регулювання діяльності митних представників повинен бути змінений шляхом введення інституту саморегулювання діяльності митних представників.

Ст. 2 Модельного закону про саморегульовані організації, затвердженого Постановою Міжпарламентської Асамблеї держав учасниць країн СНД № 29-7 від 31.10.2007 р. визначає саморегулювання як самостійну і ініціативну діяльність. Яка здійснюється суб'єктами підприємницької або професійної діяльності або недержавними пенсійними фондами на умовах їх об'єднання у саморегульовані організації і змістом якої є розробка і встановлення правил і стандартів зазначеної діяльності. А також контроль за дотриманням вимог встановлених правил і стандартів. Саморегулювання здійснюється на умовах об'єднання суб'єктів підприємницької та професійної діяльності в саморегульованій організації [5].

Проект Закону «Про саморегульовані організації» від 22.07.2011 р. визначає саморегулювання як самостійну діяльність, яка здійснюється суб'єктами господарської або професійної діяльності, задачею якої є розробка і встановлення стандартів і правил зазначеної діяльності, а також контроль за дотриманням вимог зазначених стандартів і правил на умовах об'єднання суб'єктів господарської або професійної діяльності в саморегульованій організації.

Першим кроком у зміні механізму регулювання діяльності митних посередників є прийняття Закону «Про саморегульовані організації» та Положення «Про саморегульовані організації професійних учасників ринку митно-брокерських послуг». Ми пропонуємо представити механізм саморегулювання у наступному вигляді:

1. Підставою для ведення митної брокерської діяльності є членство підприємства в одній з саморегульованій організації митних брокерів.

2. Реєстр митних представників веде саморегульована організація і здійснює обмін інформацією митними органами України.

3. Реєстр саморегульованих організації веде Центральний орган виконавчої влади з реалізації митної політики.

4. Саморегульована організація виступає перед митною службою гарантом за виконання своїм членом фінансових зобов'язань щодо сплати митних платежів.

5. Фінансові гарантії забезпечуються фондом саморегульованої організації за рахунок внесків кожного члена організації.

6. Саморегульована організація самостійно розробляє стандарти і правила здійснення професійної митної брокерської діяльності та контролює їх дотримання.

Адже, після введення саморегулювання митної брокерської діяльності отримуємо позитивний результат у наступному вигляді:

- значного посилення фінансових гарантій перед державою по сплаті митних платежів.

- зовнішньоекономічна діяльність почне регулюватися економічними методами важелями.

- значно поліпшиться робота митних брокерів, з відстоювання інтересів своїх клієнтів.

- діяльність митних брокерів за єдиними правилами, стандартами значно поліпшить якість посередницьких послуг, при цьому дотримання професійних правил і стандартів буде обов'язковою умовою здійснення діяльності митних представників.

- підвищення якості митно-брокерських послуг дозволить більш ефективно задовольняти потреби суб'єктів міжнародної торгівлі. Це в свою чергу підвищить інвестиційну привабливість української економіки.

**Висновки.** З урахуванням проведеного дослідження всіх на даному етапі розвитку митної брокерської діяльності доречно ввести таку модель саморегулювання діяльності митних брокерів, яка була б здатною мінімізувати негативні прояви, що відбуваються в митній сфері.

Подальший розвиток і вдосконалення системи саморегулювання митної брокерської діяльності в Україні дозволить більш ефективно використовувати механізм державного управління митною справою. Це буде сприяти значному зменшенню чисельності зайнятих посадовців в митних органах і звільненню чиновників для вирішення більш вагомих перспективних завдань, та зняттю корупційної навантаження на бізнес у зовнішньоторгівельної діяльності.

**Список літератури:** *Резникова, В. В.* Економічна сутність посередництва [Текст] / *В.В. Резникова* // Вісник Хмельницького національного університету. Сер. Економічні науки. – Хмельницький, 2009. – Вип. 2, т. 1. – С. 188-192. Реєстр виданих (дійсних) ліцензій на здійснення митної брокерської діяльності станом на 01.03.2014. Офіційний портал міністерства доходів і зборів. — [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://minrd.gov.ua/baneryi/mitne-oformlennya/subektamzed/diyalnist-mitnih-poserednikiv/mitni-brokeri/62547.html>. 3. Ліцензійні умови провадження посередницької діяльності митного брокера: затверджено Наказ Державного комітету з питань регуляторної політики та підприємництва та ДМСУ від 13 травня 2009 року, N 89/445// Офіційний вісник України. – 2009. – № 41. С. 77 — [Електронний ресурс] / Режим доступу: /www/ URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0469-09>. 4. *Мазур, А. В.* Посередницька діяльність представників митних брокерів: питання якості правової організації [Текст] / *А. В. Мазур* // Митна справа – науково-аналітичний журнал з питань митної справи та зовнішньоекономічної діяльності. – Одеса, 2009. – № 6. – С. 64. 5. Модельний закон о

саморегулируемых организациях, принят на двадцать девятом пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ (Постановление N 29-7 от 31 октября 2007 года) — [Электронный ресурс] / Режим доступа: /www/ URL [http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/997\\_i51](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/997_i51).

**Bibliography (transliterated):** 1. *Reznikova, V.* (2009) The economic essence of mediation, *Visnik Hmel'nickij national University. Economics.*- Hmel'nickij, issue, 2, t. 1, 188-192. 2. State Committee for Regulatory politics and entrepreneurship and the State Customs Service of Ukraine, on May13, (2009), “Terms of license for mediating activity of customs broker”, 89/445. 3. *Mazur, A.* (2009) Mediation representatives of Customs Brokers: issues as the legal organization, *Customs - Scientific Bulletin on customs and foreign trade activities*, № 6, 64. 4. *Fedotova, I.* (2008) Business activities in the field of customs: adaptation to international standards, *Customs*, № 2, 11-13/ 5. Model Law on self-regulatory organizations, adopted at the twenty-ninth plenary meeting of the Interparliamentary Assembly of the CIS Member States (Decision N 29-7 on October 31, 2007)

*Надійшла (received) 25.03.2014*

УДК 338462

**Вдосконалення механізму регулювання митної брокерської діяльності в Україні/ О. М. Коробкова// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.79-84 . – Бібліогр.:5 назв. ISSN 2079-5459**

У статті розглядається механізм регулювання митної брокерської діяльності, визначенні заходи контролю. Внесені пропозиції щодо вдосконалення регулювання митної брокерської діяльності.

Доведено важливість змінення механізму регулювання посередницької діяльності митного брокера, в умовах загального підвищення ефективності зовнішньоекономічної діяльності суб'єктів ринку й країни в цілому.

**Ключові слова:** посередницька послуга, митний посередник, митна справа, державна митна служба.

В статье рассматривается механизм регулирования таможенно- брокерской деятельности, определены меры контроля. Внесены предложения по совершенствованию регулирования таможенно-брокерской деятельности.

Доказана важность изменения механизма регулирования посреднической деятельности таможенного брокера, в условиях общего повышения эффективности внешнеэкономической деятельности субъектов рынка и страны в целом.

**Ключевые слова:** посредническая услуга, таможенный посредник, таможенное дело, государственная таможенная служба.

**Development of state regulation issues of intermediary activity of customs brokers in Ukraine/ O. Korobkova //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.79-84. Bibliogr.:5 . ISSN 2079-5459**

The article deals with the regulation of customs brokerage, identifying controls. Proposals for improving the regulation of customs brokerage.

Importance modify the mechanism of regulation of brokering customs broker, in a general increase of efficiency of foreign economic activity of the market and the country as a whole.

**Keywords:** intermediary service, customs affair, the state customs service, customs intermediary.

*Н. В. ТКАЧУК*, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»  
*В. Е. СОКОЛ*, ассистент, НТУ «ХПИ»

## **КОНЦЕПЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРОЙ**

Рассмотрены вопросы разработки концепции и информационной технологии для повышения эффективности внедрения и эксплуатации современных систем управления корпоративной ИТ-инфраструктурой (систем ITSM). Для решения этой задачи предложен комплексный знание-ориентированный подход, который включает в себя разработку методики экспертного многокритериального выбора эффективной конфигурации ITSM-модулей, информационной модели и инструментальных средств для интеграции функциональности ITSM в существующую корпоративную ИТ-инфраструктуру и применение интеллектуальных методов обработки данных для управления процессом разрешения инцидентов, возникающих в работе пользователей ИТ-услуг.

**Ключевые слова:** управление ИТ-инфраструктурой, эффективность, онтологический подход.

**Введение. Актуальность проблемы и постановка задачи исследования.** В настоящее время практически во всех достаточно крупных организациях уже создана и постоянно развивается соответствующая инфраструктура для применения информационных технологий (ИТ–инфраструктура), которая включает в себе различные программно-аппаратные средства, базы данных, каналы связи, а также технический персонал, которые их обслуживают и предоставляют ИТ-услуги различным группам пользователей в данной организации (на предприятии). Для эффективного формирования и использования такой ИТ-инфраструктуры появился новый класс автоматизированных систем управления, а именно: системы управления информационно-технологическими услугами, которым в англоязычной литературе соответствует термин IT Service Management (ITSM) [1-5], который и будет в дальнейшем использоваться в данной статье.

Основной задачей внедрения и использования систем ITSM является предоставление корпоративным пользователям соответствующих ИТ-услуг с заданным уровнем качества. Ввиду большого количества уже разработанных таких систем, учитывая значительную сложность их архитектуры и функциональности, а также достаточно высокую стоимость, актуальной научно-практической задачей является создание модельно-инструментальных средств, повысить эффективность применения ITSM - систем в каждой конкретной организации (на предприятии). Создание такого инструментария является также необходимой предпосылкой для целенаправленного процесса усовершенствования уже существующих систем ITSM, путем разработки их новых модулей и функций, как это, например, предложено в [3].

Поэтому целью исследования, результаты которого представлены в этой статье, является анализ существующих подходов к повышению эффективности

применения современных ITSM - систем и разработка новой концепции и информационной технологии для комплексного решения этой задачи.

**Анализ некоторых подходов к решению проблемы повышения эффективности использования систем ITSM.** Следует отметить, что до настоящего времени проблемы разработки и повышения эффективности применения систем ITSM еще недостаточно полно представлены в отечественных публикациях, в качестве которых можно привести такие работы как [2-5]. Характерными особенностями представленных в них подходов к решению задачи повышения эффективности применения систем ITSM является попытка представить все основные процессы управления корпоративной ИТ-инфраструктурой с использованием базовых принципов теории управления сложными техническими системами. Однако, ввиду высокой сложности и слабой формализуемости этих процессов, такой подход позволяет получать эффективные решения лишь для некоторых функциональных подсистем ITSM, например, для управления процессом обеспечения заданного уровня обслуживания (service level agreement - SLA) [2,4]. При этом авторами этих публикаций практически не рассматриваются такие проблемы как, например, задачи выбора эффективной конфигурации модулей ITSM для некоторой бизнес-организации или проблемы интеграции функциональности этих модулей в уже существующую информационную архитектуру предприятия (enterprise architecture - EA).

В то же время проблематика разработки и применения систем ITSM в последнее время весьма интенсивно обсуждается в зарубежных изданиях, например в таких работах, как [1,6-9]. Основными проблемами, которые представлены в них, являются разработка и использование различных стандартов для ITSM – сервисов [1], задачи интеграции информационных ресурсов ITSM и EA [6,7], применение знание-ориентированных моделей и технологий разработки для таких ITSM - сервисов как управление проблемами и инцидентами [8,9]. Но, как правило, соответствующие решения для этих задач представлены как локальные, достаточно специфические модельно-технологические компоненты, и при этом не рассматриваются аспекты построения на их основе соответствующей комплексной информационной технологии для повышения эффективности внедрения и дальнейшей эксплуатации систем ITSM.

**Комплекс задач для повышения эффективности использования ITSM-системы.** На основе результатов анализа некоторых существующих подходов к решению основной задачи данного исследования: повышению эффективности применения систем ITSM, а также с учетом результатов предыдущих исследований, представленных в [10], можно предложить следующий комплексный подход к решению этой проблемы, который предполагает разработку:

(I) методики многокритериального экспертного выбора определенной конфигурации модулей системы ITSM, эффективной с точки зрения специфических задач управления ИТ-услугами в целевой бизнес-организации;

(II) информационных моделей и программных средств для решения задачи интеграции выбранной конфигурации ITSM-модулей в корпоративную ИТ-инфраструктуру;

(III) интеллектуальных методов для управления процессом разрешения инцидентов (проблемных ситуаций), которые возникают в работе конечных пользователей ИТ-сервисов в этой организации.

Ниже в этом разделе более подробно рассмотрены возможные подходы к решению задач (I) - (III).

**Выбор эффективной конфигурации ITSM-модулей с учетом специфики предметной области ее использования.** Для решения первой из вышерассмотренных задач (I)-(III) предлагается методика, основные этапы которой подробно представлены в [11] и которая мотивированно предполагает

применение одного из методов экспертного ранжирования многокритериальных альтернатив.

Алгоритм, позволяющий практически реализовать эту методику, представлен на рис. 1 в виде диаграммы деятельности (activity diagram) в нотации UML [12].

В начале алгоритма выполняется Блок 1: "Настройка", в котором, с учетом специфики производственных процессов (бизнес-процессов) конкретной организации и с учетом особенностей данной системы ITSM, определяются альтернативные варианты внедрения модулей этой системы и формируется множество критериев возможной оценки эффективности их дальнейшего функционирования. Если эти действия корректно выполнены, то переходим к

выбору определенного метода оценки - это Блок 2: "Библиотека методов", в противном случае - переход на конец алгоритма. После того, как выбран соответствующий метод экспертной оценки, в следующем Блоке 3: "Экспертные оценки", выполняется обработка данных по выбранному методу оценки с применением определенных критериев. Если по завершению всех экспертных процедур согласно выбранного метода оценки получено решение с удовлетворительным уровнем погрешности, то оно принимается к дальнейшей возможной реализации в Блоке 4: "Документирование решения", в противном случае пользователям системы (экспертам) предлагается возможность изменить соответствующие данные предыдущего этапа (переход на Блок 3) или, возможно, также и выбрать другой метод оценки (переход на Блок 2). Очевидно, что для корректной работы этого алгоритма особое значение имеют процедуры определения возможных альтернатив и выбора множества критериев для их дальнейшей экспертной оценки. Решение этих задач предполагает проведение анализа специфики предметной области (PrO) использования соответствующей системы ITSM, для которой и решается задача выбора эффективной конфигурации ее модулей. В [10] представлены результаты такого анализа PrO и формирования соответствующих наборов альтернатив и критериев их экспертной оценки для достаточно сложного объекта: ИТ-инфраструктуры крупного современного университета на примере НТУ «Харьковский политехнический институт», в составе которой, например, по состоянию на апрель 2013г. насчитывалось: 1627

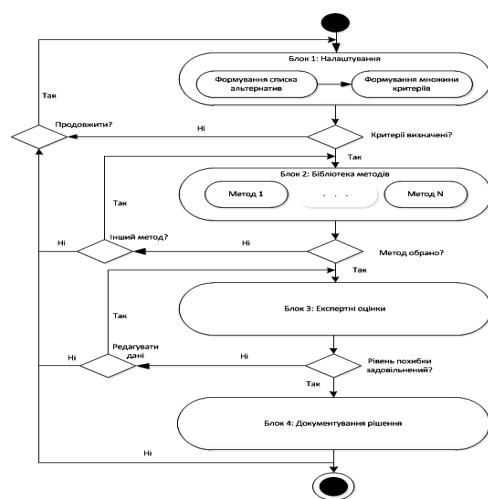


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма экспертной оценки эффективности применения модулей системы ITSM

ПК, включенных в 18 локальных вычислительных сетях; 62 сетевых сервера, 85 сетевых маршрутизаторов (роутеров) и примерно 6 000 периферийных устройств, а также 2715 зарегистрированных пользователей этих ИТ-ресурсов.

В работе [10] также представлены результаты расчетов тестового примера по экспертной оценке различных вариантов возможной конфигурации ITSM-модулей для НТУ «ХПИ». Предложенный подход показал, что с учетом ряда конкретных критериев эффективности функционирования внедряемой системы ITSM, таких как, например:

- среднее время разрешения проблемных ситуаций (инцидентов) в работе конечного пользователя ИТ-сервисов: не более 15 мин.;
- количество инцидентов, которые устраняются в реальном масштабе времени: не менее 20%;
- количество инцидентов, которые устраняются на первом уровне поддержки персоналом системы ITSM: не менее 85%,  
и некоторых других, наиболее эффективной будет конфигурация в составе:
  - базовой подсистемы поддержки запросов пользователей ИТ-услуг (Service Desk),
  - модуля управления инцидентами (Incident Management),
  - модуля управления проблемными ситуациями (Problem Management).

После выбора эффективной конфигурации некоторой системы ITSM, в соответствии с предложенным выше подходом, необходимо решить задачу ее интеграции в целевую корпоративную ИТ-инфраструктуру.

**Онтологический подход к решению задачи интеграция модулей системы ITSM в корпоративную ИТ-инфраструктуру.** Как уже отмечалось выше, определенная конфигурация системы ITSMS должна быть интегрирована в корпоративную ИТ-инфраструктуру целевой организации или в ее архитектуру предприятия (enterprise architecture - EA). Будем в дальнейшем обозначать эту задачу (II) из их списка (I)-(III) как задачу *ITSMS-EA интеграции*.

Следует отметить, что эти проблемы уже достаточно интенсивно обсуждаются во многих публикациях, в которых рассматриваются, как концептуальные, так и технологические аспекты *ITSMS-EA* интеграции [6-8]. В работе [10] проанализированы несколько подходов к решению этой задачи, что позволяет сделать вывод о том, что в качестве концептуальной основы для этого могут быть использованы онтологические спецификации (ontology specification) соответствующих ИТ-ресурсов. На технологическом уровне для этого, как правило, используются сервис-ориентированные архитектурные решения (service-oriented architecture - SOA) [6]. Поэтому можно высказать предположение о том, что именно использование онтологий позволяет наиболее эффективным образом решать проблему *ITSMS-EA* интеграции. Для этого предлагается с помощью онтологических спецификаций описать, а затем объединить следующие информационные ресурсы [10]:

- (a) ресурсы, которые необходимы для функционирования типовой ITSM-системы;
- (b) ресурсы, которые представляют собой информационный базис для построения соответствующей EA;



(с) ресурсы, которые являются специфическими для той целевой организации (target organization – TO), в которой должна быть решена данная задача *ITSMS-EA* интеграции.

Если обозначить ресурсы (a) - (с) соответственно как *Onto-ITSMS*, *Onto-EA*, и *Onto-TO*, то для информационного обеспечения решения задачи *ITSMS-EA* интеграции может быть сформирована следующая онтология *Onto ITSMS-EA*:

$$Onto_{ITSMS} - EA = \langle Onto - ITSMS, Onto - EA, Onto - TO \rangle. \quad (1)$$

Очевидно, что для корректного определения составляющих выражения (1) можно использовать некоторые уже существующие онтологические спецификации. Это такие спецификации, как, например [10]:

- онтология *Onto-ITIL*, которая разработана для поддержки информационных процессов в библиотеке стандарта *ITIL*;
- онтология *Onto-SPEM*, используемая для представления унифицированного процесса разработки программного обеспечения (Software Process Engineering Meta-model - SPEM);
- онтология *Onto-WF*, которая применяется в задачах моделирования бизнес-процессов (WorkFlow - WF).

Исходя из этих определений, полную спецификацию для *Onto-ITSMS* онтологии можно представить в следующем виде:

$$Onto - ITSMS = \langle Onto - ITIL, Onto - SPEM, Onto - WF \rangle. \quad (2)$$

Далее, для структуризации онтологии *Onto-EA* также целесообразно использовать уже разработанные онтологические модели для нескольких логических уровней описания типовой информационной архитектуры предприятий *EA*, которые представлены в последних исследованиях в этой области [8,9]. Поэтому онтология *Onto-EA* можно представить следующим образом:

$$Onto - EA = \langle Onto - BT, Onto - AC, Onto - RS \rangle, \quad (3)$$

где: *Onto\_BT* – это онтология бизнес-терминов (business terms - BT), *Onto-AC* - онтология описания компонентов архитектуры предприятия (architectural components - AC), и *Onto-SR* - это онтология, задающая возможные системные связи (system relationship – SR) в корпоративной архитектуре *EA*.

И, наконец, онтология *Onto-TO*, которая описывает ИТ-инфраструктуру целевой организации, в которую интегрируется выбранная конфигурация модулей *ITSMS*-системы, необходимо разработать с учетом ее специфических особенностей и потребностей ее пользователей. Так, например, если рассматривать процесс *ITSMS-EA* интеграции для университета [10], то пример фрагмента такой онтологии приведен на рис. 2. Эта UML-диаграмма классов описывает таксономию

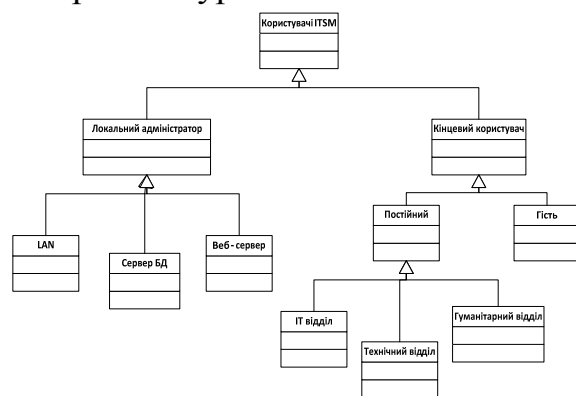


Рис. 2 - Таксономія типів користувачів в онтології *Onto-TO*

пользователей *ITSMS*-системы, учитывая при этом наличие среди них, в частности, различных категорий локальных администраторов сетевых ресурсов, а именно: администраторов локальных сетей и администраторов различных типов серверов (серверов баз данных и Веб-серверов). Кроме того, эта онтологическая

спецификация определяет также 2 класса конечных пользователей ИТ-сервисов: постоянных сотрудников университета и временных пользователей, причем первая их категория, в свою очередь, делится еще на три подкатегории: сотрудники кафедр, ведущих подготовку ИТ-специалистов, сотрудников технических кафедр и сотрудников кафедр гуманитарного профиля.

**Интеллектуальное управление инцидентами.** Для того, чтоб решить задачу (III), а именно: обеспечить расширенные возможности управления инцидентом в ITSM – системе, предлагается принять во внимание следующие их особенности и сформулировать соответствующие подходы к их функциональной реализации [10]:

–задача управления инцидентами, как один из наиболее слабо формализованных процессов в ITSM-системе, может быть эффективно решена с помощью одного из интеллектуальных методов поддержки принятия решений, например, с использованием метода логического вывода на основе анализа прецедентов (case-based reasoning – CBR);

–для повышения эффективности применения CBR, путем учета особенностей бизнес-процессов организации, в которой происходит внедрение ITSM-системы, должна быть разработана ее предметная (доменная) онтология (domain ontology);

–вследствие постоянных изменений, которые происходят как в корпоративной ИТ – инфраструктуре, так и в окружающей среде ее функционирования, ее предметная онтология должна быть адаптивной.

Целесообразность совместного использования CBR-методологии с онтологическим подходом показана в таких работах, как например, [13,14], но при этом последние рассматриваются как статические модели знаний о предметной области применения соответствующей ITSM-системы. Поэтому, для того, чтобы учитывать в онтологической спецификации, заданной выражением (3) те возможные изменения, о которых сказано выше, предлагается определить ее как адаптивную структуру [15] в виде следующего кортежа:

$$Onto-TO^{(adapt)} = \langle C, R, P, W^{(C)}, W^{(R)} \rangle, \quad (4)$$

где, в дополнение к основным компонентам онтологии, а именно:  $C$  - множество концептов,  $R$  - множество отношений между этими концептами, и  $P$  - множество аксиом (семантические правила), должны быть определены следующие компоненты:  $W^{(C)}$  - это множество весовых коэффициентов для оценки отдельных элементов из множества  $C$ , и  $W^{(R)}$  – аналогичное множество для элементов из множества  $R$  соответственно. Использование этих весовых коэффициентов позволяет, например, принять во внимание относительную важность запросов отдельных типов корпоративных клиентов (см. рис. 2), которые должны быть обработаны персоналом соответствующей ITSM-системы.

**Общая схема информационной технологии для реализации предложенного подхода.** На рис. 3 в нотации IDEF0 [12] представлена общая схема информационной технологии, разработанной для реализации комплексного подхода к решению задачи повышения эффективности использования систем ITSM. Она включает в себя 3 основных функциональных блока (ФБ), которые реализуют задачи, рассмотренные в п.п. 3.1-3.3, а именно: ФБ А1 – “Выбор эффективной конфигурации ITSM-модулей”, ФБ А2 – “ Процедура интеграции

информационных ресурсов”, ФБ А3 – “Модуль интеллектуального управления инцидентами”.

В соответствии с правилами нотации IDEF0 каждый из этих ФБ имеет 4 интерфейсные дуги: “Входные данные (Input)” – с левой стороны прямоугольника, обозначающего данный ФБ, “Управление (Control)” – с верхней стороны, “Механизм реализации (Mechanism)” – с нижней стороны и “Выходные данные (Output)” – с правой стороны блока. Состав компонентов этих интерфейсов вполне очевиден из схемы на рис.3.

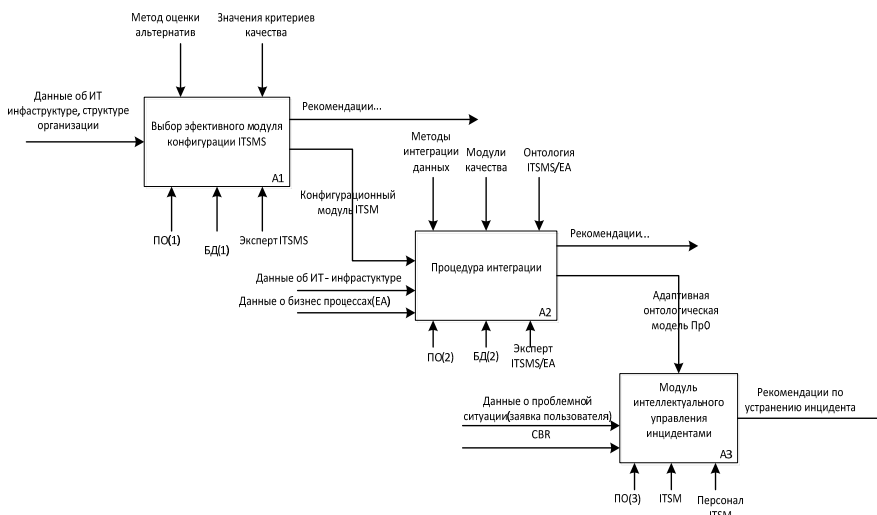


Рис. 3 - Общая схема разработанной информационной технологии

Следует особо отметить, что для обеспечения корректной работы каждого из этих ФБ необходимо наличие базы данных (БД), которая представлена для каждого из блоков (А1-А3) в виде компонентов интерфейса “Механизм реализации” – это компоненты БД (1), БД (2) и БД (3) соответственно. Они представляют собой подсхемы некоторой интегрированной схемы данных, на основе которой должна быть реализована БД всей системы, и в следующем разделе данной статьи представлен один из возможных вариантов ее реализации.

**Онтологическая схема интегрированной базы данных.** Для проектирования интегрированной БД, которая должна обеспечить функционирование всех моделей и алгоритмов в составе общей схемы информационной технологии, которая представлена на рис. 3, использован онтологический подход, что определяется выбором онтологий в качестве основного средства для моделирования информационных ресурсов как собственно системы ITSM, так и самой целевой бизнес-организации для ее внедрения (см. п. 3.2). Полученная таким образом концептуальная схема БД, представленная в виде UML - диаграммы классов [12], приведена на рис. 4. В ней выделены следующие логические подсхемы, которые позволяют решать такие задачи

- подсхема “Incident (Инцидент)”: в нее входят такие основные сущности как “Cause (Причина)”, “Description (Описание)”, “Key Words (Ключевые слова)”;
- подсхема “Case Solution (Разрешение инцидента)”: в ее составе определены сущности “Case (Причина)”, “Solution (Решение)”, “Software (Программное обеспечение)”, “Hardware (Аппаратное обеспечение)”;
- подсхема “Expert (Эксперт)”: она включает в себя такие сущности как “Admin LAN (Администратор ЛВС)”, “Admin DB server (Администратор сервера БД)”, “Admin Web server (Администратор Web сервера)”;

– подсьема “User (Пользователь)”: в нее включены подсьемности “Regular (Постоянный пользователь)”, “Profile (Профиль)”, “Visitor (Гость)”.

Следует отметить, что предлагаемая схема БД расширяет стандартные функциональные возможности так называемой базы данных управления конфигурациями (Configuration Management Database), которая является неотъемлемой составной частью типовой системы ITSM (см., напр., в [4,7,8]).

**Выводы и направления дальнейших исследований.** В данной статье предложен комплексный подход к решению задачи повышения эффективности внедрения и дальнейшего использования систем управления корпоративной ИТ-инфраструктурой (или ITSM-систем), который предполагает разработку: а) методики выбора определенной конфигурации ITSM-модулей; б) информационных моделей и технологии для интеграции определенной конфигурации ITSM-модулей в уже существующую корпоративную ИТ-инфраструктуру; в) интеллектуальных методов для управления процессом разрешения проблемных ситуаций (инцидентов), которые возникают в работе конечных пользователей ИТ-сервисов в этой организации. Для решения каждой из этих задач предполагается использовать предложенные модели и технологии, которые объединены в целостную технологическую схему, представленную в виде IDEF0-диаграммы, а для обеспечения работы всех ее функциональных блоков разработана онтологическая схема интегрированной БД. В качестве основного метода поиска решения для возникающих в работе пользователей ИТ-сервисов предлагается использовать модифицированный метод логического вывода на основе анализа прецедентов, использующий механизм онтологий для описания проблемно-ориентированных особенностей корпоративной ИТ-инфраструктуры.

В дальнейшем предполагается программно реализовать все основные блоки разработанной схемы этой информационной технологий, провести соответствующие численные эксперименты, выбрать адекватные метрики и проанализировать эффективность предложенного подхода.

**Список литературы:** 1. International Organization for Standardization. ISO/IEC 20000-1,2: Information Technology-Service Management, Part 1, 2. Geneva, Switzerland: ISO/IEC (2005) 2. *Ролик А. И.* Концепция управления корпоративной ИТ-инфраструктурой / Ролик А.И. // Вісник НТУУ «КПІ»: Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: «ВЕК+», 2012. – № 56. – С. 31– 55. 3. *Ткачук М. В.* Деякі проблеми управління ІТ-інфраструктурою підприємств: сучасний стан та перспективи розвитку / Ткачук М. В., Сокол В. Є. // Східно-Європейський журнал передових технологій, № 6/2 (48). - 2010. – С. 68-72 4. *Ролик А. И.* Тенденции и перспективы развития управления информационными технологиями / Ролик А. И. // Вісник НТУУ «КПІ»:

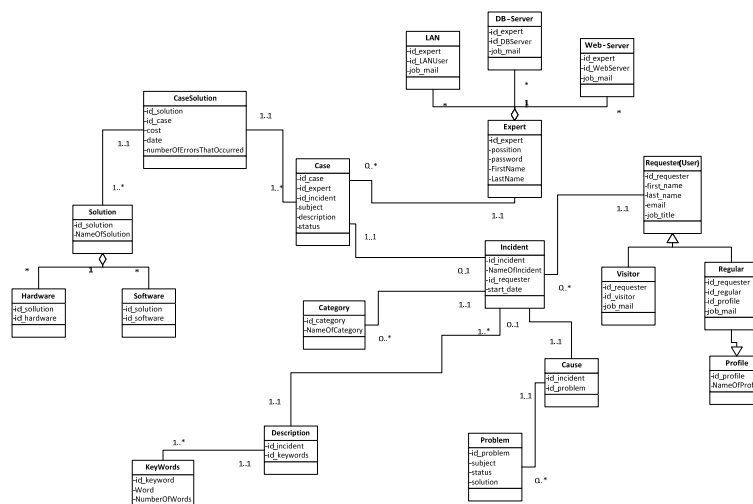


Рис.4 – Концептуальная схема БД системы

Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: «ВЕК+», 2012. – № 55. – С. 81 – 109. 5. *Лепетюк А. Л.* Наступає нова епоха ІТ / *А. Л. Лепетюк* // Інформаційні технології для ІТ-менеджменту. – 2011. - №5. – С. 22-27. 6. *Braun, C., Winter, R.*: Integration of IT Service Management into Enterprise Architecture. In: Proceeding of SAC'07, Seoul, Korea (2007) 7. *Radhakrishnan, R.*: ITSM Frameworks and Processes and their Relationship to EA Frameworks: A White Paper. IBM Global Technology Services (2008) 8. *Valiente, M.-C., Vicente-Chicote, C., Rodriguez, D.*: An Ontology-based and Model-driven Approach for Designing IT Service Management Systems. Int. J. Service Science, Management, Eng. and Techn., 2(2), pp. 65--81 (2011) 9. *Pansa, I., Reichle, M., Leist, C., Abeck, S.*: A Domain Ontology for Designing Management Services. In: 3-rd Int. Conf. on Advanced Service Computing, pp. 11--18 (2011) 10. *Tkachuk, N.* An Intelligent Approach to Increase Efficiency of IT-Service Management Systems: University Case-Study. / *N., Tkachuk, V., Sokol and K., Glukhovtsova.* // Proceedings of the ICTERI 2013: 9th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kherson, Ukraine, June 19-22, 2013, CEUR-WS.org/Vol-1000, ISSN 1613-0073, pp.48-63. 11. *Ткачук М. В.* Розробка методики комплексної оцінки ефективності впровадження систем управління ІТ-інфраструктурою організацій / *Ткачук М. В., Сокол В. Є., Черкашенко О. В.* // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" - Харків: НТУ "ХПІ". – 2012. - № 30 – с.94-104. 12. *Кулябов Д. С., Королькова А. В.* Введение в формальные методы описания бизнес-процессов. – М.: РУДН, 2008. – 173 с. 13. *Lopez-Fernandez, H., Fdez-Riverola, L., Reboiro-Jato, M.*: Using CBR as Design Methodology for Developing Adaptable Decision Support Systems. Technical report, University of Vigo, Spain (2011) 14. *Prentzas, J., Hatzilygeroudis, I.*: Combinations of Case-Based Reasoning with Other Intelligent Methods. J. Hybrid Intelligent Systems, pp. 55--58 (2009) 15. *Литвин В. В.* Мультиагентні системи підтримки прийняття рішень, що базуються на прецедентах та використовують адаптивні онтології / *В. В. Литвин* // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запоріжжя, 2009. – №2(21). – С. 120–126.

**Bibliography (transliterated):** 1. International Organization for Standardization. ISO/IEC 20000-1,2: Information Technology-Service Management, Part 1, 2. Geneva, Switzerland: ISO/IEC (2005) 2. *Rolik A.I.* Концепція управління корпоративної ІТ-інфраструктури / *Rolik A.I.* // Вісник НТУУ «КПІ»: Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: «ВЕК+», 2012. – № 56. – С. 31– 55. 3. *Tkachuk M.V.* Деякі проблеми управління ІТ-інфраструктурою підприємств: сучасний стан та перспективи розвитку / *Tkachuk M.V., Sokol V.Є.* // Східно-Європейський журнал передових технологій, № 6/2 (48). - 2010. – С. 68-72 4. *Rolik A.I.* Тенденції і перспективи розвитку управління інформаційними технологіями / *Rolik A.I.* // Вісник НТУ «КПІ»: Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: «ВЕК+», 2012. – № 55. – С. 81 – 109. 5. *Lepetyuk A.L.* Наступає нова епоха ІТ / *A.L. Lepetyuk* // Інформаційні технології для ІТ-менеджменту. – 2011. - №5. – С. 22-27. 6. *Braun, C., Winter, R.*: Integration of IT Service Management into Enterprise Architecture. In: Proceeding of SAC'07, Seoul, Korea (2007) 7. *Radhakrishnan, R.*: ITSM Frameworks and Processes and their Relationship to EA Frameworks: A White Paper. IBM Global Technology Services (2008) 8. *Valiente, M.-C., Vicente-Chicote, C., Rodriguez, D.*: An Ontology-based and Model-driven Approach for Designing IT Service Management Systems. Int. J. Service Science, Management, Eng. and Techn., 2(2), pp. 65--81 (2011) 9. *Pansa, I., Reichle, M., Leist, C., Abeck, S.*: A Domain Ontology for Designing Management Services. In: 3-rd Int. Conf. on Advanced Service Computing, pp. 11--18 (2011) 10. *Tkachuk, N.* An Intelligent Approach to Increase Efficiency of IT-Service Management Systems: University Case-Study. / *N., Tkachuk, V., Sokol and K., Glukhovtsova.* // Proceedings of the ICTERI 2013: 9th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications: Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kherson, Ukraine, June 19-22, 2013, CEUR-WS.org/Vol-1000, ISSN 1613-0073, pp.48-63. 11. *Tkachuk M.V.* Розробка методики комплексної оцінки ефективності впровадження систем управління ІТ-інфраструктурою організацій / 12. *Tkachuk M.V., Sokol V.Є., Cherkashenko O.V.* // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" - Харків: НТУ "ХПІ". – 2012. - № 30 – с.94-104. 13. *Kulyabov D.S., Korolkova A.V.* Введение в формальные методы описания бизнес-процессов. – М.: РУДН, 2008. – 173 с. 14. *Prentzas, J., Hatzilygeroudis, I.*: Combinations of Case-Based Reasoning with Other Intelligent Methods. J. Hybrid Intelligent Systems, pp. 55--58 (2009) 15. *Litvin V.V.* Multiagentni sistemi pidtrimki priinyattya rishen, shho bazuyutsya na precedentax ta vikoristovuyut adaptivni ontologii / *V.V. Litvin* // Radioelektronika, informatika, upravlinnya. – Zaporizhzhya, 2009. – №2(21). – С. 120–126.

*Поступила (received) 04.04.2014*

**Концепция и информационная технология повышения эффективности применения систем управления корпоративной ИТ-инфраструктурой/ Ткачук Н. В., Сокол В. Е. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.85-94 . – Бібліогр.: назв. ISSN 2079-5459**

Рассмотрены вопросы разработки концепции и информационной технологии для повышения эффективности внедрения и эксплуатации современных систем управления корпоративной ИТ-инфраструктурой (систем ITSM). Для решения этой задачи предложен комплексный знание-ориентированный подход, который включает в себя разработку методики экспертного многокритериального выбора эффективной конфигурации ITSM-модулей, информационной модели и инструментальных средств для интеграции функциональности ITSM в существующую корпоративную ИТ- инфраструктуру и применение интеллектуальных методов обработки данных для управления процессом разрешения инцидентов, возникающих в работе пользователей ИТ-услуг.

**Ключевые слова:** управление ИТ-инфраструктурой, эффективность, онтологический подход.

Розглянуто питання розробки концепції та інформаційної технології для підвищення ефективності впровадження і експлуатації сучасних систем управління корпоративною ІТ-інфраструктурою ( систем ITSM). Для вирішення цього завдання запропоновано комплексний знання-орієнтований підхід , який включає в себе розробку методики експертного багатокритеріального вибору ефективної конфігурації ITSM-модулів, інформаційної моделі та інструментальних засобів для інтеграції функціональності ITSM в існуючу корпоративну ІТ-інфраструктуру і застосування інтелектуальних методів обробки даних для управління процесом вирішення інцидентів , що виникають у роботі користувачів ІТ -послуг.

**Ключові слова:** управління ІТ-інфраструктурою, ефективність, онтологічний підхід.

**Concept and information technology for efficiency increasing of IT service management systems usage/ Tkachuk N. Sokol V. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.85-94 . – Бібліогр.: назв. ISSN 2079-5459**

The problems of concept and information technology development to improve the efficiency of the implementation and operation of modern control systems for the corporate IT infrastructure (ITSM) is considered. To solve this problem, proposed a comprehensive knowledge -based approach, which includes the development of a multicriteria expert method for ITSM- effective modules configuration, information models and tools for the integration of ITSM functionality into the existing enterprise IT infrastructure and application of intelligent data processing methods for process control resolve incidents occurring among users of IT services.

**Keywords:** IT service management, efficiency, ontological approach.

## УДК 517.5

**М. А. СУХОРОЛЬСЬКИЙ**, д-р фіз.- мат. наук, проф., НУ «Львівська політехніка»;  
**Г. В. ІВАСИК**, канд. фіз.-мат. наук, асистент, НУ «Львівська політехніка»

### **ОПЕРАТОР ГАУССА СТОСОВНО ДО ПІДСУМОВУВАННЯ РОЗБІЖНИХ СТЕПЕНЕВИХ РЯДІВ**

Досліджено підсумовування розбіжних степеневих рядів методом Вейєрштрасса-Гаусса, сформульованого з використанням оператора усереднення з ядерною функцією Гаусса. Показано, що степеневий ряд мероморфної функції може бути підсумований цим методом за межею круга збіжності.

**Ключові слова:** оператор усереднення, мероморфна функція.

**Вступ.** Методи підсумовування розбіжних числових та тригонометричних рядів розглянуто у роботах [2–5] . У роботах [1–3] сформульовано методи

підсумовування рядів, що ґрунтуються на математичному апараті інтегральних операторів усереднення. Стосовно до підсумовування степеневих рядів узагальнені методи використовують, хіба-що, на межі круга збіжності.

У даній роботі досліджено підсумовування розбіжних степеневих рядів методом Вейерштрасса-Гаусса, сформульованого з використанням оператора усереднення з ядерною функцією Гаусса. Показано, що степеневий ряд мероморфної функції може бути підсумований цим методом за межею круга збіжності.

Формулювання методу ґрунтується на наступному твердженні [1, 3].

**Теорема 1.** Нехай інтегровна за Лебегом функція  $f(x)$  має у точці  $x_0 \in ]-\infty, \infty[$  неперервні похідні  $k$ -го порядку і  $\omega(t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{4}\right)$  - ядро Гаусса оператора усереднення

$$f_\sigma(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sigma} \omega\left(\frac{t-x}{\sigma}\right) dt, \quad (1)$$

де  $\{\sigma\}$  - додатна числова множина з точкою згущення  $\sigma=0$ . Тоді у точці  $x_0$  справджується рівність

$$f^{(k)}(x_0) = \lim_{\sigma \rightarrow +0} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sigma} \frac{\partial^k}{\partial x_0^k} \omega\left(\frac{t-x_0}{\sigma}\right) dt. \quad (2)$$

Розглянемо тригонометричний ряд періодичної функції  $f(x) \in L^1[-\pi; \pi]$ ,

$$f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx + b_n \sin nx, \quad (3)$$

де  $a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx$ ;  $b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx$ .

Застосовуючи оператор усереднення до функції  $f(x)$  і розвиваючи його у тригонометричний ряд за фіксованого значення  $\sigma \neq 0$ , матимемо

$$f_\sigma(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \frac{1}{\sigma} \omega\left(\frac{t-x}{\sigma}\right) dt = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \rho^{n^2} (a_n \cos nx + b_n \sin nx), \quad (4)$$

де  $\rho^{n^2} = \int_{-\infty}^{\infty} \omega(x) \cos(\sigma nx) dx$ ,  $\rho = e^{-\sigma^2}$ . Тоді [3], у кожній точці неперервності функції  $f(x)$  справджується гранична рівність (2), яка з урахуванням (4) набуде вигляду

$$f(x) = \lim_{\rho \rightarrow 1-0} \left[ \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \rho^{n^2} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \right], \quad (5)$$

Гранична рівність (5) визначає узагальнену суму, а послідовність  $\{\rho^{n^2}\}$  при  $\rho \rightarrow 1-0$  - метод Вейерштрасса-Гаусса підсумовування ряду (3).

Ввівши узагальнену частинну суму ряду (4), граничну рівність (5) можна записати у вигляді подвійної граничної рівності

$$f(x) = \lim_{\rho \rightarrow 1-0} \lim_{N \rightarrow \infty} \left[ \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^N \rho^{n^2} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \right].$$

Тоді,  $f(x)$  - узагальнена сума ряду (3) у точці  $x$ , якщо для будь-якого як завгодно малого числа  $\varepsilon > 0$  існує номер  $N$  і існує число  $\rho_N$ ,  $\lim_{N \rightarrow \infty} \rho_N = 1$ , такі, що для всіх  $n \geq N$  і  $\rho = \rho_N$  справджуються нерівність

$$\left| f(x) - \left[ \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n \rho_N^{k^2} (a_k \cos kx + b_k \sin kx) \right] \right| \leq \varepsilon. \quad (6)$$

**Підсумовування степеневих рядів.** Розглянемо питання про підсумовування степеневих рядів методом Вейерштрасса-Гаусса. Нехай

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n z^n \quad (7)$$

- степеневий ряд функції  $f(z)$ , аналітичної в крузі  $|z| < R$ ,  $0 < R < \infty$ . Тоді  $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|c_n|} = 1/R$  і звідси для великих значень номера  $n$  впливає асимптотична оцінка

$$|\tilde{c}_n| = O(n^m/R^n), \quad (8)$$

де  $|m| < \infty$ . Перетворимо ряд (7) з урахуванням позначень  $\tilde{c}_n^* = c_n R^n / n^m$  і  $z = re^{i\psi}$ ,  $-\pi < \psi \leq \pi$ ,  $0 \leq r < R$ ,

$$f(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n r^n e^{in\psi} = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n^* n^m \left(\frac{r}{R}\right)^n e^{in\psi}. \quad (9)$$

Тут  $\overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|c_n^*|} = 1$  і число  $m$  вибрано таким, що у деякій точці  $z_0 = R \cdot e^{i\psi_0}$  границі круга збіжності збіжним (у класичному розумінні суми) є ряд

$$f^*(\psi_0) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n^* e^{in\psi_0} \quad (10)$$

Спочатку розглянемо допоміжне твердження.

**Лема.** Для аналітичної в одиничному крузі  $|z| < 1$  функції  $f(z) = \ln(1-z)$  і її похідних у точках одиничного кола  $z = e^{i\psi_0}$ ,  $-\pi < \psi_0 \leq \pi$ , крім точки  $z = 1$ , виконуються граничні рівності

$$\begin{aligned} \ln(1-z) &= \lim_{\sigma \rightarrow +0} \int_{-\infty}^{\infty} \ln(1-e^{i\psi}) \frac{1}{2\sqrt{\pi\sigma}} \exp\left[-\left(\frac{\psi-\psi_0}{2\sigma}\right)^2\right] d\psi = - \lim_{\rho \rightarrow 1-0} \sum_{n=1}^{\infty} \rho^{n^2} \frac{1}{n} z^n, \\ \frac{-1}{1-z} &= \lim_{\sigma \rightarrow +0} \int_{-\infty}^{\infty} \ln(1-e^{i\psi}) \frac{1}{2\sqrt{\pi\sigma}} \frac{\partial}{\partial \psi} \exp\left[-\left(\frac{\psi-\psi_0}{2\sigma}\right)^2\right] d\psi = - \lim_{\rho \rightarrow 1-0} \sum_{n=1}^{\infty} \rho^{n^2} z^n, \\ \frac{(k-1)!}{(1-z)^k} &= \lim_{\sigma \rightarrow +0} \int_{-\infty}^{\infty} \ln(1-e^{i\psi}) \frac{1}{2\sqrt{\pi\sigma}} \frac{\partial^k}{\partial \psi^k} \exp\left[-\left(\frac{\psi-\psi_0}{2\sigma}\right)^2\right] d\psi = \lim_{\rho \rightarrow 1-0} \sum_{n=1}^{\infty} \rho^{n^2} \frac{(n+k-1)!}{n!} z^n \end{aligned} \quad (11)$$

**Доведення.** Покажемо, що існує інтеграл вздовж одиничного кола  $z = e^{i\psi}$ ,  $-\pi < \psi \leq \pi$ , від функції  $f(z)$ . Дійсно,

$$\int_{|z|=1} \ln(1-z) dz = \int_{-\pi}^{\pi} \ln(1-e^{i\psi}) de^{i\psi} = \lim_{\substack{\delta_1 \rightarrow 0 \\ \delta_2 \rightarrow -\delta_1}} \int_{\delta_1}^{\delta_2} \ln(1-e^{i\psi}) de^{i\psi} = \lim_{\substack{\delta_1 \rightarrow 0 \\ \delta_2 \rightarrow 0}} (1-e^{i\psi}) [1 - \ln(1-e^{i\psi})]_{-\delta_1}^{\delta_2} = 0.$$

Отже, функція  $f(z)$  інтегрована на колі  $|z|=1$ . Тоді виконуються умови вихідного твердження і для функції та її похідних справедливі формули (11), крім точки  $z = 1$ .

**Теорема 2.** Нехай  $f(z)$  - мероморфна функція, аналітична в крузі  $|z| < R$ ,  $0 < R < \infty$ , і аналітична на множині  $E_0 = \{z : |z - z_0| < \delta\}$  - деякому околі точки  $z_0 = R \cdot e^{i\psi_0}$ , що лежить на границі круга збіжності ряду цієї функції (7). Тоді, справедлива формула

$$f(z) = \lim_{\rho \rightarrow 1-0} \sum_{n=0}^{\infty} \rho^{n^2} c_n z^n, \quad z \in E_0. \quad (12)$$

**Доведення.** Функція називається мероморфною, якщо в кожній обмеженій частині площини вона аналітична, хіба-що, за виключенням скінченного числа



полісів. Вважаємо, що точка  $z_1 = r_1 e^{i\psi_1} \in E_0$ ,  $r_1 \geq R$ . Застосуємо до цієї функції за кутовою координатою оператор усереднення з ядром Гаусса

$$S_\sigma(r_1 e^{i\psi_1}) = \int_{-\infty}^{\infty} f(r_1 e^{it}) \frac{1}{2\sqrt{\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(t-\psi_1)^2}{4\sigma^2}\right) dt. \quad (13)$$

Функція  $f(z)$  має тільки полюси, її вираз на колі  $|z|=r_1$  може мати тільки сингулярності вигляду  $(z-z_m)^{-k}$ ,  $|z_m|=|z_1|$ . Тому за доведеною лемою у формулі (13) можливий граничний перехід при  $\sigma \rightarrow 0$  ( $z \neq z_m$ ).

Розвинемо функцію  $S_\sigma(r_1 e^{i\psi_1})$  у ряд за степенями змінної  $r_1$  і перетворимо її з урахуванням позначень, прийнятих в (9)

$$\begin{aligned} S_\sigma(r_1 e^{i\psi_1}) &= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(0)}{k!} r_1^k \frac{1}{2\sqrt{\pi\sigma}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{ikt} \exp\left(-\frac{(t-\psi_1)^2}{4\sigma^2}\right) dt = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} r_1^n e^{in\psi_1} \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{in\sigma u} \exp\left(-\frac{u^2}{4}\right) du = \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \rho^{n^2} \frac{f^{(n)}(0)}{n!} r_1^n e^{in\psi_1} = \sum_{n=0}^{\infty} \rho^{n^2} c_n r_1^n e^{in\psi_1} = \sum_{n=0}^{\infty} \rho^{n^2} n^m \left(\frac{r_1}{R}\right)^n c_n^* e^{in\psi_1}, \end{aligned} \quad (14)$$

де  $\rho = e^{-\sigma^2}$ .

Покажемо, що ряд в (14) за умови  $0 < \rho < 1$  збігається у будь-якій скінченній площині. Дійсно,  $\frac{1}{R'} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\rho^{n^2} n^m \left(\frac{r_1}{R}\right)^n} c_n^* = \left(\frac{r_1}{R}\right) \lim_{n \rightarrow \infty} \rho^n \sqrt[n]{c_n^*} = \left(\frac{r_1}{R}\right) \lim_{n \rightarrow \infty} \rho^n = 0$  і, відповідно,  $R' = \infty$ .

Тому справедливе подання

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(r_1 e^{it}) \frac{1}{2\sqrt{\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{t-\psi_1}{4\sigma^2}\right) dt = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \rho^{n^2} n^m \left(\frac{r_1}{R}\right)^n c_n^* e^{in\psi_1}. \quad (15)$$

Перейдемо до границі у формулі (15) при  $\rho \rightarrow 1-0$ . За теоремою 1 граничний перехід у лівій частині формули (15) можливий, оскільки кожна точка множини  $E_0$  є точкою аналітичності функції  $f(z)$ . Тому

$$\lim_{\rho \rightarrow 1-0} \int_{-\infty}^{\infty} f(r_1 e^{it}) \frac{1}{2\sqrt{\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{t-\psi_1}{4\sigma^2}\right) dt = f(r_1 e^{i\psi_1}) \quad (16)$$

Для відшукування границі правої частини рівності (15) скористаємося означенням границі, відповідно, нерівністю (6) і дослідимо залишок відповідного ряду. Перетворимо за Абелем [3] ряд у (15),

$$\begin{aligned} c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} n^m \left(\frac{r_1}{R} \rho^n\right)^n c_n^* e^{in\psi_1} &= c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} n^m \left(\frac{r_1}{R} \rho^n\right)^n [G_n(\psi_1) - G_{n-1}(\psi_1)] = \\ &= \left(1 - \frac{r_1}{R} \rho\right) c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ n^m \left(\frac{r_1}{R} \rho^n\right)^n - (n+1)^m \left(\frac{r_1}{R} \rho^{n+1}\right)^{n+1} \right] G_n(\psi_1), \end{aligned} \quad (17)$$

де  $G_n = \sum_{k=n}^{\infty} c_k^* e^{ik\psi_1}$  - частинна сума ряду (10). Оскільки ряд (10) збігається, послідовність частинних сум обмежена  $|G_n| \leq M < \infty$ . Оцінимо залишок ряду (17)

$$A_N = \sum_{n=N}^{\infty} \left[ n^m \left(\frac{r_1}{R} \rho^n\right)^n - (n+1)^m \left(\frac{r_1}{R} \rho^{n+1}\right)^{n+1} \right] G_n(\psi_1). \quad (18)$$

Послідовність  $\left\{ \phi_n(\rho) = n^m (r_1 \rho^n / R)^n \right\}_{n=0}^{\infty}$  не є монотонною. Номер найбільшого члена послідовності знайдемо з необхідної умови екстремуму функції, що задає загальний член цієї послідовності,

$$\ln \frac{r_1}{R} + 2n \ln \rho + \frac{m}{n} = 0.$$

Тут  $R, r_1, m, \rho$  - величини, значення яких задані. Отже,

$$N_0 = \left[ \frac{1}{2} \left( \ln \frac{r_1}{R} + \sqrt{\ln^2 \frac{r_1}{R} + 4m \ln \frac{1}{\rho^2}} \right) \ln^{-1} \frac{1}{\rho^2} \right] \quad (19)$$

- номер найбільшого члена послідовності ( $N_0 < N$ ). Залежність параметра  $\rho$  і найбільшого члена послідовності від номера  $N_0$  наступна

$$\rho = \left( \frac{R}{r_1} \right)^{\frac{1}{2N_0}} e^{\frac{m}{2N_0^2}}, \quad \phi_{N_0}(\rho) = \left( \frac{r_1}{R} \right)^{\frac{N_0}{2}} N_0^m e^{\frac{m}{2}} \quad (20)$$

Розглянута послідовність за умови  $n \geq N$  монотонно спадає. Оскільки параметри  $N$  і  $N_0 = N_0(\rho)$  вибираються незалежно, ввівши змінний коефіцієнт за формулою  $N = \alpha N_0$ , знайдемо з урахуванням (20) оцінку для залишку ряду (18)

$$\begin{aligned} |A_N| &= \left| \sum_{n=N}^{\infty} \left[ n^m \left( \frac{r_1}{R} \rho^n \right)^n - (n+1)^m \left( \frac{r_1}{R} \rho^{n+1} \right)^{n+1} \right] G_n(\psi_1) \right| \leq A \sum_{n=N}^{\infty} \left[ \left[ n^m \left( \frac{r_1}{R} \rho^n \right)^n - (n+1)^m \left( \frac{r_1}{R} \rho^{n+1} \right)^{n+1} \right] \right] = \quad (21) \\ &= AN^m \left( \frac{r_1}{R} \rho^N \right)^N = A \left( \frac{R}{r_1} \right)^{\frac{N^2}{2N_0} - N} N^m e^{\frac{mN^2}{2N_0^2}} = A e^{\frac{m\alpha^2}{2}} \left( \frac{R}{r_1} \right)^{\frac{(\alpha-2)N}{2}} N^m. \end{aligned}$$

Якщо  $\alpha > 2$ , тобто параметр  $\rho$  і номер  $N$  вибрані такими, що  $N > 2N_0$ , то  $\lim_{N \rightarrow \infty} |A_N| = 0$ , тобто, у точках множини  $E_0$ , які лежать за кругом збіжності, виконується гранична рівність (12). Отже, ряд (7) збігається і його узагальнена сума з урахуванням формули (16) дорівнює значенню функції у даній точці.

**Наслідок 1.** Для похідної  $k$ -го порядку від мероморфної функції  $f(z)$  виконується рівність

$$f^{(k)}(z) = \lim_{\rho \rightarrow 1-0} \sum_{n=0}^{\infty} \rho^{n^2} \frac{(n+k)! c_{n+k}}{n!} z^n, \quad z \in E_0.$$

**Доведення.** Функція  $f^{(k)}(z)$  задовольняє умови теореми, оскільки має однакові з функцією  $f(z)$  полюси і також є мероморфною.

**Наслідок 2.** Ряд, одержаний після почленного інтегрування ряду мероморфної функції, підсумовується методом Вейерштрасса-Гаусса на множині  $E_0$ .

**Доведення.** Інтегрування як тригонометричного, так і степеневого ряду не послаблює асимптотичні оцінки коефіцієнтів одержаних рядів, тому аналогічна з (12) рівність справджується і для первісної даного ряду.

**Висновки.** Умови теореми 2 не виконуються у точках, що лежать на променях, початковими точками яких є особливі точки мероморфної функції. Тому відповідний степеневий ряд не може бути просумований методом Вейерштрасса-Гаусса у точках, що лежать на цих променях.

Степеневий ряд (7) підсумовується з використанням послідовності  $\{\rho^{n^2}\}$ , яка є частинним випадком (при  $\nu = 2$ ) послідовності  $\{\rho^{n^\nu}\}$ . Послідовність  $\{\rho^{n^\nu}\}$  при  $\nu > 1$  і  $\rho \rightarrow 1-0$  також визначає метод підсумовування розбіжних степеневих рядів.

Розбіжний степеневий ряд не може бути підсумований методом Пуассона-Абеля  $\{\rho^n\}$  при  $\rho \rightarrow 1-0$  зовні круга збіжності  $|z| > R$ , оскільки необхідна умова збіжності ряду відповідного інтегрального перетворення,  $\lim_{n \rightarrow \infty} \rho^n |c_n| |z|^n = 0$ , визначає значення  $\rho < 1$ , і граничний перехід при  $\rho \rightarrow 1-0$  не можливий.

**Список літератури:** 1. Ахиезер, Н. И. Лекции об интегральных преобразованиях [Текст] / Н. И. Ахиезер. – Харьков: Вища школа, 1984. – 120 с. 2. Степанец, А. И. Классификация и приближение периодических функций [Текст] / А. И. Степанец. – Киев: Наук. думка, 1987. – 268 с. 3. Сухорольський, М. А. Функціональні послідовності та ряди [Текст] / М. А. Сухорольський. – Львів: Растр-7, 2010. – 346 с. 4. Фихтенгольц, Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления [Текст] / Г. М. Фихтенгольц; Том II. – Москва: Наука, 1969. – 800 с. 5. Харди, Г. Расходящиеся ряды [Текст] / Г. Харди. – М.: ИЛ, 1951. – 504 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Ahiezer, N. I. (1984). Lekcii ob integral'nyh preobrazovanijah. Har'kov: Vishha shkola, 120. 2. Stepanec, A. I. (1987). Klassifikacija i priblizhenie periodicheskijh funkcij. Kiev: Nauk. dumka, 268. 3. Suhorol's'kij, M. A. (2010). Funkcional'ni poslidovnosti ta rjadi. L'viv: Rastr-7, 346. 4. Fih'tengol'c, G. M. (1969). Kurs differencial'nogo i integral'nogo ischislenija; Vol. II. Moskva: Nauka, .800. 5. Hardi, G. (1951). Rashodjashhiesja rjady. M.: IL, 504.

*Надійшла (received) 25.03.2014*

УДК 517.5

**Оператор гаусса стосовно до підсумовування розбіжних степеневих рядів/ Сухорольський М. А., Івасик Г. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.94-99 . – Бібліогр.: 5назв. ISSN 2079-5459**

Досліджено підсумовування розбіжних степеневих рядів методом Вейерштрасса-Гаусса, сформульованого з використанням оператора усереднення з ядерною функцією Гаусса. Показано, що степеневий ряд мероморфної функції може бути підсумований цим методом за межею круга збіжності.

**Ключові слова:** оператор усереднення, мероморфна функція.

Исследовано суммирование расходящихся степенных рядов методом Вейерштрасса-Гаусса, сформулированного с использованием оператора усреднения с ядерной функцией Гаусса. Показано, что степенной ряд мероморфной функции может быть просуммирован этим методом за границей круга сходимости.

**Ключевые слова:** оператор усреднения, мероморфной функции.

**Gaussian operator in summation by divergent power series/ Sukhorolsky M., Ivasyk G. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.94-99. Bibliogr.:5 . ISSN 2079-5459**

Summation of divergent power series by Weierstrass-Gauss based on the averaging operator with Gaussian kernel function is investigated. It is shown that the power series of meromorphic functions can be summed up by this method outside the circle of convergence.

**Keywords:** averaging operator, meromorphic functions.

УДК 661.961.1

*Н. Ф. ДОБРИЦКАЯ*, аспирант, НТУ «ХПИ»;*Б. А. ТРОШЕНЬКИН*, д-р техн. наук, в. н. с., ИПМаш Украины, Харьков**МЕТОД ОБОБЩЕНИЯ ОПЫТНЫХ ДАННЫХ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ВОДОРОДА В РЕАКЦИЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ВОДОЙ**

В данной статье изложены результаты измерений параметров процесса выделения водорода из воды с помощью алюминиевых сплавов при постоянном давлении и при постоянном объеме. Исследовано влияние размера частиц сплава Al 85 на скорость выделения водорода. Опытные данные обобщены по уравнению Ерофеева.

**Ключевые слова:** водород, алюминиевые сплавы, вода, кинетика, полнота реакции, скорость выделения газа.

**Введение.** Наиболее перспективным способом производства водорода в автономных условиях является получение водорода из воды с использованием сплавов [1]. Определение полноты реакции и обобщение полученных данных уравнением Ерофеева дает возможность достоверно оценить кинетику процесса вытеснения водорода из воды алюминиевыми сплавами.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является исследование кинетики и выбор метода обобщения опытных данных по вытеснению водорода из воды алюминиевыми сплавами. Скорость процесса и полнота реакции при постоянном давлении определялись по объему выделившегося водорода. В случае изохорного процесса эти величины оценивались по скорости повышения давления водорода во время реакции.

Экспериментальные работы проведены в ИПМаш им. А. Н. Подгорного НАН Украины (в опытах участвовали Редько В. В., Лупандин А. А., Валуйская С. Б.).

**Исследование кинетики выделения водорода из воды при постоянном давлении.** Экспериментальная установка состоит из колбы, выполняющей роль реактора, термостата, четырех параллельно соединенных между собой и с реактором бюреток общим объемом 1000 мл и стеклянной емкости объемом 1500 мл. Газовые бюретки снабжены водяными рубашками.

**Методика проведения эксперимента.** В реактор заливают воду, затем его герметизируют и опускают в термостат. Заполняют водой бюретки. Воду в реакторе нагревают до заданной температуры, проверяют установку на герметичность.

После этого загружают исследуемый сплав в количестве одного грамма. Выделяющийся водород вытесняет воду из бюреток в стеклянную емкость. Количество выделяющегося водорода фиксируют по изменению уровня вытесняемой жидкости.

Эксперимент считают законченным, когда уровень воды в бюретке остается неизменным.

Полноту реакции определяют путем сравнения количеств водорода полученных, с одной стороны, во время опыта, а с другой – рассчитанных по стехиометрическому уравнению.

Дополнительный контроль значений полноты реакции проводят добавлением к продуктам реакции 20 %-ного раствора едкого натра.

В этом случае о полноте реакции судят по соотношению объемов водорода, выделившихся при взаимодействии сплавов как с водой, так и с раствором щелочи.

Исследована активность сплавов следующего химического состава, масс. %: Al 4 (Al-96, Sn-1, Cd-1, In-1, Ga-1); Al 5 (Al-89,5, Bi-5, Sn-5, Ga-0,5); Al 6 (Al-97, Sn-1, In-1, Ga-1); Al 8 (Al-89, Bi-5, Sn-5, Ga-1).

Удельная площадь поверхности порошка сплавов, м<sup>2</sup>/кг: Al 4 – 104, Al 5 – 229, Al 6 – 100, Al 8 – 282.

Полноту реакции  $\alpha_T$  определяют как отношение фактически выделившегося объема водорода к теоретически возможному [2]

$$\alpha_T = V_r / V_T, \quad (1)$$

где  $V_r$  - приведенный к н. у. объем H<sub>2</sub>, выделившийся за время реакции;  $V_T$  - объем водорода, рассчитанный по стехиометрии при взаимодействии 1·10<sup>-3</sup> кг чистого алюминия с водой.

Для определения теоретического объема водорода принята следующая реакция взаимодействия алюминия с водой



По стехиометрии на каждый кг Al выделяется 1,23 м<sup>3</sup> водорода. Так как в сплавах присутствуют добавки элементов Sn, Cd, In, Ga, Bi, которые не реагируют с водой, то это обстоятельство учитывают при расчете количества алюминия, участвующего в реакции.

Скорость выделения водорода рассчитывают по формуле [3]

$$W = \frac{\Delta V}{m \cdot \Delta \tau}, \quad (3)$$

где  $\Delta V$  - приведенный к н. у. объем выделившегося водорода, м<sup>3</sup>;  $\Delta \tau$  - время, за которое выделился данный объем газа, с;  $m$  - масса сплава, кг.

**Результаты исследований.** В табл. 1 и на рис. 1 представлены результаты исследования кинетики выделения водорода из воды алюминиевыми сплавами. Начальная температура реакции 22 °С. Дисперсный состав сплавов (0,05...0,315)·10<sup>-3</sup> м,  $m = 1 \cdot 10^{-3}$  кг

Эксперименты показали, что исследуемые сплавы можно разделить на две группы.

Сплавы первой группы, к которым можно отнести Al 5 и Al 8, характеризуются близкими величинами объемов водорода, выделяемых на единицу массы (0,63 и 0,64) · 10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>/кг, при этом максимальные скорости выделения водорода составили (10,9 и 10,6) · 10<sup>-6</sup> м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с), а полнота реакции 0,6 и 0,63, соответственно.

Сплавы второй группы Al 4 и Al 6 характеризуются большими по сравнению с первой величинами объемов водорода, выделяемых на единицу массы (0,96 и 1,01) · 10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>/кг. В этом случае максимальные скорости выделения

водорода имеют величину  $(31,7 \text{ и } 30) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , а полнота реакции 0,81 и 0,84, соответственно.

Обобщение кинетических данных уравнением Ерофеева (4) позволило определить коэффициенты  $k$  и  $n$  (см. табл. 1 и рис. 2.) [4]

$$\alpha = 1 - e^{-k\tau^n} \quad (4)$$

где  $k$  – константа скорости реакции, зависящая от температуры и природы вещества;  $n$  – постоянная, учитывающая на каких геометрических элементах поверхности развивается реакция.

Таблица 1 – Результаты исследования кинетики выделения водорода из воды алюминиевыми сплавами при постоянном давлении

Тип сплава	Количество выделившегося водорода, $\text{м}^3/\text{кг}$	Максимальная скорость реакции, $W_{\text{max}} \cdot 10^{-6}$ , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Полнота реакции на, $\alpha_{\tau}$	Коэффициенты	
				$k \cdot 10^3$	$n$
Al 4	0,96	31,7	0,81	30(63)	0,55(0,42)
Al 5	0,63	10,9	0,6	58(109)	0,38(0,27)
Al 6	1,01	10	0,84	23	0,62
Al 8	0,64	10,6	0,63	83(99)	0,34(0,32)

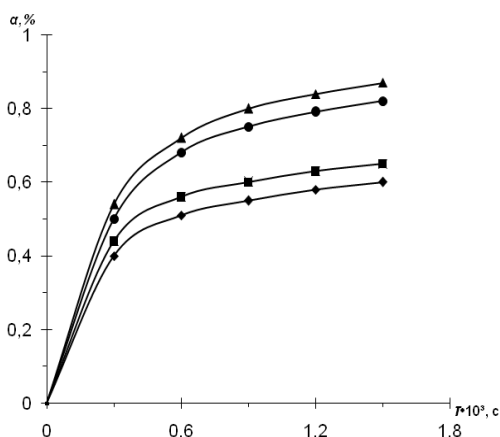


Рис. 1 – Зависимость полноты реакции от времени для сплавов: ◆ – Al 5; ● – Al 4; ▲ – Al 6; ■ – Al 8.

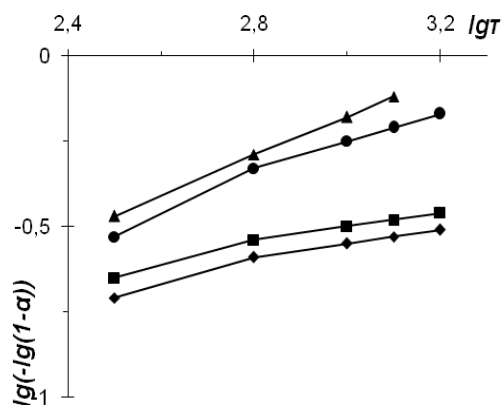


Рис. 2 – Зависимость величины  $\lg(-\lg(1-\alpha))$  от логарифма времени  $\lg\tau$  для сплавов: ◆ – Al 5; ● – Al 4; ▲ – Al 6; ■ – Al 8

На прямых Al 5, Al 4 и Al 8 наблюдается перелом, после которого значения коэффициентов  $k$  и  $n$  изменяется. Снижение значений показателя  $n$  после перелома обусловлено уменьшением реакционной поверхности как вследствие исчезновения мелких частиц, так и за счет блокирования поверхность крупных частиц гидроксидным слоем [5].

**Исследование кинетики выделения водорода из воды при постоянном объеме.** Основные кинетические исследования выполнены в металлическом реакторе, обеспечивающем изохорное ведение процесса. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 3.

Доля прореагировавшего во время опыта сплава

$$\alpha_r = P_\tau / P_{max}, \quad (5)$$

где  $P_\tau$  - давление водорода в момент времени  $\tau$ ;  $P_{max}$  - максимальное давление в конце реакции.

Скорость выделения водорода рассчитывают по формуле (2)

$$W = \frac{\Delta V}{f_{y\delta} \cdot \Delta \tau}, \quad (6)$$

где  $f_{y\delta}$  - удельная площадь поверхности порошка сплава, м<sup>2</sup>/кг.

Методика проведения эксперимента. В начале опыта необходимое количество воды заливают в реактор 1. Порошок исследуемого сплава засыпают в кассету 3. Кассету подвешивают в горловине реактора 2 на металлической нити 4, соединённой через контакт 8, пусковую кнопку 9 и выпрямитель 10 с электросетью. После герметизации и разогрева реактора нажимают кнопку 9 и одновременно фиксируют время начала реакции. Поступающий из электросети импульс тока расплавляет нить 4, кассета падает, и порошок высыпается в воду.

Производят автоматическую запись изменения давления и температуры, для чего к реактору подсоединены манометр 7 и термопара 17 с соответствующими вторичными приборами 6 и 18.

Опыт считается законченным при прекращении заметного роста давления и снижения температуры среды в реакторе на 3...5 °С. По окончании опыта реактор охлаждают, газ пропускают через конденсатор 12, и после отделения капель воды в сепараторе 13 через редуктор 14 и расходомер 15 сбрасывают в атмосферу.

Продукты реакции сливают, стенд тщательно промывают. Реактор 1 снабжён контрольным манометром 11 и предохранительной мембраной 5. Температуру среды в реакторе поддерживают постоянной за счёт значительного избытка воды.

Температуру измеряют термопарой типа ХК (диаметр спая 1 мм, толщина проводов 0,4 мм) и вторичным прибором КСП-4.

Для записи давления применена система, состоящая из датчика давления МПЭ-МИ и самописца Н - 37.

Выходной сигнал тока, пропорциональный давлению, с датчика подаётся на усилитель (УПТ И - 37), а затем регистрируется самописцем Н - 37.

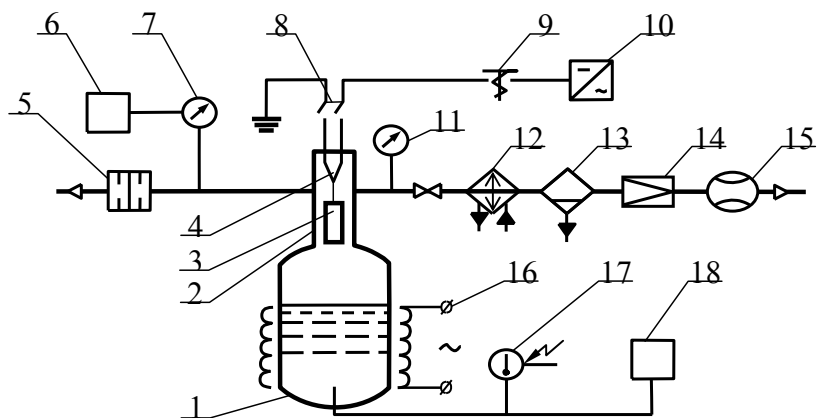


Рис. 3 – Схема экспериментальной установки для исследования изохорного процесса (кинетический стенд): 1 – реактор, 2 – горловина; 3 – кассета, 4 – металлическая нить, 5 – предохранительная мембрана, 6 – записывающее устройство, 7 – манометр, 8 – контакт, 9 – пусковая кнопка, 10 – выпрямитель, 11 – контрольный манометр, 12 – конденсатор, 13 – сепаратор, 14 – редуктор, 15 – расходомер, 16 – электрообмотка, 17 – термопара, 18 – вторичный прибор

При высоких температурах опыты проводят в следующей последовательности. В реактор подвешивают кассету, систему герметизируют и вакуумируют. Подачей определённого количества аргона в реактор, создают избыточное давление, предотвращающее кипение жидкости при заданной температуре. В период нагрева горловину реактора, где размещена кассета, интенсивно охлаждают. Как показали предварительные измерения, температура аргона в горловине незначительно превышает температуру окружающей среды. Последнее обстоятельство позволяет резко понизить давление водяного пара в зоне горловины и, тем самым предотвратить начало реакции в период выхода на режим. Дальнейшая последовательность ведения эксперимента не отличается от изложенной выше.

Течение реакции отслеживают по повышению давления в реакторе. Объем выделившегося газа оценивают расчетным путем по свободному объему реактора и давлению газа, фиксируемого манометром. Контроль значений объема проводят по газовому счетчику ГСБ-400.

**Результаты исследований.** Для исследования был взят порошок сплава на основе алюминия следующего химического состава, масс. %: Al-85 (Al-85, Bi-5, Cd-5, Sn-5).

Опытные данные приведены в табл. 2 и на рис. 4.

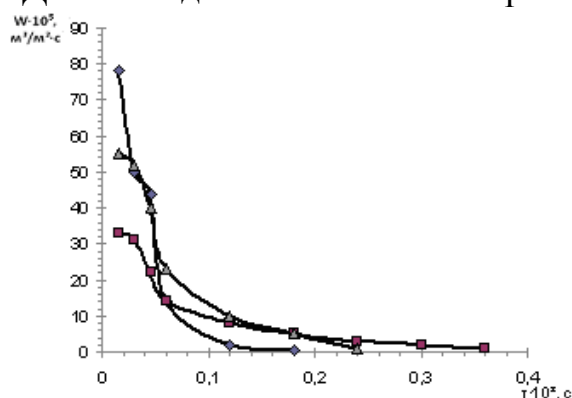


Рис. 4 – Изменение скорости выделения водорода сплавом Al 85 при различном дисперсном составе, мм: ◆ – 0,2...0,6; ▲ – 1,5...2,0; ■ – 0,7...1,4

Таблица 2 – Результаты исследования кинетики выделения водорода из воды алюминиевым сплавом Al 85 при постоянном объеме

№№	Время реакции, с, $\tau \cdot 10^{-3}$	Максимальная температура в зоне реакции, °C	Давление в реакторе, МПа	Максимальная скорость выделения водорода, $W \cdot 10^5$ , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Фракция, мм	Удельная площадь поверхности порошка сплава, $\text{м}^2/\text{кг}$
1	0,18	235	0,9	78	0,2...0,6	630
2	0,24	135	17,0	55	1,5...2,0	180
3	0,36	125	13,7	33	0,7...1,4	380

**Выводы.** Определена скорость выделения водорода из воды сплавами алюминия, включающими примеси Sn, Cd, In, Ga, Bi.



В изобарном процессе при начальной температуре 22 °С скорость изменялась в пределах  $(10...31) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

В изохорном процессе при температуре реакции от 125...235 С скорость выделения водорода из воды с помощью сплава Al 85 с размерами частиц 0,2...0,6 мм достигает  $78 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , с размерами частиц 0,7...1,4 мм –  $55 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , с размерами частиц 1,5...2,2 мм –  $33 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

Обобщение опытных данных произведено по уравнению Ерофеева.

**Список литературы:** 1. Трошенькин, В. Б. Получение водорода из воды с использованием сплава ферросиликоалюминия / В. Б. Трошенькин, Г. А. Ткач, Б. А. Трошенькин, Б. Н. Зубарев // Препр. НАН Украины, 1996. – Харьков: Ин-т проблем машиностроения, – № 396. – 28 с. 2. Дикерсон, Р. Основные законы химии. В 2 т. / Р. Дикерсон, Г. Грей, Дж. Хейт. – М.: Мир, 1982. – 1. – 652 с.; – 2. – 620 с. 3. Трошенькин, В. А. Циркуляционные и пленочные испарители и водородные реакторы / В. А. Трошенькин. – Киев: Наук. думка, 1985. – 176 с. 4. Ерофеев, В. В. Обобщенное уравнение химической кинетики и его применение к реакциям с участием твердых веществ / В. В. Ерофеев // Докл. АН УССР, 1946. – 12. – № 6. – С. 515 – 518. 5. Лепинь, Л. К. О взаимодействии алюминия с водой / Л. К. Лепинь, Л. Тетере, А. Шмидт // Докл. АН СССР. – 88. – № 5. – С. 871 – 874.

**Bibliography (transliterated):** 1. Troshenkin, V. B., Tkach, G. A., Troshenkin, B. A. Zybarev, B. N. (1996). Production Of Hydrogen From Water Using The Ferro-Silicic-Aluminium Alloy. Preprint of Academy of Sciences of UkrSSR, Kharkov: Inst. of Mech. Eng. Problems, № 396, 28. 2. Dickerson, R., Gray, H., Haight, J. (1982). Chemical Principles. In 2 vol. – Moscow: Mir Publishers, V. 1, 652; V. 2, 620. 3. Troshenkin, B. A. (1984). Circulation and Film Evaporators and Hydrogen Reactors. Kiev: Naukova Dumka Pulishers, 174. 4. Erofeev, B. V. (1946). Generalised Equation of Chemical Kinetics and its Application to Reactions With The Participation of Solids. Dokladi of The Academy of Sciences Of SSSR, 12, № 6, 515 – 518. 5. Lepin, L. K., Tetere, A., Shmidt, A. (1953). On Interaction of Aluminum with Water. Dokladi of The Academy of Sciences Of USSR, 88, № 5, 871 – 874.

*Поступила (received) 12.03.2014*

УДК 661.961.1

**Метод обобщения опытных данных при выделении водорода в реакциях взаимодействия алюминиевых сплавов с водой / Добрицкая Н. Ф., Трошенькин В. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060). – С.100-106. – Бібліогр.: 5 назв. ISSN 2079-5459**

В данной статье изложены результаты измерений параметров процесса выделения водорода из воды с помощью алюминиевых сплавов при постоянном давлении и при постоянном объеме. Исследовано влияние размера частиц сплава Al 85 на скорость выделения водорода. Опытные данные обобщены по уравнению Ерофеева.

**Ключевые слова:** водород, алюминиевые сплавы, вода, кинетика, полнота реакции, скорость выделения газа.

У даній статті викладені результати вимірювань параметрів процесу виділення водню з води за допомогою алюмінієвих сплавів при постійному тиску і при постійному об'ємі. Досліджено вплив розміру частинок сплаву Al 85 на швидкість виділення водню. Отримані результати узагальнені рівнянням Єрофєєва.

**Ключові слова:** водень, алюмінієві сплави, кінетика, вода, повнота реакції, швидкість виділення газу.

**The method of summarization of experimental data of the evolution of hydrogen by reaction of aluminum alloys with water / Dobritzkaya N., Troshenkin B. // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.96-102. Bibliogr.: 5. ISSN 2079-5459**

The results of measurements of the process of hydrogen evolution from water using aluminum alloys at constant pressure and at constant volume are presented in this paper. The influence of particle size on the release rate of hydrogen from water by alloy Al 85 are researched. Experimental data on the release rate summarized by the Erofeev's equation.

**Keywords:** hydrogen, aluminum alloys, water, kinetics, efficiency of the reaction, the rate of gas evolution.

УДК 664:665.1/7:539:542/543

**В. А. КИЩЕНКО**, канд. техн. наук, нач. наук.-метод. лабораторії, ДП «Укрметртестстандарт», Київ

## КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД В ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРИРОДНИХ ТА МОДИФІКОВАНИХ ЖИРІВ

Викладено результати досліджень жирнокислотного, ацилгліциринового і стерінового складу та вмісту транс-ізомерів ненасичених жирних кислот в природних і модифікованих оліях та жирах. Запропоновано схему комплексного підходу до ідентифікації олій та жирів та виявлення їхньої фальсифікації.

**Ключові слова:** технологія ідентифікації, природні та модифіковані олії та жири, жирні кислоти, ацилгліцерини, стерінова фракція, супутні речовини, домішки, показники складу та якості, технохімічний контроль.

**Вступ.** Одним із напрямків технології модифікованих жирів є виробництво купажованих рослинних олій та жирів, збалансованих за співвідношенням  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 поліненасичених жирних кислот. Технохімічний контроль виробництва та якості купажованих олій здійснюється за допомогою комп'ютерних програм, які забезпечують постійний контроль жирнокислотного складу вихідних олій та одержаних купажів.

Матеріали та методи. В дослідженнях використано матеріали: дезодоровану та гідровану пальмові олії та їх модельні суміші з молочним жиром, замінники «Комбіол» і «Делікон» та їх суміші з молочним жиром, жир виділений із зразків вершкового масла і спредів, масло какао та його суміші з еквівалентом.

Для проведення аналізу жирнокислотного складу молочного жиру та його сумішей з рослинними оліями за вмістом транс-ізомерів ненасичених жирних кислот використано опубліковані наукові дані та дані чинної НД щодо аналізу природних рослинних олій і жирів, бо у вітчизняних чинних НД розділення ізомерів жирних кислот не враховано [1-5].

Метиллові ефіри жирних кислот готували за методикою, в якій як реагент для етеріфікації використовується метилат натрію [6-10].

Проби зразків досліджено на газовому хроматографі HP 6890 фірми HEWLETT PACKARD з автоматичним інжектором з діленням потоку (split), оснащеному термостатом колонки з програмуванням температури, полум'яно-іонізаційним детектором і комп'ютерною системою зі спеціальним програмним забезпеченням для автоматичного інтегрування та ідентифікації піків Chem Station Ver.A.06.03. Виготовлено модельні суміші молочного жиру з рослинною олією

© В. А. КИЩЕНКО, 2014

для визначення якості вершкового масла та спредів, які мають містити у своєму складі молочний жир без сторонніх домішок чужорідних жирів і транс-ізомерів ненасичених жирних кислот.

Визначення триацилгліцеринового складу молочного жиру та інтерпретацію результатів проведено відповідно проекту ISO 17678:2006 "Milk fat – Detection of foreign fat by gas chromatographic analyses of triglycerides (reference method)"; визначення триацилгліцеринового складу масла какао – згідно проекту ISO 23275-1:2006 "Animal and vegetable fats and oils – Cocoa butter equivalents in cocoa butter and plain chocolate – Determination of the presence of cocoa butter equivalents" .

Хроматографічне визначення триацилгліцеринового складу виконано на газовому хроматографі CP 3800 виробництва фірми Varian (США). Для хроматографічного розділення використано високотемпературну капілярну колонку “VF-5ht” (Varian), довжиною 15 м, з внутрішнім діаметром 0,32 мм і товщиною плівки фази 0.1 мкм.

**Результати й обговорення.** Сьогодні в Україні є проблема виявлення фальсифікації природних олій, що ускладнює вхідний контроль олієжирової сировини та подальшу технологію виробництва якісної продукції.

Тому дослідження тільки жирно-кислотного складу є недостатнім. У зв'язку з цим певний науковий інтерес має дослідження складу стеринової фракції природних рослинних олій та їх сумішей.

В табл. 1, 2 представлено результати щодо визначення складу стеринової фракції окремих рослинних олій та найбільш поширених купажів, що за складом відповідають ДСТУ 4536.

Таблиця 1 – Склад стеринової фракції рослинних олій

Найменування рослинної олії	Вміст ізомеру стеринів, %							
	холестерин	брасика-стерин	кампа-стерин	стигма-стерин	β-ситостерин	Δ5-авеностерин	Δ7-стигма-стерин	Δ7-авеностерин
Пальмова олія	2,6-6,7	-	18,7-27,5	8,5-13,9	50,2-62,1	до 2,8	0,2-2,4	до 5,1
Ріпакова олія	-	12,0-13,0	30,0-33,0	0,4-0,6	49,0-55,0	1,0-2,0	-	-
Соняшников а олія	до 0,7	до 0,2	7,0-13,0	7,0-12,0	56,0-65,0	1,5-7,0	7,0-24,0	3,0-6,5
Кукурудзяна олія	0,2-0,6	до 0,2	18,6-24,1	4,3-7,7	54,8-66,6	4,2-8,2	1,0-4,2	0,7-2,7
Маслинова олія	до 0,5	до 0,1	до 4,0	до 4,0	75,0-80,0	4,0-14,0	до 0,5	-
Соева олія	0,6-1,4	до 0,3	15,8-24,2	15,9-19,1	51,7-57,6	1,9-3,7	1,4-5,2	1,0-4,6

Результати, що представлені в табл. 1 і 2, свідчать про те, що основними компонентами стеринової фракції досліджених рослинних олій є β-ситостерин.

Одержані наукові результати можна рекомендувати для створення бази даних у техноімониторингу купажованих рослинних олій, а також для виявлення їх фальсифікації.

Таблиця 2 – Склад стеринової фракції купажованих рослинних олій

Склад купажованої рослинної олії	Вміст ізомеру стеринів, %							
	холостерин	брасикастерин	кампастерин	стигмастерин	β-ситостерин	Δ5-авеностерин	Δ7-стигмастерин	Δ7-авеностерин
Соняшникова: соєва = 40:60	0,88	0,26	16,00	14,30	56,99	3,38	10,16	3,38
Соняшникова: ріпакова = 50:50	0,35	6,35	20,50	5,00	56,25	2,88	7,75	2,38
Соняшникова: маслинова = 80:20	0,66	0,18	8,80	8,40	63,90	5,20	12,50	3,76
Соєва: кукурудзяна = 60:40	0,76	0,26	20,54	12,90	57,07	4,16	3,02	2,36
Соєва: маслинова = 60:40	0,80	0,22	13,60	12,10	63,79	5,28	2,18	1,68
Соєва: пальмова = 60:40	2,46	0,18	21,24	14,98	55,25	2,80	2,50	3,72

В інших випадках для визначення компонентного складу сумішей жирів недостатньо даних тільки жирнокислотного складу. Такою складною сумішшю для ідентифікації є, наприклад, суміш масла какао з його заміником або еквівалентом.

Відомо, що масло какао є основним і найдорожчим інгредієнтом шоколаду та шоколадних виробів. Тому у виробництві, як правило, застосовують технологічні суміші масла какао з його заміниками або еквівалентами.

У табл. 3 наведено результати щодо жирнокислотного складу масла какао та його сумішей з еквівалентом.

Таблиця 3 – Жирнокислотний склад масла какао (%) та його сумішей з еквівалентом

Жирні кислоти	Вимоги до масла какао згідно ГОСТ 30623-98	Масло какао	Масло какао: еквівалент = 95:5	Масло какао: еквівалент = 80:20
C 14:0	0,10	0,09	0,12	0,20
C 16:0	25,00–27,00	25,80	26,50	27,50
C 16:1	0,10–0,30	0,20	0,28	0,24
C 18:0	31,00–37,00	35,10	35,20	34,30
C 18:1	31,00–35,00	34,80	33,40	33,10
C 18:2	2,80–4,00	3,24	3,23	3,25
C 18:3	0,10	0,10	0,18	0,16
C 20:0	0,20–1,00	0,96	1,04	1,05

З табл. 3 видно, що чисельні значення масових часток жирних кислот, визначених методом ГРХ, для масла какао і його сумішей з еквівалентом близькі між собою та знаходяться в межах, передбачених ГОСТ 30623. Це не дозволяє

виявити та кількісно оцінити присутність еквівалента, навіть за умови 20 %-вого вмісту.

З науково-технічної літератури відомо, що особливістю ацилгліцеринового складу натурального масла какао є наявність симетричних ацилгліцеринів типу: SOS, POP, SOP (S – стеаринова, O – олеїнова, P – пальмітинова кислоти).

Тому для виявлення та кількісної ідентифікації еквіваленту масла какао у сумішах використано метод визначення ацилгліцеринового складу. Межа визначення еквіваленту у суміші з маслом какао становила 2 %, що відповідає вимогам міжнародного стандарту Directive 2000/36 EC.

Хроматографічно досліджено зразки масла какао, еквіваленту та виробничих сумішей жиру, вилученого з чорного шоколаду та шоколадних цукерок вітчизняного виробництва. У табл. 4 наведено результати визначення ацилгліцеринового складу зазначених зразків. Дані таблиці вказують, що жир вилучений з чорного шоколаду, містить масло какао і підтвердженням цього є порівняння вмісту одного з основних ацилгліцеринів POP: у натуральному какао-маслі вміст POP – 19,6 %; в жирі, вилученому з чорного шоколаду, – 20,2 %; у жирі, вилученому з шоколадних цукерок, – 23,9 %. Отже, у шоколадні цукерки додано еквівалент какао-масла, внаслідок чого підвищився вміст POP.

Таблиця 4 – Ацилгліцериновий склад у досліджуваних зразках

Найменування жирових субстратів	Вміст ацилгліцеринів, %				
	POP	POS	POO	SOS	SOO
Какао-масло дезодороване	19,6±0,3	47,7±0,4	1,0±0,4	31,3±0,2	0,4±0,2
Еквівалент Шехао	48,0±0,4	15,9±0	0,2±0	35,3±0,5	0,7±0,1
Частковий замінник Sebao	11,8±0,2	35,3±0,1	1,6±0,1	49,7±0,1	1,7±0
Жир, що вилучено з чорного шоколаду	20,2±0,3	47,5±0,2	1,4±0,2	30,2±0,4	0,5±0,1
Жир, що вилучено з шоколадних цукерок	23,9±0,3	44,8±0,4	0,5±0,1	30,6±0,2	0,3±0,1

Ще більш складною науково-практичною задачею є ідентифікація молочного жиру, оцінка його «справжності» у складі вершкового масла та продуктах з комбінованою жировою фазою – спредах.

Відомо, що молочний жир має унікальний жирнокислотний склад. За даними деяких авторів у молочному жирі знаходять до 200 різних жирних кислот. Однією з його характерних ознак є наявність летких низькомолекулярних жирних кислот, у першу чергу масляної кислоти (C4:0), вміст якої сягає 3,6 %. Тому визначення вмісту масляної кислоти у вершковому маслі та спредах дозволяє виявити факт присутності (або відсутності) молочного жиру в зазначених жирових продуктах.

Під час виконання експериментальних досліджень було удосконалено методику визначення масляної кислоти, а саме для розрахунку вмісту масляної кислоти проведено три послідовні хроматографічні розділення калібрувальної суміші – метилових ефірів масляної (C4:0) та валеріанової (C5:0) кислот концентрацією 0,5 мг/мл.

Кількісний вміст масляної кислоти ( $X$ , г/100 жиру) у зразках розраховано за формулою

$$X = 100 \cdot Q_{зр} \cdot R_f \cdot V_{см} \cdot C_{см}/m, \quad (1)$$

де  $Q_{зр}$  – відношення площі піків метилових ефірів масляної та валеріанової кислот;  $R_f$  – ступінь розділення;  $m$  – маса зразка жиру, взятого для аналізу (мг);  $V_{см}$  – концентрація розчину внутрішнього стандарту (С5:0),  $V_{см} = 5$  мг/мл;  $C_{см}$  – концентрація градувального розчину (С4:0),  $C_{см} = 0,5$  мг/мл.

В табл. 5 представлено результати визначення масової частки масляної кислоти у зразках чистого молочного жиру, вершкового масла та спредів різних вітчизняних виробників.

Таблиця 5 – Вміст масляної кислоти у промислових зразках молочного жиру, жирів, виділених із вершкового масла та спредів

Найменування субстрату, з якого виділено жир для аналізу	Розрахований вміст масляної кислоти, г/100 г жиру
Молочний жир	3,5-4,5
Вершкове масло: №1	4,4
№2	4,1
№3	0,1
№4	4,4
№5	4,5
№6	3,4
№7	4,3
Спреди : №1	1,0
№2	0,9
№3	2,1

За діючими в Україні нормативами «вершковим маслом» може називатись продукт, в якому вміст власне вершкового масла є не менше 60 % від загального вмісту жирів (жирової фази). Тому для висококалорійного вершкового масла або спреда (вміст жирів від 60 до 82,5%) цілком вірогідним є присутність іншого жиру рослинного або тваринного походження (натуральних або модифікованих) або навіть заміників молочного жиру, які під різними найменуваннями (Делікон, Пальміра, Комбіол, Віолія та ін.) виробляють вітчизняні олієжирові підприємства. Але найчастіше для купажування вершкового масла використовують рафіновану відбілену дезодоровану (РВД) пальмову олію або гідровану пальмову олію.

Для виявлення вмісту добавки пальмової олії у вершковому маслі та спредах досліджено модельні суміші молочного жиру з пальмовою олією (РВД та гідрованою) у різних співвідношеннях компонентів. Для рішення поставленої задачі у модельних сумішах молочного жиру з пальмовою олією (РВД та гідрованою) визначено сумарний ацилгліцериновий склад та вміст холестеролу (табл. 6 і 7).

Аналогічні дані одержано для сумішей молочного жиру з кокосовою, пальмоядровою, рідкими рослинними оліями (соєвою, ріпаковою, маслиною,

соняшниковою, лляною, кукурудзяною), гідрованим риба'чим жиром, свин'ячим жиром.

Таблиця 6 – Сумарний вміст ацилгліцеринів у молочному жирі та його суміші з дезодорованою (РВД) пальмовою олією

Ацилгліце- риновий склад	Сумарний вміст ацилгліцеринів у аналізованих зразках, %				
	Пальмова олія	Суміш молочного жиру з різним вмістом пальмової олії (%)			
		5%	10%	30%	40%
С 24		0,081±0,005	0,080±0,005	0,067±0,005	0,050±0,003
Холестерол		0,294±0,034	0,285±0,012	0,234±0,015	0,183±0,009
С 26		0,218±0,028	0,318±0,006	0,179±0,012	0,146±0,008
С 28		0,489±0,058	0,460±0,023	0,336±0,023	0,286±0,009
С 30		0,974±0,104	0,903±0,017	0,718±0,049	0,571±0,013
С 32		2,206±0,109	1,994±0,007	1,592±0,114	1,289±0,037
С 34		5,475±0,283	5,127±0,006	4,195±0,257	3,534±0,043
С 36		10,032±0,471	9,685±0,057	8,213±0,448	7,205±0,004
С 38		11,006±0,292	10,559±0,081	8,718±0,388	7,495±0,025
С 40		8,855±0,064	8,369±0,044	6,735±0,244	5,611±0,001
С 42		6,276±0,042	5,925±0,041	4,835±0,122	4,074±0,018
С 44	0,475 ± 0,019	6,060±0,115	5,749±0,033	4,794±0,057	4,128±0,009
С 46	1,235 ± 0,017	7,167±0,185	6,901±0,003	5,981±0,006	5,286±0,017
С 48	8,373 ± 0,013	9,447±0,257	9,512±0,006	9,284±0,144	9,241±0,069
С 50	37,920 ± 0,123	13,199±0,304	14,732±0,005	19,066±0,609	22,145±0,104
С 52	39,670 ± 0,020	11,762±0,204	13,198±0,090	17,96±0,676	21,108±0,032
С 54	11,631 ± 0,086	6,461±0,342	6,305±0,111	7,065±0,312	7,647±0,084

Для всіх досліджених сумішей одержано розрахункові формули сумарного ацилгліцеринового складу на основі пакетів прикладних програм Microsoft Office Excel.

У загальному вигляді сумарний ацилгліцериновий склад визначають лінією регресії

$$S = 2,7575 \cdot C26 + 6,4077 \cdot C28 + 5,5437 \cdot C30 - 15,3247 \cdot C32 + \\ + 6,2600 \cdot C34 + 8,0108 \cdot C40 - 5,0336 \cdot C42 + 0,6356 \cdot C44 + \\ + 6,0171 \cdot C46. \quad (2)$$

Для сумішей молочного жиру, наприклад, з пальмовою олією сумарний ацилгліцериновий склад визначають за формулою

$$S = 3,6644 \cdot C28 + 5,2297 \cdot C30 + 12,5073 \cdot C32 + 4,4285 \cdot C34 - \\ - 0,2010 \cdot C36 + 1,2791 \cdot C38 + 6,7433 \cdot C40 - 4,2714 \cdot C42 + \\ + 6,3739 \cdot C46. \quad (3)$$

У наведених формулах:  $S$  – сумарний вміст ацилгліцеринів, %;  $C 26, C28...C46$  – масова частка відповідних ацилгліцеринів, %.

Таблиця 7 – Сумарний вміст ацилгліцеринів у молочному жирі та його суміші з гідрованою пальмовою олією

Ацилгліце- риновий склад	Сумарний вміст ацилгліцеринів у аналізованих зразках, %				
	Гідрована пальмова олія	Суміш молочного жиру з різним вмістом пальмової олії (%)			
		5%	10%	30%	40%
С 24		0,054±0,003	0,048±0,001	0,037±0,000	0,034±0,003
Холестерол		0,306±0,008	0,274±0,002	0,211±0,007	0,188±0,009
С 26		0,209±0,004	0,189±0,001	0,146±0,007	0,129±0,004
С 28		0,484±0,009	0,432±0,003	0,330±0,008	0,300±0,015
С 30		0,898±0,003	0,801±0,013	0,616±0,019	0,545±0,013
С 32		1,972±0,031	1,756±0,022	1,338±0,034	1,154±0,003
С 34		4,891±0,106	4,437±0,021	3,470±0,078	2,972±0,045
С 36		9,291±0,157	8,495±0,047	6,930±0,127	6,352±0,107
С 38		10,915±0,043	9,972±0,042	7,948±0,143	7,059±0,092
С 40		8,818±0,071	8,056±0,041	6,056±0,065	5,134±0,064
С 42		5,681±0,091	5,258±0,005	3,949±0,020	3,328±0,041
С 44		5,305±0,074	5,036±0,002	3,882±0,008	3,304±0,040
С 46	0,762±0,075	6,418±0,056	6,213±0,014	4,992±0,024	4,338±0,057
С 48	2,697±0,262	8,819±0,067	8,707±0,023	7,338±0,052	6,631±0,063
С 50	24,360±0,287	13,574±0,016	14,631±0,038	17,153±0,148	18,223±0,094
С 52	32,035±0,013	13,943±0,009	15,519±0,069	19,805±0,183	21,819±0,164
С 54	38,694±0,520	8,419±0,054	10,176±0,050	15,800±0,108	18,492±0,210

Для кількісного визначення чужорідних жирів у молочному жирі одержано формулу

$$X (\%) = 100 (100 - S) / (100 - S_f), \quad (4)$$

де  $X$  – масова частка (у %) невідомого чужорідного жиру у зразку молочного жиру;  $S$  – значення, отримане при розрахунках за загальною формулою;  $S_f$  – значення, розраховане за індивідуальною формулою для певного чужорідного жиру.

За наведеними формулами розраховано значення  $S$  і  $S_f$  для всіх досліджених зразків.

За результатами дослідження модельних сумішей молочного жиру з пальмовою олією побудовано графічну залежність розрахованих за формулами (3–4) значень  $S$  і  $S_f$  від вмісту пальмової олії у модельних сумішах, за якими і створено математичні описи для знаходження вмісту чужорідної пальмової олії у будь-якому зразку молочного жиру.

Встановлено, що залежність отриманого за загальною формулою значення  $S$  від процентного вмісту дезодорованої пальмової олії у молочному жирі описується лінійною функцією за рівнянням

$$y_l = -0,84104 x + 100,15220, \quad (5)$$

де  $y_l$  – сумарний вміст ацилгліцеринів, розрахований за формулою (2), %;  $x$  – вміст пальмової олії у суміші з молочним жиром, %

Залежність отриманого за індивідуальною формулою (3) для суміші молочного жиру з пальмовою олією значення  $S$  від процентного вмісту



дезодорованої пальмової олії у молочному жирі описується лінійною функцією за рівнянням

$$y_2 = -0,82091x + 99,41445. \quad (6)$$

Для сумішей молочного жиру з гідрованою пальмовою олією аналогічні залежності мають вигляд

$$y_3 = -0,95800x + 96,28000, \quad (7)$$

$$y_4 = -0,93878x + 95,88405. \quad (8)$$

Таким же чином одержано результати щодо вмісту пальмової олії у складі жирової фази аналізованих зразків спредів і виявлених фальсифікатів вершкового масла. Одержані дані представлено у табл. 8, які свідчать про те, що величини вмісту пальмової олії у зразках, розраховані за загальною та індивідуальними формулами, добре співпадають (відносна похибка не перевищує 6 %). Це підтверджує адекватність математичних описів типу (5–8).

Таблиця 8 – Вміст пальмової олії (РВД) у зразках спредів (1, 4, 5) та вершкового масла (2, 3)

№ зразку	Вміст пальмової олії, (загальна формула), %	Вміст пальмової олії, (індивідуальна формула), %	Середній вміст пальмової олії, %
1	86,50	86,40	83,20±3,20
2	5,90	5,77	5,80±0,10
3	11,20	11,00	8,00±0,00
4	44,50	41,90	40,50±1,40
5	45,30	42,70	41,30±1,40

Під час дослідження вмісту транс-ізомерів олеїнової, лінолевої кислот у дезодорованій і гідрованій пальмовій олії та її сумішах з молочним жиром отримано результати, з яких можна зробити висновок, що додавання гідрованої пальмової олії до молочного жиру підвищує у продукті вміст транс-ізомерів октадеценової кислоти і зменшує вміст лінолевої кислоти. І навпаки, змішуючи молочний жир з дезодорованою пальмовою олією, в ньому зменшується вміст транс-ізомерів і лінолевої кислоти. Отже, дослідження вмісту ізомерів ненасичених жирних кислот надає інформацію не лише про присутність сторонніх рослинних добавок у молочному жирі, але й про його якість.

Останнім часом в Україну потрапляють комерційні жири для молочних продуктів, зокрема тваринного походження (свинячий, риб'ячий, оброблений за спеціальною технологією жир морських ссавців і т.ін.), в яких масову частку холестеролу максимально наближено до молочного жиру. Для виявлення компонентного складу таких жирів також використано метод визначення загального ацилгліцеринового складу, який дозволяє визначити добавки чужорідних жирів.

На підставі дослідження ацилгліцеринового складу модельних сумішей молочного жиру з чужорідними рослинними та тваринними жирами виявлено межі визначення їх (табл. 9).

Таблиця 9 – Межа визначення чужорідних жирів у молочному жири, %

Найменування олії або жиру	Межа визначення, %
Олія соняшникова	2,0
Олія соєва	5,0
Олія ріпакова	7,0
Олія пальмоядра	5,0
Олія пальмова	5,0
Олія кокосова	5,0
Жир свинячий	5,0
Жир риб'ячий	10,0
Жир морських ссавців	10,0
Замінник молочного жиру	5,0

**Висновки.** Таким чином, для ефективного технохімічного контролю виробництва і якості готової продукції, а також визначення фальсифікації жирів рослинного та тваринного походження необхідне застосування комплексу аналітичних методів.

Розроблено схему комплексного підходу до ідентифікації олій та жирів, який включає методи визначення загального жирнокислотного складу, визначення ацилгліцеринового складу, складу стеринової фракції та вмісту транс-ізомерів жирних кислот.

Одночасне застосування декількох фізико-хімічних методів дозволяє вирішувати такі завдання, як визначення добавок соняшникової олії в маслиновій, наявність замінників та еквівалентів какао масла у шоколаді та виявлення фальсифікацій молочного жиру додаванням жирів рослинного і тваринного походження у вершковому маслі та спредах.

**Список літератури:** 1. Жири тваринні і рослинні та олії. Визначення вмісту транс-ізомерів жирних кислот у рослинних жирах та оліях методом газової хроматографії (ISO 15304:2002, IDT): ДСТУ ISO 15304:2007. – [Чинний від 2010-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 22 с. – (Міжнародні норми). 2. *Destailats, F.* Comparison of available analytical methods to measure trans-octadecenoic acid isomeric profile and content by gas-liquid chromatography in milk fat / *F. Destailats et al.* // *J. Chromatogr. A.* – 2007. – 1145. – Pp. 222-228. 3. *Dionisi, F.* Influence of milk fat presence on the determination of trans fatty acids in fats used for infant formulae / *F. Dionisi, P. A. Golay, L. B. Fay* // *Analytica Chimica Acta.* – 2002. – Vol. 465. – Pp. 395-407. 4. Масло вершкове. Технічні умови: ДСТУ 4399:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 17 с. – (Національні стандарти України). 5. Спреди та суміші жирові. Загальні технічні умови: ДСТУ 4445:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 25 с. – (Національні стандарти України). 6. Жири та олії тваринні й рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990, IDT): ДСТУ ISO 5508-2001. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 15 с. – (Міжнародні норми). 7. Milk fat – Determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography: ISO 15885:2002/IDF 184:2002, IDT. – [Effective as of 2013-07-15]. – International Organization for Standardization, 2013. – 8 p. – (International standards). 8. Anhydrous milk fat – Determination of sterol composition by gas-liquid chromatography (reference method): ISO 12078:2006/ IDF 159:2006. – [Effective as of 2009-09-01]. – International Organization for Standardization, 2009. – 16 p. – (International standards). 9. Жир молочний. Метод обнаружения растительных жиров газожидкостной хроматографией стеринов:

ГОСТ Р 51471-99. – [Введен 2001-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2011. – 8 с. – (Государственные стандарты Российской Федерации).

**Bibliography (transliterated):** 1. Zhyry tvarynni i roslynni ta olii. Vyznachennia vmistu trans-izomeriv zhyrnykh kyslot u roslynykh zhyrakh ta oliiakh metodom hazovoi khromatohrafi (ISO 15304:2002, IDT): ДСТУ ISO 15304:2007. (2010). : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 22. (Mizhnarodni normy). 2. *Destailats, F.* (2007). Comparison of available analytical methods to measure trans-octadecenoic acid isomeric profile and content by gas-liquid chromatography in milk fat. *Chromatogr.* 1145, 222 – 228. 3. *Dionisi, F., Golay, P. A., Fay, L. B.* (2002). Influence of milk fat presence on the determination of trans fatty acids in fats used for infant formulae. *Analytica Chimica Acta*, 465, 395 – 407. 4. Maslo vershkove. Tekhnichni umovy: DSTU 4399:2005. (2006).: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 17. (Natsionalni standarty Ukrainy). 5. Sprey ta sumishi zhyrovi. Zahalni tekhnichni umovy: DSTU 4445:2005. (2006). : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 25. (Natsionalni standarty Ukrainy). 6. Zhyry ta olii tvarynni y roslynni. Analizuvannia metodom hazovoi khromatohrafi metylovykh efiriv zhyrnykh kyslot (ISO 5508:1990, IDT): ДСТУ ISO 5508-2001. (2003).: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 15. (Mizhnarodni normy). 7. Milk fat – Determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography: ISO 15885:2002/IDF 184:2002, IDT. (2013). International Organization for Standardization, 8. (International standards). 8. Anhydrous milk fat – Determination of sterol composition by gas-liquid chromatography (reference method): ISO 12078:2006/ IDF 159:2006. (2009). International Organization for Standardization, 16. (International standards). 9. Zhyr molochnyi. Metod obnaruzhenyia rastytelnykh zhyrov hazozhydkostnoi khromatohrafyei sterynov: HOST R 51471-99. (2011)... Standartinform, 8. (Hosudarstvennye standarty Rossyiskoi Federatsyy).

*Надійшла (received) 07.03.2014*

УДК 664:665.1/7:539:542/543

**Комплексный подход в идентификации природных и модифицированных жиров/ В.**

**А. Кищенко**// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.106-115. – Бібліогр.: 9 назв. ISSN 2079-5459

Викладено результати досліджень жирнокислотного, ацилгліциринового і стерінового складу та вмісту транс-ізомерів ненасичених жирних кислот в природних і модифікованих оліях та жирах. Запропоновано схему комплексного підходу до ідентифікації олій та жирів та виявлення їхньої фальсифікації.

**Ключові слова:** технологія ідентифікації, природні та модифіковані олії та жири, жирні кислоти, ацилгліцерини, стерінова фракція, супутні речовини, домішки, показники складу та якості, технохімічний контроль.

Представлено результаты исследований жирнокислотного, ацилглицеринового, стеринового состава и содержание транс-изомеров ненасыщенных жирных кислот в природных и модифицированных маслах и жирах. Предложено схему комплексного подхода к идентификации масел и жиров и выявления их фальсификации.

**Ключевые слова:** технология идентификации, природные и модифицированные масла и жиры, жирные кислоты, ацилглицерины, стерольная фракция, сопутствующие вещества, примеси, показатели состава и качества, технохимический контроль.

**The complex approach in identification of natural and modified fats/ V. A. Kishchenko**

//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.106-115. Bibliogr.:9 . ISSN 2079-5459

The results of studies of composition of fatty acids, acylglycetols, stearin, and content of trans-isomers of fatty acids in natural and modified fats and oils are presented. The scheme of complex approach to identification of fats and oils and detection of their falsification is proposed.

**Key words:** technology of identification, natural and modified fats and oils, fatty acids, acylglycetols, sterol fraction, accompanying compounds, impurities, indexes of content and quality, technochemical control.

**І. В. ЛЕВЧУК**, канд. техн. наук, заст. нач. наук.-метод. лабораторії, ДП «Укрметртестстандарт», Київ

## **МЕТОДОЛОГІЯ СКРИНІНГУ ЗАЛИШКОВИХ КІЛЬКОСТЕЙ ЕКОТОКСИКАНТІВ В СИРОВИНІ, ОЛІЯХ ТА ЖИРАХ**

В статті представлено дослідження зразків олійної сировини, олій та жиру на вміст екотоксикантів (пестицидів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, поліхлорованих біфенілів) з використанням газового хроматографа з мас-селективним детектором. Підтверджено, що для кількісного аналізу летких сполук доцільно використання газорідинної хроматографії з селективними детекторами. Доведено, що для аналізу нелетких сполук доцільно застосування високоефективної рідинної хроматографії. Показано, що здійснення моніторингу методом скринінгу дає можливість виявлення стійких забруднювачів навколишнього середовища (екотоксикантів), які можуть потрапляти в харчові продукти.

**Ключові слова:** скринінг, екотоксиканти, пестициди, поліциклічні ароматичні вуглеводні, критичні точки, олійна сировина, олії, жири

**Вступ.** Збільшення вмісту забруднюючих речовин, що поступають в навколишнє середовище, пред'являє все більш жорсткі вимоги до еколого - аналітичного контролю їх залишкових кількостей. Це пов'язано як з постійним розширенням числа токсикантів, так і з поглибленням уявлень про токсичну дію забруднюючих речовин. Як наслідок, посилюються гігієнічні нормативи присутності екотоксикантів у воді, ґрунті і продуктах харчування. Використання гербіцидів широкого спектру дії та препаратів, які містять в собі декілька активних речовин, забезпечує безперервний і ефективний захист рослин від широкого спектру бур'янів та хвороб.

Проблемою, що виникає при дослідженні пестицидів, є необхідність проведення аналізу олійної сировини, олій, жирів та продуктів на їх основі на залишкову кількість пестицидів. Як правило, для цих цілей використовуються сучасні інструментальні методи аналізу на основі газорідинної хроматографії та високоефективної рідинної хроматографії. Відповідно до регламентуючих документів, щодо залишкового вмісту пестицидів у олійній сировині (насіння, зерно олійних культур, побічні продукти) та в оліях більшість пестицидів не допускається.

Зазначене вище актуалізує необхідність розробки нових методик та пошук нових рішень щодо підготовки зразків до досліджень та застосування хроматографічних методів, які є одними з найпоширеніших аналітичних методів, що застосовуються для визначення більшості груп пестицидів.

**Матеріали та методи.** В дослідженнях використано олійну сировину, олію нерафіновану, жир риб'ячий.

Для досліджень летких сполук пестицидів (хлор, фосфор органічних пестицидів, синтетичних піретроїдів та сим-триазинів) використовували газохроматографічну систему з двома детекторами по захопленню електронів із застосуванням колонок НР-5 (довжина 30 м, внутрішній діаметр 0,32 мм, товщина

фази 0,25 мкм) і HP-50 + (для достовірності результату). Наявність індивідуальних інжекторів із електронним керуванням газами дозволила здійснювати регулювання швидкостей потоку газу-носія окремо для обох колонок. Кількісне визначення пестицидів здійснювали з використанням газового хроматографу Agilent 6890 N та газового хроматографу фірми Varian CP 3800 із пульсуючим полуменево-фотометричним детектором (ППФД), колонка HP-5 (довжина 30 м, внутрішній діаметр 0,32 мм, товщина фази 0,25 мкм); для визначення сим-триазинів використовували термоіонний детектор (ТІД), колонку CP SIL 8 /MS (довжина 30 м, внутрішній діаметр 0,32 мм, товщина фази 0,25 мкм) [1].

Для підготовки проб нами використано уніфіковану методику, яка забезпечує повне екстрагування досліджуваних пестицидів при їх сумісній присутності в зразку. При цьому вона відрізняється від існуючих методик доступністю використаних реактивів, хімічного посуду й апаратури, універсальністю та дозволяє проводити комплексне дослідження пестицидів різних хімічних груп для визначення методом скринінгу їхньої наявності або відсутності з використанням газового хроматомас-спектрометра Agilent 7890/5975C та бібліотеки пестицидів (понад 900 компонентів).

**Результати досліджень.** Для дослідження зразків олійної сировини, олій та жирів використовували мас-селективний детектор газового хроматографа, який дає можливість визначати мас-спектри компонентів у сумішах полютантів. Для ідентифікації отримані спектри порівнювали із позиціями в бібліотеках даних. Використовували дві аналітичні електронні бібліотеки даних NIST і AMDIS [2, 3]. Використання мас-спектрометрії для підтвердження та ідентифікації речовин має високу результативність і приймається у сучасних аналітичних дослідженнях як основний метод.

Компонентний склад екстракту олії соняшникової нерафінованої представлено у табл. 1.

Таблиця 1 – Склад екстракту соняшникової олії нерафінованої

№	Назва компоненту	Бібліотека AMDIS, % ідентичності	Бібліотека NIST, % ідентичності	Коефіцієнт співпадання даних бібліотек
1	Нафталін	96	93	1
2	Диметилфталат	93	92	1
3	Диетилфталат	89	79	1
4	Трибутилфосфат	93	82	1
5	Антрацен	91	88	1
6	Хризен	95	90	1
7	<b>Піриміфос-метил</b>	<b>96</b>	<b>93</b>	<b>1</b>
8	Диізобутилфталат	60	85	2
9	Ди-п-бутилфталат	73	88	3
10	Флуарантрен	75	68	1
11	Бенз(а)пірен	85	82	1
12	Біс(2-етилгексил)фталат	83	72	8

З високою імовірністю за двома бібліотеками даних у складі екстракту олії нерафінованої було ідентифіковано 12 хімічних сполук (табл. 1), з них фосфорорганічний пестицид (ФОП) під № 7 – піриміфос-метил. За допомогою спеціального програмного забезпечення ідентифіковано пік ФОП та отримано дані мас-спектрів, що підтверджують вміст пестициду в дослідженому зразку олії соняшникової (табл.1).

Результати дослідження свідчать про наявність конкретних пестицидів у зразку олії соняшникової. Зокрема:

– піриміфос-метил (О,О-диметил-О-(2-діетиламіно-6-метил-4-піримідил)-тіофосфат), який є компонентом препарату «Актелік» та відноситься до групи фосфорорганічних пестицидів (ФОП).

Речовини №№ 2, 3, 8, 9, 12 – фталати та їх похідні, які використовуються в якості пластифікаторів (пом'якшувачів) у процесі синтезу полівінілхлориду (ПВХ) і інших пластмас. Молекули фталатів хімічно не зв'язані з полімерними ланцюгами ПВХ і тому в процесі хімічного виробництва легко виділяються в оточуюче середовище. Саме тому велика кількість фталатів виявлена нами в зразку олії нерафінованої. Фталати характеризуються високою токсичністю для репродуктивної системи людини. Решта ідентифікованих речовин – нафталін, антрацен, флуарантрен та бен(а)пірен є представниками поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ). При подальших розвідуваннях встановлено, що наявність фталатів в олії вагомий внесок дає їхня міграція з матеріалу упаковки (тари) та внутрішньо лабораторна забрудненість екстракту зразка олії, про що свідчить скринінг «холостого зразку» на наявність забруднювачів (лабораторна забрудненість), дані представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Компонентний склад «холостої проби»

№	Назва компоненту	Бібліотека AMDIS, % ідентичності	Бібліотека NIST, % ідентичності	Коефіцієнт співпадання даних бібліотек
2	Диметилфталат	93	92	1
3	Диетилфталат	89	79	1
4	Трибутилфосфат	93	82	1
8	Диізобутилфталат	60	85	2
9	Ди-п-бутилфталат	73	88	3

На сьогоднішній день нами для визначення бенз[а]пірену та інших ПАВ використовується високоефективний рідинний аналізатор Agilent 1200. Принцип визначення ПАВ в сировині, оліях та олієжировмісних продуктах за допомогою on-line донорно-акцепторної комплексної хроматографії і ВЕРХ з флюоресцентним детектуванням на аналізаторі Agilent 1200 полягає в елююванні зразка олії через колонку з модифікованою стаціонарною фазою, яка виступає акцептором електронів, та, за рахунок утворення міцних зв'язків, ця колонка утримує ПАВ. Після відмивання від елюювання олії, ПАВ переносяться в аналітичну колонку з оберненою фазою. Індивідуальні ПАВ визначаються на різних довжинах хвиль. Ідентифікація здійснюється за часом утримування. Кількісний аналіз здійснюється методом зовнішнього градування. Мінімальна

межа кількісного визначення методу складає 0,1 мкг/кг [4,5].

Для підтвердження наявності та кількісного вмісту в зразку олії соняшникової нерафінованої ПАВ нами проведено дослідження методом ВЕРХ за допомогою рідинного хроматографу Agilent 1200 з флуоресцентним детектором за ISO 22959 «Животные и растительные жиры и масла – определение полициклических ароматических углеводородов методом донорно-акцепторной комплексной хроматографии с флуорисцетным детектированием» [6-9]. На рис.1 показано наявність ПАВ при

дослідженні олії соняшникової нерафінованої методом ВЕРХ. Відповідно виявлено ПАВ у кількості: антрацен 12,3 мкг/кг; хризен 10,4 мкг/кг; флуорантрен 9,44 мкг/кг; бенз(а)пірен 9,74 мкг/кг. Сума ПАВ склала 41,88 мкг/кг.

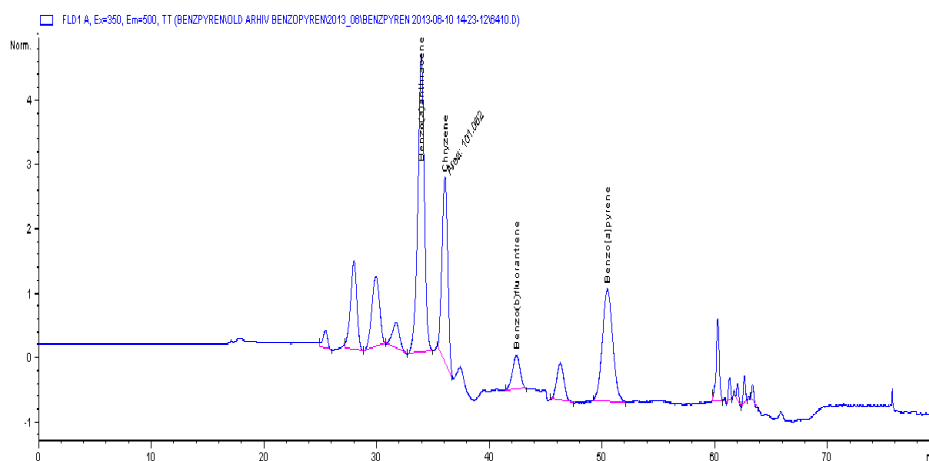


Рис.1 – Хроматограма олії нерафінованої з вмістом ПАВ

Вище представлений метод дозволяє звільнитись від складної підготовки зразків до досліджень та уникнути втрати ПАВ в порівнянні з іншими хроматографічними методами, які потребують застосування специфічних реагентів, тривалої підготовки проби, дотримування певних умов при проведенні досліджень.

Проведено аналіз даних щодо ідентифікації і визначення екотоксикантів в оліях з урахуванням критичних точок за показниками безпеки. Так при вирощуванні соняшника широко використовують пестициди в якості протруйників, тому дослідження насіння соняшника (сировина) на залишковій їхній вміст є актуальним. Пестициди, як правило, мають властивості як гідрофобні так і гідрофільні. Останні можуть при зберіганні рослинної олії нерафінованої накопичуватись у фузі (осаді), тому є проблема відбору зразків для дослідження олій на вміст пестицидів при подальшому їх кількісному визначенні. А саме на результат дослідження. При сринінгу соняшникової олії нами виявлено пестицид із групи феніламідів - металаксил (табл. 3).

Підтвердження результатів досліджень та кількісне визначення металаксилу здійснено з використанням ГРХ (газорідинна хроматографія) з використанням селективного до металаксилу термоіонного детектору, причому визначенню металаксилу не заважають фосфорорганічні пестициди та гербіциди групи сим-триазинів, що дуже важливо при сумісному їх визначенні (рис. 2) [10].

Олії та ліпидовмісні продукти широко використовуються у технологіях дієтичних, лікувально-профілактичних, парфумерно-косметичних та олієжировмісних харчових продуктів. Тому все більше уваги приділяється контролю, зокрема, олій, олійної сировини і ліпидовмісних продуктів, на вміст

органічних екотоксикантів: пестицидів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), поліхлорованих біфенілів (ПХБ).

Таблиця 3 – Компонентний склад екстракту соняшникової олії нерафінованої з вмістом металаксилу

№	Назва компоненту	Бібліотека AMDIS, % ідентичності	Бібліотека NIST, % ідентичності	Коефіцієнт співпадання даних бібліотек
1	Нафталін	96	93	1
2	Диметилфталат	93	92	1
3	Диетилфталат	89	79	1
4	Трибутилфосфат	93	82	1
5	Антрацен	91	88	1
6	Хризен	95	90	1
7	Диізобутилфталат	60	85	2
<b>8</b>	<b>Металаксил</b>	<b>80</b>	<b>88</b>	<b>1</b>
9	Ди-п-бутилфталат	73	88	3
10	Флуарантрен	75	68	1
11	Бенз(а)пірен	85	82	1
12	Біс(2-етилгексил)фталат	83	72	8

Так як хлорорганічні пестициди ПХБ відносяться до класу хлорорганічних сполук та мають ряд специфічних властивостей, а саме біокумуляції за рахунок того, що ПХБ мають високу розчинність в жирах так само як ПАВ та хлорорганічні пестициди.

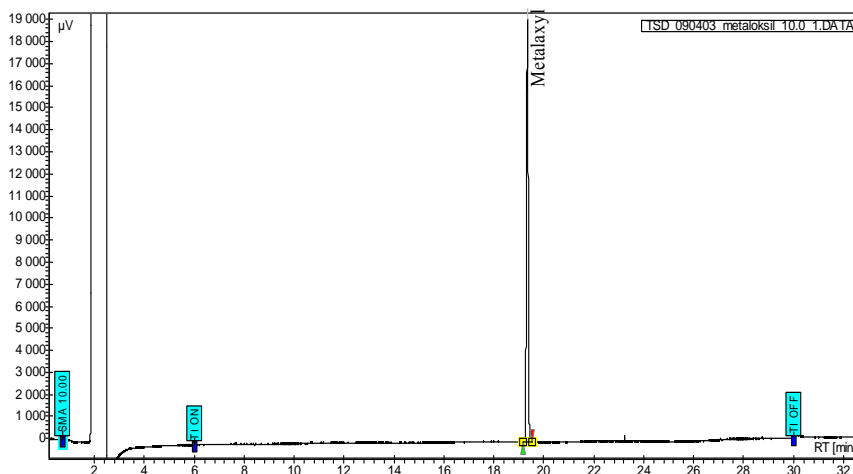


Рис.2 – Хроматограма екстракту олії соняшникової з металаксилу

Визначення ПХБ здійснюється, як правило, методами газорідної хроматографії з електронно захоплюючим детектором (ГРХ/ЕЗД) і газорідної хроматографії з мас-селективним детектором (ГРХ/МС). Метод ГРХ/МС дозволяє здійснювати ідентифікацію на основі структурної інформації по молекулярним мас-спектрам. При визначенні індивідуальних конгенерів необхідно конгенер-специфічне визначення ПХБ (табл. 4).

В результаті досліджень методом скринінгу в рибу'ячому жирі виявлено №4 ДДД – представник групи хлорорганічних пестицидів, №9 – ПХБ 153, № 1, 5, 6, 11, 12 – ПАВ та № 2, 3, 4, 8, 10, 13 – фталати. Отримані дані компонентного складу рибу'ячого жиру спонукають до подальшого проведення підтверджуючих та кількісних досліджень вище зазначених компонентів.



Таблиця 4 – Компонентний склад риб'ячого жиру

№	Назва компоненту	Бібліотека AMDIS, % ідентичності	Бібліотека NIST, % ідентичності	Коефіцієнт співпадання даних бібліотек
1	Нафталін	96	93	1
2	Диметилфталат	93	92	1
3	Диетилфталат	89	79	1
4	Трибутилфосфат	93	82	1
5	Антрацен	91	88	1
6	Хризен	95	90	1
7	ДДД	<b>96</b>	<b>93</b>	<b>1</b>
8	Диізобутилфталат	60	85	2
9	<b>РСВ</b>	<b>80</b>	<b>88</b>	<b>1</b>
10	Ди-п-бутилфталат	73	88	3
11	Флуарантрен	75	68	1
12	Бенз(а)пірен	85	82	1
13	Біс(2-етилгексил)фталат	83	72	8

На теперішній час нами проводиться оптимізація умов твердофазної екстракції та фракціонування екстракту, очистки проб на колонці з комбінованим сорбентом для подальшого сумісного визначення пестицидів різних хімічних груп, ПАВ, ПХБ, фталатів.

**Висновки.** Здійснення моніторингу методом скринінгу надає можливість виявлення стійких забруднювачів навколишнього середовища (екотоксикантів), які безпосередньо можуть потрапляти в харчові продукти, здійснювати технологічні заходи щодо регулювання ризиків та виявлення критичних точок.

В результаті досліджень доведено, що для аналізу нелетких сполук доцільним є застосування високоефективної рідинної хроматографії. Для подальшого кількісного визначення ПАВ та підтвердження пестицидів доцільно використовувати високоефективний рідинний хроматограф, що дає можливість виявлення ряду нелетких пестицидів та їх похідних.

Запропонована методологія може бути використана при здійсненні скринінгу залишкових кількостей екотоксикантів методами ГРХ/МС та ВЕРХ при здійсненні технохімічного контролю за безпечністю олієжировмісних харчових продуктів.

**Список літератури:** 1. Левчук, І. В. Технологія процесу швидкого аналізу при визначенні хлорорганічних пестицидів методом ГРХ-ЕЗД з використанням двох колонок / І. В. Левчук, В. А. Кищенко, П. Ф. Петик // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – №.3. – С.71. 2. Regional Screening Levels (Formerly PRGs) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: /www/URL: <http://www.epa.gov/region09/superfund/prg/>. – 01.12.2013 р. – Загол. з екрану. 3. The NIST 11 Mass Spectral Library (NIST11/2011/EPA/NIH) and NIST 08 (NIST08/2008) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: /www/URL: <http://www.sisweb.com/software/ms/nist.htm>. – 01.12.2013 р. – Загол. з екрану. 4. Draft Commission Regulation (EU). amending Regulation (EC) №1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards polycyclic aromatic hydrocarbons. 5. Левчук, І. В. Удосконалення методів контролю показників безпеки у технології олієжирових виробництв. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук // Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – С.8. 6. Левчук, І. В. Масла и маслосодержащие продукты. Определение бенз[а]пирена методами ВЭЖХ и ГЖХ-МС / И. В. Левчук, В. А. Кищенко // Вісник

Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – №43. – С.51. **7. Wilcke, W.** Polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) in soils of the Moscow Region - concentrations, temporal trends, and small-scale distribution / *W. Wilcke, M. Krauss, G.Safronov* [et al.] // Journal of Environmental Quality. – 2005. – Vol. 34. – P. 1581 – 1590. **8. Clayton, C. A.** Distributions, associations, and partial aggregate exposure of pesticides and polynuclear aromatic hydrocarbons in the Minnesota Children's Pesticide Exposure Study (MNCPEs) / *C. A. Clayton* // J. Expo.Anal.Environ Epidemiol. – 2003. – Vol. 13, N 2. – P. 100 – 111. **9. Lambert, T. W.** Lead, arsenic, and polycyclic aromatic hydrocarbons in soil and house dust in the communities surrounding the Sydney, Nova Scotia, tar ponds / *T. W. Lambert, S. Lane* // Environ Health Perspect. – 2004. – Vol. 112, N 1. – P. 35 – 41. **10. Левчук, І. В.** Визначення залишкового вмісту металаксилу в олійній сировині / *І. В. Левчук, В. А. Кищенко, М. І. Осейко, О. А. Литвиненко* // Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 2013. – № 2. – С.52.

**Bibliography (transliterated):** **1. Levchuk, I. V., Kishchenko, V. A., Petik, P. F.** (2008). Tekhnologiya protsesu shvydkoho analizu pry vyznachenni khlororganichnykh pestytsydiv metodom HRKH-EZD z vykorystanniam dvokh kolonok. Visnik Natsionalnogo tehnicnogo universitetu «KhPI», Kharkov: NTU «KhPI», № 3, 71 – 78. **2. Regional Screening Levels (Formerly PRGs)** (2013). \www/ URL: <http://www.epa.gov/region09/superfund/prg/>. **3. The NIST 11 Mass Spectral Library (NIST11/2011/EPA/NIH)** and **NIST 08 (NIST08/2008)** (2013). /www/ URL: <http://www.sisweb.com/software/ms/nist.htm>. **4. Draft Commission Regulation (EU).** amending Regulation (EC) №1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards polycyclic aromatic hydrocarbons. **5. Levchuk, I. V.** (2011). Udoskonalennia metodiv kontroliu ppokaznykiv bezpeky u tekhnologii oliiezhovykh vyrobnytstv. Avtoreferat dysertatsii na zdobuttia naukovooho stupenia kandydata tekhnichnykh nauk. Kharkov: NTU «KhPI», 20. **6. Levchuk, I. V., Kyshchenko, V. A.** (2008). Masla y maslosoderzhashchye produkty. Opredelenye benz[a]pirena metodamy VEXhKh y HZhKh-MS. Visnik Natsionalnogo tehnicnogo universitetu «KhPI», Kharkov: NTU «KhPI», 43, 51 – 57. **7. Wilcke, W., Krauss, M., Safronov, G.** (2005). Polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) in soils of the Moscow Region - concentrations, temporal trends, and small-scale distribution. Journal of Environmental Quality, V. 34, 1581 – 1590. **8. Clayton, C. A.** (2003). Distributions, associations, and partial aggregate exposure of pesticides and polynuclear aromatic hydrocarbons in the Minnesota Children's Pesticide Exposure Study (MNCPEs). J. Expo.Anal.Environ Epidemiol, V. 13, N 2, 100 – 111. **9. Lambert, T. W., Lane, S.** (2004). Lead, arsenic, and polycyclic aromatic hydrocarbons in soil and house dust in the communities surrounding the Sydney, Nova Scotia, tar ponds. Environ Health Perspect, V. 112, N 1, 35 – 41. **10. Levchuk, I. V., Kyshchenko, V.A., Oseiko, M. I., Lytvynenko, O. A.** (2013). Vyznachennia zalyshkovoho vmistu metalakсылу v oliinii syrovyni. Standartyzatsiia. Sertyfikatsiia. Yakist, 2, 53 – 57.

*Поступила (received) 12.03.2014*

УДК 664:665.1/7:539:542/543

**Методологія скринінгу залишкових кількостей екотоксикантів в сировині, оліях та жирах / І. В. Левчук** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.116-123 . – Бібліогр.: 10 назв. ISSN 2079-5459

В статті представлено дослідження зразків олійної сировини, олій та жиру на вміст екотоксикантів (пестицидів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, поліхлорованих біфенілів) з використанням газового хроматографа з мас-селективним детектором. Підтверджено, що для кількісного аналізу летких сполук доцільно використання газорідинної хроматографії з селективними детекторами. Доведено, що для аналізу нелетких сполук доцільно застосування вискоєфективної рідинної хроматографії. Показано, що здійснення моніторингу методом скринінгу дає можливість виявлення стійких забруднювачів навколишнього середовища (екотоксикантів), які можуть потрапляти в харчові продукти.

**Ключові слова:** скринінг, екотоксиканти, пестициди, поліциклічні ароматичні вуглеводні, критичні точки, олійна сировина, олії, жири

В статье представлены исследования образцов масличного сырья, масел и жиров на содержание экотоксикантов (пестицидов, полициклических ароматических углеводородов,

полихлорированных бифенилов) с использованием газового хроматографа с масс-селективным детектором. Доказано, что для анализа нелетучих соединений целесообразно использование высокоэффективной жидкостной хроматографии. Показано, что осуществление мониторинга методом скрининга даёт возможность выявлять стойкие загрязнители окружающей среды (экоотоксикантов), которые могут попадать в пищевые продукты.

**Ключевые слова:** скрининг, экоотоксиканты, пестициды, полициклические ароматические углеводороды, критичные точки, масличное сырьё, масла, жиры.

**The methodology of screening of residual quantities of ecotoxicants in raw materials, oils and fats/ I. V. Levchuk //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.116-123. Bibliogr.: 10. ISSN 2079-5459**

In the article the results of studies of samples of oils fats, and raw materials for their production, for presents of ecotoxicants such as pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls with using of gas chromatograph with mass-selective detector are presented. It is confirmed that the using of gas chromatography with selective detector for quanification of volatle compounds is reasonable. It is proven that the using of high-efficiency liquid chromatography for analysis of non-volatile compounds is preferable.

It is shown that monitoring by mean of screening of makes it possible to detect sable pollutants of environment (ecotoxicants) that can gat into a food products.

**Keywords:** screening, ecotocsicants, pesticides, polycyclic aromatic hydrocarbons, critical points, oils, fats, raw materials.

УДК [637.28:66-916.1]:66.022.3.097.8

*Н. О. МОГИЛЯНСЬКА*, канд. техн. наук, доц., ОНАХТ, Одеса

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АНТИОКСИДАНТІВ НА ГАЛЬМУВАННЯ ОКИСЛЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В СПРЕДАХ**

Проведені дослідження впливу антиоксидантів фенольної природи, отриманих з екстрактів чаю та кави, на гальмування окислювальних процесів при зберіганні спредів.

**Ключові слова:** спред, гальмування окислювальних процесів, екстракти чаю та кави, поліфенольні сполуки, зберігання.

**Вступ.** На фоні нестачі сировини в Україні та зниженні цін на сухе молоко виробництво вершкового масла втратило свою рентабельність, це стало не вигідним для виробника [1], тому на українському ринку у продажі з'явився новий продукт – комбіноване масло. При виробництві спредів використовуються заміники молочного жиру на рослинній основі, з їх допомогою регулюється жирнокислотний склад вершкового масла. Але в процесі зберігання спредів можуть відбуватись процеси, які призводять до псування продукту і появи небажаних присмаків: картонного, металевого, олійного, сального, рибного та інших, які поєднують загальним терміном «окислений» присмак.

При зберіганні жирів, особливо в несприятливих умовах, відбуваються зміни внаслідок яких утворюється ряд хімічних сполук з неприємним смаком і запахом. Псування жиру може протікати як під впливом ферментів, так і під дією кисню повітря. Дію ферментів прискорюють підвищення вологості і температури, світло, солі металів міді, заліза, свинцю, цинку. Розрізняють гідролітичне і окислювальне

© Н. О. МОГИЛЯНСЬКА, 2014

псування жиру. Вид псування залежить від складу жиру та умов його зберігання [2]. Під стійкістю жирів розуміють їх здатність зберігати тривалий час високу якість. Тому стійкість жирів визначають факторами, які обмежують їх псування хімічного та біохімічного походження. Швидкість протікання ферментативних та хімічних процесів та склад продуктів, що утворюються, залежить від хімічного складу жиру, температури зберігання, вмісту вологи тощо. На процес окислення впливають деякі хімічні речовини, які або прискорюють його (прооксиданти), або уповільнюють (антиоксиданти).

Найбільшими антиоксидантними властивостями володіють флавоноли та катехіни [3]. Антиоксидантна активність фенольних сполук пояснюється двома обставинами:

1) фенольні сполуки зв'язують іони важких металів у стійкі комплекси, тим самим позбавляючи останніх їх каталітичної дії;

2) вони є акцепторами вільних радикалів, що створюються при аутооксидації (тобто, фенольні сполуки здатні гасити вільнорадикальні процеси) [3 – 5].

Аналіз літературних джерел щодо вмісту поліфенольних речовин у різних рослинах показав, що чай зелений і чорний, кава зелена і чорна мають високий вміст катехінів і флаванолів, які характеризуються високою антиокислювальною активністю. Але, на наш погляд, антиокислювальні можливості цих продуктів для гальмування окислювальних процесів при зберіганні жирів недостатньо вивчені.

Тому, досить актуальною є задача вивчення впливу рослинних антиоксидантів фенольного походження (екстрактів чаю зеленого і чорного, кави зеленої і чорної) на процес окиснення спредів з метою розробки науково-обґрунтованих технологічних заходів щодо їх використання.

**Мета роботи.** Метою роботи є дослідження впливу антиоксидантів фенольної природи, які містяться в екстрактах чаю (зеленого і чорного) та кави (зеленої та чорної), на гальмування окислювальних процесів при зберіганні спредів.

**Методика експериментів.** Для проведення дослідів був виготовлений спред з масовою часткою жиру  $73 \pm 0,5$  % із вершків та замінича молочно-жирового жиру (ЗМЖ) «Делікон».

В вершках визначали масову частку жиру, нормалізували їх знежиреним молоком до 40 % жирності, пастеризували при температурі  $98 \pm 2$  °C без витримання, додавали знежирене молоко та ЗМЖ «Делікон» відповідно до рецептури.

Далі суміш розмішували до однорідної маси, охолоджували до температури  $10 \pm 2$  °C, та залишали у холодильнику при температурі  $4 \pm 2$  °C для фізичного визрівання. Метою цієї операції є переведення частини жиру  $34 \pm 2$  % у твердий стан. При цьому вершки з емульсії переходять у емульго-суспензію. Після визрівання суміш збивали. Водні екстракти чаю і кави додавали при збиванні спреду після утворення масляного зерна і вилучення маслянки, у «критичній» точці, коли вміст вологи у напівфабрикаті мінімальний. Вносили водні екстракти у зерно у кількості 2, 4, 6, 8, 10 %. Для отримання спреду однакового хімічного складу відповідно добавляли до зразків 8, 6, 4, 2 см<sup>3</sup> води.

Екстракти чаю (зеленого і чорного) і кави (зеленої і чорної) готували наступним чином: 10 г чаю і кави заливали 90 см<sup>3</sup> окропу і витримували на

водяній бані при 100 °С 5 хв., охолоджували і фільтрували. В екстракті визначали вміст таніно-катехінового комплексу, катехінів, флавонолів, лейкоантоціанів.

У спреді визначали вміст вологи, сухий знежирений молочний залишок, вміст жиру, кислотне та перекисне числа, органолептичні показники.

Контрольним зразком був спред без екстрактів чаю і кави з масовою часткою жиру 73 %.

Для дослідження окислювальних процесів спредів був використаний спосіб окислення при кімнатній температурі і відсутності прямих сонячних променів у відкритих чашках Петрі протягом місяця.

Вироблені спреди з екстрактами і контрольний зразок поміщали у чашки Петрі по 30 г товщиною шару 5 мм. Чашки у відкритому вигляді зберігали у скляній шафі протягом місяця. Досліди органолептичних і фізико-хімічних показників проводили щотижня.

Виготовлені для дослідів прискореного окислення зразки спредів (контрольного варіанту і з екстрактами чаю зеленого і чорного та кави зеленої та чорної) за фізико-хімічними показниками не відрізнялись і відповідали вимогам діючої нормативної документації України на спреди.

Дослідні зразки з екстрактами чаю і кави містили поліфенольні сполуки, які не тільки мають антиоксидантні властивості, а і підвищують біологічну цінність спреду, оскільки є біологічно активними речовинами.

У виготовлених зразках спредів в процесі зберігання визначали кислотне та перекисне числа.

**Дослідження процесу прискореного окислення спреду з різними добавками антиоксидантів.** На рис. 1. представлена динаміка змін перексидного числа контрольного зразку та спредів з екстрактами зеленого чаю в процесі зберігання при кімнатній температурі

У зразках спредів перекисне число було 0,028 %  $J_2$ . В процесі зберігання при кімнатній температурі в присутності світла і відсутності прямих сонячних променів спостерігається зростання перексидного числа, що свідчить про те, що мають місце вільнорадикальні ланцюгові реакції, які супроводжуються на перших етапах утворенням перекисей і гідроперекисей. Вже через тиждень зберігання перекисне число збільшується від 0,028 до 0,058 %  $J_2$  у контрольному зразку, спред з таким числом ще залишається свіжим, але вже не підлягає зберіганню.

У дослідних зразках процес окислення уповільнюється залежно від кількості екстракту. У спреді, який містить 2 % екстракту зеленого чаю, перекисне число майже не відрізняється від контрольного зразка. Зі збільшенням вмісту екстракту

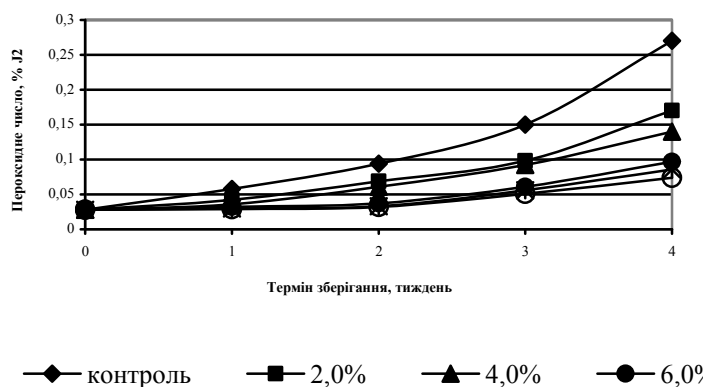


Рис. 1 – Динаміка змін перексидного числа контрольного зразку спреду та спредів з екстрактом зеленого чаю в процесі зберігання при кімнатній температурі

до 8 і 10 % процес окислення гальмується суттєво і в цих зразках майже за тиждень не зростає. Через два тижні пероксидне число у контрольному зразку зростає до 0,1 %  $J_2$ . З таким значенням пероксидного числа продукт має сумнівну свіжість. В ньому змінюються органолептичні показники, з'являється сторонній запах, що свідчить про початок розпаду пероксидів.

У зразках спреду з екстрактом зеленого чаю у кількості 2 і 4 % цей процес гальмується порівняно з контрольним, перекисне число складає 0,08 %  $J_2$ . Ці зразки спреду теж набувають сумнівної свіжості. Інша картина спостерігається у зразках з вмістом екстрактів 6, 8 і 10 %, де пероксидне число не досягає 0,05 %  $J_2$ . Продукт залишається ще свіжим.

На третій і четвертий тиждень відбувається подальше зростання пероксидного числа. Перевищення пероксидного числа жиру за величину 0,1 %  $J_2$  свідчить, що жир зіпсований. Органолептична оцінка підтверджує це. Спред набуває прогірклого смаку, який може бути обумовлений вже продуктами розпаду гідроперекисей і перекисей – альдегідами, кетонами, альдо- і кетокислотами, оксикислотами та ін.

Характер змін пероксидного числа спреду з екстрактом чорного чаю (рис. 2) аналогічний спреду з екстрактом зеленого чаю.

Вміст екстракту чорного чаю 2 і 4 % уповільнює процес окиснення, але у більшій мірі це відбувається при додаванні 6, 8 і 10 %.

Так, вже через два тижні зберігання, коли контрольний зразок досягнув значення пероксидного числа 0,1 % і став зіпсованим, у зразках з вмістом

екстракту понад 6 % жир ще залишався свіжим. Тільки через три тижні значення пероксидного числа у цих зразках наблизилось до мінімальної величини, що характеризує сумнівну свіжість. Через чотири тижні зберігання при кімнатній температурі значення пероксидного числа в цих зразках не перевищувало 0,7...0,8 %. В зразках з'явився ледь відчутний сторонній запах.

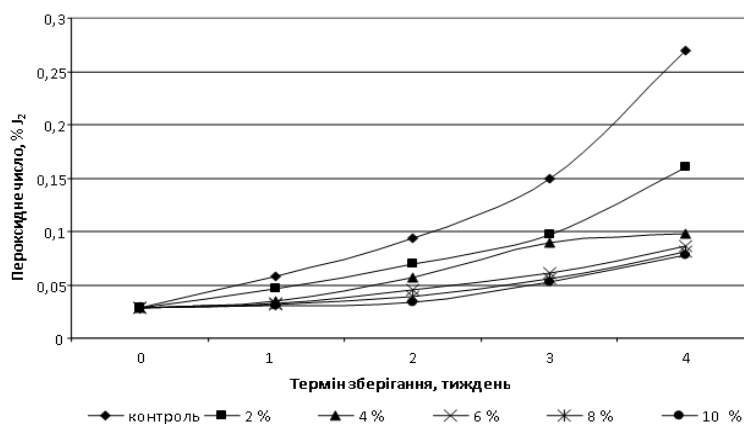


Рис. 2 – Динаміка змін пероксидного числа контрольного зразку спреду та спредів з екстрактом чорного чаю в процесі зберігання при кімнатній температурі

Зразки спреду з вмістом екстракту чорного чаю 2 і 4 % вже через два тижні зберігання мали сумнівну свіжість, а через три тижні зразок з вмістом 2 % екстракту чорного чаю був зіпсованим. В ньому, як і контрольному зразку, відчувався запах зіпсованого продукту.

На рис. 3 представлена динаміка змін пероксидного числа зразків спреду з екстрактом зеленої кави в процесі зберігання. Порівнюючи в процесі зберігання протягом 4 тижнів пероксидне число дослідних зразків з контрольним, слід зазначити, що поліфенольні сполуки зеленої кави, а це насамперед хлорогенова

кислота, мають антиокислювальну дію.

Вміст екстракту 2 і 4 % у меншій мірі гальмує процес окислення і вже через два тижні зберігання ці продукти набули сумнівної свіжості, в той час як спреди, що містять 6, 8 і 10 % екстракту зеленої кави за цей час ще зберігали свіжість, тільки через три тижні стали сумнівної свіжості. В той час як перші два дослідні

зразки (2 і 4 %) через три тижні вже були зіпсовані, пероксидне число в них перевищувало 0,1 %. Через чотири тижні зберігання зразки з екстрактом зеленої кави понад 6 % мали перекисне число до 0,1 %, отже набули сумнівну свіжість.

Зміна пероксидного числа спреду з екстрактом чорної кави аналогічний спреду з екстрактом зеленої кави. У більшій мірі уповільнення процесу окиснення відбувається при додаванні чорної кави у кількості 6, 8 і 10 %, ніж 2 і 4. Так, вже через два тижні зберігання, коли контрольний зразок досягнув значення пероксидного числа 0,1 % і набув сумнівної свіжості, у зразках з вмістом екстракту понад 6 % жир ще залишався свіжим. Тільки через три тижні значення пероксидного числа у цих зразках стали більше 0,06 %  $J_2$ , що характеризує сумнівну свіжість. Через чотири тижні зберігання при кімнатній температурі значення пероксидного числа вже наближались до 0,1 %  $J_2$ . В зразках з'явився сторонній запах. Зразки спреду з вмістом екстракту чорної кави 2 і 4 % вже через два тижні зберігання мали сумнівну свіжість, а через три тижні зразки були зіпсовані. В них, як і контрольному зразку, відчувався запах зіпсованого продукту.

Кислотне число характеризує процес ферментативного або неферментативного гідролізу жиру. Розпад жиру з утворенням жирних кислот може сприяти прискоренню процесу окислення, тому що в першу чергу окислюються вільні, не зв'язані у тригліцериди, кислоти. Саме тому визначали у всіх зразках кислотне число.

Кислотне число в контрольному зразку спреду і в зразках з екстрактом зеленого чаю у кількостях від 2 до 10 % з інтервалом у 2 % складало 1,01...1,3 мг КОН, або 1,8 °К.

Через тиждень зберігання при кімнатній температурі кислотне число у контрольному зразку збільшилось і досягло величини 1,48 мг КОН, або 2,64 °К. У дослідних зразках з екстрактом зеленого чаю, незалежно від кількості екстракту, кислотне число за той же термін зберігання майже не відрізнялось від контрольного зразка і складало від 1,40 до 1,46 мг КОН (відповідно 2,5 і 2,6 °К). Незважаючи на збільшення кислотного числа, яке свідчить про накопичення вільних кислот, в продукті не спостерігалось змін органолептичних показників.

Через два тижні зберігання кислотне число збільшилось до 2,68 мг КОН (4,8 °К) у контрольному зразку. Майже таке значення кислотного числа визначено у

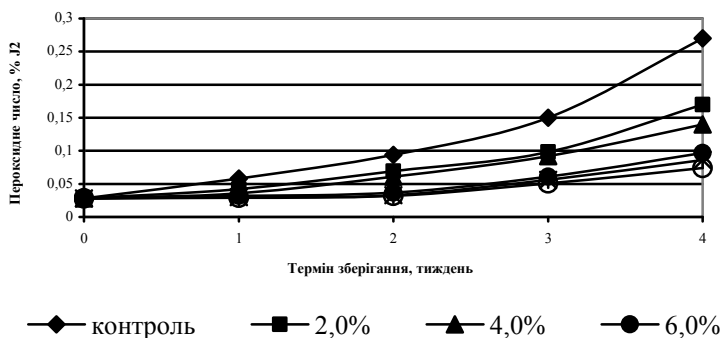


Рис. 3 – Динаміка змін пероксидного числа контрольного зразку та зразків спредів з екстрактом зеленої кави в процесі зберігання при кімнатній температурі



дослідному зразку з 2 % екстракту зеленого чаю і незначно нижче (2,5 мг КОН або 4,45 °К) у дослідних зразках з 6, 8 і 10 % екстракту зеленого чаю.

Через три тижні зберігання в усіх зразках спостерігалось подальше збільшення кислотного числа до 3,25 мг КОН (5,8 °К) у контрольному зразку і дослідному з вмістом екстракту 2 %. Усі інші дослідні зразки мали кислотне число того ж порядку (3,15 мг КОН).

Через чотири тижні зберігання у контрольному зразку кислотне число досягло 4, 6 мг КОН (8,2 °К) і незначно нижче 4,5 мг КОН (до 8 °К) в усіх зразках з екстрактом зеленого чаю.

Таким чином, при зберіганні зразків спреду при кімнатній температурі і відсутності прямих сонячних променів у відкритих чашках Петри відбувався гідроліз жиру, про що свідчить кислотне число. Процес йшов майже з однаковою швидкістю, що в контрольному зразку, що в зразках з екстрактами. Пояснюється це тим, що роль антиоксидантів полягає у тому, що вони гальмують процеси окислення, обриваючи вільнорадикальні ланцюгові реакції, а на гідроліз ацилгліцеридів не впливають.

Порівнюючи динаміку змін кислотного числа спреду з екстрактом зеленого і чорного чаю, слід зазначити, що на швидкість гідролізу жиру не впливає вид екстрагенту.

В процесі зберігання зразків спреду з екстрактом зеленої кави відбувається розщеплення ацилгліцеридів, що супроводжується збільшенням кислотного числа. Через тиждень зберігання воно в усіх зразках було майже на одному рівні і складало 1,38...1,46 мг КОН. При зберіганні протягом наступних трьох тижнів відбувалось подальше збільшення кислотного числа, на другому тижні – до 2,5 ...2,6 мг КОН, на третьому – до 3,2...3,3 мг КОН, на четвертому – до 4,4...4,6 мг КОН.

Як свідчать наведені дані, процес зберігання зразків спреду з екстрактом чорної кави супроводжується накопиченням вільних жирних кислот. Практично поліфеноли кави не гальмують гідроліз тригліцеридів. Як в контрольному варіанті, так і дослідних зразках кожного тижня збільшується кислотне число і його значення знаходяться майже на одному рівні. За чотири тижні кислотне число збільшилось у 4,5 рази. Характер змін кислотного числа у зразках спреду з екстрактом чорної кави аналогічний характеру змін в зразках спреду з екстрактом зеленої кави.

Слід зазначити, що в усіх дослідних зразках, незалежно від виду екстракту, кислотне число несуттєво менше за контрольний зразок. Очевидно, поліфеноли, які присутні в екстрактах чаю і кави, маючи бактерицидні властивості, гальмували дію ліполітичних ферментів.

**Висновки.** Внесення екстрактів чаю і кави у спреди в концентрації від 2 до 10 % гальмує процес прискореного окислення при кімнатній температурі у різному ступеню. Встановлено, що концентрація екстрактів чаю і кави 6 % є раціональною, оскільки пероксидне число спредів з таким вмістом екстрактів суттєво нижче за пероксидне число з вмістом 2 і 4 % і незначно відрізняється від пероксидного числа спредів з вмістом 8 і 10 %. Несуттєво вищу антиокислювальну активність мають екстракти зеленої кави і чорного чаю. Так, за пероксидним числом спред із вмістом екстракту зеленої кави і чорного чаю 6 %



протягом трьох тижнів залишався свіжим. В той же час контрольний зразок після двох тижнів зберігання при кімнатній температурі був зіпсованим. Встановлено, що в процесі прискореного окислення при кімнатній температурі відбувається гідроліз жиру, кислотне число в контрольному і дослідних зразках змінюється майже в однаковій мірі.

**Список літератури:** 1. Кулакова, С. Н. Спреды – современные жировые продукты, особенности их химического состава и перспективы использования [Текст] / С. Н. Кулакова, Е. В. Викторова // Масложировая промышленность. – 2007. – № 1. – С. 4 – 5. 2. Горбатова, К. К. Химия и физика молока: Учебник для вузов [Текст]. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 288 с. 3. Gordon, M. H. Antioxidant activity of flavonoids isolated from licorice [Text] // Journal of Agriculture and Food Chemistry. – 1995. – Vol. 43, № 4. – P. 1784 – 1788. 4. Hollman, P. C. H. Bioavailability of favonoids from tea [Text] / P. C. H. Hollman, L. B. M. Tijburg, C. S. Yang // Food Science and Nutrition. – 1997. – V. 37. – P. 719 – 738. 5. Harborne, J. B. Advances inflavonoid research since 1992 [Text] / J. B. Harborne, C. A. Williams // Phytochemistry. – 2000. – V. 55. – P. 481 – 504.

**Bibliography (transliterated):** 1. [Kulakova, S. N.](#), [Viktorova, E. V.](#) (2007). Spreads – modern fat products, especially their chemical composition and prospects. Oil Ind., 1, 4-5. 2. [Gorbatova, K. K.](#) (2003). Chemistry and physics of milk: Textbook for Universities. St.P.: GIORD, 2003. 3. [Gordon, M. H.](#) (1995). Antioxidant activity of flavonoids isolated from licorice. Journal of Agriculture and Food Chemistry, V. 43, 4, 1784 – 1788. 4. [Hollman, P. C. H.](#), [Tijburg, L. B. M.](#), [Yang, C. S.](#) (1997). Bioavailability of favonoids from tea. Food Science and Nutrition, V. 37, 719 – 738 5. [Harborne, J. B.](#), [Williams, C. A.](#) (2000). Advances inflavonoid research since 1992. Phytochemistry, V. 55, 481 – 504.

*Надійшла (received) 07.03.2014*

УДК [637.28:66-916.1]:66.022.3.097.8

**Дослідження впливу антиоксидантів на гальмування окислювальних процесів в спредах/ Могилянська Н. О.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.123-129 . – Бібліогр.: 5 назв. ISSN 2079-5459

Проведені дослідження впливу антиоксидантів фенольної природи, отриманих з екстрактів чаю та кави, на гальмування окислювальних процесів при зберіганні спредів.

**Ключові слова:** спред, гальмування окислювальних процесів, екстракти чаю та кави, поліфенольні сполуки, зберігання.

В роботі приведені результати досліджень впливу фенольних сполук екстрактів чаю та кави на гальмування окислювальних процесів при зберіганні спредів.

**Ключевые слова:** спреды, торможение окислительных процессов, экстракты чая и кофе, полифенольные соединения, хранение.

**Research of the antioxidant's influence on the inhibition of oxidative processes in the spreads / Mohylianska N./** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.123-129. Bibliogr.: 5. ISSN 2079-5459

In the thesis presents the results of studies of the effect of phenolic compounds extracts of tea and coffee on the inhibition of oxidative processes during storage spreads.

**Keywords:** spreads, inhibition of oxidative processes, tea and coffee extracts, polyphenolic compounds, storage.

*І. Я. МАТКІВСЬКА*, аспірант, НУ «Львівська політехніка

*В. М. АТАМАНЮК*, д-р техн. наук, проф., зав. каф., НУ «Львівська політехніка»

*І. Р. БАРНА*, асистент НУ «Львівська політехніка

## КІНЕТИКА СУШІННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ФІЛЬТРАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

В статті наведені експериментальні дослідження кінетики фільтраційного сушіння зерна пшениці сорту “Золотоколоса”. Проаналізовано залежність фільтраційного сушіння від технологічних параметрів теплового агента, початкового вологовмісту зерна і висоти шару матеріалу.

**Ключові слова:** зерно пшениці, фільтраційне сушіння, кінетика, динаміка, швидкість сушіння, тепловий агент

**Вступ.** Пшениця одна з найбільш важливих, споживаних та розповсюджених продовольчих культур в США, Росії, Індії, Франції, Італії, Іспанії, Румунії, Німеччини та ін. Україна також належить до провідних виробників пшениці. Серед основних зернових культур в Україні озима пшениця, яка за посівними площами займає перше місце і становить понад 50% всіх зернових.

Збільшення виробництва зерна вимагає постійного удосконалення технології проведення базових операцій післязбиральної обробки, яка включає очищення, сушіння і зберігання. Сушіння визначає якість готового продукту, тривалість зберігання та запобігає його втратам. Затрати енергії на доведення зерна до кондиційного за вологістю стану складають 30 - 70% загальних витрат. [1]. Враховуючи значні затрати енергії на сушіння, розробка нових методів сушіння зерна пшениці, зниження енергетичних витрат на видалення вологи, забезпечення екологічної безпеки, розробка нової зерносушильної техніки, що характеризується високою ефективністю і швидкістю сушіння, є актуальним завданням.

**Аналіз джерел літератури та постановка проблеми.** У країнах Західної Європи вклад м'яких озимих сортів пшениці у досягнутий за останні роки рівень випуску товарного зерна становить 60% [2]. Тому об'єктом дослідження обрано зерно озимої м'якої пшениці сорту “Золотоколоса”, середній урожай якої за даними оригінатора (ІФРГ НАН України) у роки випробування (2000-2004 р.р.) становив 86,1 ц/га. Технічні характеристики зерна пшениці сорту “Золотоколоса” наведені у роботі [3].

Згідно літературних даних, дослідження останніх років спрямовані на вдосконалення способів сушіння або впровадження нового високоефективного обладнання. Автором роботи [4] наведені шляхи інтенсифікації процесу в барабанній зерносушарці, проте недоліками застосування даної установки є часткове пошкодження зерна, низьке знімання вологи за один пропуск через сушарку, низька продуктивність, громіздкість конструкції, підвищена витрата теплової енергії. Автор роботи [5, 6] пропонує використовувати блокову

зерносушарку, яка дає можливість економії 30% енергії порівняно з шахтними сушарками, проте її недоліком є нерівномірне нагрівання зерна і відповідно нерівномірність кінцевої вологості окремих зерен.

В наукових роботах [7 – 9] стверджується, що фільтраційне сушіння (ФС) є одним із високоефективних методів, суть якого полягає у профільтовуванні теплового агента в напрямку “вологий матеріал – перфорована перегородка” за рахунок перепаду тисків. Відомо [8], що швидкість сушіння є тим вищою, чим вища температура і об’ємна витрата теплового агента. Під час фільтраційного сушіння тепловий агент фільтрується крізь стаціонарний шар дисперсного матеріалу і його дійсна швидкість омивання вологих частинок є значно більшою, ніж при конвективному сушінні і, відповідно, коефіцієнти тепло-, масовіддачі та коефіцієнт дифузії будуть також більшими, ніж у випадку конвективного сушіння. Крім цього поверхня тепло- масообміну під час ФС є рівною поверхні всіх частинок, що в свою чергу також сприяє інтенсифікації процесу сушіння, тому нами пропонується цей метод для висушування зерна пшениці.

Авторами робіт [7, 9, 10] досліджено вплив технологічних параметрів теплового агента, гранулометричного складу та висоти шару дисперсного матеріалу на кінетику та динаміку ФС різних дисперсних матеріалів і запропоновані розрахункові залежності для визначення часу сушіння. Аналіз наведених графічних і розрахункових залежностей вказує, що інтенсивність фільтраційного сушіння залежить як від технологічних параметрів теплового агента, так і структурної будови частинок вологого матеріалу і геометричних параметрів стаціонарного шару крізь який фільтрується тепловий агент.

Проте, наведені в цих роботах дослідження стосуються конкретних матеріалів і застосувати їх для інших матеріалів, відмінних за структурною будовою і формою частинок є неможливо внаслідок великої похибки між експериментальними і теоретично розрахованими значеннями. Тому дослідження впливу цих параметрів на процес фільтраційного сушіння зерна пшениці є актуальною задачею.

**Мета та завдання досліджень.** Теоретичне та експериментальне дослідження кінетики фільтраційного сушіння зерна пшениці сорту “Золотоколоса”. Експериментальні дані та їх інтерпретація. Початковий вологовміст зерна пшениці залежить від багатьох факторів, а саме, сорту пшениці, типу ґрунтів, кліматичних умов тощо. Тому досліджували вологе зерно пшениці сорту “Золотоколоса” з початковим вологовмістом 19,3; 21,2; 23,3; 27,3% (віднесений до загальної маси зерна пшениці), що відповідає вологовмісту 0,239; 0,269; 0,304; 0,375 кг  $H_2O$ /кг сух. матер. Експериментальні дослідження кінетики фільтраційного сушіння зерна пшениці проводили на установці та за методикою наведеною у [8]. Досліджували вплив температури теплового агента  $t$ , швидкості фільтрування  $v_0$  і висоти шару матеріалу  $h$  на кінетику ФС. Результати експериментальних досліджень кінетики ФС наведено на рис. 1 у вигляді зміни вологовмісту  $w^e$  в часі  $\tau$ .

Аналіз рис. 1, а показує, що початковий вологовміст зерна істотно не змінює характер процесу сушіння, але впливає на загальний час сушіння. Зокрема збільшення вологовмісту від 0,239 кг  $H_2O$ /кг сух. матер. до 0,375 кг  $H_2O$ /кг сух. матер. призводить до збільшення часу сушіння від 1025с до 3193с (в 3,1 рази), що

пояснюється більшою кількістю внутрішньої вологи в матеріалі, яку необхідно випарувати.

Оскільки одним із визначальних параметрів, який впливає на кінетику процесу, є температура теплового агента, тому був досліджений її вплив у діапазоні зміни температури від 40 до 80 °С. Вибір такого діапазону температур зумовлений термолабільністю матеріалу. Аналізуючи рис. 1, б видно, що з ростом температури тангенс кута нахилу прямолінійної ділянки кінетичних кривих зростає та скорочується час сушіння, це пояснюється зростанням сушильного потенціалу теплового агента, а також зростанням коефіцієнту внутрішньої дифузії вологи із зерна пшениці.

Відомо, що ФС носить зональний характер, тому досліджували вплив висоти шару зерна пшениці на кінетику ФС в діапазоні висот від 40 мм до 140 мм. Як видно з рис. 1, в за однакової швидкості і температури теплового агента тангенс кута нахилу прямолінійних ділянок кінетичних кривих залежить від висоти шару і з її ростом зменшується, це пояснюється тим, що з ростом висоти шару зростає шлях переміщення зони масообміну в напрямку до перфорованої перегородки. Аналіз рис. 1, г показує, що збільшення швидкості фільтрування теплового агента від 0,66 до 1,38 м/с скорочує час сушіння в 1,4 рази, що пояснюється зростанням коефіцієнтів тепловіддачі від

теплового агента до зерна пшениці, зерно швидше прогривається і відповідно швидше зростає його температура і коефіцієнт внутрішньої дифузії.

Однак, як видно з рис. 1, г з подальшим збільшенням швидкості фільтрування теплового агента з 1,38 до 2,1 м/с час сушіння змінюється незначно, що пояснюється наявністю в зерні лише внутрішньої вологи і постійністю коефіцієнта

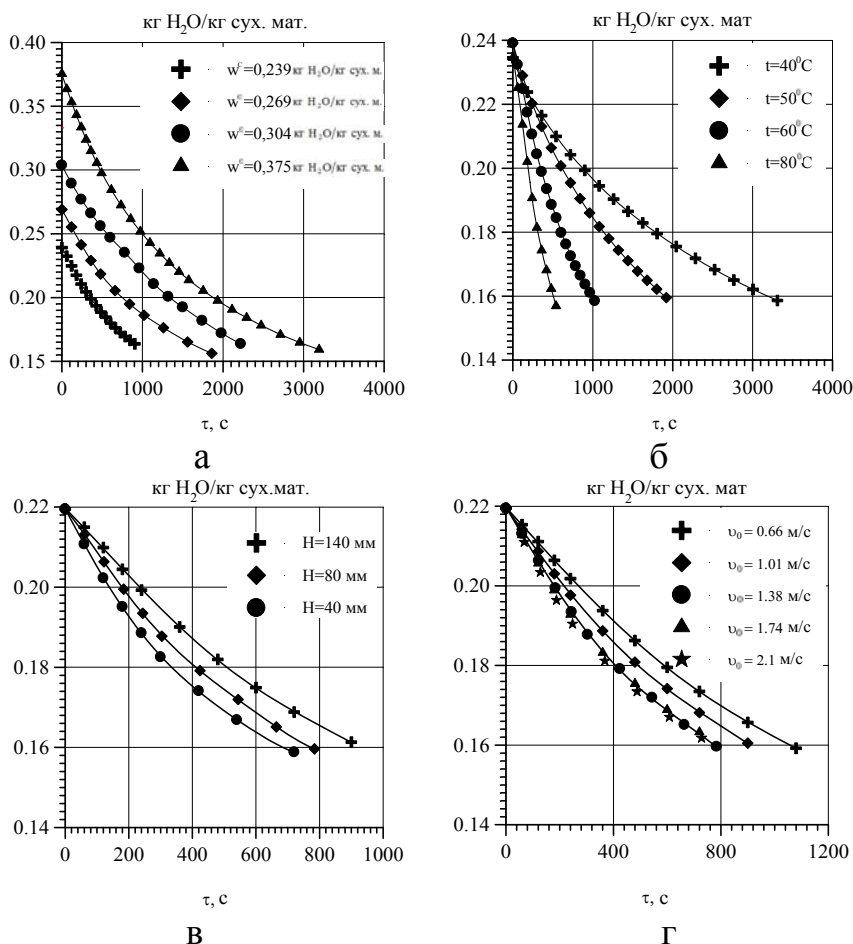


Рис. 1 – Зміна вологовмісту шару зерна пшениці сорту «Золотоколоса» в часі: а – за різного початкового вологовмісту матеріалу ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $H = 80 \text{ мм}$ ,  $t = 60^\circ \text{C}$ ); б – за різної температури теплового агента ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $H = 80 \text{ мм}$ ); в – за різної висоти шару ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $t = 60^\circ \text{C}$ ); Г – за різної швидкості фільтрування теплового агента ( $H = 80 \text{ мм}$ ,  $t = 60^\circ \text{C}$ )

внутрішньої дифузії. На рис. 2 наведені результати експериментальних досліджень вологовмісту теплового агента на виході із шару зерна пшениці під час ФС за різних температур і теоретична залежність максимально можливого його насичення побудовану на основі I – d діаграми. Аналіз даного рисунку показав, що повне насичення теплового агента не відбувається, тому подальше збільшення швидкості теплового агента недоцільне. Це дає змогу зробити висновок, що процес фільтраційного сушіння доцільно проводити за помірних швидкостей теплового агента, що забезпечує малий перепад тиску та економію теплоти і, відповідно, невеликі

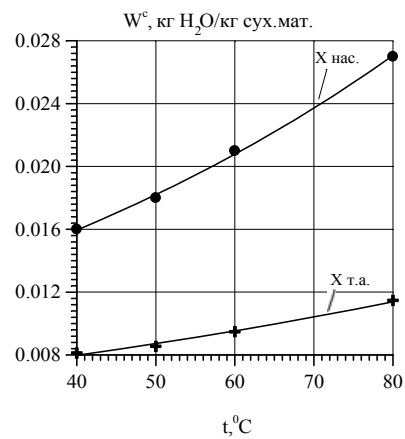


Рис. 2 – Насичення теплового агента вологою за різних температур

затрати. Тому, на основі цих міркувань нами рекомендовано використовувати швидкість фільтрування теплового агента під час сушіння зерна пшениці в межах енергетичні  $v_0 = 1,3 \div 1,5 \text{ і } / \tilde{n}$ .

Динаміка видалення вологи із шару зерна характеризує інтенсивність видалення вологи із зерна пшениці. Тому нами проведені експериментальні дослідження зміни маси залишкової вологи у шарі зерна (рис. 3) під час ФС. Аналіз рис. 3, а і рис. 3, в показує, що інтенсивність видалення вологи із шару не залежить від початкового вологовмісту матеріалу (рис. 3, а) та висоти шару (рис. 3, в), про що свідчить «паралельність» кривих зміни маси залишкової вологи у шарі від часу, що пояснюється постійністю величини сушильного потенціалу теплового агента під час ФС.

На (рис. 3, б) спостерігаємо, що із зростанням температури теплового агента інтенсивність видалення вологи із шару зростає, схожа ситуація спостерігається і під час збільшення швидкості

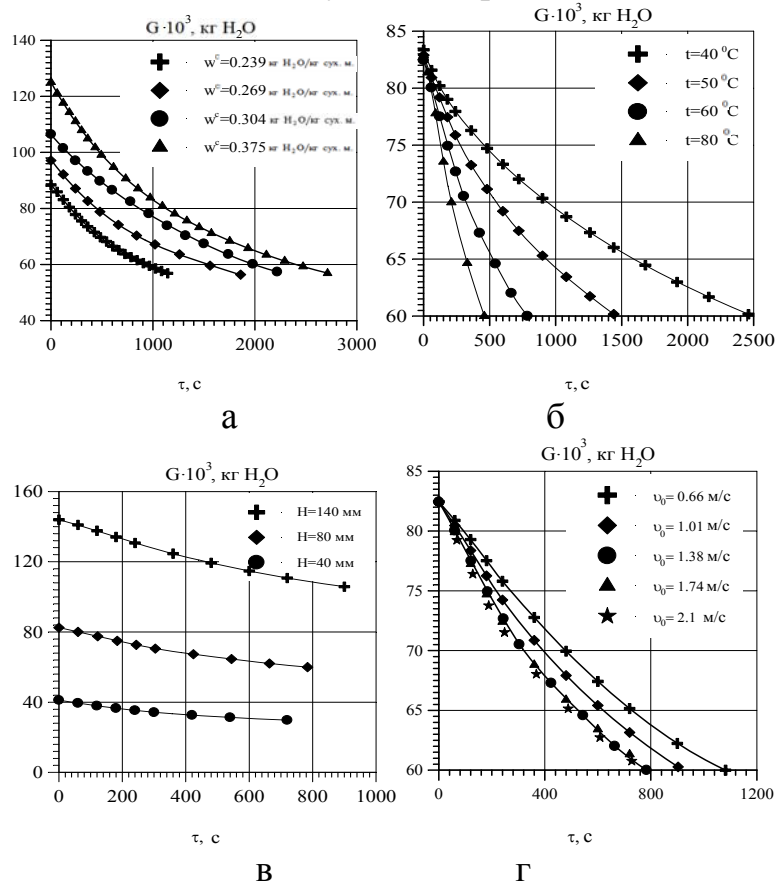


Рис. 3 – Динаміка видалення вологи із шару зерна: а – за різного початкового вологовмісту матеріалу ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $H = 80 \text{ мм}$ ,  $t = 60^\circ \text{C}$ ); б – за різної температури теплового агента ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $H = 80 \text{ мм}$ ); в – за різної висоти шару ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $t = 60^\circ \text{C}$ ); г – за різної швидкості фільтрування теплового агента ( $H = 80 \text{ мм}$ ,  $t = 60^\circ \text{C}$ )

фільтрування теплового агента від 0,66 до 1,38 м/с (рис. 3, г), що пояснюється зростанням величини сушильного потенціалу і зростанням коефіцієнтів тепловіддачі, а також кількості теплоти, що вносить у шар із тепловим агентом відповідно.

Велике практичне значення мають графічні залежності швидкості сушіння від зміни вологовмісту, які дають змогу оцінити форми зв'язку вологи з матеріалом, визначити енергетичні затрати на процес та вибрати оптимальний режим сушіння і широко використовуються в промисловості під час проектування сушильних апаратів.

На рис. 4 подано графічну залежність швидкості сушіння зерна пшениці в часі  $\frac{dw^c}{d\tau} = f(w^c)$ . Аналіз рис. 4а, 4б, 4в, 4г показує, що процес сушіння зерна пшениці відбувається в другому періоді сушіння з попереднім прогріванням матеріалу, про що свідчать зростання швидкості сушіння на початку процесу з подальшим її зменшенням.

Для прогнозування часу сушіння зерна пшениці ми використали відоме рівняння Ликова для сушіння у другому періоді [11]:

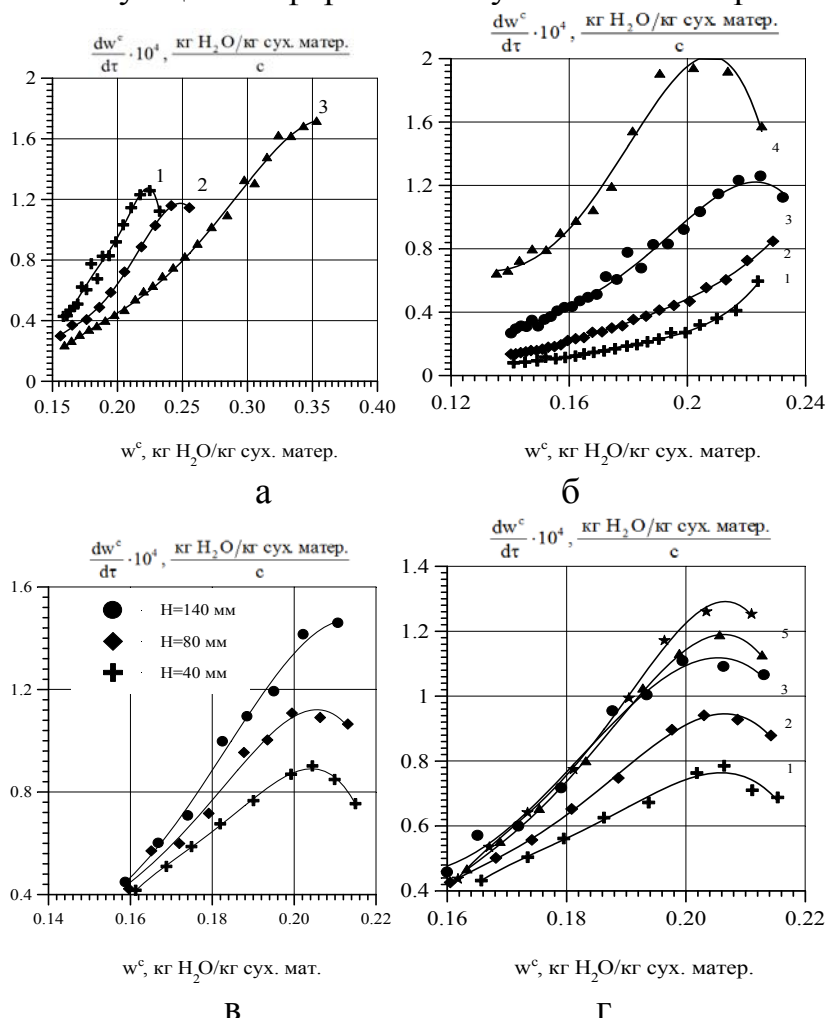


Рис. 4 – Швидкість фільтраційного сушіння зерна пшениці: а – за різного початкового вологовмісту матеріалу ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $H = 80 \text{ мм}$ ,  $t = 60^\circ\text{C}$ ): 1 - 0,239, 2 – 0,269, 3 – 0,375 кг  $\text{H}_2\text{O}/\text{кг}$  сух. матер.; б – за різної температури теплового агента ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $H = 80 \text{ мм}$ ): 1-40, 2-50, 3-60, 4-80°C; в – за різної висоти шару ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $t = 60^\circ\text{C}$ ); г – за різної швидкості фільтрування теплового агента ( $H = 80 \text{ мм}$ ,  $t = 60^\circ\text{C}$ ): 1-0,66; 1,01; 1,38; 1,74; 2,1 м/с

$$-\frac{dw}{d\tau} = K \cdot (w - w_p) \quad (1)$$

де  $K$  — коефіцієнт сушіння у другому періоді, 1/с.

Інтегрування рівняння (1) та логарифмування отриманого розв'язку дало змогу навести його у вигляді:

$$\ln \left( \frac{w^{\bar{n}} - w_{\bar{d}}^{\bar{n}}}{w_r^{\bar{n}} - w_{\bar{d}}^{\bar{n}}} \right) = -K \cdot \tau \quad (2)$$



де  $w^c, w_p^c, w_n^c$  – біжучий, рівноважний та початковий вологовміст зерна пшениці відповідно,  $\text{кг } H_2O/\text{кг сух. матер.}$ .

Як відомо [11], коефіцієнт сушіння у другому періоді залежить від температури теплового агента, властивостей матеріалу, який піддається сушінню, та його початкової вологості. Тому для визначення коефіцієнту швидкості сушіння зерна у другому періоді за різних параметрів температури теплового агента та початкової вологості зерна експериментальні дані представляли у вигляді графічної залежності  $\ln \frac{w^c - w_p^c}{w_i^c - w_p^c} = f(\tau)$  (рис. 5), а значення коефіцієнту швидкості сушіння у другому періоді залежно від температури теплового агента та вологості зерна визначали за тангенсом нахилу прямих до осі абсцис.

Обробка експериментальних даних наведених на рис. 5 а та 5 б дала змогу встановити залежність коефіцієнту швидкості сушіння у другому періоді  $K = f(t, w^i)$  у вигляді степеневої залежності:

$$K = 6.5 \cdot 10^{-9} \cdot W^{-0.63} \cdot t^{2.6} \quad (3)$$

Розраховані за залежністю (3) значення коефіцієнту швидкості сушіння  $K$  наведені у табл. 1

Для перевірки отриманої залежності (3) розраховували час сушіння для різних висот шару, температури та швидкості фільтрування теплового агента за залежністю [11]:

$$\tau = \frac{1}{K} \cdot \ln \left( \frac{w_i^i - w_d^i}{w^i - w_d^i} \right) \quad (4)$$

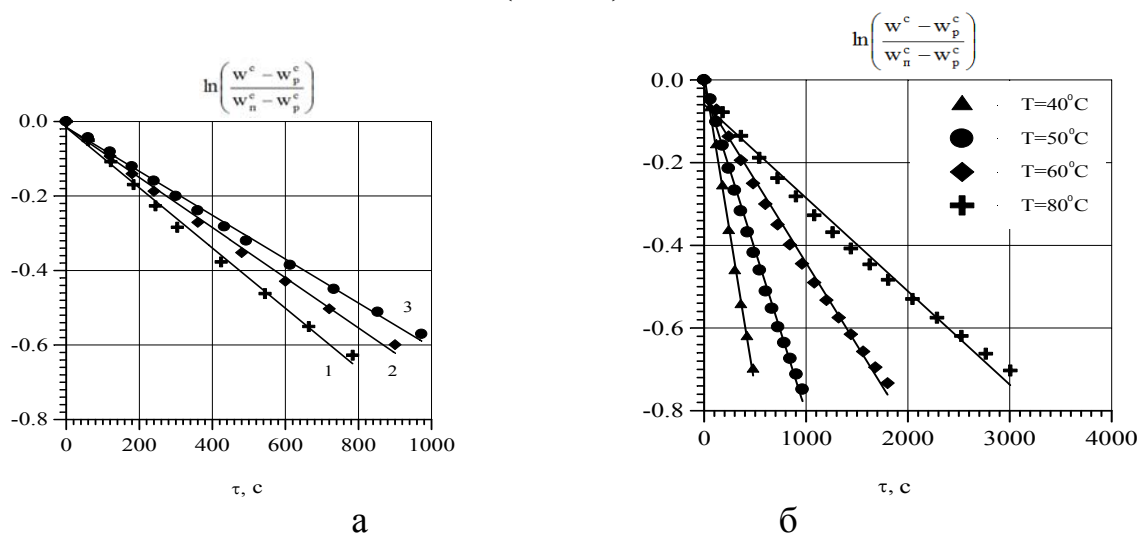


Рис. 5 – Визначення коефіцієнту сушіння у другому періоді для зерна пшениці: а – за різного початкового вологовмісту матеріалу ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $H = 80 \text{ мм}$ ,  $t = 60^\circ\text{C}$ ): 1 - 0,219, 2 - 0,292, 3 - 0,375  $\text{кг } H_2O/\text{кг сух. матер.}$ ; б – за різної температури теплового агента ( $v_0 = 1,38 \text{ м/с}$ ,  $H = 80 \text{ мм}$ )

Абсолютне значення відносної похибки між теоретично розрахованими і експериментальними значеннями часу сушіння зерна пшениці розраховували на основі залежності:

$$\delta = \left| \frac{\tau_{\text{експ}} - \tau_{\text{теор}}}{\tau_{\text{теор}}} \right| \cdot 100\% \quad (5)$$

Результати розрахунків зведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів швидкості сушіння у другому періоді за різних параметрів теплового агента та властивостей шару зерна пшениці

$t, ^\circ\text{C}$	$K \cdot 10^{-4},$ 1/с	$H \cdot 10^{-3},$ м	$w^c,$ кг $\text{H}_2\text{O}$ /кг сух. мат.	$v_0, \text{м/с}$	$\tau_{\text{exper.}}, \text{с}$	$\tau_{\text{theor.}}, \text{с}$	$\delta, \%$	
40	2,53	80	0,22	1,38	2460	2596	6	
50	4,53	80			1440	1427	3	
60	7,31	140	0,22	0,66	900	834	8	
		80	0,22		1,01	1080	892	17
					1,38	900	867	4
					1,38	784	857	13
	6,92	80	0,239	1,38	1025	1167	14	
	6,59		0,258		1470	1307	11	
	5,16		0,375		3193	2823	12	
	7,31		0,22		900	999	11	
80	15,4	80	0,22		458	427	7	

Як видно із табл. 1 максимальна відносна похибка між теоретично розрахованими значеннями часу сушіння за залежністю (4) для всіх досліджуваних нами параметрів теплового агента, початкових вологостей зерна пшениці та геометричних розмірів шару добре співпадає з результатами експериментальних досліджень і не перевищує 17 %. Дане значення похибки пояснюється складною будовою зерна пшениці, та нерівномірним розподілом вологи по об'єму зернини, а також взаємним екрануванням поверхні випаровування внаслідок неправильної форми зернин.

**Висновки.** Як свідчать експериментальні дослідження кінетики фільтраційного сушіння зерна пшениці «Золотоколоса», процес відбувається у другому періоді. Дослідження динаміки ФС показали, що інтенсивність видалення вологи залежить від температури теплового агента та швидкості фільтрування теплового агента і не залежить від висоти шару матеріалу та початкового вологовмісту зерна. Процес ФС зерна пшениці доцільно проводити за температури  $60^\circ\text{C}$ , швидкості теплового агента 1,38 м/с. Отримані результати можна використати для проектних розрахунків конструктивних розмірів установки ФС наведеної у [12].

**Список літератури:** 1. Гапонюк, І. І. Зменшення енергозатрат вітчизняних зерносушарок [Текст] / І. І. Гапонюк // Харчова промисловість. – Київ: – 2011, – № 10, – С. 112-116. 2. Лихочвор, В. В. Роль кушення пшениці озимої у підвищенні продуктивності рослин [Текст] / В. В. Лихочвор // Вісник аграрної науки. – 2001. – №7. – С.20–22. 3. Атаманюк, В. М. Гідродинамічні особливості фільтраційного сушіння зерна пшениці [Текст] / В. М. Атаманюк, І. Я. Матківська, М. І. Мосюк // Збірник наукових праць ОНАХТ. – Одеса: – 2013. – Т.2, Вип.43. – С. 10-16. 4. Винокуров, К. В. Пути интенсификации процесса сушки зерна в барабанной зерносушилке [Текст] : материалы II междунар. науч.-практ. конф. / К. В. Винокуров, С. Н. Никоноров, В. М. Седелкин // Современные энергосберегающие тепловые технологии СЭТТ-2005 (Москва, 11-14 окт. 2005 г.). – ВИМ. -М.: 2005. - Т. 1. – С. 233-236 5. Бурдо, О. Г. Кінетика сушіння пшениці в



апаратах на базі термосифонів [Текст] : Наук. пр./ *О. Г.Бурдо, І. В. Безбах, В. І. Донкглов* // ОНАХТ. – О:- 2009, – Вип. 36, т.1. – с.297-302 **6. Безбах, І. В.** Перспективи тепломасообмінної апаратури на основі термосифонів [Текст] : Междунар. науч.-практ. конф./ *І. В. Безбах, В. І. Донкглов* // Повышение энергетической эффективности пищевых и химических производств: материалы, Одесса, 4-7 июня 2007г. – ОНАПТ. – О, 2007. – С. 260–264. **7. Атаманюк, В. М.** Дисперсні матеріали. Механізм і кінетика фільтраційного сушіння [Текст] / *В. М. Атаманюк* // Хімічна промисловість України. К.: – 2007. – № 4, – С. 24–29. **8. Атаманюк, В. М.** Наукові основи фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів: монографія [Текст] / *В. М. Атаманюк, Я. М. Гумницький*. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 276 с. **9. Атаманюк, В. М.** Кінетика внутрішньодифузійного процесу сушіння подрібненої "енергетичної" верби [Текст] / *В. М. Атаманюк, М. І. Мосюк, Я. М. Гумницький* // Науковий вісник НЛТУ України: збірник наукових праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2001. – Вип. 21.14. – С. 95–101. **10. Атаманюк, В. М.** Кінетика фільтраційного сушіння сировинних матеріалів виробництва шлакового гравію [Текст] / *В. М. Атаманюк, І. Р. Барна, Д. М. Симак* // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 3, № 8 (63). – С. 13–17. **11. Лыков, А. В.** Теория сушки [Текст] / *А. В. Лыков*. — М.: Энергия, 1968. — 472 с. **12.** Деклар. пат. на корисну модель UA-78453, МПК 2006.01. Установка фільтраційного сушіння сипких матеріалів [Текст] / *Атаманюк В. М., Гузьова І. О., Матківська І. Я., Мазяр Г. О.* заяв. у 2012 08120; опубл. 25.03.2013, Бюл №6, 4с.

**Bibliography (transliterated):** **1. Gaponiyk, I. I.** (2011). Reducing the energy consumption of domestic dryers. – Kyiv. Food industry, 10, 112–116. **2. Likhochvor, V.** (2001). Role of tillering winter wheat in improving plant productivity. – Bulletin of Agricultural Science, 7, 20–22. **3. Atamanyuk, V. M., Matkivska, I. Ja., Mosiuk, M. I.** (2013). Hydrodynamic features filtration drying wheat. Odessa, Proceedings ONAFT. Vol.2, Vyp. 43, 10–16. **4. Vinokourov, K. V., Nikonorov, S. N., Sedelkyn, V. M.** (2005). Ways process intensification of grain drying in the dryer drum. Moscow, Modern energy-saving heating technology SETT 2005, Vol 1, 233–236 **5. Burdo, O. G., Bezbakh, I. V., Donkhlov, V. I.** (2009). Kinetics of drying wheat in devices based on termosyfoniv. Odessa, Proceedings ONAFT, Vol. 36, 1, 297–302 **6. Bezbakh, I. V., Donkglov, V. I.** (2007). Prospects for heat and mass exchange equipment based thermosiphons. Odessa, Improving energy efficiency food and chemical industries. ONAPT, 260–264. **7. Atamanyuk, V. M.** (2007). Particulate material. The mechanism and kinetics of filtration drying. Kyiv, Chemical Industry of Ukraine, 4, 24–29. **8. Atamanyuk, V. M., Humnytskyu, Y. M.** (2013) Scientific basis of filtration drying of dispersed materials. Monograph. Lviv, Lviv Polytechnic National University Publishing House, 276. **9. Atamanyuk, V. M., Mosyuk, M. I., Humnytskyu, J. M.** (2001). Kinetics of drying chopped vnutrishnydyfuziynoho "energy" willow. Lviv, Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine: collection of scientific papers. ICD National Forestry University of Ukraine, Vol. 21.14, 95–101. **10. Atamanyuk, V. M., Barna, I. R., Symak, D. M.** (2013). Kinetics of filtration drying raw material production slag gravel. Kharkiv, Eastern European journal of advanced technology, Vol. 3, № 8 (63), 13–17. **11. Lykov, A.V.** (1968). Theory of drying. Moscow, Energiya, 472. **12. Atamaniuk, V. M., Huzova, I. A., Matkivska, I. Ja., Mazyar, G. O.** (03.25.2013). Declaration. pat. a utility model UA-78453, IPC 2006.01. Installation of filtration dry bulk materials. statements.

*Надійшла (received) 05.03.2014*

УДК 66.045

**Кінетика сушіння зерна пшениці фільтраційним методом/ І. Я. Матківська, В. М. Атаманюк, І. Р. Барна** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2014. - № 17 (1060).– С.130-138. – Бібліогр.: 12 назв. ISSN 2079-5459

В статті наведені експериментальні дослідження кінетики фільтраційного сушіння зерна пшениці сорту “Золотоколоса”. Проаналізовано залежність фільтраційного сушіння від технологічних параметрів теплового агента, початкового вологовмісту зерна і висоти шару матеріалу.

**Ключові слова:** зерно пшениці, фільтраційне сушіння, кінетика, динаміка, швидкість сушіння, тепловий агент

В статье приведены экспериментальные исследования кинетики фильтрационной сушки зерна пшеницы сорта "Золотоколоса". Проанализирована зависимость фильтрационной сушки от технологических параметров теплового агента, начального влагосодержания и высоты слоя материала.

**Ключевые слова:** зерно пшеницы, фильтрационная сушка, кинетика, динамика, скорость сушки, тепловой агент.

**Kinetics of filtration drying of wheat grains/ I. Matkivska, V. Atamanyuk, I. Barna** //Bulletin of NTU "KhPI". Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014.-№ 17 (1060).- P.130-138. Bibliogr.12: . ISSN 2079-5459

In article present results of experimental and theoretical researches of the kinetics of filtration drying grains of wheat "Zolotokolosa". The investigated of the dependence of the filtration of the drying process technological parameters of the thermal agent, the initial moisture content of the grain and the height of the material.

**Keywords:** grain wheat, filtration drying, kinetics, dynamics, speed, thermal agent.

**УДК 664.2.055:664.871**

**М. Б. КОЛЕСНИКОВА**, д-р техн. наук, проф., ХДУХТ, Харків;

**С. С. АНДРЕЄВА**, аспірант, ХДУХТ, Харків

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ УТВОРЕННЯ КРОХМАЛЬНИХ ДИСПЕРСІЙ В ТЕХНОЛОГІЇ СОУСІВ НА ОСНОВІ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ**

Актуальність обраної теми обумовлена необхідністю обґрунтування умов забезпечення колоїдної стійкості харчових систем на основі плодово-ягідної сировини з використанням згущувачів: крохмалі модифіковані, пектин. В статті надано дані експериментальних досліджень модельних харчових систем з використанням крохмалів модифікованих серії «Novation®».

**Ключові слова:** солодкі соуси, соуси-топінги, крохмалі, плодово-ягідна сировина, оклейстеризовані крохмальні дисперсії.

**Вступ.** Моніторинг споживацьких переваг на Україні та в світі показав, що на теперішній час існує чіткий тренд щодо підвищення споживання продукції, готової до вживання причому дана тенденція є визначальною як у системі NoReCa, так і для домашньої кулінарії.

Попит, який сформувався, визначив і низку проблем, пов'язаних з реалізацією готової кулінарної продукції, а саме: необхідність збільшення термінів зберігання, розробки та впровадження технологічних і організаційних принципів, спрямованих на стабілізацію технологічних властивостей продукції, розширення асортименту з метою насичення цього сегменту ринку.

У широкому асортименті харчових продуктів значну частку посягає соусна продукція з емульсійною, гелеподібною, в'язко-текучою структурою. Технологічні аспекти отримання соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини пов'язані зі створенням високодисперсних стійких у часі систем.

Вирішення проблеми забезпечення агрегативної стійкості в'язко-текучих систем шляхом уведення стабілізаторів-загусників дозволило розробити

широкий асортимент соусів.

Аналітичний огляд літературних джерел за проблемою показав, що на теперішній час здійснено низку досліджень щодо стабілізації харчових систем пектином або альгінатом натрію. В даному науковому спрямуванні вагомий внесок у вирішені цієї проблеми зробили вчені П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко і закордонні науковці: Л.М. Аксьонова, Л.В. Донченко, А.Ю. Колеснов та ін. Підтверджено, що використання харчових добавок дозволяє отримати широкий асортимент продуктів зі стабільними властивостями. Але одночасно виникає проблема щодо підвищення харчової цінності соусів шляхом їх збагачення вітамінами, мінеральними та білковими речовинами, сировиною з антиоксидантними та антиокислювальними властивостями. Протягом останніх років вагомий науковий та практичний внесок у технологію розробки соусів з використанням плодово-ягідної сировини внесли вітчизняні науковці Л.П. Малюк, Л.М. Тележненко, М.Ф. Кравченко, Р.Ю. Павлюк та ін.

Діагностика технологій соусів показала, що в якості згущувачів найчастіше використовуються модифіковані крохмалі; достойною альтернативою яким можуть стати крохмалі серії «Novation®». Однією з інновацій в асортименті соусної продукції є соуси-топінги – це спеціалізовані соуси з різноманітними технологічними властивостями (консистенція, колір, смак) . Це продукти з визначеними структурно-механічними характеристиками, досягти яких можливо застосувавши певні технологічні прийоми, зокрема використання добавок різного походження. Тому, соуси-топінги, насамперед призначені для сегмента HoReCa, також можуть бути рекомендовані як індустріальні напівфабрикати для продукції масового споживання, як наповнювачі до десертів, кондитерських та борошняних виробів, напоїв.

**Мета дослідження, постановка задачі.** Метою досліджень є наукове обґрунтування умов одержання стабільної колоїдної харчової системи для їх подальшого використання у технологію промислового виробництва плодово-ягідних соусів.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- визначити сучасні напрямки удосконалення соусів солодких;
- дослідити фізико-хімічні та реологічні властивості модельних систем згущувачів в залежності від складу та впливу збурюючих факторів;
- розробити рекомендації щодо обґрунтування умов використання в технології соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини.

**Матеріали досліджень, щодо механізму утворення модельних систем на основі ОКД в технології плодово-ягідних соусів.** Аналіз існуючих технологічних процесів виробництва соусів показує, що параметри та функції, які характеризують стан системи та досягаються за допомогою різних технологічних впливів, є близькими до значень, відповідних лише можливості їх проведення.

Технологічна переробка плодово-ягідної сировини та взаємодія її з стабілізуючими агентами у більшості випадків супроводжується різними видами впливів – механічними, гідромеханічними, термічними та ін.; спрямованість та зростання процесів визначаються величиною діючої поверхні розподілу фаз, тобто дисперсністю системи.

З урахуванням вищевикладеного, харчову систему – соусу можна розглядати як спосіб створення фізичних тіл із заданою структурою, метою якого є або формування фази, або запобігання її утворенню. Під формуванням необхідних текстурних характеристик харчових дисперсних систем, у тому числі соусів, мають на увазі такі характеристики:

- наявність еластичної, пружної або іншої текстури;
- наявність однорідної чи іншої текстури за об'ємом (глянець на поверхні, гелева неоднорідність);
- наявність неоднорідності з точки зору наповнювачів;
- здатність до танення чи опору таненню під дією різних температур.

Окремі вимоги до якісних властивостей соусів-топінгів є консистенція, якої можна досягти, використовуючи природні гідроколоїди. Одним із загусників полісахаридної природи є крохмаль. Унікальність крохмалю полягає в тому, що функціональні властивості складових його полісахаридів – здатність до розчинення та набухання – не можуть бути реалізовані до тих пір, поки існує його нативна структура. А це означає, що для реалізації цих властивостей нативну структуру крохмалю треба зруйнувати, що забезпечується гідротермообробкою з утворення оклейстеризованих крохмальних дисперсій (ОКД). Необхідність керування процесу ретроградації призвела до появи низки модифікованих крохмалів.

Для досліджень обрано три види крохмалю серії «Novation<sup>®</sup>»: крохмаль тапіоковий – Endura, Indulge, крохмаль з воскової кукурудзи Prime, за контрольні зразки – нативні кукурудзяний, картопляний.

На першому етапі технологічного процесу мають місце набухання та клейстеризації крохмальних зерен, що супроводжуються зміною реологічних характеристик у результаті трансформації крохмальних суспензій у високов'язкий золь. З використанням вискографа проведені порівняльні випробування 3 зразків крохмалів «Novation» і нативних зразків (картопляний і кукурудзяний) для визначення реологічних характеристик і водних дисперсій і виявлення характерних ознак для класифікації крохмалів. Реологічні характеристики крохмалів представлені в таблиці, для дослідження взяті зразки крохмальної суспензії концентрації - 8%.

За результатами дослідження визначено, що крохмалі серії «Novation<sup>®</sup>» є амілопектиновими та їм притаманні такі властивості:

- мінімальна розчинність у воді ( $t=15...25^{\circ}\text{C}$ );
- висока в'язкість клейстерів, мінімальна схильність до ретроградації і швидке драглеутворення.

Амілопектинові крохмалі за реологічними властивостями клейстерів близькі до картопляного як видно з таблиці крохмалі серії «Novation» характеризуються більш високими значеннями температури плавлення кристалічних ламелей, максимальною в'язкістю клейстерів і значною набухаючою здатністю.

Формування консистенції соусів здійснюється, переважно, за рахунок клейстеризації крохмалю (з утворенням систем певної в'язкості), вмісту та складу сухих речовин сировини. Однак зміни крохмалю під час формування та теплової обробки рецептурних сумішей істотно впливають на перебіг технологічного процесу та якісні показники. Серед таких змін, на наш погляд, найвагомим є

Таблиця 1 – Реологічні характеристики крохмалів

Найменування зразків крохмалю	Температура початку клейстеризації, °С	Температура максимальної в'язкості, °С	$\mu_{\max}$ од. приб. Брабендера
Тапіоковий (Novation Endura)	58±2	68±2	500
З воскової кукурудзи (Novation Prima)	60±1	69±1	1000
Тапіоковий (Novation Indulge)	62±2	92±1	550
Кукурудзяний (нативний)	72±2	96±1	238
Картопляний (нативний)	63±1	73±2	400

процес гідролізу. Швидкість гідролізу крохмалю залежить, головним чином, від концентрації та виду кислоти, температури та тривалості обробки. Кислотний гідроліз крохмальних дисперсій здійснювався за температури  $99\pm 1^\circ\text{C}$ . Визначення впливу різних видів кислот оцінювали за показниками ефективної в'язкості (табл. 2).

Таблиця 2 – Дані дослідження залежності в'язкості гідролізованих крохмалів від рН системи та виду кислот

Найменування кислоти ті хімічна формула	рН суспензії	Ефективна в'язкість, Па·с, для гідролізу крохмалю			
		Novation Endura 0100	Prima 600	Indulge 3920	Кукурудзяний
Система «крохмаль-вода» (контроль)	5,45±0,05	1,22±0,03	1,82±0,05	1,02±0,03	0,84±0,02
Соляна кислота – HCL	2,25±0,02	0,75±0,02	0,80±0,02	0,24±0,007	0,03±0,0009
Лимонна кислота – C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	2,35±0,02	1,14±0,03	1,55±0,04	0,78±0,02	0,70±0,02
Оцтова кислота – CH <sub>3</sub> COOH	2,90±0,02	1,06±0,03	1,32±0,03	1,01±0,03	0,70±0,02

Аналіз даних таблиці свідчить, що отримані зразки крохмалю, модифікованого кислотою, характеризується дискретними значеннями в'язкості.

З результатів видно, що зміна в'язкості крохмальних дисперсій, оброблених соляною, лимонною так і оцтовою кислотами має різну закономірність в залежності від гідролізувальних властивостей. Каталітичну дію в кислотах виконують іони водню. Чим вища концентрація H<sup>+</sup> в системі, тим більшою є швидкість гідролізу крохмалю. Таким чином кислотна термодеструкція з сильнішими кислотами (соляна кислота) призводить до різкого зменшення в'язкості, де розчин з в'язко-пластичного стану переходить до ньютонівських рідин. При взаємодії з триосновною лимонною кислотою та граничною слабкою одноосновною карбоною кислотою (оцтова) до зниження рН 2,35, відбувається

не значне зменшення в'язкості. Це підтверджується тим, що константа ( $k$ ) гідролізу даних кислот є від 1,01 до 0,40 в порівнянні з соляною кислотою  $k=100$

Властивості високонцентрованих крохмальних клейстерів визначаються, переважно, властивостями набряклих крохмальних зерен, що стискаються один з одним з утворенням драглів з вираженими властивостями.

В реальних харчових системах, присутні інші інгредієнти, які здатні здійснювати істотний вплив на властивості крохмалів. Вивчення простих систем, переважно з додаванням одного інгредієнту до суміші «крохмаль-вода», є дуже показовими для отримання технологічних властивостей крохмалю.

Вплив цукрів на властивості крохмальних клейстерів має практичне значення при виготовленні соусів за різної текстури. Відомо, що сахароза затримує набрякання зерен крохмалю у воді за рахунок високого вмісту сухих речовин, сахароза перешкоджає вільному контакту води із зернами.

Дослідження проводили на модельних системах з вмістом крохмалів 8% та цукру білого 20, 40% (рис. 1).

Як видно з кривих встановлено, що в'язкість, утворених крохмальних клейстерами, падає зі збільшенням у них цукру. Обґрунтовуючи дані визначено, що при перерізі кривих, ефективна в'язкість більш стабільнішою є для крохмалів модифікованих Novation Prima та Novation Endura ( $\eta_{zc} = 2,00 \dots 2,06$  Па·с) за концентрації 40% та ( $\eta_{zc} = 2,2 \dots 2,8$  Па·с)

при контрольному зразку. Крохмаль Novation Indulge є менш стабільним, але ж в порівнянні з нативним крохмалем, при концентрації 40% цукру дегідратація трансформується на рівні з нативним крохмалем. В кукурудзянім нативним крохмалі цукор дегідратує систему та не дає крохмальному зерну утворитися, у зв'язку з цим в'язкість знижується. Очевидно, дестабілізація крохмальних драглів пов'язана зі зменшенням розчинності крохмальних полісахаридів, утворенням агрегатів і частковою агрегацією за рахунок виникнення водневих зв'язків між

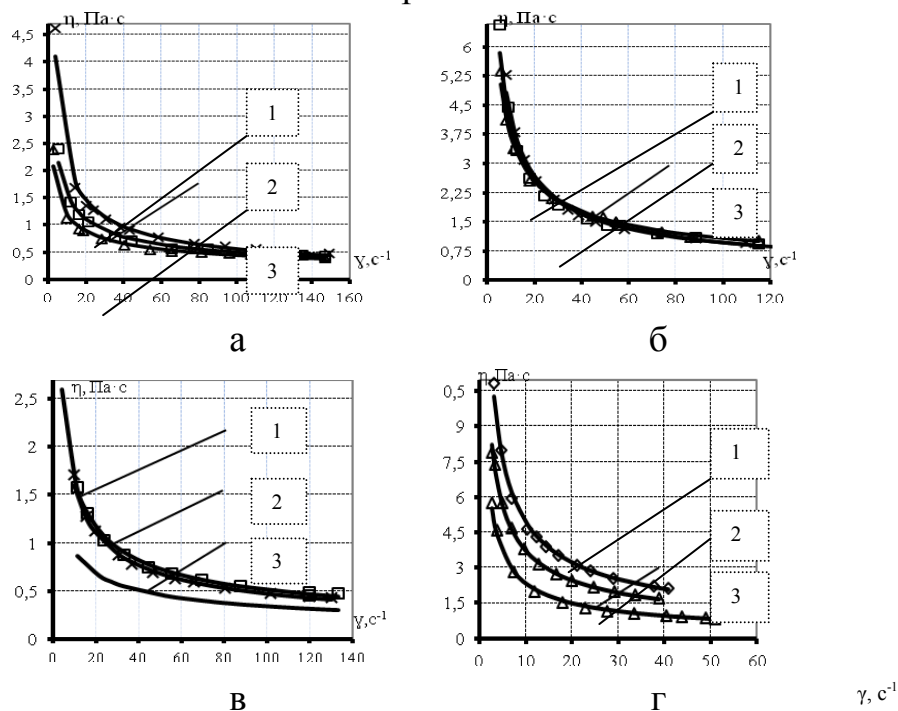


Рис. 1 – Залежність ефективної в'язкості ОКД від швидкості зсуву для модельних систем з цукром: а – 1– ОКД на основі крохмалю Novation Endura (N.E), 2 – ОКД на основі крохмалю N.E. при вмісті 20% цукру, 3– ОКД на основі крохмалю N.E. при вмісті 40% цукру; б – 1– ОКД на основі крохмалю Novation Prima (N.P), 2 – ОКД на основі крохмалю N.P. при вмісті 20% цукру, 3– ОКД на основі крохмалю N.P. при вмісті 40% цукру; в – 1– ОКД на основі крохмалю Novation Indulge (N.I), 2 – ОКД на основі крохмалю N.I. при вмісті 20% цукру, 3– ОКД на основі крохмалю N.I. при вмісті 40% цукру; г – 1– ОКД на основі крохмалю кукурудзяного нативного (К.Н), 2 – ОКД на основі крохмалю К.Н. при вмісті 20% цукру, 3– ОКД на основі крохмалю К.Н. при вмісті 40% цукру

ланцюгами амілози й лінійними фрагментами молекул амілопектину. Таким чином для виробництва соусу солодкого на основі плодово-ягідної сировини, необхідно обирати крохмалі, що мають стабільність відносно вираженої дегідратуючої дії – це модифіковані крохмалі Novation Prima та Novation Endura.

У природній крохмалевмісній сировині, супутниками крохмалю дуже часто є полісахариди, серед яких особливої уваги приділяють водорозчинним.

Оскільки метою та завданнями розробки є необхідність обґрунтування згущувачів основних для різних напрямків використання, то нами розглянуто властивості структурних полісахаридів таких як пектин.

Одна з основних характерних властивостей пектинових речовин – в'язкість. Вона залежить від температури, вмісту сухих речовин, від природи пектинів (ступеня полімеризації та етерифікації, молекулярної маси), вмісту супутніх речовин – моноцукрів, органічних кислот, солі, тощо.

На окрему увагу, заслуговує розглядання механізму стабілізації крохмалю природними полісахаридами. При приготуванні соусів солодких їх консистенція суттєво залежить від виду рідкої основи. Соуси приготовані на відварах, які містять певну кількість розчинних пектинових речовин, здатних проникати в процесі клейстеризації всередину крохмальних зерен, більше стійкі під час зберігання, характеризуються однорідною консистенцією, стабільною в'язкістю.

Таким чином базуючись на реалізації функціонально-технологічних властивостей окремих інгредієнтів шляхом поєднання: пектин – крохмаль. Для дослідження обрано яблучний високоетерифікований пектин в концентраціях від 1% до 3% в композиції з дослідними зразками крохмалю 8% концентрації (рис.2).

Отримані дані дають можливість передбачити доцільність використання пектину в системі «крохмаль-вода» не тільки для формування заданої

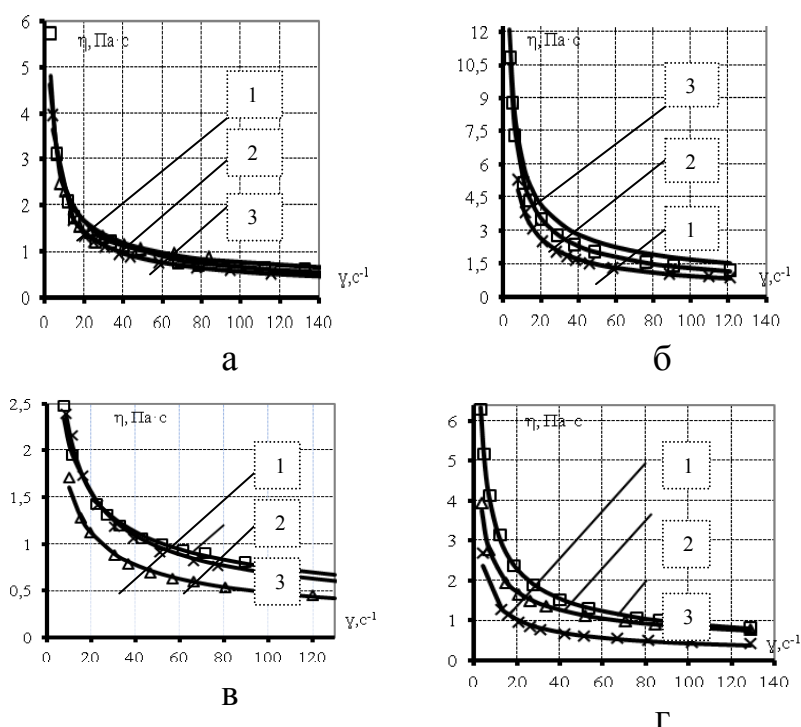


Рис. 2 – Залежність ефективної вязкості ОКД від швидкості зсуву для модельних систем: а – 1 – ОКД на основі крохмалю Novation Endura (N.E), 2 – ОКД на основі крохмалю N.E при вмісту 1% пектину, 3 – ОКД на основі крохмалю N.E при вмісту 3% пектину; б – 1 – ОКД на основі крохмалю Novation Prima (N.P), 2 – ОКД на основі крохмалю N.P при вмісту 1% пектину, 3 – ОКД на основі крохмалю N.P при вмісту 3% пектину; в – 1 – ОКД на основі крохмалю Novation Indulge (N.I), 2 – ОКД на основі крохмалю N.I. при вмісту 1% пектину, 3 – ОКД на основі крохмалю N.I. при вмісту 3% пектину; г – 1 – ОКД на основі крохмалю кукурудзяного нативного (К.Н), 2 – ОКД на основі крохмалю К.Н. при вмісту 1% пектину, 3 – ОКД на основі крохмалю К.Н. при вмісту 3% пектину



консистенції, а також для стабілізації консистенції термостійких соусів. При цьому важливим фізико-хімічними показниками якості пектинового драглю є його кислотність та кількість редукуючих речовин.

З графіків кривих визначено, що для модифікованих крохмалів Novation Endura 0100, Novation Prima 600 з підвищенням концентрації пектину во взаємодії з цукром, ефективна в'язкість зростає до 3,13 Па·с.

Таким чином покращуються такі показники як тривалість структуроутворення, термостійкість, температура драглеутворення; міцність драглю не знижується, зберігаються смакові властивості.

**Висновки.** Експериментальні дослідження підтверджують, що обрані модифіковані крохмалі є невід'ємними структуроутворювачами в технології солодких соусів на основі плодово-ягідної сировини. Це підтверджується дослідженнями з вхідними збуджуючими факторами (вплив органічних кислот, цукру, інших полісахаридів) які впливають на клейстеризацію крохмалю, відносно цього виділено модифіковані крохмалі серії «Novation®». Згідно механізму клейстеризації дослідних крохмалів, більш оптимальними для технології соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини є крохмалі Novation Endura 0100, Novation Prima 600, які є достатньо стійкі до технологічних середовищ зниженням рН середовищ органічними кислотами (лимонна, яблучна, молочна, оцтова), впливу цукру, структурованого полісахариду – пектину.

**Список літератури:** 1. Будаков, А. С. Пищевые добавки : справочник [Текст] / А. С. Будаков. – Санкт-Петербург: «Vt», 1996.–240с. 2. Жушман, О. Крохмалі нативні й модифіковані [Текст] / О. Жушман // Харчова і переробна промисловість. –2005.–№5.– С.25-26. 3. The relationship between thermodynamic and structural properties of low and high amylase maize starches / Y. I. Matveev [Text] // Carbohydrate Polymers.– 2001.–№44.– Р. 151-160. 4. Андреев, Н. Р. Структура, химический состав и технологические признаки основных видов крахмалосодержащего сырья [Текст] / Н. Р. Андреев, В. Г. Карпов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999.–№7.–С.30-33. 5. Changes of thermodynamic and structural properties of wrinkled pea starches (Z-301 and Paramazent varieties) during biosynthesis /G.O. Kozhevnikov [Text] // Starch/Starke.–2001.–№5.– Р.201-210. 6. Хоффштейн, М. Модифицированные крахмалы в современной разработке продуктов [Текст] / М. Хоффштейн // Пищевая промышленность.–1998.–№8.–С.66-67. 7. Сарафанова, Л. А. Пищевые добавки: энциклопедия [Текст] / Л.А.Сарафанова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб : ГИОРД, 2004. – 808 с. 8. Пивоваров П. П. Теоретичні основи харчових технологій: навчальний посібник [Текст] / П. П. Пивоваров, А. Б. Горальчук, Є. П. Пивоваров, Т. В. Троцкий, О. Ю. Рябець, Н. Г. Гринченко / Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі.– Х., 2010.–363с. 9. Коваленко, А. А. Технологія десертів з використанням стабілізаційних систем на основі крохмалю: монографія [Текст] / А. А. Ковлаенко, О. О. Гринченко, П. П. Пивоваров, Л. М. Мостова, О. П. Неклеса, Ю. Г. Абсалюмов / Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Х., 2010.–136с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Budakov, A. S. (1996). Food additives : directory. St. Petersburg: «Vt». 2. Gusman, O. (2005). Krohmal nation and modifcar. / O. Gusman // Harchovyuy i pererobnyk promislovosti, №5, 25-26. 3. The relationship between thermodynamic and structural properties of low and high amylase maize starches (2001). / Y.I. Matveev // Carbohydrate Polymers, №44, 151-160. 4. Andreev, N. R. (1999). The Structure, chemical composition and the technological characteristics of the main types of starch containing raw material / N. R. Andreev, V. G. Karpov // Storage and processing of farm products, №7, 30-33. 5. Changes of thermodynamic and structural properties of wrinkled pea starches (Z-301 and Paramazent varieties) during biosynthesis (2001). /G. O. Kozhevnikov // Starch/Starke, №5, 201-210. 6. Hoffstein, M. (1998). Modified starches in modern product development / M. Hoffstein // Food industry, №8, 66-67. 7. Sarafanov, L. A. (2004). Food supplements:



encyclopedia / Lauretana. - 2 Izd., Corr. and extra - SPb : GIORD, 808. **8.** Pivovarov P. P. (2010). Theoretical fundamentals of food technologies: Navalny p / P.Pivovarov, A. Goralczyk, E. Pivovarov, T. Trashy, O. Rabari, N. Grinchenko / Karkh. Univ diet. torgul, 363. **9.** Kovalenko, A. (2010). Technology deserts vikoristannya stabilizing systems kromolice: monograph / A. Kovlenko, O. Grinchenko, P. Pivovarov, L. Mostova, O. Neckles, Y. Absalyamov / Karkh. Univ diet. torgul, 163.

Надійшла (received) 05.03.2014

УДК 664.2.055:664.871

**Теоретичне та експериментальне обґрунтування механізму утворення крохмальних дисперсій в технології соусів на основі плодово-ягідної сировини /М. Б. Колесникова, С. С. Андрєєва // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.138-145 . – Бібліогр.: 9 назв. ISSN 2079-5459**

Актуальність обраної теми обумовлена необхідністю обґрунтування умов забезпечення колоїдної стійкості харчових систем на основі плодово-ягідної сировини з використанням згущувачів: крохмалі модифіковані, пектин. В статті надано дані експериментальних досліджень модельних харчових систем з використанням крохмалів модифікованих серії «Novation®».

**Ключові слова:** солодкі соуси, соуси-топінги, крохмалі, плодово-ягідна сировина, клейстеризовані крохмальні дисперсії.

Актуальность выбранной темы обусловлена обоснованностью условий обеспечения коллоидной устойчивости пищевых систем на основе плодово-ягодного сырья с использованием загустителей: крахмалы модифицированные, пектин. В статье приведены данные экспериментальных исследований модельных пищевых систем с использованием модифицированных крахмалов серии «Novation®».

**Ключевые слова:** сладкие соусы, соусы-топинги, крахмалы, плодово-ягодное сырье, клейстиризованные крахмальные дисперсии.

**Theoretical and experimental justification of the mechanism of formation of starch dispersions in technology-based sauces fruit and berry raw/ M. B. Kolesnikova, S. S. Andreeva //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.138-145 Bibliogr.9: . ISSN 2079-5459**

The relevance of the chosen theme is caused by the validity of the conditions ensuring Kolodny sustainability of the food system on the basis of fruit and berry raw material with use of thickeners: modified starches, pectins. In article the data of experimental investigations of the model food systems using modified starches series «Novation®».

**Keywords:** sweet sauces, dips toppings, starch, fruit and berry raw, elastizitat starch powder.

УДК 664.0 637.52

**Л. В. БАЛЬ-ПРИЛИПКО**, д-р техн. наук, проф., Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ

## **РОЗРОБКА БІОТЕХНОЛОЇЇ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ**

В статті наведено результати комплексних досліджень застосування трансглютамінази мікробного походження в технології варених ковбас при сумісному використанні активованих водних середовищ, як інноваційного комплексного напрямку розвитку біотехнологій.

**Ключові слова:** якість, безпечність, інновації, біотехнологія, трансглютаміназа.

**Вступ та постановка проблеми.** Харчові технології виходять, в наш час, на абсолютно новий рівень. Значна увага приділяється розробці комбінованих

© Л. В. БАЛЬ-ПРИЛИПКО, 2014

продуктів харчування, що заснована на конверсії частини м'ясної сировини рослинними білками. При цьому завдання стоїть у збереженні вихідних властивостей продукту, що володіють достатньо високою харчовою цінністю, які повноцінно задовольнятимуть потребу людського організму. Вважається, що одним з критеріїв, що визначають культуру країни, є якість і безпека продуктів харчування, споживаних населенням. За даними експертів, здоров'я людини лише на 8-12% залежить від системи охорони здоров'я, від стану навколишнього середовища - на 20-25%, від генетичних чинників - 18-20%, тоді як від соціально-економічних умов і способу життя 52-55%, причому харчування - одна з основних складових останнього чинника. Правильне харчування забезпечує нормальне зростання і розвиток людини, сприяє запобіганню захворюванням, продовженню життя, підвищенню працездатності допомагає адаптуватися до несприятливих умов навколишнього середовища. Слід зазначити, що за обсягами використання харчових інгредієнтів в світі м'ясопереробна промисловість знаходиться на другому місці після пиво-безалкогольної індустрії. Сьогодні, основними течіями і трендами сучасної світової м'ясопереробної індустрії виступають саме екологічно безпечні продукти з мінімізованим вмістом харчових добавок, особливо тих, яким присвоєно Е-номери.

На сьогодні, перед фахівцями м'ясної промисловості стоїть комплекс завдань, серед яких все більш вагомим значення набуває підвищення виробничої ефективності за рахунок поліпшення якості продукції з використанням сучасних, альтернативних прийомів. З метою вирішення даних пріоритетних питань, необхідно застосовувати сучасні наукові досягнення біотехнології у вітчизняній практиці. В даний час харчові технології виходять на абсолютно новий рівень в результаті надання значної уваги можливості регулювання якісних властивостей м'ясної сировини для отримання продукції, яка відповідає медико-біологічним вимогам і задовольняє потреби організму в необхідних речовинах [1–4]. Сучасні технології виробництва м'ясних продуктів повинні ґрунтуватися на принципах ресурсозбереження, розширюючи асортимент за рахунок раціонального використання сировини та пошуку альтернативних ресурсів [1, 2, 4]. Великого значення на формування фізико-хімічного складу харчових продуктів має вплив якість та склад води, що використовується для їх виробництва [5]. Проте не завжди відповідає питна вода вимогам за своїм складом та жорсткістю. Саме це стає причиною підвищеного вмісту небажаних макро- та мікроелементів в

продукті. Тому актуальним є застосування електрохімічної активації для покращення якості води на технологічні цілі. Сьогодні в якості альтернативної структуроутворюючої добавки виступає порівняно новий ферментний препарат – трансклятаміназа, яка бере участь в утворенні додаткових зв'язків в білкових молекулах. Трансклятаміназа – фермент, який відноситься до класу трансфераз.

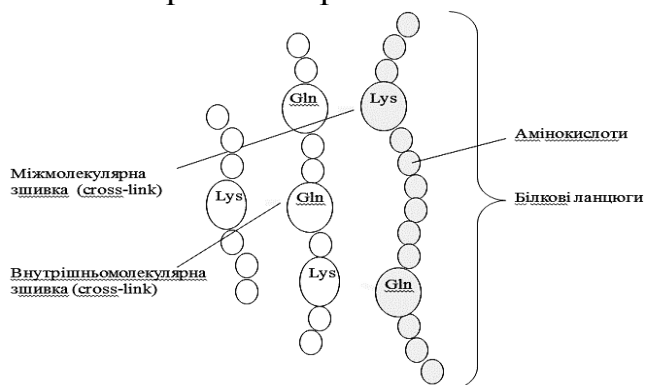


Рис. 1 – Схема утворення поперечних зв'язків [7]

Трансферази – клас ферментів, що каталізують перенесення різних груп від одного з'єднання (донор групи) до іншого (акцептор групи). Цей клас ферментів широко представлений у складі рослинних і тваринних тканин, а також в мікроорганізмах. У білковмісних системах (м'ясні продукти), реакція утворення поперечних зв'язків (рис.1) є пріоритетною над останніми реакціями, тобто протікає в першу чергу. Поперечні зв'язки, утворені під дію трансглютамінази, викликають різні зміни фізичних властивостей харчових білків.

Даний фермент покращує такі органолептичні показники як щільність, монолітність, ковбасних виробів, надає характерний хруст сосисок.

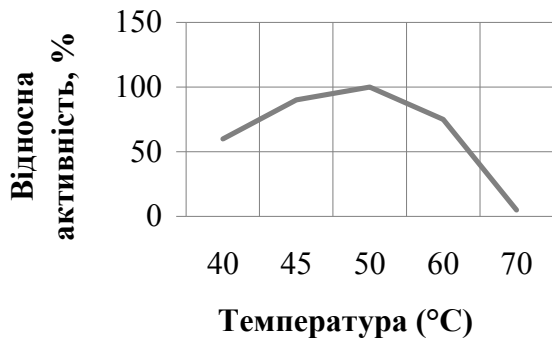


Рис.2 – Залежність ферментативної активності трансглютамінази від температури [6]

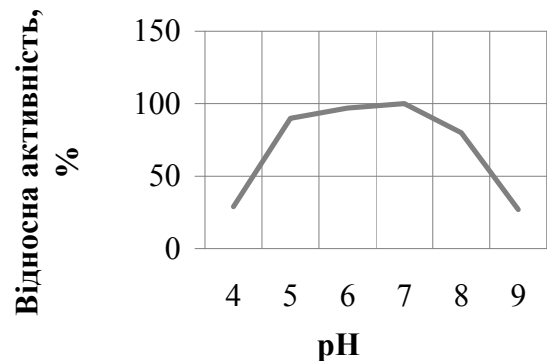


Рис.3 – Залежність ферментативної активності трансглютамінази від pH середовища [6]

За різних температурних режимів трансглютаміназа поводить себе по різному (рис.2):

- трансглютаміназа активується за температури +2 °C;
- температурний оптимум сягає ~50°C;
- за 65 °C трансглютаміназа безповоротно інактивується.

Дія трансглютамінази залежить і від pH, оптимум якого лежить в межах 6-7 – це максимум pH для активації (рис.3).

Завдяки своїм властивостям трансглютаміназа може використовуватись

- для склеювання дрібних шматків м'яса у більші, тим самим імітуючи продукт, вироблений з більш дорогої сировини;
- для склеювання поверхонь великих шматків м'яса
- для покращення якісних властивостей ковбасних та цільном'язових делікатесних продуктів [4, 6, 7].

**Мета дослідження.** Метою наукової роботи було застосування сучасних біотехнологічних прийомів у технології м'ясних продуктів, зокрема удосконалення технології сосисок з використанням трансглютамінази мікробного походження та активованих водних середовищ. Об'єктом дослідження виступала технологія сосисок, предметом - комплексні показники якості готових фаршевих систем. В процесі виконання наукової роботи були застосовані біохімічні методи, а саме фізико-хімічні, мікробіологічні, а також методи планування експерименту, математична обробка експериментальних даних. Об'єктом дослідження була технологія виробництва сосисок. Предметом дослідження виступили фізико-хімічні властивості активованої та водорозвідної води, глютену, ферментного

препарату трансглютамінази; комплексний показник якості готових м'ясних виробів.

**Результати дослідження.** Попередньо були відібрані зразки води для досліджень і подальшої електроактивації з міської мережі водопостачання. Порівняльна характеристика властивостей вихідної водопровідної та електрохімічно активованої води представлена в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика води

Найменування показників, одніці вимірювань	Результати випробувань		
	Водопровідна вода	Вода активована (католіт)	Вода активована (аноліт)
Водневий показник (рН)	7,32±0,01	8,56±0,01	6,73±0,01
ОВП, мВ	+332±1	-498±1	+276
Окисність перманганата (за Кубелем), мг/дм <sup>3</sup>	1,93±0,03	1,25±0,04	1,09±0,04
Вміст загального заліза, мг/дм <sup>3</sup>	0,25±0,003	0,02±0,004	0,29±0,004
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	363±2	328±2	264±2
Вміст нітратів (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,26±0,04	0,22±0,01	0,23±0,03
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	6,15±0,01	4,47±0,01	3,65±0,02
Вміст хлоридів (Cl <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	3,7±0,04	4,1±0,05	5,5±0,05
Вміст сульфатів (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	<10	<10	<10
Вміст кальцію, мг/дм <sup>3</sup>	105±0,01	80,0±0,01	74±0,01
Вміст магнію, мг/дм <sup>3</sup>	45,2±0,2	45,2±0,2	32±0,2
Вміст гідрокарбонат-іонів (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	425±2	384±1	279±2
Електропровідність, мк/см	568±2,7	522±2	406±1

Виходячи з даних, які зображено в таблиці, можна зробити висновок, що після електрохімічної обробки вода володіє покращеними показниками якості та безпечності у порівнянні з необробленою водопровідною водою.

Особливо важливого значення набуває функціонально-технологічні властивості фаршевих систем. М'ясний фарш належить до систем з коагуляційною структурою, частинки якої зв'язані у суцільний каркас силами міжмолекулярної взаємодії. Дослідний зразок від контрольного відрізнявся внесенням ферментного препарату трансглютамінази та заміною питної води на електроактивовану. За рахунок даних змін у рецептурі сосисок функціонально-технологічні властивості фаршів також змінилися. Результати досліджень представлені у табл. 2.

Згідно із результатами досліджень ВЗЗ<sub>а</sub> та ВЗЗ<sub>м</sub> дослідного фаршу є вищими за контроль, що пояснюється станом води в системі та глютену. Напряга зсуву в контролі має кращі показники за рахунок наявності в рецептурі трансглютамінази, яка покращує структурні та функціонально-технологічні властивості м'ясної системи.

Таблиця 2 – Функціонально-технологічні властивості дослідного та контрольного фаршів ( $p < 0,05$ )

Показник	Зразки фаршу	
	контроль	дослід
Вміст вологи, %	57,3±0,29	62,37±0,31
VЗЗ <sub>м</sub> , % до фаршу	62,5±0,31	65,2±0,33
VЗЗ <sub>а</sub> , % до загальної вологи	80,4±0,4	89,7±0,45
Напруга зсуву, Па	9,7±0,05 x 10 <sup>-6</sup>	4,3±0,02 x 10 <sup>-6</sup>
Пластичність, см <sup>2</sup> /г	31,32±0,16 x 10 <sup>3</sup>	26,66±0,13 x 10 <sup>3</sup>

Емульгуюча здатність фаршу та стабільність емульсії впливають на вихід і якість ковбасних виробів, їх консистенцію, соковитість, товарний вигляд, смак і залежить від багатьох чинників, зокрема кількості у фарші жиру, води (якості води), значення рН, температури фаршу, ОВП, способу і ступеня механічного впливу на сировину, технології виробництва тощо. Варені ковбаси мають високу якість при стабільності емульсії фаршу близько 85% до його маси.

Як видно з рис/ 4, емульгуюча здатність фаршу та стабільність емульсії контрольного фаршу менші аналогічних значень дослідної фаршевої системи, що пояснюється дією електроактивованої води, яка краще зв'язується в системі з білком та жиром.

**Висновки.** В ході проведення комплексних досліджень була доведена можливість якості покращення готового ковбасного фаршу за рахунок внесення в рецептуру трансглютамінази мікробного походження та активованих водних середовищ. Експериментально підтверджено здатність ферменту позитивно впливати на реологічні показники фаршів. На основі отриманих результатів буде проведено наступний етап з розробки технології емульговани м'ясних продуктів з використання біотехнологічних прийомів.

**Список літератури:** 1. Грачева И. М. Технология ферментных препаратов / И. М. Грачева. – М.: Элевар, 2000. – 512с. 2. Капрельянц Л. В. Ферменты в пищевых технологиях / Л. В. Капрельянц. – Одесса : Друк, 2009. – 468 с. 3. Ахмичева О. В. Использование энзимов при производстве мясных изделий. / О. В. Ахмичева // Мясная индустрия. – 2004, №6. 4. Castro-Briones M., G. N. Calderon, G. Velazquez and etc. Mechanical and functional properties of beef products obtained using microbial transglutaminase with treatments of pre-heating followed by cold binding. // Meat Science – 2009, Vol.83. – p. 229–238. 5. Томилов А. П. Электрохимическая активация – новое направление прикладной электрохимии // Жизнь и безопасность» – 2003, №3. 6. Ohtsuka T., K. Seguro, M. Motoki. Microbial transglutaminase estimation in enzyme-treated surimi-based products by enzyme immunosorbent assay. // Institute of food technologists. 1996, 61(1). – p. 81–84. 7. Mugurama M., K. Tsuruoka, Y. Erwanto, S. Kawahara, K. Yamauchi, S. K. Sathe, T. Soeda. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. // Meat Science. – 2003, Vol.63. – p. 191–197.

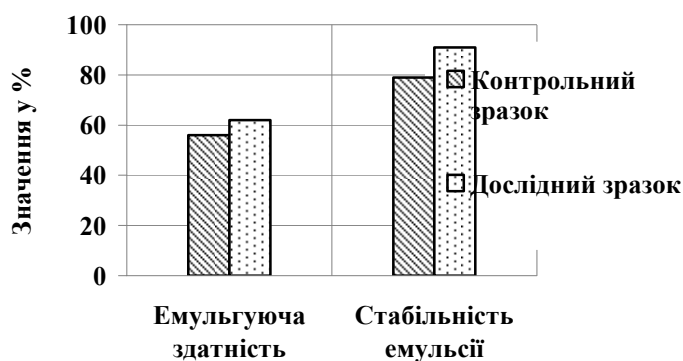


Рис. 4 – Результати досліджень емульгуючої здатності та стабільності емульсії контрольного та дослідного зразку, %

**Bibliography (transliterated):** 1. *Gracheva I. M* Technology enzyme preparations / *I. M Gracheva*. - M.: Elevar, 2000. – 512 p. 2. *Kaprelyants L. V* Enzymes in food technology / *L. V Kaprelyants*. – Odessa: Druk, 2009. – 468 p. 3. *Ahmicheva O. V* The use of enzymes in the production of meat products. / *O. V Ahmicheva* // *Meat Industry*. – 2004, № 6. 4. *Castro-Briones M., G. N. Calderon, G. Velazquez* and etc. Mechanical and functional properties of beef products obtained using microbial transglutaminase with treatments of pre-heating followed by cold binding. // *Meat Science* – 2009, Vol.83. – p. 229–238. 5. *Tomilov A. P* Electrochemical activation - a new direction of applied electrochemistry/ *A. P Tomilov* // *Life and Safety* – 2003, № 3. 6. *Ohtsuka T. K. Seguro, M. Motoki*. Microbial transglutaminase estimation in enzyme-treated surimi-based products by enzyme immunosorbent assay. // *Institute of food technologists*. 1996, 61(1). – p. 81–84. 7. *Mugurama M. , K. Tsuruoka, Y. Erwanto, S. Kawahara, K. Yamauchi, S. K. Sathe, T. Soeda*. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. // *Meat Science*. – 2003, Vol.63. – p. 191–197.

*Надійшла (received) 07.03.2014*

УДК 664.0:637.52

**Розробка біотехнології м'ясних продуктів/ Баль-Прилипко Л. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060). – С.145-150 – Бібліогр.: 7 назв. ISSN 2079-5459

В статті наведено результати комплексних досліджень застосування трансглютамінази мікробного походження в технології варених ковбас при сумісному використанні активованих водних середовищ, як інноваційного комплексного напрямку розвитку біотехнологій.

**Ключові слова:** якість, безпечність, інновації, біотехнологія, трансглютаміназа.

В статье приведены результаты комплексных исследований применения трансглютаминазы микробного происхождения в технологии вареных колбас при совместном использовании активированных водных сред, как инновационного комплексного направления развития биотехнологий.

**Ключевые слова:** качество, безопасность, инновации, биотехнология, трансглютаминаза.

**Development of biotechnology of meat products/ Bal-Prylypko L.V.** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.145-150. Bibliogr.: 7. ISSN 2079-5459

This paper presents the results of comprehensive studies of microbial transglutaminase use of technology in origin cooked sausages in the joint application of activated water environments as an innovative integrated directly biotechnology.

**Keywords:** quality, safety, innovation, biotechnology, transglutaminase.

УДК 637.142.2

**Е. Д. КАЛИНИНА**, канд. техн. наук, ЛНАУ, Луганск;

**А. В. КОВАЛЕНКО**, канд. техн. наук, доц., с. н.с, ЛНАУ, Луганск;

**О. В. КОРНИЛОВА**, ассистент, ЛНАУ, Луганск

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ $\beta$ -ГАЛАКТОЗИДАЗЫ ДЛЯ ГИДРОЛИЗА ЛАКТОЗЫ МОЛОКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕВОДНОГО СОСТАВА МОЛОКА ГИДРОЛИЗОВАННОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СГУЩЕННЫХ МОЛОЧНЫХ КОНСЕРВОВ С САХАРОМ**

В работе представлены исследования выбора препарата фермента  $\beta$ -галактозидазы для гидролиза лактозы молока при производстве сгущенных гидролизированных молочных консервов с сахаром. Проведены исследования протеолиза белка в ферментных препаратах Neolactase и GODO-YNL2 и исследования углеводного состава гидролизованного молока.

© Е. Д. КАЛИНИНА, А. В. КОВАЛЕНКО, О. В. КОРНИЛОВА, 2014

**Ключевые слова:** ферментные препараты, гидролизованное сгущенное молоко, протеолиз белка, активность препарата, лактоза, глюкоза, галактоза.

**Введение.** Производство молочных консервов с сахаром является важной отраслью хозяйства страны. Они способны длительное время храниться без порчи, что достигается за счет оптимального соотношения составляющих, наличия сахара и лактозы, а также высокой температуры пастеризации. За последнее десятилетие объемы производства сгущенных молочных консервов возросли благодаря производству новых технологий. Известно, что сгущенные молочные консервы с сахаром являются высококалорийными продуктами. Избыток сахара может изменить нормальный гормональный фон организма человека, что приводит к излишнему весу, является фактором риска при расположенности к диабету.

Часть населения земного шара не может употреблять молоко (в том числе, молоко сгущенное с сахаром), что связано с недостаточным количеством или отсутствием фермента  $\beta$ -галактозидазы в пищеварительном тракте человека. Это приводит к нарушению нормальной работы пищеварительного тракта, дискомфорту, ограничению поступления в организм биологически ценных питательных веществ. В связи с возрастающим распространением лактазной недостаточности, значительная часть населения не может потреблять молочные продукты. По данным Всемирной Организации здравоохранения лактазной недостаточностью страдает от 10 до 80% людей среди различных групп населения, у европейцев непереносимость молока наблюдается у 6...12 % населения [1-4].

В настоящее время, за рубежом, активно развивается производство безлактозных и низколактозных молочных продуктов, в том числе сгущенных молочных консервов с сахаром с использованием технологий гидролиза лактозы.

**Анализ литературных данных и постановка проблемы.** В России и в Украине практически нет рынка низколактозных продуктов, за исключением смесей для новорожденных детей. Таким образом, по меньшей мере, около 10 % населения должны ограничиваться в потреблении молочных продуктов. Для решения этих и многих других задач компания DSM обладает высококачественными препаратами ферментов и всеми необходимыми знаниями об их применении. Для гидролиза лактозы наибольшее распространение получили ферментные препараты  $\beta$ -галактозидазы, выделенные из бактерий и плесневых грибов.

На сегодняшний день лактазу на рынке представляют такие фирмы: компания «Хр. Хансен» (Дания) предлагает препарат под торговым названием «Ha-Laktase», компания «DSM Food Specialties» (Голландия) – «Максилакт», фирма «Shusei Company Limited» (Япония) – «GODO-YNL2», фирма «National Enzyme Company» (США) – «Dairvzimes» и «Validase Yest Laktase», ООО «Экологическое объединение «Фермент» (Россия) – «Лактоканесцин Г20Х». [5-7].

В последнее время наблюдаются попытки разработок новых технологий молочных продуктов с применением гидролиза лактозы, в которых лактоза полностью или частично гидролизуется препаратами  $\beta$ -галактозидазы на моносахара глюкозу и галактозу [8-10]:



Использование ферментного препарата β-галактозидазы в производстве сгущенного молока с сахаром позволит регулировать степень гидролиза лактозы, которая важна для качества молочных консервов с сахаром.

При этом изменяется химический состав молока, улучшаются органолептические показатели, исключается возможность кристаллизации лактозы в сгущенном молоке с сахаром в процессе хранения, за счет сладости моносахаров глюкозы и галактозы появляется возможность уменьшить количество сахара при производстве молочных сгущенных консервов с сахаром.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что выбор ферментных препаратов для гидролиза лактозы молока при выработке гидролизованных сгущенных консервов с сахаром является целесообразной и актуальной.

**Цель работы.** Целью работы является исследование подбора ферментных препаратов для гидролиза лактозы молока при производстве сгущенных молочных консервов с сахаром и исследование углеводного состава гидролизованного молока.

**Экспериментальные данные и их обработка.** Ферментативный гидролиз лактозы проводили с применением ферментных препаратов Neolactase и GODO-YNL2, согласно технологической схемы [11].

Степень гидролиза лактозы определяли криоскопическим методом, измеряя точку замерзания молока гидролизованного на миллиосмометре – криоскопе термоэлектрическом МТ – 5-0,2 (Россия), используя формулу:

$$X = \frac{T_0 - T_k}{T} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где  $T_0$  – точка замерзания молока после гидролиза лактозы, °С;

$T_k$  – точка замерзания молока до гидролиза лактозы, °С;

$T$  – точка замерзания молока при 100 %-ом гидролизе лактозы, °С, величина  $T$  рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{M}{342} \cdot 1,86, \quad (2)$$

где  $M$  – массовая доля лактозы в молоке до гидролиза, г/кг;

$1,86$  – константа для воды;

$342$  – молярная масса лактозы, г.

Содержание массовой доли небелковых азотсодержащих соединений определяли методом Лоури [12, 13] с использованием спектрофотометра СФ – 46 по калибровочным графикам.

Определение массовой доли лактозы, глюкозы и галактозы проводили хроматографическим методом с использованием высокоэффективного жидкостного хроматографа SCL-6A фирмы «Shimadzu» (Япония) [14].

По предварительной оценке коммерческих препаратов были отобраны ферментные препараты β-галактозидазы GODO-YNL2 – ферментный препарат лактазы дрожжевого происхождения, полученный из дрожжей *Kluuveromyces lactis* и Neolactase – ферментный препарат лактазы грибного происхождения, полученный из грибов *Aspergillus oryzae*. По внешнему виду GODO-YNL2 – желтоватая жидкость, без посторонних запахов, легко растворима в молоке,



активность 5000 НЛЕ/см<sup>3</sup>, интервал действия энзима при рН 6...8. Характеристика ферментного препарата GODO-YNL2 представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристика препарата GODO-YNL2 фермента β-галактозидазы

Наименование β-галактозидазы	Активность, НЛЕ/см <sup>3</sup>	Оптимальные режимы		Интервал действия	
		Температура, °С	рН	температура, °С	рН
GODO-YNL2	5000	45	6,5	5...45	6,0...8,0

По внешнему виду ферментный препарат β-галактозидазы Neolactase – мелкий сухой порошок, белый, без посторонних запахов, легко растворим в воде, вводится в виде 10 %-ого водного раствора. Характеристика ферментного препарата Neolactase представлена в табл. 2.

Таблица 2 – Характеристика препарата Neolactase фермента β-галактозидазы

Наименование β-галактозидазы	Активность НЛЕ/см <sup>3</sup>	Оптимальные Режимы		Интервал действия	
		температура, °С	рН	температура, °С	рН
Neolactase	5000	50	4,5	до 50	4,5...8,0

Ферменты β-галактозидазы предназначены для гидролиза молочного сахара в молоке и сыворотке. Применение данных ферментных препаратов в молочной промышленности не требует дополнительного аппаратного оформления и дополнительных затрат на него. Ферменты β-галактозидазы проявляют свое действие при широком диапазоне значений активной кислотности, при схожих температурах. При отклонении от режимов проведения происходит инактивация фермента. По технической характеристике активность ферментных препаратов одинаковая и составляет 5000 НЛЕ/см<sup>3</sup>, однако при использовании препарата Neolactase для получения степени гидролиза лактозы 70...72 % затрачивается больше времени на процесс гидролиза лактозы и вносится большая доза препарата, что является меньшей активностью, чем у GODO-YNL2 [11]. На основании этого появилась необходимость провести исследования на протеолиз белка в ферментных препаратах Neolactase и GODO-YNL2. К тому же известно, что промышленные препараты фермента β-галактозидазы могут содержать определенное количество примесей протеолитических ферментов. Определяли степень протеолиза белка, полученные данные с применением ферментного препарата Neolactase представлены в табл. 3.

Как свидетельствуют полученные данные табл. 3, с увеличением степени гидролиза лактозы отмечается увеличение прироста массовой доли небелковых азотистых соединений. Так, например, при степени гидролиза лактозы 21 % содержание небелковых азотистых соединений составляло 0,17±0,008 %, при 72 % – 0,28±0,014 %. Содержание небелковых азотистых соединений растет с увеличением массовой доли фермента, который указывает на его протеолитическую активность.

Таблица 3 – Протеолиз белка в молоке после обработки ферментным препаратом Neolactase (t=48...50 °C), P ≤ 0,05

Наименование образца	Массовая доля ферментного препарата, %	Продолжительность, (60x60),с	Степень гидролиза лактозы, %	Массовая доля небелковых азотистых соединений, %
Контроль	–	–	–	0,17±0,008
Молоко гидролизованное	0,02	1,5...2,0	21,0±1,0	0,17±0,008
	0,02	2,5 – 3,0	26,2±1,3	0,18±0,009
	0,02	3,5...4,0	32,0±1,6	0,18±0,009
	0,03	1,5...2,0	46,0±2,3	0,18±0,009
	0,03	2,5...3,0	59,0±2,9	0,22±0,011
	0,03	3,5...4,0	60,0±3,0	0,23±0,012
	0,04	1,5...2,0	60,8±3,0	0,23±0,012
	0,04	2,5...3,0	61,4±3,1	0,24±0,012
	0,04	3,5...4,0	62,0±3,1	0,25±0,013
	0,05	1,5...2,0	63,2±3,1	0,26±0,013
	0,05	2,5...3,0	64,0±3,2	0,27±0,014
	0,05	3,5...4,0	64,4±3,2	0,27±0,014
	0,06	3,5...2,0	65,0±3,2	0,28±0,014

Определяли степень протеолиза белка, полученные данные с применением ферментного препарата GODO-YNL2 представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Протеолиз белка в молоке после обработки ферментным препаратом GODO-YNL2 (t=48...50 °C), P ≤ 0,05

Наименование продукта	Массовая доля препарата, %	Продолжительность, (60x60), с	Степень гидролиза, %	Массовая доля небелковых азотистых соединений, %
Контроль	–	–	–	0,17±0,008
Молоко гидролизованное	0,02	1,5...2,0	53,8±2,7	0,17±0,008
	0,02	2,5...3,0	54,8±2,7	0,17±0,008
	0,02	3,5...4,0	61,7±3,0	0,18±0,009
	0,03	1,5...2,0	62,3±3,1	0,17±0,008
	0,03	2,5...3,0	62,6±3,1	0,18±0,009
	0,03	3,5...4,0	66,0±3,3	0,18±0,009
	0,04	1,5...2,0	85,1±4,2	0,16±0,008
	0,04	2,5...3,0	85,7±4,3	0,17±0,008
	0,04	3,5...4,0	86,6±4,3	0,17±0,008
	0,05	1,5...2,0	86,6±4,3	0,15±0,007
	0,05	2,5...3,0	86,8±4,3	0,16±0,008
	0,05	3,5...4,0	88,3±4,4	0,17±0,008
	0,06	1,5...2,0	88,4±4,4	0,17±0,008
	0,06	2,5...3,0	88,6±4,4	0,18±0,009
	0,06	3,5...4,0	88,8±4,4	0,18±0,009

Исследования влияния массовой доли ферментного препарата GODO-YNL2 на содержание небелковых азотистых соединений показали, что колебание содержания небелковых азотистых веществ наблюдается в пределах погрешности.

то есть ферментный препарат GODO-YNL2 не содержит протеолитических активностей. Что дает возможность сделать вывод, что ферментный препарат Neolactase содержит примеси протеолитических ферментов, что отрицательно сказывается на активности фермента и качестве гидролизованного продукта. Ферментный препарат Neolactase был исключен из дальнейших исследований.

Также нами был исследован углеводный состав молока гидролизованного. Ферментативный гидролиз проводили, применяя ферментный препарат GODO-YNL2.

Полученные результаты представлены на рис. 1. Проведенные исследования показывают (рис. 1), что при содержании лактозы  $1,30 \pm 0,06$  %, содержание глюкозы и галактозы равное и составляет по  $1,75 \pm 0,09$  %. Полученные результаты эксперимента позволяют сделать вывод, что в начале процесса гидролиза – идет интенсивное снижение содержания лактозы и рост количества моносахаров – глюкозы и галактозы. С уменьшением содержания лактозы процесс замедляется.

### Выводы

1. При использовании ферментного препарата Neolactase содержание небелковых азотистых соединений растет с увеличением массовой доли фермента, который указывает на его протеолитическую активность.

2. Ферментный препарат GODO-YNL2 не содержит протеолитических активностей.

3. На основании ранее проведенных исследований и исследований указанных в данной работе можно сделать вывод, что по технологичности, эффективности фермента для гидролиза лактозы молока целесообразно использовать препарат GODO-YNL2.

4. Содержание глюкозы и галактозы равное по отношению к лактозе. С уменьшением содержания лактозы процесс образования глюкозы и галактозы замедляется.

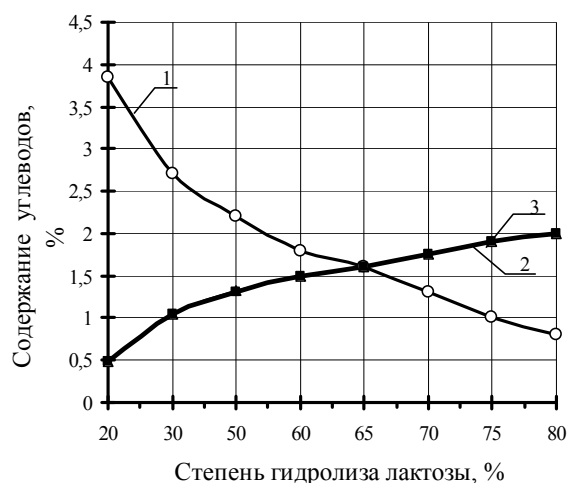


Рис. 1 – Динамика углеводного состава после обработки молока β-галактозидазой: 1 – лактоза; 2 – глюкоза; 3 – галактоза

**Список литературы:** 1. Vesa, T. H. Lactose Intolerance [Text] / T. H. Vesa, P. Marteau, R. Korpela // Journal of the American College of Nutrition. – 2000. V. 19. – P.165–175. 2. Swallow, D. M. Genetics of lactase persistence and lactose intolerance [Text] / D. M. Swallow, A. R. Genet // Adv Hum Genet. – 2003. V. 37 – P. 197–219. 3. Jäger, A. C. Laktose-intoleranz: Gentest for laktose-intoleranz — hurtig og billig diagnostik [Text] / A. C. Jäger // DSKB-NYT. – 2006. – V. 1 (February). – P. 832–838. 4. Vrese, M. Probiotics – compensation for lactase insufficiency [Text] / M. Vrese, A. Stegelmann, B. Richter, S. Fenselau, C. Laue and J. Schrezenmeir // American Journal of Clinical Nutrition, February. – 2001. V. 73 (2). – P. 421–424. 5. Погосян, А. С. До питания ферментативного гидролізу лактози за допомогою β-галактозидази [Текст] / А. С. Погосян // Молочная промышленность. – 2006. – № 3 (28). – С. 44–45. 6. Синицын, А. П. Технологические свойства β-галактозидазы [Текст] / А. П. Синицын, И. Н. Зоров, В. В. Калугин и др. // Молочная

промышленность. – 2001. – № 6. – С. 55–56. 7. *Swallow, D. M.* Genetics of lactase persistence and lactose intolerance [Text] / *D. M. Swallow, A. R. Genet* // *Adv Hum Genet.* – 2003. – V. 37 – P. 197–219. 8. *Рупелюс, К.* Максилат – ферментная обработка молока решает проблему непереносимости лактозы [Текст] / *К. Рупелюс, Б.М. Двинский.* // *Молочная промышленность.* – 1995. – № 5. – С. 23–25. 9. *Донской, Н. С.* Применение ферментативного гидролиза лактозы [Текст] / *Н. С. Донской, А. Д. Лодыгин и др.* // *Молочная промышленность.* – 2008. – № 11. – С. 74–75. 10. *Скорченко, Т. А.* Перспективи виробництва молочних продуктів з гідролізованною лактозою [Текст] / *Т. А. Скорченко, А. Г. Пухляк, Т. Г. Федченко* // *Молочное Дело.* – 2005. – № 2, 3 – С. 16. 11. *Калинина, Е. Д.* Исследование и установление технологических параметров проведения гидролиза лактозы молока [Текст] / *Е. Д. Калинина, А.В. Коваленко* // *Восточно-европейский журнал передовых технологий.* 13. – Харьков, 2014. – С. 26–31. 12. *Крусь, Г. Н.* Методы исследования молока и молочных продуктов [Текст] / *Крусь Г. Н., Шалыгина А. М., Волокитина Э. В.* – М.: Колос, 2000. – 362 с. 13. *Охрименко, О. В.* Лабораторный практикум по химии и физики молока [Текст] / *Охрименко О. В., Горбатова К. К., Охрименко А. В.* – СПб.: ГИОРД, 2005. – 256 с. 14. *Высокоэффективная жидкостная хроматография в биохимии* [Текст] / [Г. Бауэр, Х. Энгельг, А. Хеншен и др.] ; под ред. И.В. Березина ; пер. с англ. А.П. Синицына. – М.: Мир, 1988. – С. 687.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Vesa, T., Marteau, P., Korpela, R.* (2000). Lactose Intolerance. *Journal of the American College of Nutrition*, 19, 165-175. 2. *Swallow, D., Genet A.* (2003). Genetics of lactase persistence and lactose intolerance. *Adv Hum Genet*, 37, 197-219. 3. *Jäger, A.* (2006). Laktose-intoleranz: Gentest for laktose-intoleranz — hurtig og billig diagnostik. *DSKB-NYT*, 1 (February), 832-838. 4. *Vrese, M., Stegelmann A., Richter B., Fenselau S., Laue C. and Schrezenmeir J.* (2001). Probiotics – compensation for lactase insufficiency. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73 (2), 421-424. 5. *Poghosyan, S.* (2006). Up of enzymatic gdraw lactose for interpreter and use it with  $\beta$  galactosidase. *Dairy industry*, 3 (28), 44-45. 6. *Sinitsyn, A. Zorov, V., Kalugin, V. and others* (2001). Technological properties of  $\beta$ -galactosidase. *Dairy industry*, 6, 55-56. 7. *Swallow, D., Genet, A.* (2003). Genetics of lactase persistence and lactose intolerance. *Adv Hum Genet*, 37, 197-219. 8. *Robelius, K.* (1995). Maxilat - enzymatic processing of milk solves the problem of lactose intolerance. *Dairy industry*, 5, 23-25. 9. *Donskoy, N., Lodygin, A. and others* (2008). Application of enzymatic hydrolysis of lactose. *Dairy industry*, 11, 74-75. 10. *Скорченко, Т. А.* Перспективи виробництва молочних продуктів з гідролізованною лактозою [Текст] / *Т.А. Скорченко, А.Г. Пухляк, Т.Г. Федченко* // *Молочное Дело.* – 2005. – № 2, 3 – С. 16. 10. *Skorchenko, T. Willow tit, A., Fedchenko, T.* (2005). Prospects production certificate molocnih products C garoldovich Lactasoy. *Molochnoe Delo*, 2, 3, 16. 11. *Kalinina, E., Kovalenko, A.* (2014). Investigate and establish the technological parameters of the hydrolysis of lactose milk. *East-European journal of peredovih technologies*, 1/10 (67), 26-31. 12. *Okhrimenko, O., Gorbatov, K., Okhrimenko, A.* (2005). Laboratory of chemistry and physics of milk, GIORД, 256. 13. *Crush, G., Shalygina, A., Volokitina, E.* (2000). Methods of research of milk and dairy products, *Kolos*, 362. 14. *High performance liquid chromatography in biochemistry* [*G. Bauer, Agricultural Энгельга, А. Хеншен and other*] ; (1988). Eited. *I. Berezina* ; translation. with English. *A. Sinitsyna, Pease*, 687.

*Поступила (received) 12.03.2014*

УДК 637.142.2

**Применение ферментных препаратов  $\beta$ -галактозидазы для гидролиза лактозы молока и исследование углеводного состава молока гидролизованного при производстве сгущенных молочных консервов с сахаром/Е. Д. Калинина, А. В. Коваленко, О.В. Корнилова** // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060). – С.150-157. – Бібліогр.: 14назв. ISSN 2079-5459

В работе представлены исследования выбора препарата фермента  $\beta$ -галактозидазы для гидролиза лактозы молока при производстве сгущенных гидролизованных молочных консервов с сахаром. Проведены исследования протеолиза белка в ферментных препаратах Neolactase и GODO-YNL2 и исследования углеводного состава гидролизованного молока.

**Ключевые слова:** ферментные препараты, гидролизованное сгущенное молоко, протеолиз белка, активность препарата, лактоза, глюкоза, галактоза

Проведені дослідження протеолізу білку в ферментних препаратах Neolactase і GODO-YNL2 і дослідження вуглеводного складу гідролізованого молока. Вперше експериментально обґрунтовується доцільність використання препарату GODO-YNL2 для ферментативного гідролізу лактози при виробництві згущених молочних консервів з цукром.

**Ключові слова:** ферментні препарати, гідролізоване згущене молоко, протеоліз білку, активність препарату, лактоза, глюкоза, галактоза.

**Application of enzyme preparations for galactosidase  $\beta$ -lactose hydrolysis milk and milk study carbohydrate composition hydrolyzed by the production of condensed milk with sugar have been done / E.D. Kalinina, A.V. Kovalenko, O.V. Kornilova //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.150-157. Bibliogr.14 : . ISSN 2079-5459**

The investigations of proteolysis of protein in the enzyme preparations and Neolactase GODO-YNL2 research and carbohydrate composition of the hydrolyzed milk have been done. For the first time, the experimental use of the drug the expediency GODO-YNL2 for enzymatic hydrolysis of lactose in the production of canned condensed milk with sugar is grounded.

**Keywords:** enzyme preparations hydrolyzed, condensed milk, protein proteolysis, activity of the drug, lactose, glucose, galactose.

### УДК 577.3

**В. Е. НОВИКОВА**, ст. препод., ХНТУСХ, Харків;

**Л. А. ПИХ**, ст. препод., ХНТУСХ, Харків;

**Н. Н. ТИМЧЕНКО**, канд. биол. наук, доц., ХНТУСХ, Харків

### **ВЛИЯНИЕ РАСТВОРОВ СОЛЕЙ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ-ОТТАИВАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ МЕТГЕМОГЛОБИНОВ А И F**

Проведены исследования влияния растворов солей и замораживания-оттаивания на содержание метгемоглобинов А и F.

**Ключевые слова:** гемоглобин А, фетальный гемоглобин, метгемоглобин, концентрация, замораживание-оттаивание.

**Введение.** Гемоглобин — это тетрамерная молекула, состоящая из четырех полипептидных цепей [1]. Каждая из этих цепей присоединена к гему — простетической группе (гем-группе), включающей комплекс из железа и протопорфирина IX. Таким образом, в молекуле гемоглобина находится четыре гем-группы, в каждой из которых есть один атом железа, он может обратимо присоединить одну молекулу кислорода. Четыре полипептидные цепи (две альфа- и две бета-цепи) образуют белковую часть молекулы — глобин, которым определяются видовые и индивидуальные свойства гемоглобина. Глобин обладает высокой степенью спирализации, и в каждой цепи имеются спиральные участки, которые чередуются с неспиральными. Спиральные участки каждой цепи уложены в плотную глобулу, внутри которой в специальном углублении («кармане») находится гем. Между субъединицами молекулы гемоглобина, которая симметрична, существует несколько типов контактов, отличающихся числом и химической природой аминокислотных остатков, участвующих в

контактах. Внутри молекулы перпендикулярно друг к другу расположены две полости, одна из которых разделяет альфа-, а другая — бета-цепи. Гемоглобин, не связанный с кислородом и содержащий гем с ферро-ионом ( $\text{Fe}^{2+}$ ), называют деоксигемоглобином, феррогемоглобином или восстановленным гемоглобином и сокращенно обозначают Hb. Полностью оксигенированный Hb, называемый оксигемоглобином ( $\text{HbO}_2$ ), содержит четыре молекулы кислорода ( $\text{O}_2$ ) на молекулу гемоглобина. Транспорт гемоглобином  $\text{CO}_2$  от тканей к легким осуществляется не гемом, а глобином, так как  $\text{CO}_2$  присоединяется к свободным аминогруппам. Взаимодействуя друг с другом, альфа- и бета-цепи образуют четвертичную структуру, причем места контактов цепей в окси- и деоксиформе различны, т.е. при присоединении и отдаче кислорода происходят конформационные изменения молекулы гемоглобина. Оксигенация гемоглобина сопровождается смещением атома железа относительно порфиринового кольца; это приводит к кооперативным структурным изменениям бета-цепей, в результате которых расстояние между ними и гемами увеличивается, что позволяет поместиться молекуле кислорода, тогда как при оксигенации альфа-цепей нет необходимости в их смещении, в связи с чем они вступают в реакцию с кислородом раньше, чем бета-цепи. Таким образом, субъединицы молекулы гемоглобина оксигенируются не одновременно, а последовательно, и количество энергии, необходимое для присоединения кислорода, постепенно снижается от первого к четвертому гему, уменьшается также время, необходимое для этого процесса, т.е. реакция с кислородом для бета-цепей протекает более легко.

Изменение сродства к кислороду различных гемов молекулы гемоглобина называют гем-гем взаимодействием, или кооперативным эффектом, оцениваемым константой Хилла по КДО, сигмовидная форма которой непосредственно связана с гем-гем взаимодействием. Кооперативный эффект — уникальное свойство гемоглобина по сравнению с другими белками-переносчиками, что сближает его по функциональным свойствам с аллостерическими ферментами, обладающими кооперативностью. Такой продукт метаболизма эритроцитов, как 2,3-ДФГ, постоянно участвует в изменении кислородсвязывающих свойств гемоглобина.

Такие окислители, как пероксиды, нитриты, феррицианид калия и хиноны могут окислить  $\text{Fe}^{2+}$  в гемоглобине до  $\text{Fe}^{3+}$  с образованием метгемоглобина (MetHb), его еще называют ферригемоглобином, который не присоединяет  $\text{O}_2$ . Уникальной особенностью гемоглобина является его способность обратимо связывать  $\text{O}_2$ , образуя стабильный комплекс, без окисления гемового  $\text{Fe}^{2+}$  в  $\text{Fe}^{3+}$  [2].

В физиологических условиях в здоровом организме в процессе его жизнедеятельности появляются продукты превращения гемоглобина. Они образуются при воздействии ряда веществ и не являются следствием наследственно обусловленного изменения структуры гемоглобина. Как упомянуто выше, в крови присутствует некоторое количество метгемоглобина. В норме в зрелых эритроцитах содержится примерно до 2% метгемоглобина (MetHb), который образуется за счет аутоокисления. Однако дальнейшего накопления MetHb не происходит, поскольку он способен снова восстанавливаться в Hb при участии НАДН и НАДФН в комплексе с метгемоглобинредуктазой. В свою очередь, достаточное образование восстановленных форм никотиновых

коферментов происходит на этапах метаболизма глюкозы по гликолитической цепи и пентозофосфатному циклу. По мере старения эритроцита в нем снижается активность некоторых ферментов (80-дневная клетка содержит уже около 8% MetHb).

**Цель работы.** Целью работы является исследование влияния растворов солей и замораживания-оттаивания на содержание метформ гемоглобина А и фетального гемоглобина.

**Методика экспериментов.** Оксигемоглобин А (HbA) человека выделяли из свежей крови осмотическим лизисом эритроцитов, предварительно трижды отмытых изотоническим раствором NaCl (0,15M). Гемолизат готовили путем добавления одного объема дистиллированной воды и хранения 24 часа при +4°C, далее осаждали разрушенные клеточные мембраны при помощи ультрацентрифугирования при 15000 g в течение 15 мин. Гемоглобин А очищали методом гель-проникающей хроматографии на колонке диаметром 25 мм и длиной 40 с сефадексом G-100. Отцентрифугированный раствор гемоглобина (надосадок) наносили на колонку и проводили элюцию при +4°C. Концентрация гемоглобина в растворе контролировалась на спектрофотометре на длине волны 577 нм.

Оксигемоглобин F (HbF) человека выделяли из свежей кордовой крови. Гемолизат готовили, как описано выше. Фетальный гемоглобин выделяли из гемоглобина кордовой крови путем денатурирования гемоглобина А раствором NaOH и последующего осаждения денатурированного гемоглобина А насыщенным раствором сульфата аммония. Гемоглобин F очищали на хроматографической колонке так же, как это описано для гемоглобина А. Выход белка контролировали спектрофотометрически по поглощению раствора при 560 и 577 нм [3].

Содержание окси-, дезокси- и метформ HbF и HbA вычисляли по методам [3, 4]. Замораживание растворов гемоглобинов А и F проводили в физиологическом растворе со средней скоростью 200C/мин до температуры жидкого азота. Замораживание растворов HbA и HbF в присутствии различных концентраций NaCl и KCl проводили при тех же условиях. Оттаивание осуществляли на водяной бане при +200C.

**Обсуждение результатов.** Количественное определение окси-, дезокси- и метформ гемоглобинов в растворах HbA и HbF с различными концентрациями NaCl показало, что в растворах солей, не вызывающих диссоциацию этих белков, увеличивается содержание дезоксигемоглобина и уменьшается содержание оксигемоглобина, а в растворах, которые приводят к диссоциации гемоглобинов А и F, повышается содержание метгемоглобина за счет уменьшения количества оксигемоглобина; для HbF увеличение содержания метформы начинается при меньших концентрациях натрия хлорида. До замораживания-оттаивания содержание метформы в растворе гемоглобина А (в 0,15M NaCl) составляет  $3,0 \pm 0,7\%$ , в растворе фетального гемоглобина (в 0,15M NaCl)  $5,0 \pm 1,0\%$ . Непосредственно сразу после замораживания-оттаивания количество метгемоглобина А практически не изменяется и составляет  $4,4 \pm 0,8\%$ , количество метформы фетального гемоглобина также не изменяется и равно  $6,4 \pm 0,9\%$ . Содержание метформы в растворе гемоглобина А в 0,5M NaCl не отличается от ее

количества в растворе гемоглобина А в 0,15М NaCl и составляет  $3,5\pm 0,8\%$ , в растворе фетального гемоглобина в 0,5М NaCl содержание метформы не отличается от ее количества в растворе фетального гемоглобина в 0,15М NaCl и равно  $5,4\pm 0,9\%$ . После замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 0,5М NaCl содержание метгемоглобина практически не отличается от его количества до замораживания-оттаивания и составляет  $4,6\pm 1,0\%$ . После замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 0,5М NaCl содержание метформы практически не отличается от ее количества до замораживания-оттаивания и равно  $6,7\pm 0,8\%$ . До и после замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 1М NaCl количество метгемоглобина практически не отличается от содержания его в растворе гемоглобина А в 0,15М NaCl и составляет  $3,6\pm 0,8\%$  до и  $4,7\pm 0,9\%$  после. До замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 1М NaCl содержание метформы не отличается от количества ее в растворе фетального гемоглобина в 0,15М NaCl и равно  $5,7\pm 0,9\%$ . После замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 1М NaCl количество метгемоглобина увеличивается и составляет  $12,2\pm 0,9\%$ . До замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 1,5М NaCl количество метгемоглобина не отличается от содержания его в растворе гемоглобина А в 0,15М NaCl и равно  $3,7\pm 1,0\%$ . После замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 1,5М NaCl содержание метформы увеличивается и составляет  $12,6\pm 0,8\%$ . До замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 1,5М NaCl содержание метформы увеличивается по сравнению с количеством ее в растворе фетального гемоглобина в 0,15М NaCl и равно  $10,2\pm 0,9\%$ . После замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 1,5М NaCl количество метгемоглобина составляет  $12,8\pm 0,9\%$ . До замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 2М NaCl содержание метформы увеличивается по сравнению с количеством ее в растворе гемоглобина А в 0,15М NaCl и равно  $9,9\pm 0,9\%$ . После замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 2М NaCl количество метгемоглобина составляет  $12,7\pm 0,9\%$ . До и после замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 2М NaCl содержание метформы равно  $10,5\pm 0,8\%$  и  $13,1\pm 0,9\%$  соответственно.

При исследовании действия различных концентраций KCl на содержание форм гемоглобина было выяснено, что до замораживания-оттаивания содержание метформы в растворе гемоглобина А (в 0,15М KCl) составляет  $3,0\pm 0,7\%$ , в растворе фетального гемоглобина (в 0,15М KCl)  $5,0\pm 1,0\%$ . Непосредственно сразу после замораживания-оттаивания количество метгемоглобина А практически не изменяется и составляет  $4,2\pm 0,9\%$ , количество метформы фетального гемоглобина также не изменяется и равно  $6,4\pm 0,8\%$ . Содержание метформы в растворе гемоглобина А в 0,5М KCl не отличается от ее количества в растворе гемоглобина А в 0,15М KCl и составляет  $3,6\pm 0,9\%$ , в растворе фетального гемоглобина в 0,5М KCl содержание метформы не отличается от ее количества в растворе фетального гемоглобина в 0,15М KCl и равно  $5,6\pm 0,9\%$ . После замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 0,5М KCl содержание метгемоглобина практически не отличается от его количества до замораживания-оттаивания и составляет  $4,7\pm 1,0\%$ . После замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 0,5М KCl содержание метформы практически не отличается от ее количества до



замораживания-оттаивания и равно  $6,5 \pm 0,7\%$ . До и после замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 1М КСl количество метгемоглобина практически не отличается от содержания его в растворе гемоглобина А в 0,15М КСl и составляет  $3,7 \pm 0,9\%$  до и  $4,8 \pm 0,8\%$  после. До замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 1М КСl содержание метформы не отличается от количества ее в растворе фетального гемоглобина в 0,15М КСl и равно  $5,7 \pm 0,8\%$ . После замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 1М КСl количество метгемоглобина увеличивается и составляет  $12,3 \pm 0,9\%$ . До замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 1,5М КСl количество метгемоглобина не отличается от содержания его в растворе 0,15М КСl и равно  $3,8 \pm 0,9\%$ . После замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 1,5М КСl содержание метформы увеличивается и составляет  $12,3 \pm 0,9\%$ . До замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 1,5М КСl содержание метформы увеличивается по сравнению с количеством ее в растворе фетального гемоглобина в 0,15М КСl и равно  $10,3 \pm 1,0\%$ . После замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 1,5М КСl количество метгемоглобина составляет  $12,7 \pm 0,9\%$ . До замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 2М КСl содержание метформы увеличивается по сравнению с количеством ее в растворе гемоглобина А в 0,15М КСl и равно  $9,8 \pm 0,8\%$ . После замораживания-оттаивания раствора гемоглобина А в 2М КСl количество метгемоглобина составляет  $12,5 \pm 0,8\%$ . До и после замораживания-оттаивания раствора фетального гемоглобина в 2М КСl содержание метформы равно  $10,4 \pm 0,9\%$  и  $13,0 \pm 0,9\%$  соответственно.

Таким образом, было выяснено, что до замораживания-оттаивания увеличение содержания метформы гемоглобина А начинается в присутствии 2М NaCl и КСl, а количество метформы гемоглобина F начинает увеличиваться в присутствии 1,5М NaCl и КСl. После замораживания-оттаивания повышение уровня метгемоглобина А происходит при 1,5М NaCl и КСl, а для фетального гемоглобина подобное увеличение наблюдается при 1М NaCl и КСl.

**Выводы.** Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что фетальный гемоглобин менее устойчив, чем гемоглобин А, к действию растворов NaCl и КСl концентрациями 0,5-3,5М и последующему замораживанию-оттаиванию в присутствии этих концентраций солей. Гемоглобин F после замораживания-оттаивания проявляет меньшую устойчивость к повреждающему действию концентрированных растворов солей по сравнению с картиной до замораживания-оттаивания. Диссоциация белков под действием концентрированных солевых растворов, по-видимому, является причиной повышения содержания метгемоглобина после замо. раживания-оттаивания.

**Список литературы:** 1. Уайт А. Основы биохимии [Текст] / А. Уайт, Ф. Хендлер - М.: Мир, 1981. - Т.3. - 726 С. 2. Страйер Л. Биохимия [Текст] / Л. Страйер - М.: Мир, 1984. - Т.1. - 232 С. 3. Fogh-Andersen N. Spectrophotometric determination of hemoglobin pigments in neonatal blood / N. Fogh-Andersen, O. Siggaard-Andersen // Clinica Chimica Acta. - 1987. - Vol. 166. - P. 291-296. 4. Стусь Л. Н. Осцилляция форм гемоглобина в процессе хранения крови [Текст] / Л. Н. Стусь, Е. Д. Розанова // Биофизика. - 1992. - Т. 37, ? 2. - С. 387-388.

**Bibliography (transliterated):** 1. *White A. Fundamentals of Biochemistry [Text] / A. White, F. Handler - New York: Wiley, 1981. - V.3. - 726 С.* 2. *Спрайер Л. Биохимия [Текст] / Л. Спрайер - М.: Мир, 1984. - Т.1. - 232 С.* 3. *Fogh-Andersen N. Spectrophotometric determination of hemoglobin pigments in neonatal blood / N. Fogh-Andersen, O. Siggaard-Andersen // Clinica Chimica Acta. - 1987. - Vol. 166. - P. 291-296.* 4. *Stus LN oscillation forms of hemoglobin in the blood storage [Text] / LN Stus, ED Rozanov // Biophysics. - 1992. - Т. 37? 2. - S. 387-388.*

*Поступила (received) 14.03.2014*

УДК 577.3

**Влияние растворов солей и замораживания-оттаивания на содержание метгемоглобинов А и F/ В. Е. Новикова, Л. А. Пих, Н. Н. Тимченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.157-162 . – Бібліогр.:4 назв. ISSN 2079-5459**

Проведены исследования влияния растворов солей и замораживания-оттаивания на содержание метгемоглобинов А и F.

**Ключевые слова:** гемоглобин А, фетальный гемоглобин, метгемоглобин, концентрация, замораживание-оттаивание.

Проведено дослідження впливу розчинів солей і заморожування-відтаювання на вміст метгемоглобінів А і F.

**Ключові слова:** гемоглобін А, фетальний гемоглобін, метгемоглобін, концентрація, заморожування-відтаювання.

**Effect of salt solutions and freezing-thawing on the methemoglobin A and F contain/ V. E. Novikova, L. A. Pih, N. N. Timchenko //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.157-162. Bibliogr.:4. ISSN 2079-5459**

Researches of effect of salt solutions and freezing-thawing on the methemoglobin A and F contain are carried out.

**Keywords:** hemoglobin A, fetal hemoglobin, methemoglobin, concentration, freezing-thawing.

УДК 637.146.3

**Ю. В. НАЗАРЕНКО**, канд. техн. наук, зав. каф., Сумський національний аграрний університет

### **БИОТЕХНОЛОГИЧНИ ОСОБЛИВОСТІ СПІЛЬНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ ТРИШТАМОВОЇ ЗАКВАШУВАЛЬНОЇ КОМПОЗИЦІЇ БІФІДОБАКТЕРІЙ З МЕЗОФІЛЬНИМИ МОЛОЧНОКИСЛИМИ ЛАКТОКОКАМИ**

В роботі наведено результати досліджень особливостей спільного культивування змішаних культур адаптованих до молока біфідобактерій зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів з підвищеними протеолітичними властивостями у стерилізованому молоці, збагаченому фруктозою.

**Ключові слова:** дитяче харчування, адаптація, біфідобактерії, мезофільні молочнокислі лактококи, біфідогенний фактор, ферментація, прібіотичні властивості.

**Вступ.** Результати наукових досліджень проведених в останні роки, показують, що харчування дитини впливає не тільки на її ріст, розвиток і стан здоров'я. Стало очевидним, що харчування на першому році життя "програмує" метаболізм таким чином, що ті чи інші порушення харчування можуть збільшити

© Ю. В. НАЗАРЕНКО, 2014

ризик розвитку цілого ряду захворювань: таких як алергічні хвороби, ожиріння, метаболічний синдром, остеопороз та інші.

Дослідження, що з'явилися в останні роки, дозволяють припустити, що в становленні імунітету важливу роль відіграє адекватна кишкова мікрофлора, оскільки саме вона є первинним стимулом для активації вродженого і стимуляції набутого імунітету. Найбільш сприятливими і значущими для мікрофлори кишечника дитини є біфідобактерій, оскільки саме вони з'являються в кишечнику дитини на другий-п'ятий день її життя і є домінуючою мікрофлорою протягом всього життя.

Введення прикорму або переведення дитини після грудного вигодовування на традиційну їжу вимагає розробки продуктів харчування для дітей з підвищеними пробіотичними і антогоністичними властивостями. В даний час в харчуванні дітей широко й успішно використовуються адаптовані кисломолочні продукти. Для їх приготування використовуються спеціальні штами лакто- і біфідобактерій. Закваски можуть бути одно-, багатокомпонентними і комбінованими. У процесі молочнокислого бродіння продукти набувають ряд важливих властивостей: у них знижується рівень лактози, накопичуються бактерицидні речовини, молочна кислота, відбувається часткове розщеплення молочного білка, що полегшує переварювання, а також дещо знижує антигенність білкового компонента.

Для успішної реалізації завдання повноцінного вигодовування дітей біологічно повноцінними і збалансованими продуктами харчування необхідні розроблення і затвердження нормативної документації, а також впровадження нових продуктів дитячого харчування в промислове виробництво.

**Мета роботи.** Встановлення біотехнологічних особливостей спільного культивування адаптованих до молока змішаних культур *B. bifidum* 1 + *B. longum* ЯЗ + *B. infantis* 512 зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів з підвищеними протеолітичними властивостями у складі закваски безпосереднього внесення *F DVS C-303* у процесі ферментації стерилізованого молока, збагаченого фруктозою як біфідогенним фактором.

**Методика експериментів.** Для встановлення біотехнологічних особливостей спільного росту та розвитку змішаних культур *B. bifidum* 1 + *B. longum* ЯЗ + *B. infantis* 512 зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів з підвищеними протеолітичними властивостями у складі закваски *F DVS C-303* здійснювали їх культивування у стерилізованому молоці з додаванням фруктози як біфідогенного фактора при температурі 37...38 °С. При спільному культивуванні змішаних культур біфідобактерій зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів контролювали активність кислотоутворення за змінами титрованої й активної кислотності, зміну умовної в'язкості, кількості життєздатних клітин змішаних культур біфідобактерій і змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів у 1 см<sup>3</sup>, розраховували питому швидкість росту змішаних культур біфідобактерій і змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів у складі композиції в порівнянні з ростом кожної окремо взятої культури.

**Дослідження зразків в процесі ферментації.** Заквашувальну композицію вносили у кількості, яка забезпечувала вихідну концентрацію змішаних культур

мезофільних молочнокислих лактококів  $1 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, змішаних культур біфідобактерій –  $1,2 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>; в т.ч. *B. bifidum* 1 –  $1 \cdot 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>, *B. longum* ЯЗ –  $1 \cdot 10^5$  КУО/см<sup>3</sup>, *B. infantis* 512 –  $1 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>. В процесі ферментації досліджуваних зразків в них контролювали активність кислотоутворення за зміною титрованої і активної кислотності, в'язкість (рис. 1), кількість життєздатних клітин *Bifidobacterium* та змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів у 1 см<sup>3</sup> і розраховували питому швидкість росту клітин змішаних культур *Bifidobacterium* та змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів (рис. 2); відповідні показники якості визначали в процесі ферментації молока, збагаченого фруктозою, заквашувальними композиціями з монокультур біфідобактерій зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів, внесеними у молоко в аналогічних вказаних концентраціях [3].

Ізоелектричний стан білків у стерилізованому молоці, ферментованому складеною заквашувальною композицією зі змішаних культур біфідобактерій і змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів, досягався через 5,50...5,75 год., що свідчить про інтенсифікацію процесу сквашування у порівнянні зі сквашуванням його композиціями із монокультурою *B. bifidum* 1 зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів та із монокультурою *B. longum* ЯЗ зі змішаними культурами

мезофільних молочнокислих лактококів у співвідношенні 1:10 та про гальмування у порівнянні зі сквашуванням композицією із монокультурою *B. infantis* 512 зі

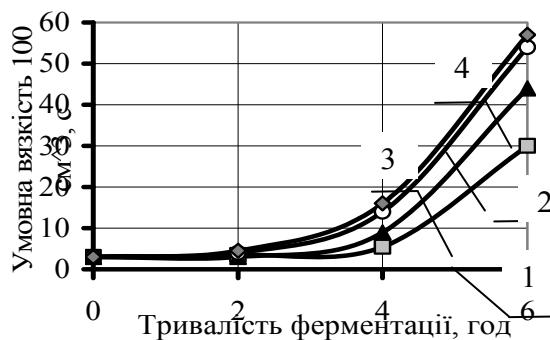
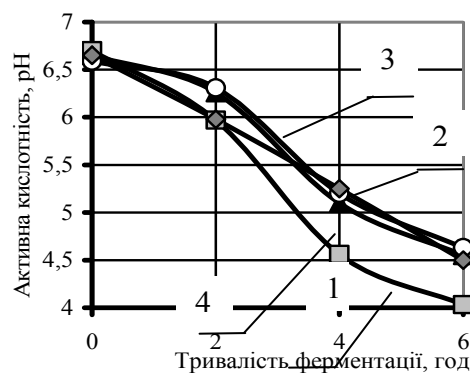
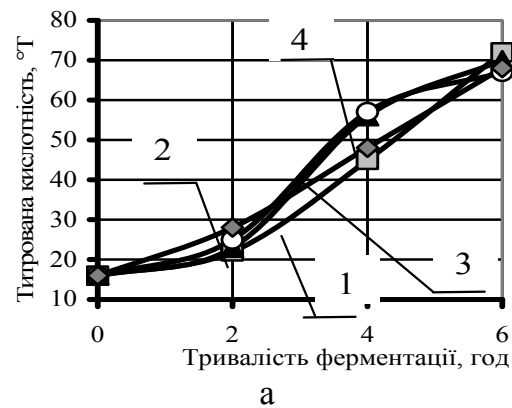


Рис. 1 – Зміна фізико-хімічних показників: зміна титрованої (а), активної (б) кислотності, в'язкості (в) стерилізованого молока, збагаченого фруктозою, при ферментації: 1 – монокультурою *B. infantis* 512 зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів; 2 – монокультурою *B. bifidum* 1 зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів; 3 – монокультурою *B. longum* ЯЗ зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів; 4 – змішаними культурами *B. bifidum* 1 + *B. longum* ЯЗ + *B. infantis* 512 зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів

змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів у співвідношенні 1:1 (рис. 1, б). Це пояснюється тим, що протягом перших двох годин ферментації питома швидкість росту клітин змішаних культур біфідобактерій була нижчою, ніж клітин змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів (1,26...1,27 та 1,42...1,44 год<sup>-1</sup>, відповідно – рис. 2, в, г), що обумовлено вищою β-галактозидазною активністю мезофільних молочнокислих лактококів у порівнянні з біфідобактеріями. Питома швидкість росту (μ) змішаних культур біфідобактерій до 2-ої години ферментації була нижча, ніж μ монокультури *B. bifidum* 1 та μ монокультури *B. longum* ЯЗ на 35,2 та 35,5 %, відповідно, і на 10,4 % вища, від μ монокультури *B. infantis* 512 (рис. 2, в). Це свідчить про незначне гальмування росту монокультури *B. bifidum* 1 і *B. longum* ЯЗ та інтенсифікацію росту монокультури *B. infantis* 512 при спільному культивуванні зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів протягом перших двох годин.

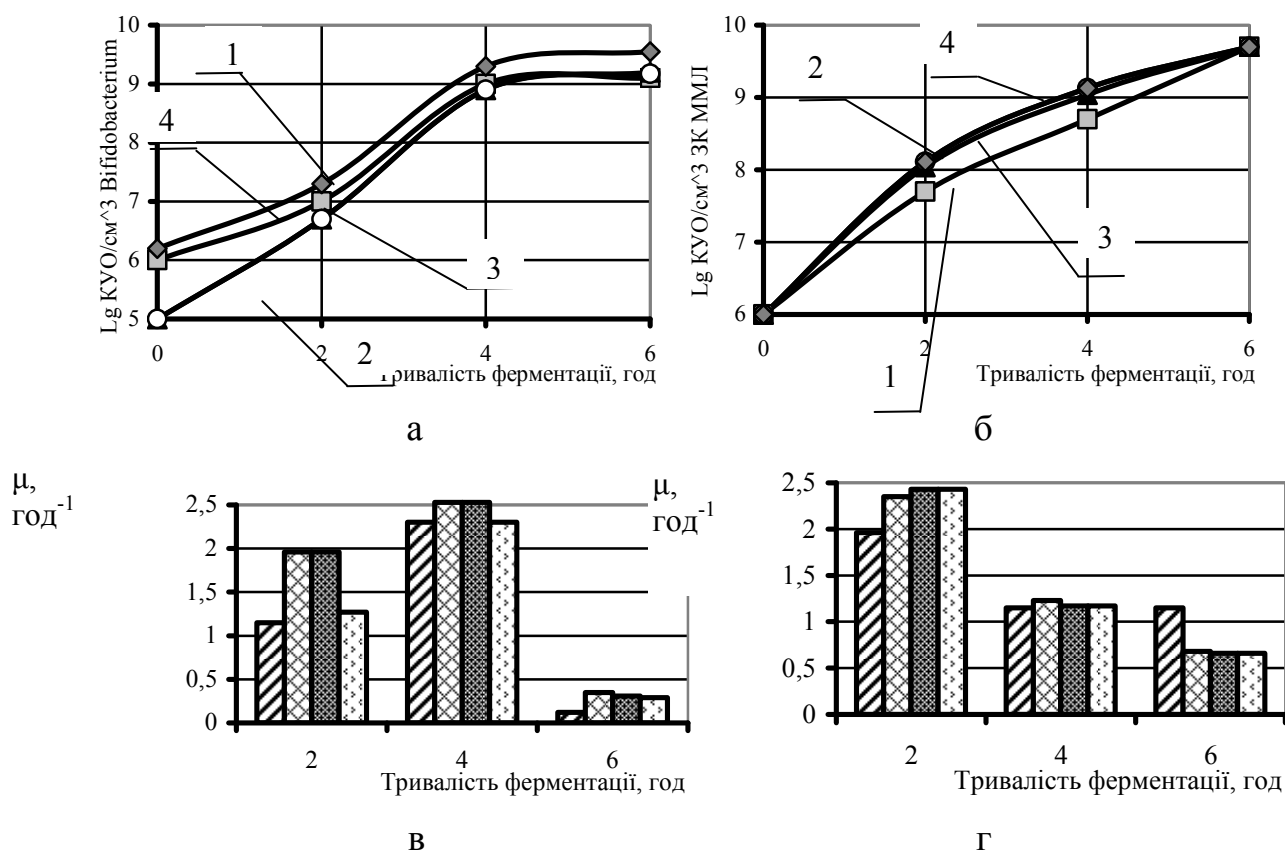


Рис. 2. Зміна мікробіологічних показників: зміна кількості життєздатних клітин монокультур *Bifidobacterium* (а) та змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів (б) у 1 см<sup>3</sup>, питома швидкість росту клітин *Bifidobacterium* (в) та змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів (г) у стерилізованому молоці, збагаченому фруктозою, при ферментації:

- 1, ▨ – монокультурою *B. infantis* 512 зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів; 2, ▩ – монокультурами *B. bifidum* 1 зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів;
- 3, ▣ – монокультурами *B. longum* ЯЗ зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів; 4, ▤ – змішаними культурами *B. bifidum* 1 + *B. longum* ЯЗ + *B. infantis* 512 зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів

Після 2-ої годин сквашування ріст клітин змішаних культур біфідобактерій інтенсифікувався (з 2-ої по 4-ту години ферментації μ складала 2,29...2,32 год<sup>-1</sup>,

що відповідає  $\mu$  монокультури *B. infantis* 512 і на 9,1 % нижче, ніж  $\mu$  монокультури *B. bifidum* 1 і *B. longum* ЯЗ), а ріст клітин змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів гальмувався (з 2-ої по 4-ту години ферментації  $\mu$  складала 1,15...1,17 год<sup>-1</sup> – рис. 2, г).

Це, напевне, пояснюється достатньою кількістю моноцукрів у молоці, накопичених при розщепленні лактози змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів, які використовуються клітинами біфідобактерій як джерело енергії, а також використанням адаптованих до молока монокультур біфідобактерій у складі заквашувальної композиції, здатних активно зброджувати лактозу молока.

З 4-ої по 6-ту години ферментації питома швидкість росту клітин змішаних культур біфідобактерій складала 0,29...0,31 год<sup>-1</sup>. Вона практично відповідала  $\mu$  монокультури *B. bifidum* 1 та  $\mu$  монокультури *B. longum* ЯЗ і у 2,4 рази перевищувала таку для монокультур *B. infantis* 512 у складі відповідних композицій зі змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів. Питома швидкість росту клітин змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів протягом зазначеного періоду відповідала такій для змішаних культур мезофільних молочнокислих лактококів при спільному культивуванні їх з монокультурою *B. bifidum* 1 та з монокультурою *B. longum* ЯЗ і майже у 2,0 рази була нижча, ніж  $\mu$  змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів у складі композиції з монокультурою *B. infantis* 512 (рис. 2, г). Згусток, отриманий ферментацією стерилізованого молока, збагаченого фруктозою, розробленою заквашувальною композицією, містить таку ж кількість життєздатних клітин мезофільних молочнокислих лактококів ((7,0...0,1)·10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>), як згустки, ферментовані відповідними заквашувальними композиціями з монокультурами біфідобактерій зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів (рис. 2, б).

Не дивлячись на незначне гальмування росту монокультури *B. bifidum* 1 і монокультури *B. longum* ЯЗ протягом перших 4-ох годин сквашування, кількість життєздатних клітин змішані культури біфідобактерій через 2, 4 та 6 годин ферментації була дуже високою ((2,8...3,2)·10<sup>7</sup>, (3,0...3,2)·10<sup>9</sup> та (5,5...5,7)·10<sup>9</sup> КУО/см<sup>3</sup>, відповідно) і перевищувала сумарну кількість використаних у складі композиції монокультур біфідобактерій протягом всього процесу спільного їх культивування зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів (рис. 2, а). Це свідчить про синергізм використаних у складі заквашувальної композиції змішаних культур біфідобактерій зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів протягом всього процесу ферментації. Висока концентрація життєздатних клітин біфідо- та лактобактерій у згустку, отриманому ферментацією змішаних культур біфідобактерій зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів, забезпечить подовження терміну зберігання кисломолочних продуктів дитячого харчування, вироблених з нього, в тому числі сиру кисломолочного дитячого харчування, а також високі пробіотичні та антагоністичні властивості цих продуктів.

Титрована кислотність згустку, отриманого з використанням заквашувальної композиції зі змішаних культур біфідобактерій зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів 67...68 °Т (рис. 1, а), що забезпечить

невисокий рівень кислотності та високі органолептичні показники, зокрема смак та запах, у кисломолочних продуктах дитячого харчування, в т.ч., у сиру кисломолочного дитячого харчування, отриманому з нього. В'язкість досліджуваного згустку перевищує таку для кожної окремо взятої монокультури біфідобактерій і знаходиться на рівні, який забезпечує сметаноподібну в'язку однорідну консистенцію згустку.

**Висновки.** Проведені дослідження свідчать про виникнення синергізму між монокультурами *B. bifidum* 1, *B. longum* ЯЗ, *B. infantis* 512, включеними до складу триштамової заквашувальної композиції, та змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів, і перспективність використання розробленої заквашувальної композиції зі змішаних культур біфідобактерій зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів у технологіях біфідовмісних ферментованих молочних продуктів дитячого харчування четвертої групи (за класифікацією Н.А. Дідух [2]), оскільки вона має високі біологічні властивості та необхідний технологічний потенціал.

**Список літератури:** 1. Закон України «Про дитяче харчування» [Текст] / Відомості Верховної Ради України. – № 44. – 2006. – С. 1469-1476. 2. Дідух, Н. А. Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального призначення [Текст] / Н. А. Дідух, О. П. Чага-ровський, Т. А. Лисогор. – Одеса: Видавництво «Поліграф», 2008. – 236 с. 3. Дідух, Н. А. Дослідження процесу спільного культивування змішаних культур *B. bifidum*, *B. longum*, *B. infantis* зі змішаними культурами *L. lactis ssp.* [Текст] / Н. А. Дідух, Ю. В. Назаренко, С. В. Романченко // Наук. праці молодих учених, аспірантів та студентів [Текст]. – Одеса, ОНАХТ. – 2010. – С. 214–216. 4. Кузнецов, В. В. Справочник технолога молочного виробництва. Технологія дитячих молочних продуктів [Текст] / В. В. Кузнецов, Н. Н. Липатов. – Санкт – Петербург: ГИОРД, 2005 г. – 176 с. 5. Пирог, Т. П. Загальна мікробіологія [Текст]. – К.: НУХТ, 2004. – 471 с. 6. Максимов, В. И. Углеводные стимуляторы бифидобактерий [Текст] / В. И. Максимов // Биотехнология. – 1991. – № 6. – С. 3–7. 7. Крашенинин, П. Ф. Новые виды кисломолочных продуктов детского и диетического питания [Текст] / П. Ф. Крашенинин, Г. П. Шаманова // Вопросы питания. – 1994. – № 5. – С. 12–15. 8. Кігель Н. Ф. Технології бактеріальних препаратів для функціональних молочних продуктів і біологічно активних добавок: Дисс. докт. техн. наук: 03.00.20. – К., 2003. – 425 с. 9. Пробиотические микроорганизмы – современное состояние вопроса и перспективы использования [Текст] / В. А. Алешкин, А. М. Амерханова, В. В. Поспелова и др. // Молочная пром-сть. – 2003. – № 1. – С. 59–61. 10. Кігель Н. Ф. Дослідження *in vitro* холестеразної активності лакто- і біфідобактерій як критерій відбору пробіотичних штамів [Текст] / Н. Ф. Кігель, О. М. Рожанська, О. В. Науменко // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 8. – С. 59–62. 11. Гончарова Г. И. Бифидофлора человека и необходимость ее оптимизации [Текст] / Г. И. Гончарова // Сб. науч. тр.: Московский НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Г. Н. Габричевского. – М., 1986. – С.1 12. Біфідобактерії – як біологічні компоненти еубіотиків [Текст] / О. В. Дишкантюк, Л. В. Капрельяни, С. М. Савченко, Я. Б. Пауліна // Наук. праці ОНАХТ. – Вип. 27. – Одеса: ОНАХТ, 2004. – С. 154–157.

**Bibliography:** 1. Zakon Ukrayiny` "Pro dy`tyache xarchuvannya" (2006). Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny. 44. S. 1469-1476. 2. Didux N. A., Chagarovs`kyj, O. P., Lysogo, T. A. (2008). Zakvashival`ni kompozyciyi dlya vyrobnyctva molochnyx produktiv funkcional`nogo pryznachennya. Odessa: Vydavnyctvo "Poligraf", 236 s. 3. Didux, N. A. Nazarenko, Y. V., Romanchenko S. V. (2010). Doslidzhennya procesu spilnogo kul`tyvuvannya zmishanyx kultur *B. bifidum*, *B. longum*, *B. infantis* zi zmishany`my` kul`turamy` *L. lactis ssp.* Nauk. pracj molody`x ucheny`x, aspirantiv ta studentiv. Odessa, ONAHT. s 214–216. 4. Kuznecov, V. V. N. N.9 Lipatov. (2005). Spravochnik tehnologa molochnogo proizvodstva. Tehnolo-gija detskih molochnyh produktov St. Petersburg: GIORД, 176 s. 5. Pirog, T. P.(2004). Zagal'na mikrobiologija. K.: NUHT, 471 s. 6.

Maksimov V. I. (1991). Uglevodnye stimulyatory bifidobakterij Biotehnologija.. № 6. S. 3–7. 7. P. F. Krasheninina, G. P. Shamanova. (1994). Novye vidy kislomolochnykh produktov detskogo i dieticheskogo pitaniya Voprosy pitaniya. № 5. S. 12–15. 8. Kigel' N. F. (2003). Tekhnologii bakterial'nykh preparativ dlya funktsional'nykh molochnykh produktiv i biologichno aktyvnykh dobavok: Dy'ss. dokt. texn. nauk: 03.00.20. K., 425 s. 9. V. A. Aleshkin, A. M. Amerhanova, V. V. Pospelova i dr. (2003). Probioticheskie mikroorganizmy sovremennoe sostojanie voprosa i perspektivy ispol'zovaniya Molochnaja prom-st'. № 1. S. 59–61. 10. N. F. Kigel', O. M. Rozhans'ka, O. V. Naumenko (2002). Doslidzhennya in vitro xolesteraznoyi aktyvnosti lakto- i bifidobakterij yak kryterij vidboru probiotychnykh shtamiv. Visnyk agrarnoyi nauky. № 8. S. 59–62. 11. Goncharova, G. I. (1986). Bifidoflora cheloveka i neobhodimost' ee optimizacii. Sb. nauch. tr.: Moskovskij NII jepidemiologii i mikrobiologii im. G. N. Gabrichevskogo. M., S. 10. 12. O. V. Dy'shkantyuk, L. V. Kaprel'yancz, S. M. Savchenko, Y. B. Paulina (2004). Bifidobakteriyi yak biologichni komponenty eubiotyktiv Nauk. praci ONAHT. Vy'p. 27. Odessa: ONAHT, S. 154–157.

Надійшла (received) 07.03.2014

УДК 637.146.3

**Біотехнологічні особливості спільного культивування триштамової заквашувальної композиції біфідобактерій з мезофільними молочнокислими лактококами/ Ю. В. Назаренко// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.162-168 . – Бібліогр.: 12 назв. ISSN 2079-5459**

В роботі наведено результати досліджень особливостей спільного культивування змішаних культур адаптованих до молока біфідобактерій зі змішаними культурами мезофільних молочнокислих лактококів з підвищеними протеолітичними властивостями у стерилізованому молоці, збагаченому фруктозою.

**Ключові слова:** дитяче харчування, адаптація, біфідобактерії, мезофільні молочнокислі лактококи, біфідогенний фактор, ферментація, пробіотичні властивості.

В работе приведены результаты исследований особенностей общего культивирования смешанных культур адаптированных к молоку бифидобактерий со смешанными культурами мезофильных молочнокислых лактококков с повышенными протеолитическими свойствами в стерилизованном молоке, обогащенном фруктозой.

**Ключевые слова:** детское питание, адаптация, бифидобактерии, мезофильные молочнокислые лактококки, бифидогенный фактор, ферментация, пробиотические свойства.

**Biological characteristics of joint cultivation of three strain composition of sourdough bifidobacterium lactis with mesophilic lactococcus lactis/ J. Nazarenko//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.162-168. Bibliogr.: 12. ISSN 2079-5459**

The article presents the results of studies of the general cultivation of mixed cultures adapted to milk bifidobacterium lactis with mixed cultures of mesophilic lactococcus lactis with increased proteolytic properties in sterilized milk, enriched with fructose.

**Keywords:** baby food, adaptation, bifidobacterium lactis, mesophilic lactococcus lactis, bifidogenic factor, fermentation, probiotic properties.



**Є. П. ПИВОВАРОВ**, канд. техн. наук, доц., ХДУХТ, Харків;

**Н. В. КОНДРАТЮК**, канд. техн. наук, ст. викл., Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

## ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ГЕЛЕУТВОРЕННЯ В ОБОЛОНКАХ КАПСУЛЬОВАНИХ ПРОДУКТІВ З ПОЗИЦІЇ КВАНТОВО-ХІМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Проведено квантово-хімічне дослідження системи «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>». Вивчено вплив кінцевих продуктів реакцій комплексоутворення і факторів, що зумовлюють їх синтез, на технологічні характеристики оболонок капсульованих продуктів.

**Ключові слова:** альгінат натрію, капсульований продукт, гелеутворення, квантово-хімічне моделювання

**Вступ.** Капсульовані продукти – це результат хімічних взаємодій та фізико-хімічних перетворень у системі «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>». Вони мають вигляд кульки (капсули), яка складається з внутрішнього умісту – інкапсулянту, поміщеного у оболонку [1]. І, якщо формування капсули є результатом екструзії речовин і має суто фізичну природу, то утворення шарів оболонки відбувається в процесі хімічних взаємодій між складовою інкапсулянта, що містить вільні іони кальцію (Ca<sup>2+</sup>) та формуючим оболонку середовищем (розчин AlgNa). Стає очевидним, що розміри капсули залежать від об'єму інкапсулянту в одній дозі-краплі, а товщина оболонки – від таких технологічних параметрів, як концентрація активних центрів зв'язування (комплексоутворення), час взаємодії формуючого середовища з кальційвміщуючою складовою інкапсулянта, інтенсивність масообміну, повнота реалізації хімічного потенціалу.

Один з компонентів досліджуваної системи – альгінат натрію – є сумішшю лінійних гомополімерних блоків D-мануроната (M) і L-гулуроната (G) та ділянками, у яких ці два вуглеводні фрагменти чергуються (MG та GM) [2]. У полімерному ланцюжку можна спостерігати 3 типи направленості зв'язку: дієкваторіальний (MM), діаксіальний (GG), екваторіально-аксіальний (MG, GM) [3]. Активними центрами комплексоутворення у системі «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>» є карбоксильні групи (1).



Наведена реакція наочно враховує гетерополімерний склад альгінату натрію і є основою створення капсульованих продуктів. Тому важливим стало детальне вивчення умов її протікання із встановленням кількості центрів комплексоутворення між залишками альгінових кислот та іоном кальцію. Дана інформація стане корисною при наданні технологічних властивостей капсульованим продуктам і дозволить зробити технологічний процес їх виготовлення максимально керованим. Прогнозування перебігу взаємодій стає доцільним через аналіз моделей, створених за результатами квантово-хімічних розрахунків із подальшою побудовою контурних мап поверхонь потенційної енергії (ППЕ) [4].

**Мета роботи.** Метою роботи стало дослідження реакцій комплексоутворення у системі «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>» за допомогою методів квантово-хімічного моделювання та вивчення впливу утворених систем на процес гелеутворення та технологічні характеристики оболонок капсульованих харчових продуктів.

**Методика експериментів.** Розрахунки було проведено за допомогою методів молекулярної механіки ММХ та ММЗ у програмах PCMODEL та MORAC 2009 [5]. Оптимізацію геометрії здійснено без обмежень за симетрією для усіх локалізованих структур. Для доказу характеру останніх, проведено розрахунок коливальних спектрів, згідно якого перехідні стани характеризувалися наявністю одного коливання з уявною частотою. В точках мінімумів коливання з уявними частотами вважалися відсутніми.

Для підтвердження термодимічної переваги комплексу «Ca-Gul<sub>4</sub>», було застосовано квантово-хімічний метод РМ6 з повною оптимізацією геометрії з урахуванням впливу розчинника (води) у макроскопічному приближенні за методикою COSMO [6].

**Обговорення результатів.** Досить точним підходом до опису динаміки хімічної реакції є обчислення поверхонь потенційної енергії, що дозволяє визначити геометричну будову та енергії молекул на основі моделі, у якій електрони системи розглядаються у явному вигляді. Для побудови ППЕ необхідно розрахувати значення енергії для систематичної низки обраних фіксованих наборів координат  $q$ , побудувати відповідні графіки для функції  $E(q)$ , знайти близькі аналітичні вирази [7].

Розрахунки, проведені за методом молекулярної механіки, полягають у мінімізації кожного з енергетичних внесків у систему, що дає можливість отримати оптимальні енергії ( $E$ ) молекули у цілому і дозволяє визначити теплоту утворення, енергію напруги, енергію окремих конформерів та висоту бар'єрів для конформаційних перетворень, частоти коливань, дипольні моменти, швидкості конформаційних переходів [8].

Принциповість пошуку конформерів системи «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>» полягає у вивченні глікозидного зв'язку, який описується торсійними кутами, що відображають обертання навколо зв'язків C<sub>1</sub>-O<sub>x</sub> та C<sub>x</sub>-O<sub>x</sub>, де  $x$  – розташування глікозилування. Ці кути позначаються символами  $\phi$  та  $\psi$  відповідно (рис. 1).

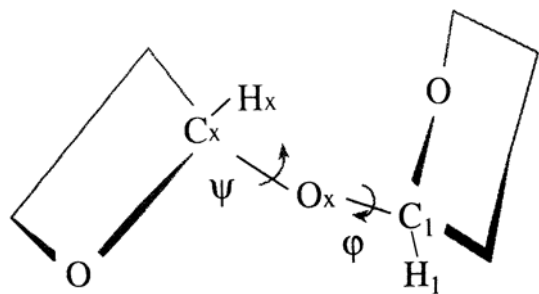


Рис. 1 – Кути  $\phi$  та  $\psi$  за глікозидного зв'язку

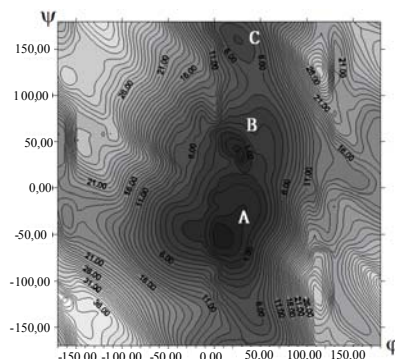


Рис. 2 – Контурна мапа ППЕ для молекули дисахариду GG

За існуючою інформацією про переважну реакційну здатність гулуруонатних залишків з іонами кальцію [4] було проведено моделювання сегментів гулуруонатних блоків альгінової кислоти.

Конформаційні перетворення у молекулі дисахариду GG можуть бути пов'язані зі зміною взаємної орієнтації моносахаридних сегментів, яка відбувається шляхом їх обертання навколо глікозидних зв'язків. периферійних гідроксильних та карбоксильних груп. На першому етапі, методами ММХ та ММЗ, проведено розрахунки, що визначають залежність енергії системи від величин торсійних кутів ( $\phi$ ) та ( $\psi$ ) (рис. 2).

Як видно з рис. 2, на поверхні ППЕ чітко виділені три ділянки (А, В, С), що відповідають стійким конформерам дисахариду GG. Шляхом обертання гідроксильних та карбоксильних груп у структурах, що відповідають знайденим на ППЕ ділянкам мінімумів, локалізовані найбільш стабільні конформери (рис. 3). При цьому у конформерах  $GG_A$  та  $GG_B$  карбоксильні групи розташовано транс-орієнтацією, цис-орієнтація притаманна тільки конформеру  $GG_C$ . На рис. 3 також позначені величини довжин водневих зв'язків (Å) з  $R_{O-H} < 2.2$  Å.

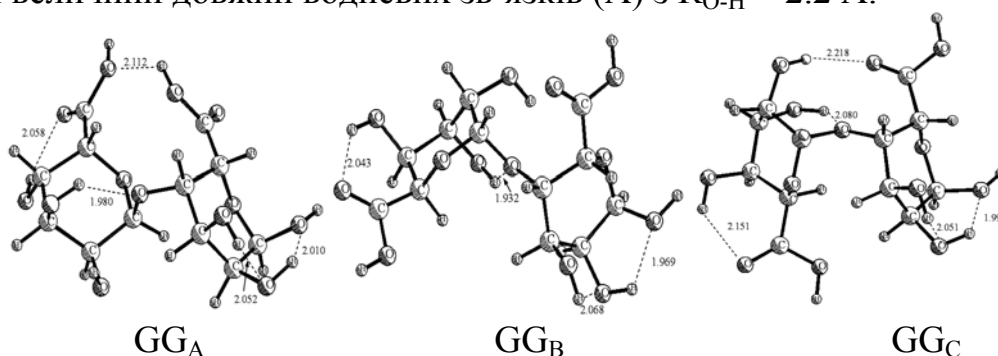


Рис. 3 – Структури найбільш стійких конформерів молекули дисахариду GG

Як видно з рис. 3, усі конформери характеризуються наявністю водневих зв'язків  $H_2 - O_1$ ,  $H_3 - O_2$ ,  $H_3 - O_1$ . Крім того, для транс-конформерів ( $GG_A$ ,  $GG_B$ ) характерно утворення водневих зв'язків між гідроксильними та карбоксильними групами, у випадку цис-ізомеру  $GG_C$  утворюються зв'язки між відповідними атомами карбоксильних груп [9].

Відповідно до розрахунку, серед транс-конформерів ( $GG_A$ ,  $GG_B$ ) встановлено, що у деякій мірі, більш стійким є конформер  $GG_A$ . Цис-конформер  $GG_C$  у даному ряді має найменшу стійкість. Для повної уяви про принцип комплексної взаємодії між іонами кальцію та гулуронатними залишками необхідно розглянути аналогічні системи із мануронат-мануронатними сегментами (ММ) та вивчити їх поведінку за присутності іонів металів ( $Ca^{2+}$  та  $Na^+$ ) з урахуванням поля розчинника.

Проведено відповідні розрахунки торсійних кутів глікозидного зв'язку та теплот утворення ММ-блоків. За результатами конформаційного аналізу складено карту поверхні потенційної енергії дисахариду ММ, на якій наочно представлено ділянки, що відповідають наявності трьох стійких конформерів ( $MM_A$ ,  $MM_B$ ,  $MM_C$ ) (рис. 4).

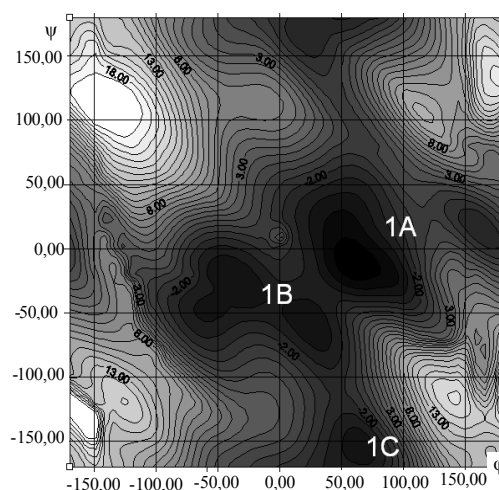


Рис. 4 – Контурна карта ППЕ для молекули дисахариду ММ

Під час розгляду моделей GM та MG-дисахаридів також стало відомо про існування трьох стійких конформерів у обох моделях. Однак, величини їх потенційної енергії займають проміжне положення між енергетичними параметрами GG та MM-дисахаридів. Величини торсійних кутів та теплоти утворення стійких конформерів дисахаридів наведені у табл. 1.

З табл. 1 видно, що найбільші значення належать дисахаридам з діаксиальним типом зв'язку. Таке розташування COO<sup>-</sup>-груп дає можливість спрогнозувати їх взаємодію з іоном Ca<sup>2+</sup> у разі симетричного просторового розташування. Виходячи з результатів моделювання, хімічний зміст реакцій комплексоутворення у системі «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>» можна зобразити схемами, наведеними на рис. 5.

Таблиця 1 – Величини торсійних кутів (град.) та теплот утворення (кДж/моль) найбільш стійких конформерів дисахаридів

Кон-формер	PM6			MM3		
	φ	ψ	ΔE	φ	ψ	ΔE
GG <sub>A</sub>	29,32	-55,85	0,00	18,28	-51,06	0,00
GG <sub>B</sub>	27,08	24,35	11,42	43,32	31,25	17,54
GG <sub>C</sub>	7,24	163,21	15,06	15,50	160,49	38,41
MM <sub>A</sub>	65,00	7,00	6,80	64,86	-5,98	0,00
MM <sub>B</sub>	26,00	-78,00	4,58	30,19	-61,08	7,86
MM <sub>C</sub>	75,00	-154,00	0,00	67,88	-159,50	8,23
GM <sub>A</sub>	26,38	-80,73	10,83	29,45	-50,76	0,00
GM <sub>B</sub>	169,58	-1,16	0,00	161,91	8,66	7,54
GM <sub>C</sub>	32,23	-169,69	5,68	8,65	176,03	1,38
MG <sub>A</sub>	45,09	-23,43	12,99	33,91	-56,09	0,00
MG <sub>B</sub>	49,47	8,66	5,16	75,99	62,81	2,55
MG <sub>C</sub>	169,28	-16,33	0,00	155,59	16,27	8,28

За результатами, наведеними у табл. 1, було визначено, що тепловий ефект екзотермічної реакції 2 перевищує ΔH реакції 3 і це свідчить про найбільшу вірогідність протікання реакції 2 з утворенням гелеподібної структури. Але з аналізу даних табл. 1 наочно видно, що протікання реакцій 4 та 5 є цілком можливим за умов попереднього

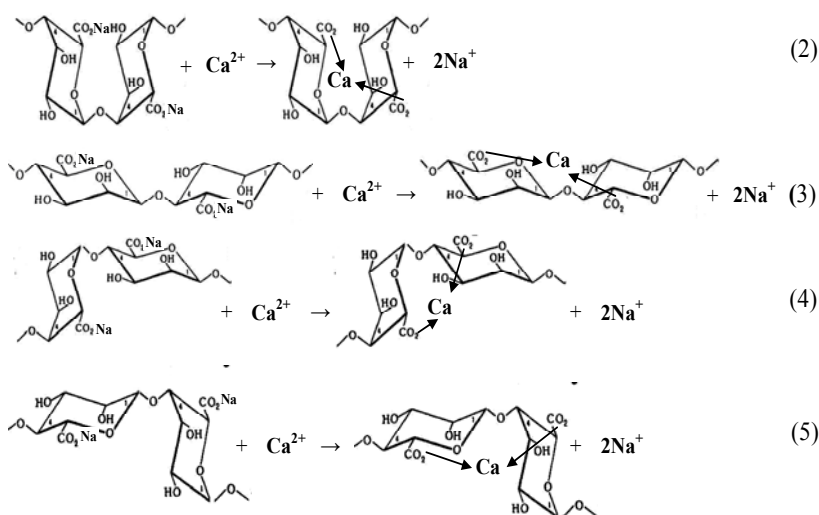


Рис. 5 – Реакції іонного обміну у GG (2); MM (3); GM (4); MG (5) дисахаридах

повного заміщення іонів натрію на іони кальцію у GG-дисахаридах.

Слід відмітити, що полімолекула альгінату натрію, просторово розгортаючись

під дією сил розчинника, здатна до адитивності. Ланцюги при цьому утримуються за рахунок сил міжмолекулярної взаємодії і утворені зв'язки між кальцієм і залишками уронових кислот у тетрамерах мають вже зовсім інший характер (рис. 6).

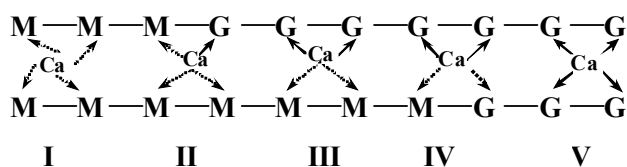


Рис. 6 – Схема розташування іонів кальцію у поліланцюгах альгінату натрію

З рис. 6 видно, що кількість міцних зв'язків (суцільна стрілка) іону кальцію збільшується у бік накопичення гулуранатних залишків за рахунок утворення комплексних зв'язків, які відрізняються від іонних довжиною, порядком та направленістю. На представлених фрагментах I-V (рис. 6) видно, що з мануронатними залишками утворюються зв'язки неміцні та неупорядковані (пунктирна стрілка), оскільки просторове розташування орбіталей валентних електронів у іоні кальцію не співпадає з геометрією розміщення карбоксильних груп у залишках мануронової кислоти.

З появою та збільшенням кількості гулуранатних залишків, у яких карбоксильні групи знаходяться у найбільш зручному розташуванні для утворення іонних зв'язків, іон кальцію намагається, у першу чергу, зайняти позицію у G-скупченні, а при потраплянні на ділянку між чотирма G-залишками, навіть утворює хелатний комплекс з симетрично розташованими силами, які мають однакові довжини та кути зв'язування (рис. 7) [6].

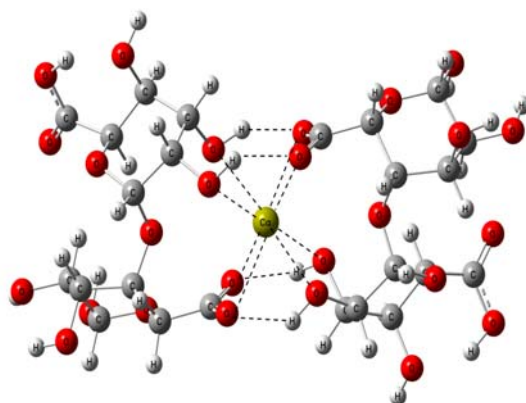


Рис. 7 – Модель стійкого хелатного комплексу кальцій гулуранату (горизонтальна проекція)

У даній структурі гулуранатні залишки мають транс-орієнтацією, що зумовлює утворення восьми координаційних зв'язків іону кальцію з кисневими атомами та чотирьох водневих зв'язків  $\text{OH}\cdots\text{O}$  і дозволяє вважати дану структуру найбільш стійкою у системі «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>».

Тепловий ефект реакції утворення наведеного на рис. 7 комплексу розраховано за методом B3LYP/6-31G\* і дорівнює 57,84 кДж, що добре співпадає з величиною теплового ефекту вищезначеної реакції заміщення, одержаною шляхом прямої калориметрії – 62,2 кДж. Утворення декількох наведених структур деформує ланцюг альгінату і, досягаючи стану рівноваги, замикається у коло, переводячи дозу-краплю інкапсулянту у стан внутрішнього вмісту капсули.

За таким механізмом утворюється перший шар оболонки капсули. Далі процес нашарування продовжується завдяки дифузійному проникненню  $\text{Ca}^{2+}$  поміж поліланцюгів альгінату натрію з утворенням нових хелатних комплексів у матриці гелю.

**Висновки.** Результати квантово-хімічного моделювання надають можливість не тільки отримати повну ілюстративну інформацію про гелеутворення в системі «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>», а також дозволяють обґрунтувати стехіометричне співвідношення  $\text{Ca}^{2+}$  до карбоксильних залишків AlgNa для виготовлення оболонок капсульованих продуктів з керованими технологічними властивостями.



За наведеними результатами моделювання були створені оболонки, які при переважному вмісті G-мономерних ланок мали форму твердих і пружних гелів, у той час як збільшена кількість M-блоків дозволяла отримати капсули м'які та еластичні.

Теплові ефекти реакцій, отримані в ході квантово-хімічного моделювання досить добре корелюються із значеннями паралельно проведеної калориметрії, що дозволяє використовувати апробовані методи молекулярної механіки та квантової хімії для подальшого вивчення систем на основі інших полісахаридів, але тільки за умов протікання цих реакцій у розчинах (гелях).

**Список літератури:** 1. Пивоваров Є. П. Перспективи використання капсульних структурованих продуктів у харчуванні [Текст] / Є. П. Пивоваров, Н. В. Кондратюк // Наук. праці Одеської націон. академії харчових технологій : зб. наук. пр. – Одеса : ОНАХТ, 2009. – Вип. 36. – Т. 2. – С. 194–199. 2. Moe S. T. Alginates / S. T. Moe, K. I. Draget, G. Skjåk-Bræk, O. Smidsrod [Text] // Food polysaccharides and their applications. – New York : Marcel Dekker, 1995. – P. 245–286. 3. Rees D. A. Secondary and tertiary structure of polysaccharides in solutions and gels [Text] / D. A. Rees, E. J. Welsh // Angew. Chem., Int. Ed. Engl. – 1997. – Vol. 16. – P. 214–224. 4. Оковитий С. И. Квантово-химическое моделирование димера гулурановой кислоты [Текст] / [С. И. Оковитий, П. П. Пивоваров, Е. П. Пивоваров, Н. В. Кондратюк и др.] // Вісник ДНУ. Хімія. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2010. – Вип. 16, т. 18. – С. 200–204. 5. Пивоваров П. П. Прогнозування умов досягнення конформаційної рівноваги і термодинамічної стійкості в системах «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>» [Текст] / [П. П. Пивоваров, С. І. Оковитий, Є. П. Пивоваров, Н. В. Кондратюк та ін.] // Наукові праці Одеської нац. акад. харч. технологій. Сер. Технічні науки. – Одеса, 2010. – Вип. 38, т. 2. – С. 148–152. 6. Okovytyy S. I. A DFT Study of the Complexation of Alginic Acid with Ca<sup>2+</sup> Ions [Text] / [S. I. Okovytyy, P. P. Pivovarov, E. P. Pivovarov, N. V. Kondratyuk, K. I. Kalashnikova] // 10th Southern School on Material Science and Computational Chemistry. – Jackson, 2010. – P. 62 – 63. 7. Гербст А. Г. Расчетные методы конформационного анализа углеводов [Текст] / [А. Г. Гербст, А. А. Грачев, А. С. Шапков и др.] // Биоорганическая химия. – 2007. – Т. 33, № 1. – С. 28–43. 8. Оковитий С. И. Методичні вказівки до вивчення курсу «Квантово-хімічні методи дослідження механізмів хім. реакцій» [Текст] / [укл.: С.І. Оковитий, Л.І. Кас'ян, М.Ф. Сеферова]. – Дніпропетровськ : ДДУ, 1999. – 32 с. 9. Визуализация результатов расчетных программ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.ivtn.ru/2008/pdf/d08\\_01.pdf](http://www.ivtn.ru/2008/pdf/d08_01.pdf).

**Bibliography (transliterated):** 1. Pivovarov, E. P., Kondratjuk N.V. (2009). Perspectives of capsular structured products in the food. Scientific works compilation, Vol. 2, №36, 194-199. 2. Moe, S. T., Draget, K. I., Skjåk-Bræk, G., Smidsrod, O. (1995). Alginates. Food polysaccharides and their applications. New York: Marcel Dekker, 245–286. 3. Rees, D. A., Welsh, E. J. (1997). Secondary and tertiary structure of polysaccharides in solutions and gels. Angew. Chem., Int. Ed. Engl, Vol. 16, 214–224. 4. Okovytyy, S. I., Pivovarov, P. P., Pivovarov, E. P., Kondratjuk N. V. (2010). Quantum chemical modeling of guluronatic acid dimmers. Vesnik DNU. Chemistry. Dnipropetrovs'k: DNU, Vol. 18, Issue 16, 200–204. 5. Pivovarov, P. P., Okovytyy, S. I., Pivovarov, E. P., Kondratjuk N. V. (2010). Prediction for achieving a conformational equilibria and thermodynamic stability in systems of «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>» Proceedings of the Odessa National Academy of Food Technologies, Vol. 2, № 38, 148-152. 6. Okovytyy, S. I., Pivovarov, P. P., Pivovarov, E. P., Kondratjuk, N. V., Kalashnikova, K.I. (2010). A DFT Study of the Complexation of Alginic Acid with Ca<sup>2+</sup> Ions. 10th Southern School on Material Science and Computational Chemistry. – Jackson,. – P. 62 –63. 7. Gerbst, A. G., Grachev, A. A., Shashkov, A. S. (2007). Calculation methods of conformational analysis of carbohydrates. Bioorganic chemistry. – Vol. 33, № 1, 28–43. 8. Okovytyy, S. I., Kasijan, L.I., Seferova, M.F. (1999). Methodological guidelines for the study course "Quantum-chemical methods of study of the chemical reactions mechanisms" – Dnipropetrovsk: DDU, 32. 9. Visualization of the results of calculation programs, [http://www.ivtn.ru/2008/pdf/d08\\_01.pdf](http://www.ivtn.ru/2008/pdf/d08_01.pdf).

Поступила (received) 12.03.2014

УДК 541.124:547

**Вивчення процесу гелеутворення в оболонках капсульованих продуктів з позиції квантово-хімічного моделювання / Пивоваров Є. П., Кондратюк Н. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.169-175. – Бібліогр.: 9 назв. ISSN 2079-5459**

Проведено квантово-хімічне дослідження системи «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>». Вивчено вплив кінцевих продуктів реакцій комплексоутворення і факторів, що зумовлюють їх синтез, на технологічні характеристики оболонок капсульованих продуктів.

**Ключові слова:** альгінат натрію, капсульований продукт, гелеутворення, квантово-хімічне моделювання

Проведено квантово-химическое исследование системы «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>». Изучено влияние конечных продуктов реакций комплексообразования и факторов, обуславливающих их синтез, на технологические характеристики оболочек капсулированных продуктов.

**Ключевые слова:** альгинат натрия, капсулированный продукт, гелеобразование, квантово-химическое моделирование.

**The study of gelation process in shells of the capsulated products from the quantum-chemical modeling standpoint / Pivovarov E. P., Kondratyuk N. V. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.169-175. Bibliogr.:9. ISSN 2079-5459**

Conducted the quantum-chemical research of the system «AlgNa-Ca<sup>2+</sup>». Studied the influence of the final products complexformation and factors determining their synthesis, on the technological characteristics of the encapsulated products shells.

**Keywords:** natrium alginate, encapsulated product, gelling, quantum-chemical modeling.

УДК 641.51:637.48:66.022.36:547.458

**Е. П. ПИВОВАРОВ**, канд. техн. наук, доц., ХГУПТ, Харьков;

**Н. В. КОНДРАТЮК**, канд. техн. наук, ст. препод., Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара

**Т. М. СТЕПАНОВА**, ст. препод., СНАУ, Сумы

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯИЧНОЙ СКОРЛУПЫ В ТЕХНОЛОГИИ СЛАДКИХ БЛЮД НА ОСНОВЕ ПЕКТИНА**

Рассмотрена реакция комплексообразования между Ca<sup>2+</sup> и остатками галактуроновых кислот низкоэтерифицированного пектина с последующим образованием термообратимого геля. Разработаны схемы получения полуфабрикатов «Порошок яичной скорлупы» и «Пектиновый гель с порошком яичной скорлупы». Проведен сравнительный органолептический анализ систем на основе желатина и кальцийсодержащего пектина.

**Ключевые слова:** органический кальций, яичная скорлупа, низкоэтерифицированный пектин, дисмембратор, гелеобразование.

**Введение.** В основу современного рационального питания положен принцип потребления минимального количества калорий и максимального количества витаминов и минеральных веществ. Важно отметить, что на сегодняшний день в новых технологических разработках, реализация данного принципа происходит только в одном направлении. При попытках совмещения, полученный продукт по органолептическим признакам становится мало узнаваемым для потребителя,

© Е. П. ПИВОВАРОВ, Н. В. КОНДРАТЮК, Т. М. СТЕПАНОВА, 2014

что влечёт за собой значительное снижение спроса на него и делает технологию неэффективной. Поэтому работы в направлении создания органолептических аналогов хорошо знакомых пищевых систем из низкокалорийных сырьевых компонентов с возможностью обогащения на жизненноважные микронутриенты являются особо актуальными и прогнозировано востребованными.

Сладкие блюда занимают особую позицию в питании человека, поскольку включают необходимые для здоровья компоненты: молокосодержащие продукты, фрукты, орехи, что позволяет не только дополнить приём пищи, но и заменить его полностью. Поэтому изменение классических технологий сладких блюд в направлении пересмотра ингредиентов и обогащения полезными веществами – путь совершенно оправданный.

Кальций – один из самых полезных элементов для организма человека, потребление которого необходимо осуществлять в течение всей жизни. К сожалению, ассортимент пищевых продуктов с повышенным содержанием кальция, основывается только на продуктах переработки молока. Другой путь – пополнение организма кальцием посредством потребления соответствующих пищевых добавок – считается малоэффективным, поскольку известно, что кальций, содержащийся в неорганических соединениях (кальций хлористый, кальций карбонат, кальций сульфат и др.) или в виде солей с остатками органических кислот (лактат, глюконат, цитрат и т.д.), полученных синтетическим путем, имеет минимальный уровень усвоения в организме [1].

Наибольшую пользу могут оказать только те системы, в которых кальций находится в биологически активном состоянии. Одной из таких систем является яичная скорлупа, основная часть кальцифицированной зоны которой примерно на 95 % состоит из кальцита – наиболее стабильной полиморфной формы карбоната кальция. Известно [2], что в 5,5 г яичной скорлупы содержится 2,2 г кальция, способного при соответствующих условиях перейти в ионную форму и на 90-95% быть усвоенным в организме человека [3].

Пектины – водорастворимые вещества, состоящие из частично или полностью метоксилированных остатков полигалактуроновой кислоты. В зависимости от количества метоксильных групп и степени полимеризации пектины различаются на H-пектины – высокоэтерифицированные (степень этерификации 50 % и более) и L-пектины – низкоэтерифицированные (степень этерификации менее 50 %) [4].

В L-пектинах присутствие ионов кальция провоцирует образование координационных центров - «гель-точек», - количество которых зависит от наличия и расположения в пространстве карбоксильных групп, содержащихся в цепях полигалактуроновой кислоты [5, 6].

**Цель работы.** Целью работы является разработка технологии пищевой гелеобразной композиции на основе низкоэтерифицированного амидованного пектина и биологически активного кальция с последующей перспективой использования в составе сладких блюд.

**Методика экспериментов.** Изучение физико-химических показателей гелеобразных систем осуществлялось согласно стандартных методик, сравнительный органолептический анализ был проведен методом органолептической оценки, микробиологические показатели качества были установлены согласно общепринятых методик микробиологического анализа.



Подтверждение комплексообразующей способности кальция, содержащегося в полуфабрикате «Порошок яичной скорлупы», по отношению к остаткам галактуроновых кислот пектинсодержащего сырья, было получено путём трилонометрического титрования с индикатором мурексидом.

**Обсуждение результатов.** Комплексообразующая способность иона кальция реализуется в системе «Ca<sup>2+</sup>-L-пектин» посредством образования четырехлигандного комплекса с остатками галактуроновых кислот. В создании химически активных центров комплексообразования немаловажную роль играет пространственное расположение кислотных остатков в полимерной цепи.

Очевидным также является то, что полнота протекания процесса комплексообразования зависит от степени дисперсности кальцийсодержащей составляющей, что и было положено в основу разработки технологии получения полуфабриката «Порошок яичной скорлупы» для последующего использования его в системе пектинового геля. Кроме того, немаловажным условием есть безопасность и органолептическая привлекательность полуфабриката в готовом продукте.

Технологическая схема получения полуфабриката «Порошок яичной скорлупы» представлена на рис. 1., из которого видно, что процесс изготовления начинается с полной санитарной обработки сырья, согласно СанПиН 42-123-5774-91.

Далее, под струей воды скорлупа была освобождена от подскорлупной оболочки, проварена при слабом нагреве и, после извлечения из варочной среды, обсушена на воздухе. Подготовленное таким образом сырьё было измельчено на дисмембраторе [7] до размера частиц 35...41 мкм, что являлось достаточным для того, чтобы не быть распознанными чувствительными зонами языка.

Для проверки степени безопасности, полученный полуфабрикат был исследован на микробиологическую чистоту (табл. 1).

Результаты, приведенные в табл. 1., позволяют судить о безопасном применении данного полуфабриката в питании.

Следующим этапом разработки технологии стало получение кальцийсодержащего пектинового геля. Количество кальция, способного перейти в ионную форму, было определено путём трилонометрического титрования с мурексидом [8], с помощью которого также было установлено, что количество

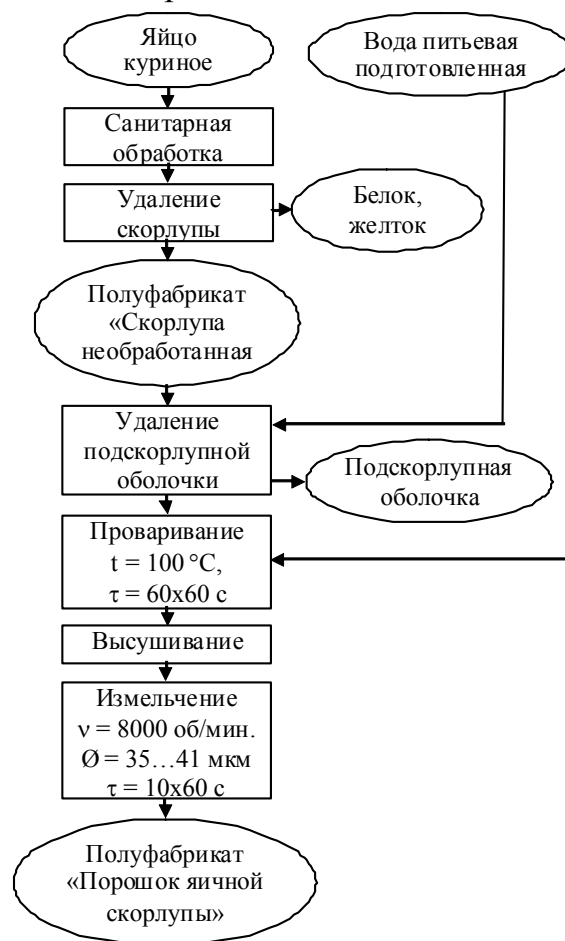


Рис. 1 – Технологическая схема получения полуфабриката «Порошок яичной скорлупы»

центров связывания ионов кальция уменьшается при использовании низкоэтерифицированных пектинов, прошедших амидирование, при котором происходит частичная замена гидроксильных групп (ОН<sup>-</sup>) на амидные (NH<sub>2</sub><sup>-</sup>) [6].

Таблица 1 – микробиологические показатели безопасности полуфабриката «Порошок яичной скорлупы»

Наименование показателей	Значение	Метод контроля
Количество МАФАМ, КОЕ в 1 г, не более	5 x 10 <sup>4</sup>	ГОСТ 10444.15
БГКП (колиформы), в 0,1 г	не допускается	ГОСТ 30518
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. бактерии рода Salmonella, в 25 г	не допускается	ИН№ 1135(4) ДСТУ EN 12824
Плесневые грибы, КОЕ в 1 г, не более	1 x 10 <sup>2</sup>	ГОСТ 10444.12
Дрожжи, КОЕ в 1 г, не более	1 x 10 <sup>2</sup>	ГОСТ 10444.12
Плесени, КОЕ/г	1 x 10 <sup>2</sup>	ГОСТ 4.24.3.5 ГОСТ 11293

Данные, полученные в ходе титрования, подтверждают образование комплексных соединений кальция с остатками галактуроновой кислоты в соотношении 1 : 4. При этом количество галактуроновой кислоты должно быть не менее 65%. Результаты комплексонометрического титрования и измерения прочности геля (по Валенту) подтверждают зависимость упрочнения структуры геля от роста координационных центров и степени их локализации в растворе полисахарида, что позволяет судить об управляемости и технологическом контроле над системой «Ca<sup>2+</sup>-L-пектин».

С учётом вышеизложенной информации, в качестве пектиновой составляющей был использован низкоэтерифицированный амидованный цитрусово-яблочный пектин «NECJ-A1» (производитель: «РЕКТОWIN» Sp.z o.o., w<sub>сух.в-в</sub> ≥ 90 %). В результате его взаимодействия с порошком яичной скорлупы были получены термообратимые гелеобразные системы. Для придания органолептической привлекательности были добавлены вкусорегулирующие компоненты – лимонная кислота и сахар – в количестве, указанном в Сборнике рецептов блюд и кулинарных изделий для сладких блюд [9]. Технологическая схема приготовления полуфабриката «Пектиновый гель с порошком яичной скорлупы» приведена на рис. 2.

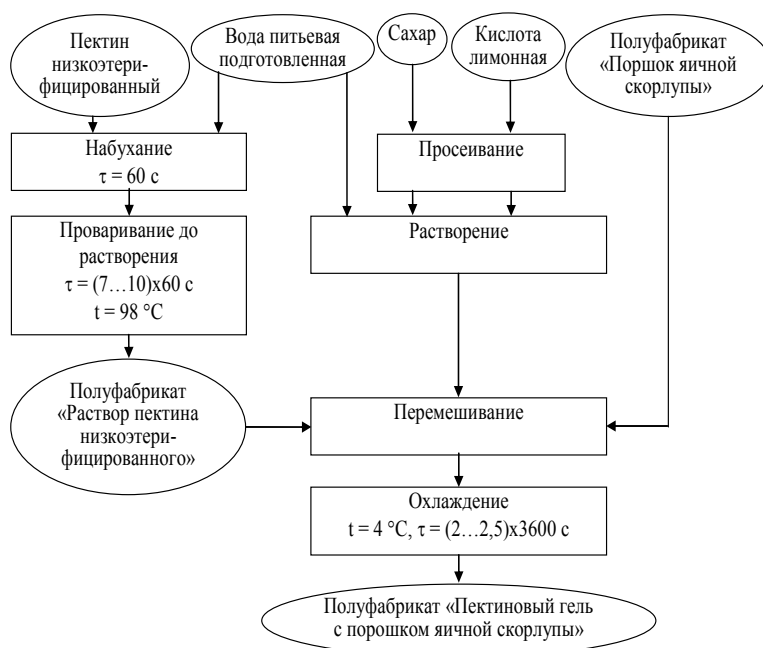


Рис. 2 – Технологическая схема получения полуфабриката «Пектиновый гель с порошком яичной скорлупы»

На следующем этапе исследования был проведен сравнительный анализ органолептических и физико-химических показателей полуфабриката и 3%-го раствора желатина, который используется в ресторанном хозяйстве для приготовления желированных сладких блюд. Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2 – сравнительный анализ полуфабриката «Пектиновый гель с порошком яичной скорлупы» и раствора желатина (3%)

Наименование показателя	Полуфабрикат «Пектиновый гель с порошком яичной скорлупы»	Раствор желатина	Метод контроля
<b>Органолептические</b>			
Внешний вид	Матовый	Полупрозрачный	ГОСТ 11293-89
Консистенция	Мягкая, прочная	Упругая, прочная	
Вкус, запах	Приятный, без посторонних привкусов и запахов	Имеет посторонние привкусы и запахи	
<b>Физико-химические</b>			
Влагоудерживающая способность, г/г	7,5...8,0	6,0...8,0	ГОСТ 7836-85
Прочность студня (по Валенту), г	250	260	ГОСТ 26185-84
Температура садки, °С	95	22	ГОСТ 29186-91
Температура плавления, °С	35...40	30...35	ГОСТ 26185-84

Согласно данных табл. 2 можно рекомендовать полученный полуфабрикат в качестве аналога раствора желатина (3%) для приготовления желированных сладких блюд. Согласно расчетных данных, при осуществлении замены также происходит уменьшение энергетической ценности на 8,2% в перерасчёте на 100 г продукта.

**Выводы.** Результаты проведенных исследований позволяют научно объяснить условия и параметры образования системы «Ca<sup>2+</sup>-L-пектин» и формирование геля на её основе. Путём трилометрического титрования доказано, что комплексообразующий ион кальция связывает остатки галактуроновых кислот в линейных полимерных цепочках L-пектина в соотношении 1:4. Данные сравнительного анализа органолептических и физико-химических показателей, позволяют рекомендовать полуфабрикат «Пектиновый гель с порошком яичной скорлупы» в качестве аналога раствору желатина (3%) в составе желеобразных сладких блюд. Преимущество такой замены заключается в том, что происходит снижение энергетической ценности на 8,2% и обогащение готовых блюд биологически активным кальцием в количестве 0,6 г/ на 100 г готового изделия, что соответствует 50% от суточной нормы для взрослого человека.

**Список литературы:** 1. Романенко, В.Д. Физиология кальциевого обмена [Текст] / В.Д. Романенко. – Киев: Изд-во Наукова думка, 1975. - С. 66-77. 2. Величко О. Формирование яйца и качество скорлупы [Текст] / О. Величко, С. Мельничук, Т. Фотина, П. Сурай // Животноводство

России. – 2010. - №5. – С. 21-23. 3. *Schaafsma, A.* Short-term effects of a chicken egg shell powder enriched dairy-based products on bone mineral density in persons with osteoporosis or osteopenia [Text] / *A. Schaafsma, I. Pakan* // *Bratisl lek listy*, 1999; 100 (12), pp. 651–656. 4. *Донченко, Л.В.* Пектин: основные свойства, производство и применение [Текст] / *Л.В. Донченко, Г.Г. Фирсов*. – М.: ДеЛи принт, 2007. – С. 17-21. 5. *Карпович, Н.С.* Пектин. Производство и применение [Текст] / *Н.С. Карпович*. – Киев: Урожай, 1989. – С. 43-45. 6. Низкоэтерифицированные пектины [Электронный ресурс]: Режим доступа: [www.pektowin.polifirms.eu](http://www.pektowin.polifirms.eu). 7. А/с №1126321, кл. В 02 С 13/22 Дисмембратор / *А.В. Браславский, Ф.Е. Максимов, Н.И. Рассказов, А.И. Рыбалка, А.И. Макаров, А.Д. Агеенков* (СССР) – заявл. 18.03.83; опубл. 30.11.84, Бюл. №44 – 1984. 8. *Фрумина, Н.С.* Аналитическая химия кальция [Текст] / *Н.С. Фрумина, Е.С. Кручкова, С.П. Муштакова* – М. Наука, 1974. С. 51-53. 9. Сборник рецептур блюда и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1982. С. 430-432.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Romanenko, V.D.* (1975). Physiology of calcium metabolism. Kyiv: Naukova dumka, pp. 66-77. 2. *Velichko O., Melnichuk S., Fotina T., Surai P.* (2010) Formation of eggs and shell quality. Animal husbandry of Russia. Moscow. № 5, 21-23. 3. *Schaafsma A., Pakan I.* (1999) Short-term effects of a chicken egg shell powder enriched dairy-based products on bone mineral density in persons with osteoporosis or osteopenia. Bratisl lek listy, № 100, 12, 651–656. 4. *Donchenko L.V., Firsov G.G.* (2007) Pectin: basic properties, production and use. Moscow: DeLi print, 17-21. 5. *Karpovich N.S.* (1989) Pectin: production and use. Kiev: Urozhaj, 43-45. 6. Low esterificated pectin, <http://www.pektowin.polifirms.eu> 7. *Braslavskij A.V., Maksimov F.E., Rasskazov N.I., Ribalka A.I., Makarov A.I., Ageenkov A.D.* (1984) Dismembrator. Certificate of authorship o USSR №1126321, kl. B 02 C 13/22, st. 18.03.83, publ. 30.11.84. 8. *Frumina N.S., Kruchkova E.S., Mushtakova S.P.* (1974) Analytical chemistry of calcium. Moskva: Nauka. 51-53. 9. Directory recipes of dishes and food products for catering (1982) Moscow: Jekonomika, 430-432.

*Поступила (received) 12.03.2014*

УДК 641.51:637.48:66.022.36:547.458

**Перспективы использования яичной скорлупы в технологии сладких блюд на основе пектина/ Пивоваров Е.П., Кондратюк Н.В., Степанова Т.М.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.175-180 . – Бібліогр.: 9 назв. ISSN 2079-5459

Рассмотрена реакция комплексообразования между  $\text{Ca}^{2+}$  и остатками галактуроновых кислот низкоэтерифицированного пектина с последующим образованием термообратимого геля. Разработаны схемы получения полуфабрикатов «Порошок яичной скорлупы» и «Пектиновый гель с порошком яичной скорлупы». Проведен сравнительный органолептический анализ систем на основе желатина и кальцийсодержащего пектина.

**Ключевые слова:** органический кальций, яичная скорлупа, низкоэтерифицированный пектин, дисмембратор, гелеобразование.

Розглянуто реакцію комплексоутворення між  $\text{Ca}^{2+}$  та залишками галактуронових кислот низькоетерифікованого пектину. Описано механізм утворення термооберненого гелю. Розроблено схеми отримання напівфабрикатів «Порошок яєчної шкаралупи» та «Пектиновий гель із порошком яєчної шкаралупи». Проведено порівняльний органолептичний аналіз систем на основі желатину та кальцієвмісного пектину.

**Ключові слова:** органічний кальцій, яєчна шкаралупа, низькоетерифікований пектин, дисмембратор, гелеутворення.

**The prospects of eggshells using in technology of the desserts with pectin based/ Pivovarov E.P., Kondratjuk N.V., Stepanova T.M.** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.175-180. Bibliogr.: 9. ISSN 2079-5459

Considers the complex formation reaction between  $\text{Ca}^{2+}$  and galacturonic acid residues from low-esterified pectin. Describes a mechanism of formation of the thermoreversible gels. Developed schemes of half-stuffes "eggshell powder" and "pectin gel with eggshells powder". Conducted organoleptic analysis of the gelatin and calcium-pectin gel systems.

**Keywords:** organic calcium, egg shells, low-esterified pectin, dismembrator, gelation.

**Д. В. РИНДЮК**, канд. техн. наук, доц., Национальный университет пищевых технологий, Киев;

**С. Ю. ЛЕМЕНТАРЬ**, канд. техн. наук, доц., Национальный университет пищевых технологий, Киев;

**К. В. БОНДАРЕНКО**, студент, Национальный университет пищевых технологий, Киев

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРЕССОВАНИЯ И ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛА НА ПЛОТНОСТЬ ГРАНУЛ РЫБНОЙ МУКИ

Проведены исследования влияния давления прессования и влажности материала на плотность гранул рыбной муки.

**Ключевые слова:** рыбная мука, гранулы, влажность, плотность, прессование.

**Введение.** Использование гранулированных комбикормов получило широкое распространение при откорме животных в связи с тем, что они имеют ряд преимуществ перед рассыпными: в каждой грануле состав комбикорма почти одинаков и животные получают сбалансировано максимум питательных веществ, потери комбикорма при кормлении гранулами минимальны, гранулированные комбикорма более транспортабельны, менее подвержены воздействию внешней среды, при их перемещении наблюдается минимальное распыление продукта [1].

Одним из источников полноценных белков животного происхождения в комбикормах является рыбная мука. В одном килограмме этого продукта содержится от 10 до 14,5 МДж обменной энергии и до 700 г протеина.

Переваримость рыбной муки животными и птицами составляет 90-97 %, что существенно выше аналогичного показателя многих растительных источников протеина, в том числе соевого шрота и зернобобовых культур. Кроме того, рыбная мука представляет значительную ценность как источник незаменимых аминокислот и используется для балансирования аминокислотного состава комбикормов.

Протеин рыбной муки содержит в хорошо усваиваемом виде метионин + цистеин (25-30 г/кг), лизин (45-55 г/кг), треонин и триптофан. Натуральная рыбная мука является источником кальция, фосфора, жира, содержит комплекс витаминов: группа В, включая В4 и В12, А, D и Н [2,3]. Для производства гранулированных комбикормов применяют шнеково-матричные, вальцево-матричные и штанговые прессы [4, 5]. С учетом физико-

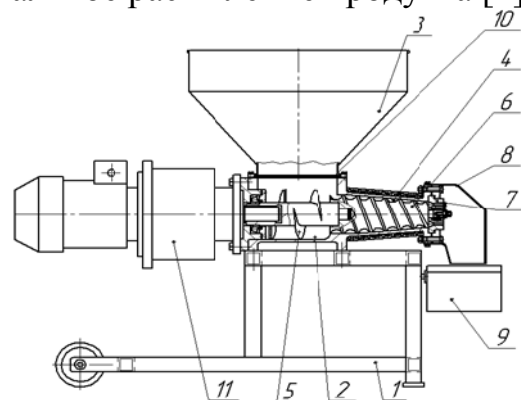


Рис. 1 – Шнековый экструдер-гранулятор: 1 – рама; 2 – приемная камера; 3 – приемный бункер; 4 – рабочая камера; 5 – подающий шнек; 6 – прессующий шнек; 7 – узел прессования; 8 – короб; 9 – сборник; 10 – заслонка; 11 – мотор-редуктор

механических свойств рыбной муки, для производства из нее кормового гранулированного продукта предлагается использовать шнековый экструдер-гранулятор (рис. 1). Гранулирование методом экструзии, как известно, заключается в продавливании пастообразной массы через перфорированные матрицы с последующей сушкой гранул или их охлаждением. Получение достаточно прочных гранул обеспечивается реологическими, структурно-механическими свойствами прессуемого продукта и конструктивно-технологическими параметрами процесса экструзии. Анализ работ [6–10], посвященных исследованию технологии и оборудования прессования комбикормов, позволил определить область исследований.

**Цель работы.** Целью работы является исследование влияния давления прессования и влажности материала на плотность гранул рыбной муки.

**Методика экспериментов.** Для решения поставленной задачи предложено провести двухфакторный эксперимент и разработать модель зависимости плотности гранул рыбной муки от давления прессования и влажности сырья.

Таблица 1 – Интервалы варьирования двухфакторного эксперимента

Интервалы варьирования	$x_1$ (W, %)	$x_2$ (P, МПа)
Нижний уровень	12	70
Нулевой уровень	27	135
Верхний уровень	42	200
Шаг варьирования	15	65

$$\rho = f(P, W)$$

где  $\rho$  – плотность гранулы, кг/м<sup>3</sup>;  $P$  – давление прессования, МПа;  $W$  – влажность материала, %.

Факторный эксперимент, который используется для описания нелинейных объектов, в нашем случае представляется следующим полиномом:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_1x_2 + b_4x_1^2 + b_5x_2^2.$$

На рис. 2 представлены внешний вид и схема универсальной испытательной установки Р-20. Исследования проводились согласно разработанному плану многофакторного эксперимента.

В результате прессования были получены прессованные образцы рыбной муки (рис. 3).

В результате обработки данных экспериментов получено уравнение регрессии, которое описывает зависимость плотности гранулы от

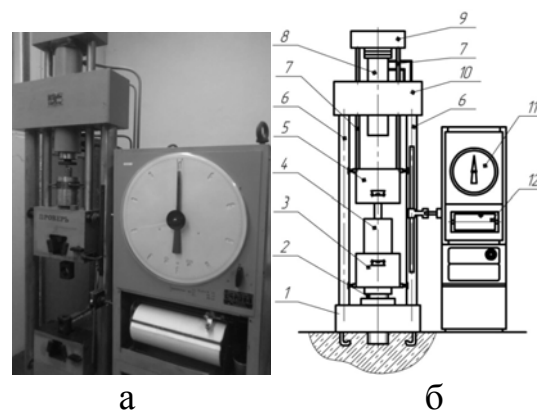


Рис. 2– Универсальная испытательная машина Р-20: а – общий вид; б – схема; 1 – основание; 2 – винт; 3 – пассивный захват; 4 – матрица; 5 – активный захват; 6 – колонны; 7 – тяги; 8 – рабочий цилиндр; 9, 10 – траверсы; 11 – измеритель силы; 12 – диаграммный аппарат



Рис. 3–Образец спрессованной рыбной муки



давления прессования и влажности материала:

$$\rho = 0.01 \cdot W^2 - 0.01 \cdot W \cdot P + 0.001 \cdot P^2 - 1.77 \cdot W + 0.18 \cdot P + 1150.6$$

На основании этого уравнения регрессии были получены графики зависимости плотности гранулы  $\rho$  от давления прессования  $P$  (рис. 4а) и влажности материала  $W$  (рис. 4б).

Обобщенные результаты проведенных исследований представлены на поверхности отклика (рис. 5).

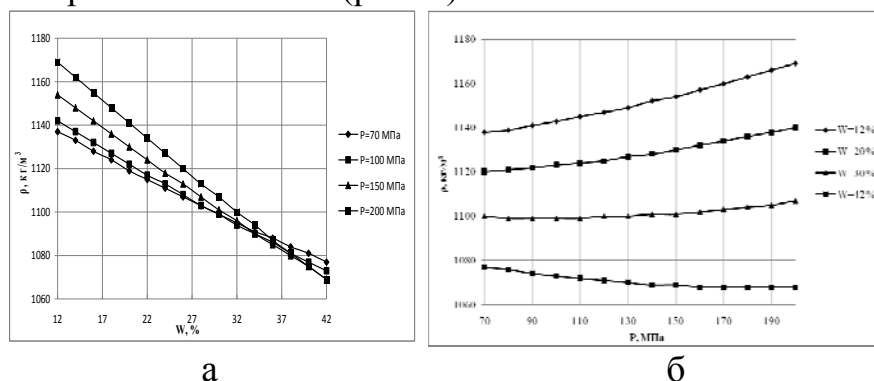


Рис. 4 – Зависимость плотности  $\rho$  гранул рыбной муки от : а – давления прессования  $P$ , б – влажности материала  $W$

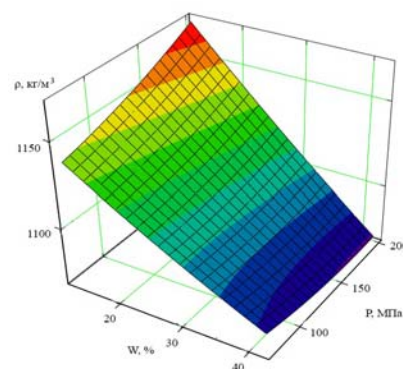


Рис. 5 – Поверхность отклика зависимости плотности  $\rho$  от давления прессования  $P$  и влажности материала  $W$

**Выводы.** Анализ представленной зависимости показал, что с увеличением влажности материала плотность, а так же прочность гранулы уменьшается. Поэтому для повышения прочности рекомендована дальнейшая сушка полученных гранул. Изменение давления прессования в исследуемом диапазоне существенно не влияет на плотность и прочность образца. Это объясняется тем, что уплотнение рыбной муки заканчивается при давлениях, равных или слегка превышающих давление, соответствующее переходу от структурной к вязко-пластической деформации. Это связано с характером упругой деформации, исчезающей при снятии нагрузки, поэтому при увеличении давления прессования прироста плотности не наблюдается и одновременно возрастает вероятность разрушения образца с образованием трещины, ориентированной перпендикулярно оси приложения нагрузки (растлойной трещины), что согласуется с данными [6]. Таким образом, основываясь на полученных результатах, давление прессования для данного материала не рекомендуется поднимать выше 70 МПа. Дальнейший рост давления приводит к незначительному увеличению плотности и прочности, но также к резкому росту энергетических затрат на прессование.

Полученные результаты целесообразно использовать в качестве рекомендаций при организации технологического процесса гранулирования рыбной муки экструзией и конструировании соответствующего оборудования.

**Список литературы:** 1. *Абрамов, А. И.* Гранулирование комбикормов [Текст] / *А. И. Абрамов, Н. И. Полунина, М. Я. Цицерман.* – М.: Колос, 1969. – 103с. 2. *Бурдаева, Е.* Рыбной муке — «Да!», фальсификатам — «Нет!» [Текст] / *Е. Бурдаева* // Комбикорма. – 2009. – №3. – С. 55–59. 3. *Каширина, Л. Г.* Физиологические основы использования в питании жвачных животных гранулированных и брикетированных кормов. Дис. докт. биол. наук. Рязань: 1995. – 422с. 4.

Демский, А.Б. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов.:Справочник. / А. Б. Демский, В.Ф. Веденеев. М.: ДеЛипринт, 2005. – 760 с. **5.** Карташов, Л. П., Зубкова, Т. М., Насыров, А. Ш. Анализ режимов эксплуатации одношнековых прессующих механизмов [Текст] / Л. П. Карташов, Т. М. Зубкова, А. Ш.Насыров// Техника в сельском хозяйстве. 2003. –№5. – С. 9-11. **6.** Генералов, М. Б. Расчет оборудования для гранулирования минеральных удобрений [Текст] / М. Б. Генералов, П. В. Классен, А. Р. Степанова – М.: Машиностроение, 1984. – 192с. **7.** Щербина, В. И. Деформация корма в процессе гранулирования [Текст] / В. И Щербина.– Ростов н/Д: ООО «Тера»; НПК «Гефест», 2002. –104с. **8.** Хлюпин, П. И. Гранулирование комбикормов [Текст] / П. И. Хлюпин, И. Л. Леонтьев. – Нижний Новгород, 2002. – 246с. **9.** Анискин, В. И., Негриловский, М. Г. Энергосберегающая технология производства гранулированного белково-витаминного корма [Текст] / В. И.Анискин, М. Г.Негриловский// Техника в сельском хозяйстве. –2005. –№1. –С. 33-37. **10.** Бойко, Л., Петров, Н., Трунова, Л., Фатьянова, Н. Прогрессивные технологии для производства комбикормов [Текст] / Л. Бойко, Н. Петров, Л.Трунова, Н.Фатьянова// Комбикорма. 2005. –№4. – С. 23-25.

**Bibliography (transliterated):** **1.** Abramov, A. I., Polunin, N. I., Zitserman, M. Y.(1969).Granulationfeed. Moscow: Kolos, 103p. **2** Burdaeva, E.(2009). Fishmeal - "Yes!" Forgery - "No!".Fodder, 3,P. 55–59. **3.** Kashirina L. G. (1995). Physiological basis of use in ruminant nutrition and preformed granular feed. Dis. Doctor. biol. Sciences. Ryazan, 422p. **4.** Demsky, A. B.,Vedeneev,V. F. (2005). Equipment for the production of flour, cereals and fodder.DeLiprint, 760p. **5.** Kartashov, L. P.,Zubkov, T. M ,Nasyrov, A. S. (2003). Analysis of modes of operation of single-screw pressing mechanisms // Technology in agriculture. #5, P. 9-11. **6.** Generalov, M. B., Klassen , P. V , Stepanova, A. R.(1984). Calculation for granulation equipment fertilizer.M.: Mechanical, 192p. **7.** Shcherbina, V. I.(2002).Warp feed during granulation. Rostov onDonn: LLC "Tera", NPK " Hephaestus ", 104p . **8.** Khlyupin, P. I. Granulation feed. (2002).NizhnyNovgorod, 246p. **9.** Aniskin, V. I.,Negrilovsky, M. G.(2005). Energy efficient production of granular protein-vitamin feed // Technology in agriculture. #1, P.33-37. **10.** Boyko, L., Petrov, N., Trunova L.,Fatyanova N. (2005). Progressive technologies for the production of animal feed // Fodder, #4, P. 23-25.

Поступила (received) 14.03.2014

УДК 664.9.022

**Исследование влияния давления прессования и влажности материала на плотность гранул рыбной муки/ Риндюк Д. В., Лементар С. Ю., Бондаренко К. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.181-184 . – Бібліогр.:10 назв. ISSN 2079-5459**

Проведены исследования влияния давления прессования и влажности материала на плотность гранул рыбной муки.

**Ключевые слова:**рыбная мука, гранулы, влажность, плотность, прессование

Проведено дослідження впливу тиску пресування та вологості матеріалу на густину гранул рибного борошна.

**Ключові слова:** рибне борошно, гранули, вологість, густина, пресування.

**Research of influence pressure and humidity row material to density fishmeal granules/ Rindyuk D., Lementar S., Bondarenko K. // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17 (1060).- P.181-184 Bibliogr.:10 . ISSN 2079-5459**

Researches the effect of compaction pressure and moisture content to the density of the fishmeal granules.

**Keywords:** fishmeal, granules, humidity, density, compression.



*О. Г. СЕМЕНЯКО*, аспірант, ЧНТУ, Чернігів;

*О. М. ЧЕРЕДНІКОВ*, канд. техн. наук, проф., ЧНТУ, Чернігів

**ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПОВЕРХНІ ПРИ  
ІЗОСТАТИЧНОМУ ПОВЕРХНЕВОМУ ДЕФОРМУВАННІ**

Визначені взаємозв'язки основних параметрів якості маложорстких кілець з пористих спечених композицій з конструктивно-технологічними параметрами обробки при ізостатичному поверхневому пластичному деформуванні. Запропоновані розрахункові формули для визначення основних параметрів якості поверхневого шару при ізостатичному поверхневому пластичному деформуванні.

**Ключові слова:** маложорсткі кільця, ізостатичне поверхнєве деформування, параметри якості поверхні.

**Постановка проблеми.** Залежно від функціонального призначення робочі поверхні деталей машин повинні забезпечувати певні експлуатаційні властивості, які в свою чергу характеризуються комплексом параметрів якості поверхневого шару. Незважаючи на велику кількість досліджень, до теперішнього часу не вдалося отримати загальновизнані залежності, що дозволяють кількісно визначити параметри якості поверхні при поверхневому пластичному деформуванні (ППД) у всьому діапазоні режимів обробки. Це пояснюється складною взаємодією великої кількості факторів при обробці, з одного боку, і недостатньою увагою до особливостей течії металу в осередку деформації з іншого [1].

Спроби досліджувати процес деформації оброблюваної поверхні із застосуванням сучасних досягнень фізики твердого тіла, теорії пружності і пластичності, а також з урахуванням дискретності металу дозволили з'ясувати і пояснити багато особливостей процесу ППД. Проте, виявилось, що використання мікрорівня при розробці методики розрахунку раціональних конструктивних параметрів деформуючих елементів і режимів обробки не представляється можливим у зв'язку з малою вивченістю даного процесу [2].

Тому для кращого розуміння процесів, які відбуваються в поверхневому шарі деталі (маложорсткого кілеця з пористого спеченого матеріалу) при обробці ізостатичним ППД, необхідно розглянути взаємозв'язок основних параметрів якості з умовами обробки.

**Аналіз останніх досліджень.** До теперішнього часу в області дослідження поверхневого пластичного деформування накопичений значний теоретичний і експериментальний матеріал, в якому розглядається вплив конструктивно-технологічних параметрів і чинників на продуктивність і якість обробленої поверхні. В результаті цього встановлено, що якість поверхонь деталей залежить від великої кількості технологічних чинників обробки, конструктивних параметрів деформуючих елементів і розмірів деталей [2].

В даний час є загальновизнаним, що основним чинником, що впливає на показники якості поверхневого шару, особливо на шорсткість поверхні  $Ra$ ,  $Rz$ , при

обробці деталей поверхневим пластичним деформуванням є зусилля деформації. Проте, аналіз літературних джерел і результатів експериментальних досліджень показує, що при обробці з одним і тим же зусиллям деформації, але різними по розмірах і формі робочої поверхні інденторами результати виходять різні. В зв'язку з цим рядом авторів [1–3] було висловлено думку, що замість зусилля деформації як інтегруючий показник слід прийняти площу поверхні контакту. Проте, площа поверхні контакту також не є параметром, що однозначно описує умови і результати обробки.

Фізико-механічний стан поверхневого шару при ППД характеризується ступенем зміцнення  $\varepsilon$ , значенням мікротвердості  $H_{\mu}$ , приросту мікротвердості  $\Delta H_{\mu}$  при обробці, глибиною зміцненого шару  $h$ , величиною залишкових напружень  $\sigma_z$  та їх розподілом по глибині поверхневого шару. Основний вплив на формування фізико-механічних параметрів чинять режими обробки і геометрія інструменту [1,2,4].

**Мета роботи.** Метою роботи є визначення взаємозв'язків основних параметрів якості робочих поверхонь маложорстких кілець з пористих спечених композицій з конструктивно-технологічними параметрами обробки при ізостатичному ППД.

**Виклад основного матеріалу.** Основними факторами і параметрами обробки, які визначають формування поверхневого шару, при ізостатичному ППД є: кількість циклів навантаження, форма і розміри деформуючих елементів (інденторів), розміри оброблюваної деталі, зусилля деформування, геометрія контакту, максимальна глибина впровадження індентора, механічні характеристики матеріалу (границі текучості і міцності), пористість, твердість і деякі інші величини.

Другорядним фактором, який впливає на якість поверхневого шару є змащуючи-охолоджуюча рідина (ЗОР) – зменшення чи збільшення тертя між інденторами (коефіцієнт тертя).

При ізостатичному ППД режими обробки і параметри інструменту тісно взаємопов'язані та істотно впливають один на одного. Зрозуміло, що ті й інші необхідно визначати виходячи з фізичної картини формування поверхневого шару при ізостатичному ППД. На сьогоднішній день узагальненої фізичної картини, яка описує всі процеси, що відбуваються при ізостатичному ППД, немає. Однак існує безліч моделей, що описують окремі випадки опоряджувально-зміцнюючої обробки ППД або, які охоплюють цілі групи методів, що побудовані як на великих експериментальних даних, так і на результатах теоретичних досліджень.

При обробці маложорстких кілець ізостатичним ППД деформуючими елементами кульками для опису взаємозв'язку між величинами, що визначають умови обробки та показниками якості, можна написати загальну систему рівнянь:

$$y = f(r, R, P, h, \max, N, \omega, \sigma_t, \sigma_v, H_{\mu}, \theta, T_k, R_v) \quad (1)$$

де  $y$  - один з показників якості поверхневого шару (шорсткість поверхні, ступінь зміцнення, глибина зміцнення, величина залишкових напружень, приріст твердості),  $r$  – радіус індентора,  $R$  – радіус деталі,  $P$  – зусилля деформування,  $h_{\max}$  – максимальна глибина впровадження індентора,  $N$  – кількість циклів навантаження,  $\omega$  – швидкість обробки (кількість навантажень в одиницю часу),  $\sigma_t$  – границя текучості,  $\sigma_v$  – границя міцності,  $H_{\mu}$  - мікротвердість,  $\theta$  – пористість,  $T_k$  – температура в контакті,  $R_v$  – вихідна шорсткість оброблюваної поверхні.

Велика кількість величин, які впливають на якість поверхневого шару, істотно ускладнюють вибір оптимального поєднання їх значень. На рис. 1 схематично показаний взаємозв'язок основних параметрів якості робочих поверхонь

маложорстких кілець з пористих спечених композицій з конструктивно-технологічними параметрами обробки при ізостатичному ППД. В цій схемі вплив одних параметрів на інші визначається по напрямку стрілок. Конструктивні параметри і технологічні фактори (зусилля деформування, максимальна глибина впровадження індентора) визначають геометричні параметри контактної зони, а через параметри контакту (геометрію контакту), вихідні властивості матеріалу заготовки (границя текучості, границя міцності, твердість, пористість) впливають на фізико-механічні явища в зоні контакту (напруження, деформації, температуру в контакті). В свою чергу, через фізико-механічні процеси в осередку деформації остаточно формується якість поверхневого шару.

Розглянемо формування мікрогеометрії поверхні при обробці ізостатичним ППД пористого спеченого матеріалу. Деформування нерівностей при ізостатичному ППД відбувається наступним чином: деформуючий

елемент -індентор взаємодіє з виступами мікропрофілю поверхні оброблюваної деталі, в результаті чого ці виступи пластично деформуються, викликаючи течію металу (в мікрооб'ємах), причому пластична деформація відбувається в поверхневому шарі деталі. Це пов'язано зі значним перевищенням твердості робочих тіл в порівнянні з твердістю оброблюваного матеріалу (рис. 2). При цьому відбувається збільшення величини мікротвердості поверхневого шару зразка, збільшення ступеня зміцнення. Також можна зробити припущення, на основі досліджень Кадощенка О.П., що забезпечення ефекту самозмащування при ізостатичному ППД проходитиме в більш сприятливих умовах протікання процесу, ніж наприклад при накатуванні. В результаті того, що пори на оброблюваних поверхнях закриватимуться без «залізуювання» металу в порожнину пори і закриття проходитиме рівномірно по всьому діаметру пори. Зниження висотних параметрів вихідної шорсткості при ізостатичному ППД має складний характер. Тому отримати точну теоретичну модель для визначення шорсткості поверхні в залежності від режимів обробки поки не представляється можливим. Як відзначають багато дослідників [5,6], зміна шорсткості поверхні носить експоненціальний характер.

Швидкість утворення нового рельєфу знижується від максимального значення в початковий період, до значень які мало

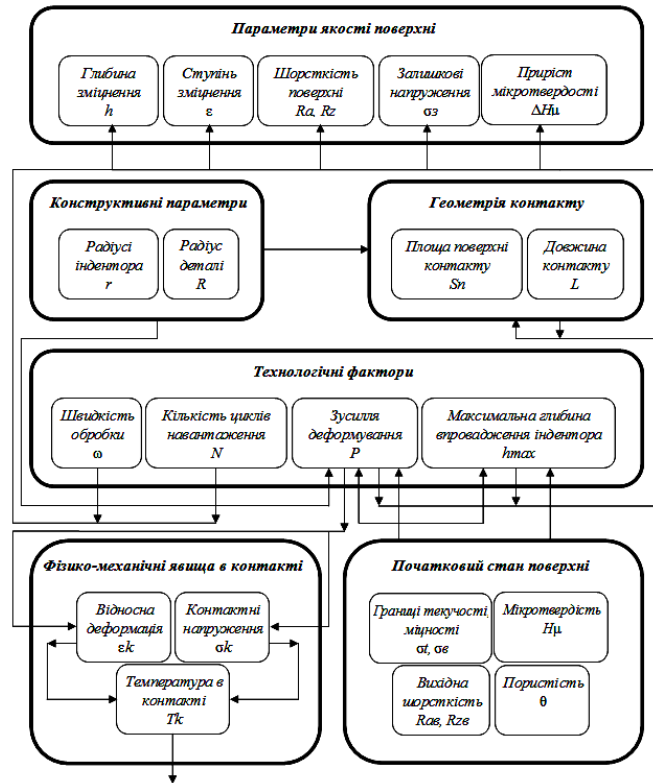


Рис. 1 – Взаємозв'язок основних параметрів якості робочих поверхонь маложорстких кілець з пористих спечених композицій з конструктивно-технологічними параметрами обробки при ізостатичному ППД

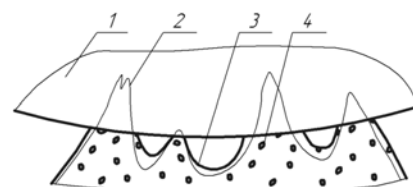


Рис. 2 - Схема деформації мікрорельєфу оброблюваної поверхні з пористого спеченого матеріалу при ізостатичному ППД: 1 – індентор (кулька), 2 – вихідний профіль, 3 – утворений профіль, 4 – пори матеріалу

відрізняються від нуля до моменту утворення усталеної шорсткості, що свідчить про формування безперервно відтворюваного рельєфу поверхні. Кожній комбінації технологічних параметрів відповідає така питома щільність взаємодій і такий рівень енергії частинок середовища, які однозначно визначають як тривалість періоду, так і висотні параметри усталеного рельєфу, причому останні залежать від вихідної шорсткості.

Таким умовам задовольняє вираз:

$$Ra = (Ra_v - Ra_y) e^{-\frac{K_i \cdot K_p \cdot K_\phi}{\omega}} + Ra_y, \quad (2)$$

де  $Ra$  – середнє арифметичне відхилення профілю вихідної шорсткості,  $Ra_y$  – середнє арифметичне відхилення профілю усталеної шорсткості,  $K_i$  – коефіцієнт інтенсивності зменшення шорсткості,  $K_p$  – вірогідність злиття і перетину осередків деформацій,  $K_\phi$  – кількість інденторів, що взаємодіють з оброблюваною поверхнею,  $\omega$  – кількість навантажень в одиницю часу.

Середнє арифметичне відхилення профілю усталеної шорсткості визначається залежністю:

$$Ra_y = K_e \cdot \sqrt{\frac{h_{\max} \cdot S_n \cdot L}{\pi r}}, \quad (3)$$

де  $K_e$  – емпіричний коефіцієнт, який залежить від конкретних умов контакту і властивостей матеріалу оброблюваної деталі,  $h_{\max}$  – максимальна глибина впровадження індентора,  $S_n$  – площа поверхні контакту,  $L$  – довжина контакту,  $r$  – радіус індентора.

Максимальну глибину впровадження індентора можна визначити по залежності:

$$h_{\max} = 2r \cdot \frac{\omega}{K_p \cdot K_\phi} \cdot K_k \cdot \sqrt{\frac{\pi D_0^2 \cdot \rho}{24 \sigma \cdot S_n}}, \quad (4)$$

де  $K_k$  – емпіричний коефіцієнт, який враховує переміщення кульки відносно оброблюваної деталі в робочій камері,  $D_0$  – діаметр відбитка,  $\rho$  – густина матеріалу індентора,  $\sigma$  – границя текучості матеріалу деталі.

При вирішенні технологічних завдань при обробці ізостатичним ППД важливе значення має аналітичний розрахунок очікуваного значення глибини зміцненого шару і ступеня зміцнення. Від товщини зміцненого шару  $h$  залежать багато експлуатаційні властивості маложорстких кілець, наприклад, втомна міцність, зносостійкість і інші. Величина  $h$  визначає зону поверхневого шару, в якій є залишкова деформація зерен і дислокацій кристалічної решітки, які утворені в результаті прикладення зовнішнього навантаження. Аналітичне визначення товщини зміцненого шару і ступеня зміцнення залежно від фізико-механічних властивостей матеріалу деталі і параметрів процесу є дуже складним завданням. Існуючі математичні залежності, виведені кількома авторами [5,6], були отримані на основі теорії пружності або пластичності після прийняття численних спрощень і припущень.

Виходячи з вище сказаного глибину зміцнення можна визначити по залежності:

$$h = 3K_n \cdot \sqrt{\frac{S_n}{\pi}}, \quad (5)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт, який залежить від ступеня наклепу.

Ступінь зміцнення знаходиться по залежності:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{S_n}{\pi}} \cdot r^{-1} \quad (6)$$

В подальшому буде проведено поглиблення теорії процесу ізостатичного ППД з розробкою універсальної математичної моделі, що описуватиме взаємозв'язок між

конструктивними параметрами деформуючих елементів, геометрією контактної зони, режимами обробки, фізико-механічними явищами в контактній зоні і показниками якості обробленої поверхні деталей.

**Висновки.** Визначені взаємозв'язки основних параметрів якості маложорстких кілець з пористих спечених композицій з конструктивно-технологічними параметрами обробки, фізико-механічними явищами в контакті і початковим станом оброблюваної поверхні при ізостатичному поверхневому пластичному деформуванні. Запропоновані розрахункові формули для визначення шорсткості поверхні, глибини зміцнення та ступеня зміцнення при ізостатичному поверхневому пластичному деформуванні.

**Список літератури:** 1. Гуров, Р. В. Проектирование технологии отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием деталей машин с учетом их функционального назначения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.08. – Брянск, 2012. – 32 с. 2. Отений Я. Н., Смольников Н. Я., Ольштынский Н. В. Прогрессивные методы обработки глубоких отверстий: Монография / ВолгГТУ. – Волгоград, 2003. – 136 с. 3. Суслов А. Г., Дальский А. М. Научные основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2002. – 684 с. 4. Руденко П. А., Чередников О. Н. Разработка и исследование технологических методов повышения качества деталей машин и эффективности их изготовления. - Чернигов: Черниговский филиал КПИ, 1983. – 36 с. 5. Тамаркин М. А., Тищенко Э. Э., Лебедеко В. Г. Повышение качества поверхностного слоя деталей при отделочно-упрочняющей обработке в гранулированных рабочих средах. СТИН. – 2007. – №1. – С. 210-220. 6. Отделочно-упрочняющая обработка деталей многоконтактным виброударным инструментом / Бабичев А. П., Мотренко П. Д. и др. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. – 192 с.

**References:** 1. Gurov, R. V. "Designing technology finishing and hardening treatment by surface plastic deformation of machine parts with regard to their functional purpose": abstract of dis. ... dr. tehn. sciences: 05.02.08. - Bryansk, 2012. – 32 p. 2. Oteniy Y. N., Smolnikov N. Y., Olsztyński N. V. Progressive processing methods deep holes: Monograph / VSTU. - Volgograd, 2003. – 136 p. 3. Suslov A. G., Dalsky A. M. Scientific fundamentals of engineering technology. - M.: Mechanical Engineering, 2002. - 684 p. 4. Rudenko P. A., Cherednikov O. N. Development and research of technological methods to improve the quality of machine parts and efficiency of their production. - Chernigov: Chernigov branch KPI, 1983. – 36 p. 5. Tamarkin, M. A., Tishchenko E. E., Lebedenco V. G. Improving the quality of the surface layer parts in finishing and strengthening treatment in granular media workers. STIN. - 2007. - № 1. - p. 210-220 p. 6. Finishing and reinforcement treatment details multipin vibro-impact tool / Babichev A.P., Motrenko P.D, etc. - Rostov on/D: Publishing Center DSTU, 2003. – 192 p.

Надійшла (received) 25.03.2014

УДК 621.787

**Формування параметрів якості поверхні при ізостатичному поверхневому деформуванні/ О. Г. Семеняко, О. М. Чередніков// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060). – С.185-189 . – Бібліогр.: 6 назв. ISSN 2079-5459**

Определены взаимосвязи основных параметров качества маложестких колец из пористых спеченных композиций с конструктивно-технологическими параметрами обработки при изостатическом поверхностном пластическом деформировании. Предложены расчетные формулы для определения основных параметров качества поверхностного слоя при изостатическом поверхностном пластическом деформировании.

**Ключевые слова:** маложесткие кольца, изостатическое поверхностное деформирование, параметры качества поверхности.

**Formation parameters of quality surface to surface isostatic deformation/ O. H. Semenyako, O. M. Cherednikov//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 17(1060).- P.185-189. Bibliogr.:6 . ISSN 2079-5459**

Identified the main parameters of the relationship as low rigidity rings porous sintered compositions of design and technological parameters of processing for isostatic surface plastic deformation. Proposed formulas to determine the basic quality parameters of the surface layer in the isostatic surface plastic deformation.

**Key words:** low rigidity rings, isostatic surface deformation, parameters of surface quality.

## ЗМІСТ

<b>Васильєв А. В., Попов С. В., Одринський О. Ю.</b> Дослідження особливостей позначень граничних виконавчих розмірів на робочих кресленнях дюймової системи вимірів	3
<b>Зубенко Д. Ю.</b> Индикаторный коэффициент полезного действия - интегральный диагностический параметр отдельных цилиндров двигателя	8
<b>Нефёдов Л. И., Петренко Ю. А., Кононыхин А. С.</b> Математическая модель выбора программного обеспечения с учетом нечеткой информации	13
<b>Каткова Т. И.</b> Аддитивная оптимизация распределения активов предприятия по выбранным стратегическим направлениям	18
<b>Семенов А. А.</b> Ультрафиолетовое излучение для обеззараживания сыпучих пищевых продуктов	25
<b>Мисник Л. Д.</b> Організаційні аспекти реалізації тестової технології для контролю знань студентів	30
<b>Лежнева О. І.</b> Рациональна організація руху на маршрутах міського пасажирського транспорту	37
<b>Вовк О. В., Некрасова Н. М., Романишена І. В.</b> Создание уникального логотипа при брендировании территории	42
<b>Раскин Л. Г., Хазим Ямен , Головка В. А.</b> Прогнозирование нечетко заданного временного ряда	50
<b>Маркозов Д. О.</b> Математична модель оптимізації вартості і терміну управління багатономенклатурни ми запасами	56
<b>Шатовская Т. Б., Марин В. О.</b> Разработка веб-сервиса для предоставления услуг хранения данных	62
<b>Харченко К. В.</b> Методы и средства разработки программных приложений для операционной системы андроид	68
<b>Журило А. Г., Сивак Е. М, Адашевская И. Ю.</b> Построение перспективных изображений при отражении картинной лоскости	73
<b>Коробкова О. М.</b> Вдосконалення механізму регулювання митної брокерської діяльності в Україні	79
<b>Ткачук Н. В., Сокол В. Е.</b> Концепция и информационная технология повышения эффективности применения систем управления корпоративной ИТ-инфраструктурой	85

<b>Сухорольський М. А., Івасик Г. В.</b> Оператор гаусса стосовно до підсумовування розбіжних степеневих рядів	94
<b>Добрицкая Н. Ф., Трошенькин Б. А.</b> Метод обобщения опытных данных при выделении водорода в реакциях взаимодействия алюминиевых сплавов с водой	100
<b>Кищенко В. А.</b> Комплексный подход в идентификации природных и модифицированных жиров	106
<b>Левчук І. В.</b> Методологія скринінгу залишкових кількостей екотоксикантів в сировині, оліях та жирах	116
<b>Могилянська Н. О.</b> Дослідження впливу антиоксидантів на гальмування окислювальних процесів в спредах	123
<b>Матківська І. Я., Атаманюк В. М., Барна І. Р.</b> Кінетика сушіння зерна пшениці фільтраційним методом	130
<b>Колесникова М. Б., Андрєєва С. С.</b> Теоретичне та експериментальне обґрунтування механізму утворення крохмальних дисперсій в технології соусів на основі плодово-ягідної сировини	138
<b>Баль-Прилипко Л. В.</b> Розробка біотехнології м'ясних продуктів	145
<b>Калинина Е. Д., Коваленко А. В., Корнилова О.В.</b> Применение ферментных препаратов $\beta$ -галактозидазы для гидролиза лактозы молока и исследование углеводного состава молока гидролизованного при производстве сгущенных молочных консервов с сахаром	150
<b>Новикова В. Е., Пих Л. А., Тимченко Н. Н.</b> Влияние растворов солей и замораживания-оттаивания на содержание метгемоглобинов А и F	157
<b>Назаренко Ю. В.</b> Біотехнологічні особливості спільного культивування триштамової заквашувальної композиції біфідобактерій з мезофільними молочнокислими лактококами	162
<b>Пивоваров Є. П., Кондратюк Н. В.</b> Вивчення процесу гелеутворення в оболонках капсульованих продуктів з позиції квантово-хімічного моделювання	169
<b>Пивоваров Е.П., Кондратюк Н.В., Степанова Т.М.</b> Перспективы использования яичной скорлупы в технологии сладких блюд на основе пектина	175
<b>Риндюк Д. В., Лементар С. Ю., Бондаренко К. В.</b> Исследование влияния давления прессования и влажности материала на плотность гранул рыбной муки	181
<b>Семеняко О. Г., Чередніков О. М.</b> Формування параметрів якості поверхні при ізостатичному поверхневому деформуванні	185

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК  
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
"ХПІ"**

Збірник наукових праць

Серія:

Нові рішення в сучасних технологіях

№ 17(1060)

Науковий редактор чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф. Є. І. Сокол

Технічний редактор К. О. Костик

Відповідальний за випуск: к. т. н. І. Б. Обухова

**АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ:** 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».  
Рада молодих учених і спеціалістів РМУС, тел. (057)707-68-54, e-mail:  
[eklitus@yandex.ru](mailto:eklitus@yandex.ru)

Обл.-вид. № 44-13

Підп. до друку «13» грудня 2013р. Формат 60x84/16. Надруковано на різнографі  
Gestetner 6123CP. Ум.-друк. арк. 9,4. Облік.вид.арк. 10,0.  
Наклад 300 прим. Зам. № 50. Ціна договірна

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта  
видавничої справи ДК №3657 від 24.12.2009  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Друкарня "Технологічний Центр"  
Свідоцтво про державну реєстрацію №1 480 120 0000 021055 від 02.04.2002  
Адреса: 61145, м. Харків, вул. Шатилова дача,4

---